

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGIA, MINAS Y METALURGICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS**



**“ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA LA ESTABILIDAD DEL  
TALUD DEL DEPÓSITO DE DESMONTE SANTA ROSA  
DEL PROYECTO SANTA ROSA - AREQUIPA”**

**TESIS PRESENTADO POR:**

**Bach. ANTHONY CLAUDIO VILCA ARREDONDO  
PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO DE MINAS**

**ASESOR:**

**Ing. EDMUNDO ALARCON CACERES**

**CUSCO – PERU**

**2019**

## DEDICATORIA

A mi padre Claudio, quien se involucró en todo momento de mi formación profesional.

A mi madre Irene por toda su motivación y confianza.

A mi papá Alejandro y mi tío Fernando que me motivaron a entrar a este mundo tan bonito de la ingeniería.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi asesor.

Ing. Edmundo Alarcón Cáceres por su apoyo en el desarrollo de la tesis sus enseñanzas, toda su paciencia y su tiempo dedicado.

A mi Alma Mater.

Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco que me ha acogido durante todos los años de mi formación académica profesional, dejándome una experiencia tan maravillosa e inolvidable.

A mi escuela profesional.

Ingeniería de minas, a todos los ingenieros que me han inculcado el amor, respeto por la carrera y la ética profesional, Por todos sus conocimientos compartidos y sobre todo por esos consejos que me ayudaron a inicio de esta vida profesional.

A mi familia.

A mis padres, abuelos, tíos, primos, por todo su apoyo incondicional a lo largo de mi vida. Sus consejos, sus motivaciones, su respaldo, estaré eternamente agradecido.

A Ana

Por todo su apoyo incondicional y su motivación,

A mis amigos.

De la carrera, los cuales hemos pasado muchas experiencias y apoyado mutuamente, en especial al Ing. Elvis Huillca por su apoyo y ejemplo.

## RESÚMEN

La presente tesis surge como problemática de dar solución a las demandas y exigencias que genera la disposición del desmonte del proyecto Santa Rosa – Arequipa. El cual cuenta con 5 capítulos.

El capítulo I, contiene el diseño de investigación en la cual describe el planteamiento de problema, objetivos, alcances, hipótesis, variables y metodología con la cual se desarrolló la tesis.

El capítulo II, se presenta el marco teórico base que respalda y garantiza los resultados presentes en la investigación, donde se tratan aspectos de geotecnia que involucran hidrología, sismicidad, diseño de botaderos, técnicas y métodos para realizar los estudios de los paramentos de diseño de botadero y el marco legal.

El capítulo III, se presenta aspectos generales del proyecto Santa Rosa donde se describe la ubicación, caracterización climática, recursos naturales, mineralización, aspectos geológicos de la mina. Aspectos administrativos del proyecto Santa Rosa donde se detalla la geología regional, local y del área de la investigación.

El capítulo IV, se enfoca en el proceso de estudios y ensayos geotécnicos tales como; estudios químicos, sísmicos, hidrológicos.

El capítulo V, se describe los resultados obtenidos en la investigación, los cuales se enfocan en resultados geotécnicos, análisis de estabilidad y recomendaciones de construcción del depósito de desmonte.

## INTRODUCCIÓN

Los depósitos de desmonte han sido y son una estructura de mucha importancia para la minería, debido a su importancia en el ciclo de operación.

Un control inadecuado o poco interés de las empresas mineras hacia dichas estructuras han generado pasivos ambientales muy visibles a los ojos de la población en general, que han catalogado a la actividad minera altamente contaminador.

Por ello en la actualidad las empresas mineras, comprometidas con la legislación vigente y la conservación del medio ambiente han incorporado dentro de sus áreas de ingeniería. La especialidad de geotecnia, encargada de estudiar evaluar y controlar estructuras asociadas a materiales geológicos, como suelos y rocas en mayor interés.

Gracias a la aplicación de la geotecnia se puede evitar fallas físicas y químicas en los depósitos de desmonte, para realizar dicho estudio se tiene que apoyar en la sismología, hidrología, Mecánica de suelos, Mecánica de rocas y el estudio de la fundación o lugar donde se construyen dichas estructuras,

Un buen estudio geotécnico consigue diseñar estructuras seguras que puedan estar por encima de un factor de seguridad mínimo y con ello controlar cualquier eventualidad no deseada y por ende reducir costos.

En la presente tesis se evaluará los parámetros geotécnicos para poder determinar si el Depósito de desmonte Santa Rosa del Proyecto Santa Rosa será estable tanto desde un punto de vista Físico( Analizando los factores de seguridad mínimos permisibles propuestas por la legislación vigente) y Químico ( Analizando posible drenaje ácido de minas provenientes del material almacenado), para con ello poder determinar si el área de fundación es adecuado para su construcción y si los parámetros geométricos nos permitirán construir una estructura que tenga la capacidad requerida por planeamiento de mina para garantizar la operación minera a lo largo de la vida de mina y posterior a ello.

## INDICE

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
RESÚMEN.....	IV
INTRODUCCIÓN.....	V
CAPÍTULO I.....	1
MODELO METODOLÓGICO.....	1
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3.1. Problema General.....	3
1.3.2. Problemas Específicos.....	3
1.4. OBJETIVO.....	3
1.4.1. Objetivo General.....	3
1.4.1. Objetivos Específicos.....	3
1.5. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO.....	4
1.5.1. Justificación.....	4
1.5.2. Delimitación.....	4
1.6. HIPOTESIS.....	5
1.6.1 Hipótesis general.....	5
1.6.2. Hipótesis específicas.....	5
1.7. VARIABLES E INDICADORES.....	5
1.8. DISEÑO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
1.8.1. Tipo y nivel de investigación.....	6
1.8.2. Población Y Muestra.....	7
1.9. MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	7
CAPÍTULO II.....	10

<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN. ....</b>	<b>10</b>
<b>5.1.1. 2.1.1. Antecedentes De Tesis.....</b>	<b>10</b>
<b>2.2. BASES TEÓRICAS .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2.1. Teorías de Botaderos .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2.2. Estabilidad de botaderos. ....</b>	<b>13</b>
<b>2.2.3. Método de Spencer .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2.4. Análisis de superficies curvas .....</b>	<b>15</b>
<b>2.3. ESTUDIOS GEOTÉCNICOS. ....</b>	<b>16</b>
<b>2.3.1. Determinación de las Propiedades Físicas. ....</b>	<b>16</b>
<b>2.3.2. Plasticidad -Límites Atterberg- ASTM 04318. ....</b>	<b>17</b>
<b>2.3.3. Densidad. “Método proctor estándar” .....</b>	<b>17</b>
<b>2.3.4. Permeabilidad.....</b>	<b>17</b>
<b>2.3.5. Ensayo Triaxial. ....</b>	<b>18</b>
<b>2.2.6. Ensayo Triaxial Consolidado Drenado .....</b>	<b>18</b>
<b>2.2.7. Estudios sísmicos.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2.7.1. Peligro sísmico. ....</b>	<b>19</b>
<b>2.2.7.2. Zonificación Sísmica .....</b>	<b>19</b>
<b>2.2.7.3. Periodo de retorno.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.8. Estudio hidrológico.....</b>	<b>21</b>
<b>2.2.8.1. Diseño de canales.....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.8.2. Formula de Manning.....</b>	<b>23</b>
<b>2.2.8.3. Sistema de Manejo de Aguas Pluviales.....</b>	<b>24</b>
<b>2.2.8.4. Cálculo De Periodo De Retorno .....</b>	<b>24</b>
<b>2.2.8.5. Concepto De Tiempo De Concentración (Tc).....</b>	<b>25</b>
<b>2.2.8.6. Flujo hiperconcentrado. ....</b>	<b>28</b>
<b>2.2.9. Estudios geoquímicos. ....</b>	<b>28</b>

2.2.9.1.	Evaluación de pruebas ácidas .....	28
2.2.9.2.	Análisis ABA (Acid-Base Accounting). .....	29
2.3.	ESTABILIDAD DEL DEPÓSITO DE DESMONTE.....	30
2.3.6.	Criterio de rotura lineal de Mohr-Coulomb.....	30
2.3.7.	Metodología de evaluación de estabilidad de botadero. ....	31
2.3.8.	Estabilidad de una ladera, talud o deslizamiento.....	32
2.3.9.	Probabilidad de falla .....	33
2.4.	PROGRAMA COMPUTACIONAL SLIDE V.6.0 .....	34
2.5.	CONSTRUCCIÓN DE DEPÓSITOS DE DESMONTE .....	34
2.5.1.	Calculo del volumen del depósito de desmonte. ....	35
2.5.2.	Disposición de depósito de desmonte en laderas. ....	36
2.5.4.	Drenajes de mina.....	37
2.6.	MARCO CONCEPTUAL.....	39
2.7.	MARCO LEGAL .....	42
CAPITULO III .....		43
DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD MINERA SANTA ROSA .....		43
3.1.	UBICACIÓN. ....	43
3.1.1.	Accesibilidad. ....	45
3.1.2.	Historia de la mina.....	46
3.1.3.	Clima .....	47
3.1.4.	Vegetación .....	47
3.1.5.	Fauna.....	48
3.1.6.	Topografía.....	48
3.2.	ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	49
3.2.1.	Geología.....	49
3.2.1.1.	Geología regional.....	49
3.2.1.2.	Geología local. ....	52



3.2.2.	Geología del área de estudio.....	52
3.2.3.	Columna estratigráfica.....	55
3.2.4.	Descripción Geológicas de las Vetas. ....	55
3.2.5.	Reservas y recursos minerales .....	58
3.3.	DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES DE LA UNIDAD MINERA MINA SANTA ROSA.....	59
3.3.1.	Exploración Y Desarrollo .....	59
3.3.2.	Preparación Y Explotación .....	62
3.3.3.	Método De Explotación: (Método De Corte Y Relleno Ascendente).....	63
3.4.	DEPÓSITO DE DESMONTE .....	67
3.5.	CIERRE DE MINA .....	68
3.6.	MAQUINARIA Y EQUIPOS .....	69
3.7.	FUERZA LABORAL .....	69
3.8.	INSUMOS PRINCIPALES. ....	72
3.8.1.	Petróleo Diésel B5 .....	72
3.8.2.	Aceites y grasas .....	72
3.8.3.	Explosivos .....	73
3.8.4.	Madera de Eucalipto.....	73
3.9.	AGUA Y PUNTO DE CAPTACIÓN.....	74
3.10.	POLVORINES.....	75
CAPITULO IV .....		76
ESTUDIO GEOTÉCNICO .....		76
4.1.	ESTUDIO GEOQUÍMICO .....	76
4.1.1.	Ensayos Estáticos (ABA).....	76
4.1.2.	Muestras para ensayos de laboratorio .....	78
4.1.2.1.	Muestra TR-03 (MN-16_01914) .....	80
4.1.2.2.	Muestra de Desmonte (MN-16_01915) .....	80

4.1.2.3.	Muestra de Desmonte (MN-16_04579) .....	80
4.1.3.	Ensayos de laboratorio .....	80
4.1.4.	Resultados .....	81
4.2.	ESTUDIOS HIDROLÓGICOS .....	81
4.2.1.	Precipitación .....	82
4.2.1.1.	Régimen de precipitaciones .....	82
4.2.1.2.	Precipitación máxima en 24 hora .....	82
4.2.1.3.	Interpretación de los Resultados .....	84
4.2.2.	Estimación de caudales máximos .....	84
4.2.2.1.	Formula racional .....	86
4.2.2.2.	Método de la Envolvente de Descargas Máximas de Creager 89	
4.2.2.3.	Método del Hidrograma Unitario Triangular .....	90
4.2.2.4.	Método del Sistema DIPEO .....	94
4.2.2.5.	Método de la Onda Cinemática .....	96
4.2.2.6.	Resumen de resultados .....	96
4.2.3.	Estimación De Flujo Hiperconcentrado .....	97
4.2.3.1.	Metodología O'Brien (2000) .....	97
4.2.4.	Nivel Freático .....	98
4.3.	CALICATAS Y/O TRINCHERAS .....	99
4.4.	ENSAYOS DE LABORATORIO .....	100
4.4.1.	Ensayos Índices en Mecánica de Suelos .....	100
4.4.2.	Ensayo de Compactación (Próctor Estándar) .....	102
4.4.3.	Ensayo Triaxial UU .....	102
4.4.4.	Ensayo de Permeabilidad .....	103
4.5.	SISMICIDAD .....	103
CAPITULO V	.....	105

<b>CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA ESTABILIDAD DEL DEPÓSITO DE DESMONTE SANTA ROSA .....</b>	<b>105</b>
<b>5.1. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA.....</b>	<b>105</b>
<b>5.1.1. Unidades Geotécnicas .....</b>	<b>105</b>
<b>5.1.1.1. Depósito Aluvial.....</b>	<b>105</b>
<b>5.1.1.2. Depósito Coluvial.....</b>	<b>106</b>
<b>5.1.1.3. Antrópico Relave .....</b>	<b>106</b>
<b>5.1.2. Nivel de Cimentación .....</b>	<b>107</b>
<b>5.1.2.1. Muro de gaviones y estructuras de captación.....</b>	<b>107</b>
<b>5.1.2.2. Canales de Derivación y Coronación .....</b>	<b>107</b>
<b>5.1.3. Áreas de préstamo .....</b>	<b>107</b>
<b>5.1.4. Desmorte .....</b>	<b>108</b>
<b>5.1.5. Parámetros de resistencia. ....</b>	<b>108</b>
<b>5.2. ESTABILIDAD QUÍMICA .....</b>	<b>109</b>
<b>5.2.1. Para la muestra TR-03 (MN-16_01914) .....</b>	<b>110</b>
<b>5.2.2. Para la muestra de Desmorte (MN-16_01915).....</b>	<b>110</b>
<b>5.2.3. Para la muestra de Desmorte (MN-16_04579).....</b>	<b>111</b>
<b>5.2.4. Interpretación de resultados .....</b>	<b>112</b>
<b>5.3. CAPACIDAD DE DEPÓSITO DE DESMONTE. ....</b>	<b>112</b>
<b>5.3.1. Selección del tipo de botadero (en laderas). ....</b>	<b>112</b>
<b>5.3.2. Propuesta del diseño geométrico del depósito de desmorte.</b>	<b>113</b>
<b>5.3.3. Determinación de la capacidad del depósito de desmorte...115</b>	
<b>5.4. ESTABILIDAD FÍSICA .....</b>	<b>116</b>
<b>5.4.1. Condiciones de estabilidad .....</b>	<b>117</b>
<b>5.4.1.1. Secciones de análisis.....</b>	<b>117</b>
<b>5.4.1.2. Alineamientos De Seguridad.....</b>	<b>121</b>
<b>5.4.1.3. Tipo de falla.....</b>	<b>121</b>

5.4.2.	Estabilidad de la ladera de fundación .....	121
5.4.2.1.	Análisis estático de la ladera de fundación. ....	121
5.4.2.2.	Análisis Pseudoestático de la ladera de fundación.....	123
5.4.3.	Estabilidad del talud del depósito de desmonte. ....	126
5.4.3.1.	Análisis estático del talud del depósito de desmonte.....	126
5.4.3.2.	Análisis Pseudoestático del talud del depósito de desmonte. ....	129
5.4.4.	Resultados del análisis de estabilidad .....	131
5.4.5.	Capacidad portante .....	132
5.5.	CONSTRUCCIÓN DEL DEPÓSITO DE DESMONTE.....	136
5.5.1.	Construcción y Vertido de material de desmonte en el Depósito 137	
5.5.3.1.	Personal.....	138
5.5.3.2.	Maquinaria y equipo .....	138
5.5.2.	Canal de Derivación y Coronación.....	140
5.5.3.	Alcantarilla de Concreto .....	146
5.5.4.	Estructura de Captación .....	146
5.5.5.	Diseño Del Vertedor .....	148
5.5.7.	Sistema de Sub-drenes .....	150
5.5.8.	Poza de Sedimentación o Poza Colectora .....	153
5.5.9.	Instrumentación Y Control.....	155
5.5.9.1.	Piezómetros .....	155
5.5.9.2.	Hitos Topográficos .....	157
5.5.10.	Mantenimiento.....	157
5.5.11.	Políticas de post cierre. ....	158
	CONCLUSIONES.....	159
	RECOMENDACIONES.....	161
	Bibliografía.....	162

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No. 1 Operacionalización de variables .....	6
Tabla No. 2 Factor de seguridad .....	32
Tabla No. 3 Clasificación de las aguas residuales de mina en función al pH ..	37
Tabla No. 4 Clasificación de drenajes en función del pH y el potencial de acidez/alcalinidad de los minerales .....	38
Tabla No. 5 Ubicación del Derecho Minero “Santa Rosa”, .....	43
Tabla No. 6 Coordenadas de las concesiones, .....	44
Tabla No. 7 Tramos de acceso a la unidad minera Santa Rosa desde Cusco	45
Tabla No. 8 Resumen de las reservas .....	59
Tabla No. 9 Desmonte generado por mina .....	67
Tabla No. 10 Maquinaria y equipos.....	69
Tabla No. 11 Horario de jornada laboral .....	70
Tabla No. 12 Requerimiento de Personal .....	71
Tabla No. 13 Consumo de diésel .....	72
Tabla No. 14 Consumo de lubricantes.	73
Tabla No. 15 Explosivos y accesorios.....	73
Tabla No. 16 Requerimiento de madera. ....	74
Tabla No. 17 Consumo de agua. ....	75
Tabla No. 18 Dimensiones y capacidades de polvorín tipo A.....	75
Tabla No. 19 Resultados de Análisis-Pruebas Balance Acido – Base.....	81
Tabla No. 20 Estación Considerada para el Análisis de Pmax en 24 hrs .....	82
Tabla No. 21 Resumen de Pmax EN 24 HRS (mm) en el ámbito del proyecto de depósito de desmonte Santa Rosa. ....	83
Tabla No. 22 Parámetros de la Cuenca Santa Rosa.....	87
Tabla No. 23 Coeficiente de Escorrentía C – Método Racional (*) .....	87
Tabla No. 24 Estimación de Qmax. Según la Formula Racional .....	88
Tabla No. 25 Coeficiente del Método de Creager .....	89
Tabla No. 26 Caudales Máximos mediante el Método de Envolvente de Descargas Máximas de Creager.....	90
Tabla No. 27 cálculo del tiempo de concentración .....	91
Tabla No. 28 Calculo de la lámina de lluvia neta.....	92
Tabla No. 29 Valores calculados de hidrograma unitario .....	92
Tabla No. 30 Calculo del caudal pico para diferentes valores de T .....	94

Tabla No. 31	Determinación del caudal máximo según el sistema DIPEO.....	95
Tabla No. 32	Cálculo de Qmax según el sistema de DIPEO .....	96
Tabla No. 33	Resumen de resultados .....	97
Tabla No. 34	Resumen de calicatas y trincheras .....	99
Tabla No. 35	Resumen de ensayos de Clasificación de Suelos.....	101
Tabla No. 36	Resumen de ensayos de compactación (Próctor Estándar).....	102
Tabla No. 37	Resumen de ensayos triaxial UU .....	102
Tabla No. 38	Resumen de ensayos de Permeabilidad.....	103
<b>Tabla No. 39</b>	<b>Resumen de parámetros de resistencia .....</b>	<b>109</b>
Tabla No. 40	Resumen de los resultados de análisis de estabilidad física ....	131
Tabla No. 41	Llenado de material de desmonte .....	139
Tabla No. 42	Características de diseño Canal de Derivación.....	143
Tabla No. 43	Características de diseño Canal de Coronación. ....	143
Tabla No. 44	Piezómetros de Tubo Abierto Tipo Casagrande .....	156
Tabla No. 45	Resumen de Hitos Topográficos Proyectados .....	157

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración No. 1 Análisis Del Ángulo De Inclinación En El Método De Spencer. .....	15
Ilustración No. 2 Análisis De Fuerzas Por Dovelas En El Método De Spencer	15
Ilustración No. 3 Falla circular .....	16
Ilustración No. 4 Zonificación Sísmica.....	20
Ilustración No. 5 Elementos geométricos de la sección transversal de un canal .....	22
Ilustración No. 6 Lluvia sobre canal. ....	26
Ilustración No. 7 Ejemplo: Lluvia sobre un canal .....	27
Ilustración No. 8 Envolvente de Mohr-Coulomb en el espacio de tensiones normal y tangencial.....	31
Ilustración No. 9 Disposición de depósito de desmonte en laderas vista en sección. ....	36
Ilustración No. 10 Disposición de depósito de desmonte en laderas vista en 3D. .....	36
Ilustración No. 11 , Ubicación de la mina Santa Rosa .....	45
Ilustración No. 12 Columna estratigráfica.....	55
Ilustración No. 13 Método de explotación corte y relleno .....	66
Ilustración No. 14 Cuenca de Santa Rosa .....	85
Ilustración No. 15 Perfil del depósito de desmonte Santa Rosa .....	114
Ilustración No. 16 Vista en 3D de depósito de desmonte Santa Rosa Proyectado .....	116
Ilustración No. 17 Sección A-A` del depósito de desmonte Santa Rosa.....	119
Ilustración No. 18 Sección B-B` del depósito de desmonte Santa Rosa.....	120
Ilustración No. 19 Análisis Estático Sección A-A` de fundación. ....	122
Ilustración No. 20 Análisis Estático Sección B-B` de fundación. ....	123
Ilustración No. 21 Análisis Pseudoestático Sección A-A` de fundación.....	124
Ilustración No. 22 Análisis Pseudoestático Sección B-B` de fundación.....	125
Ilustración No. 23 Análisis Estático Sección A-A` de Deposito de desmonte	127
Ilustración No. 24 Análisis Estático Sección B-B` de Deposito de desmonte	128
Ilustración No. 25 Análisis Pseudoestático Sección A-A` de Deposito de desmonte.....	129

Ilustración No. 26 Análisis Pseudoestático Sección B-B` de Deposito de desmonte .....	130
Ilustración No. 27 Polígono Aproximado del depósito de desmonte.....	133
Ilustración No. 28 Grafico de capacidad portante.....	136
Ilustración No. 29 Arreglo General Del Depósito De Desmonte Santa Rosa.	140
Ilustración No. 30 Características Hidráulicas .....	141
Ilustración No. 31 Cálculo de Parámetros geométricos de canal .....	142
Ilustración No. 32 Propuesta de Diseño de canal con revestimiento Enrocado con concreto .....	144
Ilustración No. 33 Propuesta de Diseño de canal con revestimiento Enrocado. ....	145
Ilustración No. 34 Sección Transversal De Alcantarilla De Concreto .....	146
Ilustración No. 35 Vista en perfil de estructura de captación .....	147
Ilustración No. 36 Muro de gaviones N°. 1 .....	149
Ilustración No. 37 Muro de gaviones N°. 2 .....	150
Ilustración No. 38 Condiciones iniciales para el modelamiento de la infiltración .....	151
Ilustración No. 39 Resultado del análisis de infiltración – modelado con el software SEEP/W. ....	151
Ilustración No. 40 Sección transversal de dren colector principal.....	152
Ilustración No. 41 Poza Colectora Sección Transversal.....	154
Ilustración No. 42 Piezómetro propuesto. ....	156



## **CAPÍTULO I**

### **MODELO METODOLÓGICO**

#### **1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.**

El proyecto Santa Rosa de la empresa minera Adriatica SAC. Cuenta con reservas minerales polimetálicos de 369 550.00 Ton (Tabla No 1 de Anexos 1). Considerando una producción de 3000.00 ton por mes con un radio 1.16 : 1 (Desmonte: Mineral) de extracción genera 41 640.00 Ton por año de estéril los cuales provienen de las labores de preparación exploración y desarrollo de la mina y la construcción de carreteras de acceso.

El método de explotación a emplearse será el Corte y Relleno Ascendente (OverCut and Fill), el cual permite una adecuada recuperación, selectividad del mineral y estabilidad Todos los trabajos se realizan de manera convencional.

Para vetas muy angostas en potencia e irregulares en mineralización se emplea como un sub-método de explotación el circado, que tiene la particularidad de ser muy selectivo. Este método consta en disparar solamente la caja y luego se tiende este material como relleno y luego se dispara mineral puro.

Las labores donde se realizan la explotación de mineral, constará de uno o más blocks, las dimensiones del block es de promedio 20 - 30 m x 50 m. la explotación se realiza en forma convencional, en la cual la veta principal Santa Rosa tiene una potencia de (1.5 a 1.0) m de potencia y en las vetas secundarias un ancho de (0.8 a 0.2) m de potencia de los cuales, en su etapa de desarrollo, preparación se producirá material estéril.

Por motivos de bajar costos en el acarreo se prevé la construcción de un depósito de desmonte cercano a la bocamina de nivel más bajo y cercano a la mina,

El área proyectada para el emplazamiento del depósito de desmonte se ubica como mínimo a 50 metros del retiro de la quebrada Tamtarpata (cuerpo de agua) de acuerdo a las regulaciones indicadas por la Autoridad Nacional del Agua (ANA),

La geología local está caracterizada por emplazamientos rocas metamórficas e ígneas, también se presentan depósitos aluviales y coluviales del cuaternario.

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

Debido a que el área proyectada para el emplazamiento del depósito de desmonte se ubica como mínimo a 50 metros del retiro de la quebrada Tamtarpata y siendo material sedimentario cabe la posibilidad que ocurra algún deslizamiento,

El material estéril que será depositado en dicho deposito podría causar drenaje ácido el cual se infiltraría o discurriría al cuerpo de agua.

Para asegurar la actividad diaria de producción se requiere un área para depositar el material estéril.

Para ello es necesario hacer un estudio geotécnico que permitirá el análisis de estabilidad física del talud y la estabilidad química del Depósito

de Desmote para evitar posibles deslizamientos, interrupciones en las operaciones y por ende no subir costo de operaciones.

### **1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

#### **1.3.1. Problema General.**

¿Cuáles son las características geotécnicas del material y lugar de emplazamiento para la construcción del depósito de desmote del proyecto Santa Rosa – Arequipa?

#### **1.3.2. Problemas Específicos.**

1. ¿Cómo es la estabilidad química del depósito de desmote del proyecto Santa Rosa – Arequipa?
2. ¿Cuál es la capacidad optima del depósito de desmote del Proyecto Santa Rosa – Arequipa?
3. ¿Cómo es la estabilidad física del depósito de desmote del proyecto Santa Rosa – Arequipa?

### **1.4. OBJETIVO**

#### **1.4.1. Objetivo General.**

Determinar las características geotécnicas del material y lugar de emplazamiento para la construcción del depósito de desmote del proyecto Santa Rosa – Arequipa

#### **1.4.1. Objetivos Específicos**

1. Determinar la estabilidad química del depósito de desmote del proyecto Santa Rosa – Arequipa

2. Determinar la capacidad optima del depósito de desmonte del proyecto Santa Rosa – Arequipa
3. Determinar la estabilidad física del depósito de desmonte del proyecto. Santa Rosa – Arequipa

## **1.5. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO**

### **1.5.1. Justificación**

Este estudio se justica en los siguientes aspectos

- La legislación ambiental que tiene finalidad prevenir los pasivos ambientales, en el caso del tema de estudio aquellos pasivos ambientales generados por el desmonte que se almacenara en la ladera de la quebrada Tamtarpata.
- La legislación de seguridad vigente en la cual describe parámetros de seguridad de depósitos de desmonte.
- La producción de mineral y el radio de extracción que generara material estéril que necesariamente tendrán que ser almacenados.
- El material de cimentación de la estructura siendo material sedimentario que amerita un estudio geotécnico para determinar su estabilidad.

### **1.5.2. Delimitación.**

El tema de estudio está delimitado en el Proyecto Santa Rosa el cual abarca el área de ingeniería concerniente a Geotecnia en el periodo 2016-2018.

## **1.6. HIPOTESIS**

### **1.6.1 Hipótesis general.**

Las características geotécnicas del material y el lugar de emplazamiento son factores condicionantes para lograr la estabilidad adecuada del depósito de desmonte del proyecto Santa Rosa – Arequipa.

### **1.6.2. Hipótesis específicas.**

1. Será estable desde el punto de vista químico el depósito de desmonte del proyecto Santa Rosa – Arequipa.
2. La capacidad del depósito de desmonte del proyecto Santa Rosa – Arequipa permitirá la producción de mina en diez años
3. Será estable desde el punto de vista físico el depósito de desmonte del Proyecto Santa Rosa – Arequipa.

## **1.7. VARIABLES E INDICADORES**

En la Tabla No. 1 se observa la operacionalización de variables, variables independientes y variables dependientes con sus respectivos indicadores y unidades.

**Tabla No. 1** Operacionalización de variables

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES		
VARIABLE	INDICADOR	UNIDAD
<b>Variables independientes</b>		
Factores condicionantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Precipitación</li> </ul>	(mm)
Factores hidrológicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acides</li> </ul>	PH (0-14)
Factores sismológicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Coefficiente de sismicidad</li> </ul>	g (0.10-0.45)
Factores geométricos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Altura de banco</li> </ul>	(m)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Área</li> </ul>	(m <sup>2</sup> )
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Longitud de talud</li> </ul>	(m)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Angulo de talud</li> </ul>	(°)
Factores geomecánicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Densidad</li> </ul>	(gr/cm <sup>3</sup> )
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Granulometría</li> </ul>	(%)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cohesión</li> </ul>	(kg/cm <sup>2</sup> )
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Angulo de fricción</li> </ul>	(°)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resistencia de rocas</li> </ul>	(kg/cm <sup>2</sup> )
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resistencia de suelos</li> </ul>	(kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Variable dependiente</b>		
Estabilidad adecuada del depósito de desmonte del Proyecto Santa Rosa – Arequipa	<ul style="list-style-type: none"> <li>Factor de seguridad</li> </ul>	FS>1: Estable FS=1: Equilibrio FS<1: Inestable
Factor de seguridad del talud	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacidad de deposito</li> </ul>	m <sup>3</sup> , TM

Fuente: Elaboración Propia.

## 1.8. DISEÑO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN.

### 1.8.1. Tipo y nivel de investigación.

Consideramos a la presente investigación:

Tipo:            Cuantitativo No Experimental.

Nivel: Correlacional.

Sera Cuantitativo no experimental porque se usará datos cuantitativos en los cuales usaremos datos ya existentes (Ensayos) los cuales no se podrán manipular o modificar, de nivel correlacional ya que las variables de tendrán relación entre sí.

### **1.8.2. Población Y Muestra.**

- Población

Lugares de emplazamiento para el depósito de desmonte cercanos a la mina dentro de la concesión minera del proyecto.

- Muestra

Lugar del proyecto del depósito de desmonte Santa Rosa cerca la Quebrada Tamtarpata

### **1.9. MATRIZ DE CONSISTENCIA**

**MATRIZ DE CONSISTENCIA**

**TEMA: ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA LA ESTABILIDAD DEL TALUD DEL DEPÓSITO DE DESMONTE SANTA ROSA DE LA U.E.A. SANTA ROSA - AREQUIPA**

<b>PROBLEMAS</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>JUSTIFICACION</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>UNIDADES</b>
<b>PROBLEMA GENERAL.</b> ¿Cuáles son las características geotécnicas del material y lugar de emplazamiento para la construcción del depósito de desmonte del Proyecto Santa Rosa – Arequipa?	<b>OBJETIVO GENERAL.</b> Determinar las características geotécnicas del material y lugar de emplazamiento para la construcción del depósito de desmonte del Proyecto Santa Rosa – Arequipa	<b>HIPÓTESIS GENERAL.</b> Las características geotécnicas del material y el lugar de emplazamiento son factores condicionantes para lograr la estabilidad adecuada del depósito de desmonte del Proyecto Santa Rosa – Arequipa	Este estudio se justifica en los siguientes aspectos <ul style="list-style-type: none"> <li>• La legislación ambiental que tiene finalidad prevenir los pasivos ambientales en el caso del tema de estudio aquellos pasivos ambientales generados por el desmonte que se almacenara en la ladera de la quebrada Tamtarpata.</li> <li>• La legislación de seguridad vigente en la cual describe</li> </ul>	<b>Variables independientes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precipitación</li> <li>• Acides</li> <li>• Coeficiente de sismicidad</li> <li>• Altura de banco</li> <li>• Área</li> <li>• Longitud de talud</li> <li>• Angulo de talud</li> </ul>	(mm) PH (0-14) g (0.10-0.45) (m) (m <sup>2</sup> ) (m) (°)
				<u>Factores condicionantes</u> Factores hidrológicos Factores sismológicos Factores geométricos		
<b>PROBLEMA ESPECÍFICO 1.</b> ¿Cómo es la estabilidad química del depósito de	<b>OBJETIVO ESPECÍFICO 1</b> Determinar la estabilidad química del depósito de	<b>HIPÓTESIS ESPECIFICA 1</b> Será estable desde el punto de vista químico el depósito de	(Continúa de la celda anterior)	Factores geomecánicos		



desmante del proyecto Santa Rosa – Arequipa?	desmante del proyecto Santa Rosa – Arequipa	desmante del proyecto Santa Rosa – Arequipa.	parámetros de seguridad de depósitos de desmante.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La producción de mineral y el radio de extracción que generara material estéril que necesariamente tendrán que ser almacenados.</li> <li>• El material de cimentación de la estructura siendo material sedimentario que amerita un estudio geotécnico para su estabilidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Densidad (gr/cm<sup>3</sup>)</li> <li>• Granulometría (%)</li> <li>• Cohesión (kg/cm<sup>2</sup>)</li> <li>• Angulo de fricción (°)</li> <li>• Resistencia de rocas (kg/cm<sup>2</sup>)</li> <li>• Resistencia de suelos (kg/cm<sup>2</sup>)</li> <li>• Factor de seguridad FS&gt;1: Estable FS=1: Equilibrio FS&lt;1: Inestable</li> <li>• Capacidad de deposito de (m<sup>3</sup>,TM)</li> </ul>
<b>PROBLEMA ESPECÍFICO 2</b> ¿Cuál es la capacidad optima del depósito de desmante del Proyecto Santa Rosa – Arequipa?	<b>OBJETIVO ESPECÍFICO 2</b> Determinar la capacidad optima del depósito de desmante del Proyecto Santa Rosa – Arequipa	<b>HIPÓTESIS ESPECIFICA 2</b> La capacidad del depósito de desmante del proyecto Santa Rosa – Arequipa permitirá la producción de mina en diez años.			
<b>PROBLEMA ESPECÍFICO 3</b> ¿Cómo es la estabilidad física del depósito de desmante del Proyecto? ¿Santa Rosa – Arequipa?	<b>OBJETIVO ESPECÍFICO 3</b> Determinar la estabilidad física del depósito de desmante del Proyecto Santa Rosa – Arequipa	<b>HIPÓTESIS ESPECIFICA 3</b> Será estable desde el punto de vista físico el depósito de desmante del Proyecto Santa Rosa – Arequipa	<p><b>Variable dependiente</b></p> <p>Estabilidad adecuada del depósito de desmante del Proyecto Santa Rosa – Arequipa</p> <p>Factor de seguridad del talud</p>		

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.**

##### **5.1.1. 2.1.1. Antecedentes De Tesis.**

- “ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DISEÑO DEL TALUD FINAL DE UNA MINA A CIELO ABIERTO APLICANDO MODELOS NUMÉRICOS” Ernesto Sabino López Pomareda, UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS (2016), en su objetivo general “Proponer el ángulo estable del talud final Este de la mina, a partir de realizar la caracterización geotécnica, con la ayuda de la modelización numérica”. Menciona en su conclusión N°2 El cálculo de la estabilidad del talud, aplicando el método de equilibrio límite, haciendo uso del software Slide, considera el diseño de un talud de 60°, es estable para cada uno de los dominios estructurales determinados en el talud Este de la mina.
- “ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE SUELOS DE GRAN ALTURA EN LA MINA ANTAPACCAY”, Joel Arturo Mendoza Loayza, PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ (2016), “El objetivo principal de este trabajo es realizar los cálculos de factores de seguridad y determinar los parámetros de diseño de taludes de suelos de más de 100 metros de altura empleando el análisis de equilibrio límite en

condiciones estáticas y pseudoestáticas”. Menciona en su conclusión N° 5 En el análisis de factores de seguridad para las condiciones pseudoestáticas se evidenció que el cambio de este valor, para distintas secciones, no sigue la misma proporción de cambio que para las condiciones estáticas, siendo esta última mayor. Por lo tanto, se puede concluir que en el caso pseudoestático la geometría del talud no influye considerablemente a la estabilidad del mismo. Es decir, que la estabilidad será proporcionada por las características geotécnicas de los materiales presentes. Asimismo, en este trabajo podría existir riesgo de licuefacción, ya que se tiene estratos de arena y además hay presencia de agua.

- “VALORACIÓN DEL RIESGO EN DESLIZAMIENTOS”, César Roberto Torres Chung, UNIVERSIDAD RICARDO PALMA (2007), “El objetivo general es estudiar y evaluar las metodologías para cuantificar el grado de riesgo a deslizamientos en taludes de suelos y rocas en el Perú, aplicando nuevos conceptos a los análisis de estabilidad de taludes, para ello se aplicarán todas las metodologías desarrolladas a un caso real en estudio”. Menciona en su conclusión N°2 De la curva de confiabilidad se puede observar que existe una correlación entre el factor de seguridad calculado, el índice de confiabilidad, la pendiente del terreno y el índice de vulnerabilidad. Esta grafica indica específicamente que para conseguir un buen nivel de confiabilidad la pendiente del terreno debe ser menor a  $36^\circ$  para un factor de seguridad estático mínimo de 1.25, esto relacionado a un nivel de vulnerabilidad específico, N°4. La metodología desarrollada en la presente investigación resulta una importante herramienta en el análisis y estimaciones de riesgo al deslizamiento en la ingeniería de taludes.
- “EVALUACIÓN GEODINÁMICA Y MODELAMIENTO GEOTÉCNICO DEL DESLIZAMIENTO DE MADRIGAL – AREQUIPA”. Juan Carlos Gómez Avalos UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS (2017). en su objetivo general “Evaluar la geodinámica del deslizamiento que afecta la localidad de Madrigal y una probable reactivación de gran magnitud y realizar un modelado geotécnico con la finalidad de proponer medidas de mitigación para la reducción de la vulnerabilidad física de esta localidad”. Menciona en su conclusión N° 3 El análisis de estabilidad del

deslizamiento de Madrigal en base a las investigaciones geotécnicas y los estudios geofísicos arrojó que en estado estático resultó un FS de 0.8 y en estado pseudoestático un FS de 0.5 en promedio.

- “CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA Y MODOS DE FALLA ESTRUCTURAL EN EL TALUD EN ROCA DEL CERRO ESPINAL JULIACA”, Fredy Alonso, Valeriano Nina, UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO, en su objetivo general, “¿Cómo es la caracterización geotécnica y los modos de falla estructural en el talud de roca del Cerro Espinal Juliaca?”. Menciona en su conclusión N°3 os modos de falla estructural controlados por la dirección de las discontinuidades, altura del talud, pendiente del talud, orientación del talud y el ángulo de fricción básico de discontinuidades, fueron identificados a través de porcentajes de probabilidad de falla, tomando en consideración los porcentajes diremos que el modo de falla con mayor número de estructuras favorables es el de vuelco en sus diferentes variedades. Teniendo los siguientes valores; falla por vuelco directo 2.81%, falla por vuelco oblicuo 31.49% y falla por vuelco flexural 5.98%. Estos resultados se reflejan en las estructuras presentes en el talud del Cerro Espinal. Primero identificado la falla considerada de vuelco se realizó el análisis de estabilidad por el método de equilibrio límite con la ayuda del software RocToppo, teniendo como resultados factores de seguridad en dos condiciones de análisis; para condiciones estáticas un factor de seguridad de 1.199 y para condiciones pseudoestáticas 1.084.
- “ESTUDIO TECNICO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL BOTADERO DE LA MINA CONSTANCIA - HUSBAY” Angel Nivardo Centeno Pila, UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO, en su objetivo general, “Dar solución a las demandas y exigencias que genere la disposición del desmorte, por consiguiente, realizar el diseño estructural del botadero de la mina Constancia – Hudbay.”. en su conclusión N°3 Mediante los análisis químicos acido-base (ABA), se determinó los niveles de acides del material proyectado a ser desmorte y se clasifico en; desmorte generador de ácidos (NAG) y desmorte no generador de ácidos (PAG). Por tal efecto se logró el dimensionamiento de desmorte en; 190Mtn de NAG y 480Mtn de PAG respectivamente,

representando el 80% y 20% del desmonte total. Se aduce que el tonelaje estimado del PAG es el que se representara en el diseño del botadero estructural de la mina Constanca.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. Teorías de Botaderos**

Los botaderos o escombreras -Wastes Dumps- son estructuras masivas de material estéril o con un contenido mineral muy bajo producto de las operaciones de explotación minera a tajo abierto y de operaciones subterráneas que se acumulan sobre fundaciones rocosas. Los botaderos son acumulaciones de estéril en forma de montones de material o arrimadas a taludes naturales.

Los botaderos se construyen vertiendo los materiales estériles desde camiones en los bordes de estas estructuras o en otros casos por la descarga del material sin valor a las plataformas para su posterior empuje con maquinaria adecuada.

Estas grandes estructuras y sus inestabilidades, han dado lugar a una fuerte preocupación de parte de los organismos gubernamentales que han orientado sus esfuerzos a minimizar y controlar los impactos ambientales y los riesgos de seguridad tanto para el personal, equipos e infraestructura involucrada. (Villas & Masera, 2004).

### **2.2.2. Estabilidad de botaderos.**

La estabilidad general del botadero de desmonte depende de varios factores como:

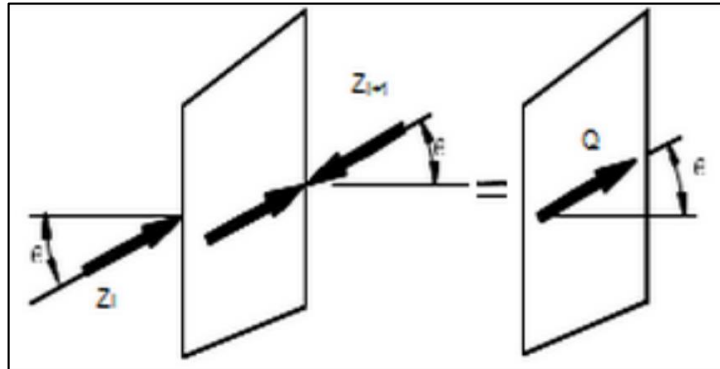
- Topografía del sitio donde se construirá.
- Método de construcción.
- Parámetros geotécnicos de la cimentación y estructura del depósito.

- Fuerzas y condiciones externas que actúan negativamente en el factor de seguridad sobre el botadero (presencia de agua de lluvia y freáticas y sismos)
- Ratio de avance del botadero.

### **2.2.3. Método de Spencer**

Spencer es un método que satisface totalmente el equilibrio tanto de esfuerzos y momentos como. El procedimiento de Spencer (1967) se basa en la suposición de las fuerzas entre dovelas, considera que son paralelas unas con las otras, o sea, que tienen el mismo ángulo de inclinación. La inclinación específica de estas fuerzas entre partículas, es desconocida y se calcula como una de las incógnitas en la solución de las ecuaciones de equilibrio. Spencer inicialmente propuso su método para superficies circulares pero este procedimiento se puede extender fácilmente a superficies no circulares. Spencer planteo dos ecuaciones una de equilibrio de momentos y otra de equilibrio de fuerzas, las cuales se resuelven para calcular los ángulos de inclinación factores de seguridad  $F$  y los de las fuerzas entre dovelas  $\theta$ . Para resolver las ecuaciones  $F$  y  $\theta$ , se utiliza un sistema de ensayo y error donde se asumen los valores de estos factores (en forma repetitiva) hasta que se alcanza un nivel aceptable de error. Una vez obtenidos los valores de  $F$  y  $\theta$  se calculan las demás fuerzas sobre las dovelas individuales. El método de Spencer se considera muy preciso y aplicable para casi todo tipo de geometría de talud y perfiles de suelo y es tal vez, el procedimiento de equilibrio más completo y más sencillo para el cálculo del factor de seguridad. (Suárez, 2002)

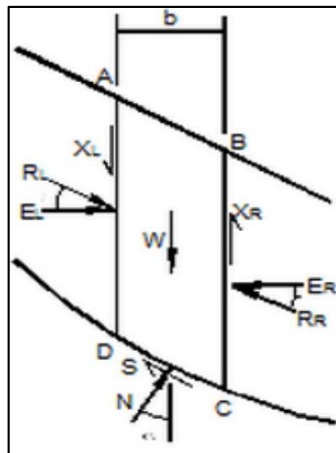
**Ilustración No. 1** Análisis Del Ángulo De Inclinación En El Método De Spencer.



Fuente: (Suárez, 2002)

Los ángulos de inclinación de las fuerzas entre dovelas  $\theta$ . Para resolver las ecuaciones  $F$  y  $\theta$ , se utiliza un sistema de ensayo y error donde se asumen los valores de estos factores (en forma repetitiva) hasta que se alcanza un nivel aceptable de error.

**Ilustración No. 2** Análisis De Fuerzas Por Dovelas En El Método De Spencer



Fuente: (Suárez, 2002)

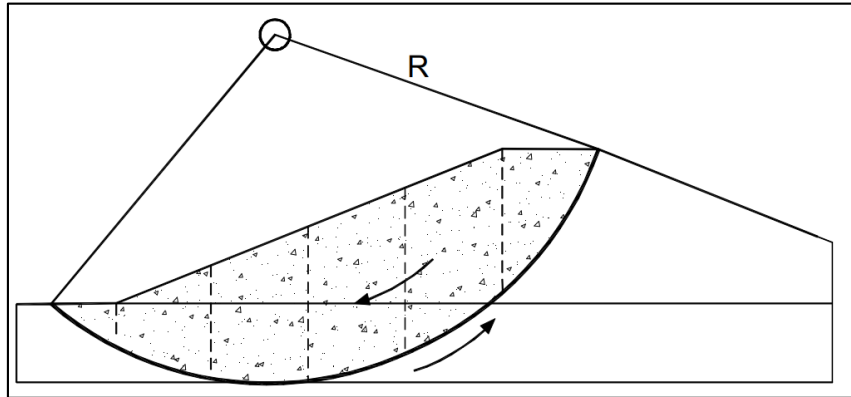
Spencer plantea dos ecuaciones una de equilibrio de fuerzas y otra de equilibrio de momentos, las cuales se resuelven para calcular los factores de seguridad  $F$ .

**2.2.4. Análisis de superficies curvas**

En los suelos o rocas blandas, las superficies de falla a deslizamiento, tienden a tener una superficie curva. A estas superficies se les conoce

como “círculos de falla o superficies de falla rotacionales”. En los análisis de estabilidad, se debe determinar la localización de la superficie crítica de falla y el factor de seguridad a lo largo de esta superficie (Suárez, 2009)

### **Ilustración No. 3** Falla circular



Fuente: (Suárez, 2009)

Las fallas circulares son muy comunes en taludes de materiales de suelo y roca blanda.

## **2.3. ESTUDIOS GEOTÉCNICOS.**

Los estudios geotécnicos son fundamentales en cualquier proyecto a realizar en construcción. Para toda obra minera y civil, se considera el reconocimiento del subsuelo y la relación con respecto la obra proyectada.

### **2.3.1. Determinación de las Propiedades Físicas.**

Según la clasificación científica de suelos, existen diversos métodos de clasificación. Los más usuales se basan en la granulometría y plasticidad de los suelos.

Existen dos tipos de clasificación de suelos.

- Sistema de Clasificación Unificada de Suelos, (USCS).
- Método AASHTO, (Association of State Highway and Transportation Officials)



"Para caracterizar un suelo, se determinan mediante pruebas de laboratorio de acuerdo al ASTM (American Society for Testing and Materials. (Rennat & Miller, 1997).

### **2.3.2. Plasticidad -Límites Atterberg- ASTM 04318.**

Según su contenido de agua en orden decreciente, un suelo puede estar en cualquiera de los siguientes estados de consistencia, definido por Atterberg, (Juárez & Rodríguez, 2004)

- Estado Líquido, con las propiedades y apariencia de una suspensión.
- Estado semilíquido, con las propiedades de un fluido viscoso.
- Estado Plástico, en que el suelo se comporta plásticamente.

### **2.3.3. Densidad. "Método proctor estándar"**

Se emplea Mediante pruebas de compactación de suelos "método proctor estándar" ASTM D 698-91 y AASHTO T 99-90 generalidades. La compactación de suelos es el método que se usa para poder mejorar las características de este mismo evitando tener espacios vacíos.

### **2.3.4. Permeabilidad.**

Es la facilidad con la que un fluido se mueve a través de un medio poroso. El permeámetro de carga constante (ASTM - 02434) es empleado para determinar la permeabilidad de suelos granulares, mientras que el permeámetro de carga descendente es más apropiado para suelos de baja permeabilidad. (Rennat & Miller, 1997)

La ley de Darcy, expresa la pérdida de carga. Expresa la facilidad con que el agua atraviesa el suelo, se expresa en cm/seg o m/día, se halla de la fórmula:

$$Q = q = K \cdot i \cdot A; \text{ (Ley de Darcy)}$$

K = Coeficiente de permeabilidad

q = Gasto de agua en cm/seg o caudal

$i$  = Gradiente hidráulico =  $\frac{dh}{L}$

$A$  = Área del suelo o sección de paso.

### **2.3.5. Ensayo Triaxial.**

Los ensayos triaxiales Permiten determinar la cohesión y Angulo de fricción interno ( $c$  y  $\phi$ ) y características de deformación como se menciona en. (Office, 1997).

### **2.2.6. Ensayo Triaxial Consolidado Drenado**

Se realiza lentamente para permitir el drenaje del agua dentro de la muestra e impedir que se puedan generar presiones de poros. Son preferidos para ensayos rutinarios (Office, 1997). A diferencia del ensayo de corte directo, en el ensayo de compresión triaxial, no se fija "a priori" el plano de rotura de la muestra ensayada. En el ensayo se permite que el plano de rotura se genere en forma natural y adopte la orientación más desfavorable. La muestra se talla y se coloca en la célula triaxial, para luego montarse en el aparato de ensayo. Intercade Ingeniería de geotecnia aplicada en minería módulo 3, 2014.

### **2.2.7. Estudios sísmicos.**

Las presas convencionales, botaderos de desmonte se diseñan para permanecer operativas durante un cierto período o vida útil y son consideradas como una inversión. Por esta razón la construcción, operación y mantenimiento suelen recibir un elevado estándar de calidad por parte de los dueños de la operación, además de ser las estructuras más grandes construidas por el hombre, deben permanecer a perpetuidad. En general, el modelo de recurrencia establece el número relativo de terremotos de diferentes niveles de magnitud. En la mayoría de los casos esta relación se especifica a través de la relación de Gutenberg-Richter,  $\log N = a - bM$ , donde  $N$  es el número promedio de

sismos de magnitud mayor o igual a  $M$ , y  $a$  y  $b$  son constantes propias de la fuente considerada. (Chambers & Higman, 2011)).

#### **2.2.7.1. Peligro sísmico.**

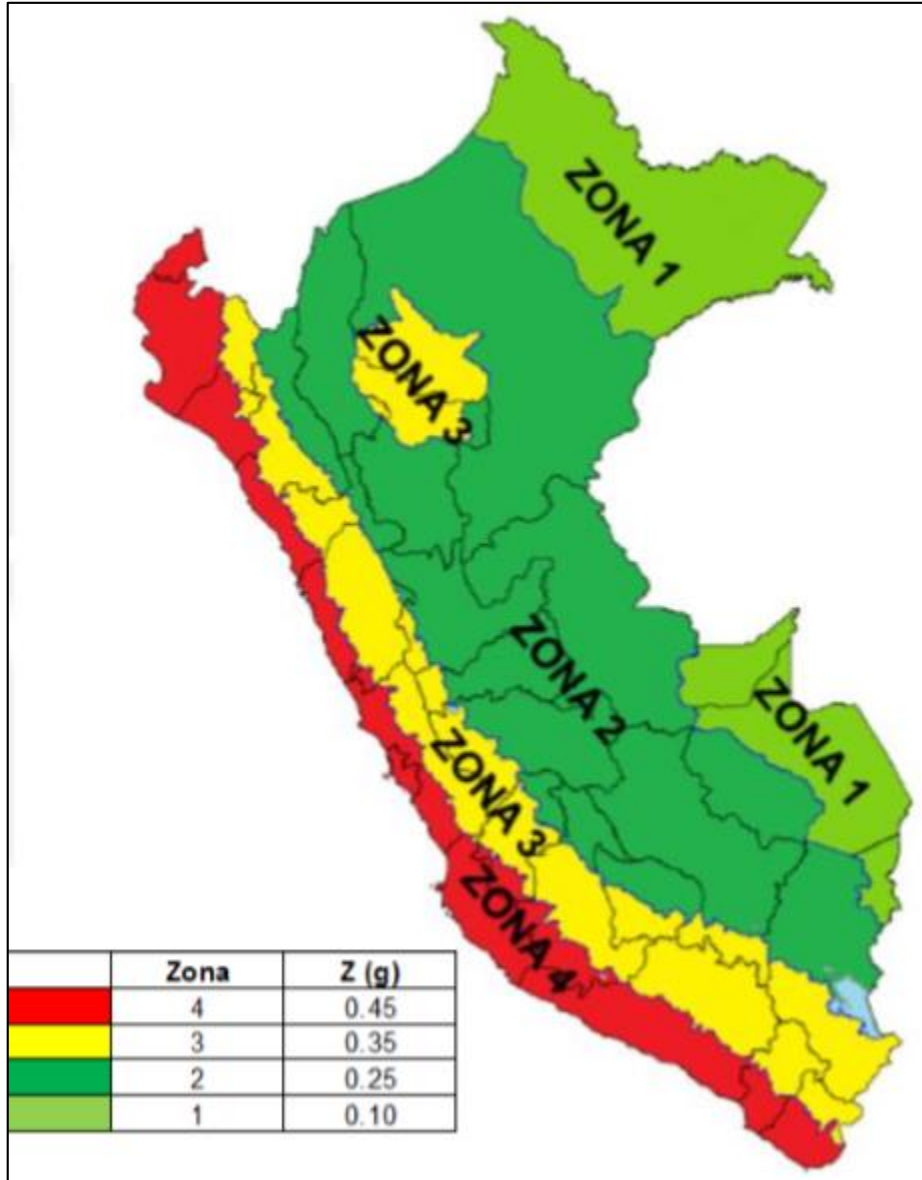
El análisis de peligro sísmico probabilístico consiste en la evaluación de la probabilidad que en un lugar determinado ocurra un movimiento sísmico de una intensidad igual o mayor que un cierto valor fijado. En general, se hace extensivo el término intensidad a cualquier otra característica de un sismo, tal como su magnitud, la aceleración máxima, el valor espectral de la velocidad, el valor espectral del desplazamiento del suelo, el valor medio de la intensidad Mercalli Modificada u otro parámetro de interés para el diseño ingenieril. Evaluación y caracterización de las fuentes sísmicas.

- Estimación de los parámetros de sismicidad local.
- Atenuación de las ondas sísmicas.
- Clasificación de sitio para diseño sísmico.
- Modelos de atenuación.
- Determinación del peligro sísmico.
- Cálculo de espectros de peligro uniforme.
- Estimación probabilística del OBE (Operating Basis Earthquake).
- Estimación probabilística del MCE (Maximum Considered Earthquake).
- Espectro de diseño.
- Cálculo de espectros con diferentes amortiguamientos.

#### **2.2.7.2. Zonificación Sísmica**

En la norma peruana E030 para el diseño sísmico resistente se describe cuatro (04) zonas con valores de  $Z$  que oscilan entre (0.10 - 0.45)  $g$ , donde “ $g$ ” es la aceleración de la gravedad. Según el Reglamento Nacional de Edificaciones. Como se aprecia en la Ilustración No. 4.

#### Ilustración No. 4 Zonificación Sísmica



Fuente: (Norma E 030) (Reglamento Nacional De Edificaciones, 2016)

#### 2.2.7.3. Periodo de retorno.

Para determinar el periodo de retorno se utiliza la siguiente formula.

La fórmula que relaciona la probabilidad de ocurrencia “p” durante un periodo de años “n” con el periodo de retorno “T”.

$$T = \frac{1}{1 - (1 - p)^{\frac{1}{n}}}$$

Un sismo con una probabilidad de ocurrencia del 10% en 50 años, tiene 475 años de periodo de retorno: en efecto, al utilizar la primera fórmula, con  $p=0.1$  y  $n=50$ , se obtiene  $T=475$ . El sismo así definido, es el que se utiliza en el Euro código.

En segundo lugar, con una probabilidad de ocurrencia del 10% en 100 años, al introducir los valores  $p=0.1$  y  $n=100$ , se obtiene  $T=950$ . Ese es el evento utilizado como sismo de Estado Límite Último en proyectos en California.

Similarmente, para un sismo que tiene una probabilidad de ocurrencia del 10% en 10 años, el período de retorno es de 95 años. El sismo así definido es el que se utiliza a veces para determinar la acción sísmica a considerar durante la construcción de puentes de gran importancia.

#### **2.2.8. Estudio hidrológico.**

Se necesita revisar los registros de meteorología e Hidrología SENAMHI. En base a estos datos se realizó el cálculo de Precipitación Máxima en 24 horas dentro del área de estudios de tormentas hasta 1,000 años con el método de Gumbel. El período de retorno ( $T$ ) se define como el intervalo de tiempo (años) que ocurre entre dos sucesos que igualan o superan un valor extremo considerado,  $X$ , en este caso la precipitación máxima.

La intensidad ( $I$ ), según Chow, 1994, se define como la tasa temporal de precipitación, o sea, la profundidad por unidad de tiempo (mm/h). (Pizarro & Flores, 2008)

**Método de Gumbel:** El “valor máximo” que se quiere determinar para un determinado período de retorno se determina por medio de la expresión:

$$x = x_m + D x = x_m + k \cdot s_n^{-1}$$

$x$ : valor máximo (caudal o precipitación) para un período de retorno  $T$ .

$x_m$ : media de la serie dada de valores máximos

$D x$ : desviación respecto a la media, que se estima mediante el producto de:  $k \cdot s_n^{-1}$

Donde:

k: factor de frecuencia, que indica el número de veces de desviación típica en que el valor extremo considerado excede a la media de la serie.

sn-1: desviación estándar, desviación típica de los valores extremos.

El valor de la variable “k” se estima a partir del conocimiento del período de retorno en años y del número de años disponibles en la serie. (Castillo & Beltrán, 1997)

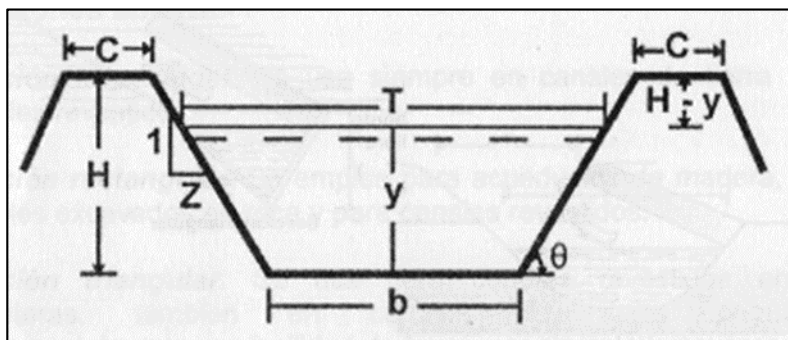
### 2.2.8.1. Diseño de canales.

Para el desarrollo de los diseños de las obras proyectadas, el caudal es un parámetro clave en el dimensionamiento de las mismas y que está asociado a la disponibilidad del recurso hídrico (hidrología), tipo de suelo, tipo de cultivo, condiciones climáticas, métodos de riego, etc., es decir mediante la conjunción de la relación agua – suelo – planta. De manera que cuando se trata de la planificación de un proyecto de riego, la formación y experiencia del diseñador tiene mucha importancia.

Canales: son conductos en los que el agua circula debido a la acción de gravedad y sin ninguna presión, pues la superficie libre de líquido está en contacto con la atmósfera.

Los canales pueden ser naturales (ríos o arroyos) o artificiales (construidos por el hombre). Dentro de estos últimos, pueden incluirse aquellos conductos cerrados que trabajan parcialmente llenos (alcantarillas, tuberías). (Villon, 2000)

**Ilustración No. 5** Elementos geométricos de la sección transversal de un canal



Fuente: Máximo (Villon, 2000)

$y$  = tirante de agua, es la profundidad máxima del agua en el canal  
 $b$  = ancho de solera, ancho de plantilla, o plantilla, es el ancho de la base de un canal  
 $T$  = espejo de agua, es el ancho de la superficie libre del agua  
 $C$  = ancho de corona  
 $H$  = profundidad total del canal  
 $H-y$  = bordo libre  
 $\Theta$  = ángulo de inclinación de la pared lateral con la horizontal  
 $Z$  = talud, es la relación de la proyección horizontal a la vertical de la pared lateral (se llama también talud de las paredes laterales del canal).  
 (Villon, 2000)

### 2.2.8.2. Formula de Manning.

La fórmula de Manning es una evolución de la fórmula de Chézy para el cálculo de la velocidad del agua en canales abiertos y tuberías, propuesta por el ingeniero irlandés Robert Manning. (Villon, 2000)

$$Q = 1.0 A R^{2/3} S^{1/2} / n;$$

$Q$  = descarga de diseño ( $m^3/s$ )

$A$  = área de la sección transversal del canal ( $m^2$ )

$R$  = radio hidráulico (m)

$S$  = pendiente de fondo (m/m)

$n$  = coeficiente de rugosidad de Manning;

- Velocidades máximas consideradas en relación al tipo de suelo:

Canales en tierra franca 0,60

Canales en tierra arcillosa 0,90

Canales revestidos con piedra y mezcla simple 1,00

Canales con mampostería de piedra y concreto 2,00

Canales revestidos con concreto 3,00

Canales en roca: pizarra 1,25

Areniscas consolidadas 1,50

Roca dura, granito, etc. 3 a 5.

### **2.2.8.3. Sistema de Manejo de Aguas Pluviales**

Para el estudio hidrológico el MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS propone en su “Guía Para La Elaboración De Planes De Cierre De Pasivos Ambientales Mineros”

Proporcionar un plano que muestre el sistema, incluyendo presas, pozas de derivación, canales, zanjas, cuencas de captación, aliviaderos, etc.; así como la dirección de los flujos. Incluir la siguiente información:

La extensión del área (en hectáreas) del terreno cubierto por el sistema de manejo de aguas.

El corte transversal típico de cada presa, que muestre cada zona de relleno, las caras de concreto, geo membranas, geotextiles, protección contra la erosión, drenajes, filtros, sistemas de colección de infiltración, etc., de ser posible.

Describir las cuencas que aportan al sistema de manejo de aguas pluviales, incluyendo su extensión, áreas y características de escorrentía. Describir el tipo de materiales utilizados para la construcción de las instalaciones para el almacenamiento de aguas y el equipo que requiere el sistema (móvil y estacionario).

Resultados de los ensayos in situ (si los hubiera) efectuados en las cimentaciones de todos los embalses. (MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, 2005)

### **2.2.8.4. Cálculo De Periodo De Retorno**

La precipitación es la cantidad de agua que llega al suelo ya sea de manera líquida o sólida en forma de lluvia, nieve, granizo. Mediante el proceso de condensación el vapor de agua regresa a la superficie nuevamente. Su distribución de deben a factores como la proximidad al mar, el relieve, las corrientes ascendentes de aire. En la naturaleza los fenómenos hidrológicos constituyen procesos aleatorios que para la planificación y diseño están basados en eventos futuros, cuya magnitud y frecuencia no puede predecirse, se debe recurrir a los estudios de la probabilidad y frecuencia (Urra, 1995). El Periodo de Retorno puede ser



cualquier evento extremo como lo son las lluvias torrenciales, temperaturas extremas, huracanes, entre otros, con lo cual, el intervalo, duración o número de años que en promedio, se cree que será igual o excedido, es decir, es la frecuencia con la que se presenta un evento. El grado de magnitud de un fenómeno extremo está relacionado de forma inversa con su frecuencia de ocurrencia (periodicidad), las precipitaciones muy intensas ocurren con una frecuencia menor que las moderadas o débiles. (Gutiérrez et al. 2011). A continuación, se presenta uno de los métodos para calcular el Periodo de Retorno:

Método de Weibull

$$T = \frac{n+1}{m}$$

Se define el periodo de retorno (T) como el valor inverso a la probabilidad de excedencia de un determinado evento (lluvia).

$$P = \frac{1}{T} \times 100$$

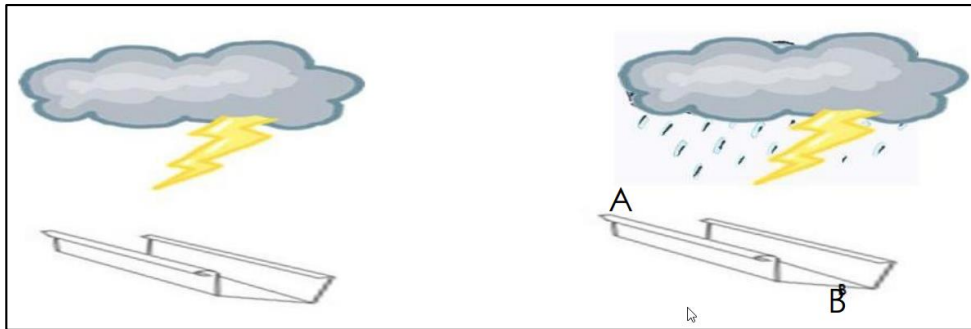
En la formula n es el número total de datos de una serie, m representa el número de orden de la serie arreglada en forma creciente y P la probabilidad de excedencia de que la precipitación sea igualada o operada. (Bello Mendoza & Velázquez Juárez, 2012)

#### **2.2.8.5. Concepto De Tiempo De Concentración (Tc)**

Se define como el tiempo mínimo necesario para que todos los puntos de una cuenca estén aportando agua de escorrentía de forma simultánea al punto de salida, punto de desagüe o punto de cierre. Está determinado por el tiempo que tarda en llegar a la salida de la cuenca el agua que procede del punto hidrológicamente más alejado, y representa el momento a partir del cual el caudal de escorrentía es constante, al tiempo que máximo; el punto hidrológicamente más alejado es aquél desde el que el agua de escorrentía emplea más tiempo en llegar a la salida. Para entender bien el concepto de tiempo de concentración pensemos un poco en el siguiente ejemplo (figura 1): en un instante dado comienza a llover de forma uniforme y constante sobre un canal de riego; inmediatamente comenzará a circular agua hacia el punto de salida del canal (pto. B), pero

en el instante inicial ( $t_0$ ), únicamente saldrá del canal el agua que cae directamente sobre el punto de salida o en sus inmediaciones, puesto que el agua precipitada en la parte alta del canal tardará cierto tiempo en recorrer la distancia que separa los puntos A y B. (báñez Asensio, Moreno Ramón, & Gisbert Blanquer, 2011)

### Ilustración No. 6 Lluvia sobre canal.



Fuente: (báñez Asensio, Moreno Ramón, & Gisbert Blanquer, 2011)

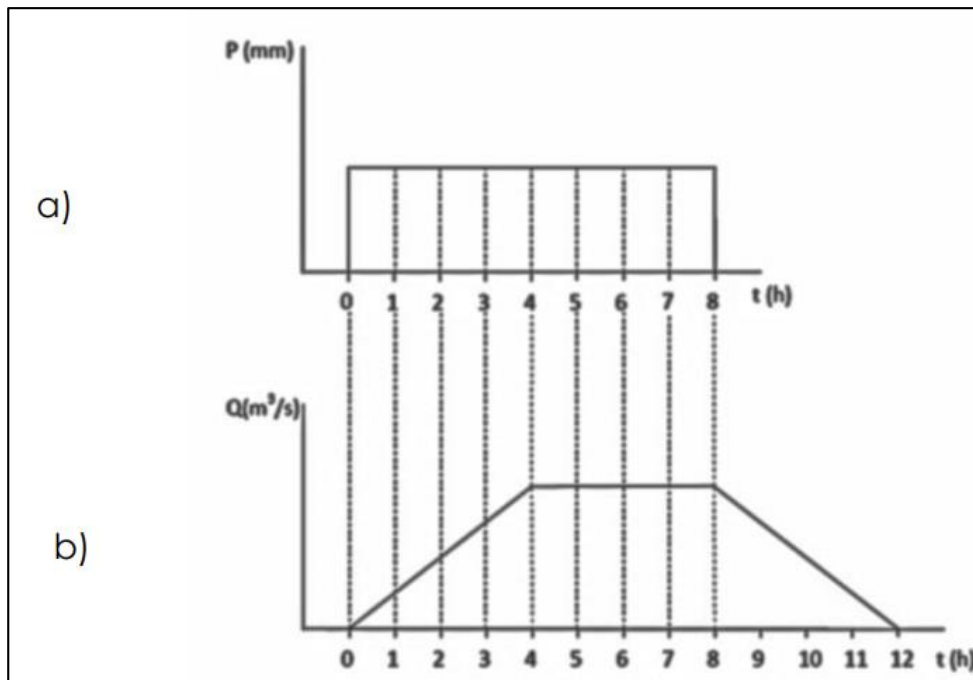
Lógicamente, si la lluvia se mantiene con la misma intensidad desde el inicio de la tormenta hasta el final, el caudal de agua que irá saliendo por el punto B irá aumentando a partir del momento inicial hasta alcanzar un valor máximo, y a partir de ese momento se mantendrá constante hasta que cese la precipitación:

- Pasado el instante inicial, los puntos intermedios del canal irán aportando agua a la salida el caudal de la escorrentía,  $Q$ , irá creciendo.
- Cuando el agua procedente del punto A llegue a B, toda la superficie del canal estará aportando agua  $Q$  será máximo y ya no aumentará mientras la intensidad de la lluvia permanezca constante.

Si ocurre que la tormenta precipita sobre todo el canal a intensidad  $X$  constante durante un total de 8 horas, y el tiempo que emplea la escorrentía en recorrer la distancia que separa los puntos A y B es de 4

horas, representando la intensidad de la lluvia frente al tiempo construiremos el hidrograma.

**Ilustración No. 7** Ejemplo: lluvia sobre un canal



Fuente: (báñez Asensio, Moreno Ramón, & Gisbert Blanquer, 2011)

En una cuenca hidrográfica el comportamiento del hidrograma será similar, sólo que en este caso parte del agua se infiltraría en el suelo y la escorrentía comenzaría tras la saturación del suelo: para una lluvia de intensidad constante el caudal en la salida irá aumentando a medida que vaya llegando el agua de escorrentía procedente de puntos hidrológicamente cada vez más alejados, manteniéndose constante a partir del momento en el que el punto más alejado ya esté aportando agua a la salida; el tiempo que transcurre desde el inicio de la escorrentía hasta que el punto más alejado hidrológicamente aporta agua al punto de salida es lo que denominamos tiempo de concentración. (báñez Asensio, Moreno Ramón, & Gisbert Blanquer, 2011)

#### **2.2.8.6. Flujo hiperconcentrado.**

Es un flujo que contiene más del 5% de sedimentos en volumen. En este tipo de flujo el comportamiento es controlado por el agua y la diferencia conceptual con relación al comportamiento de un flujo de agua no es sustancial. Grandes volúmenes de arena son transportados en suspensión dinámica y éste transporte depende de la velocidad del flujo y su turbulencia. A mayor turbulencia hay mayor transporte de materiales gruesos. El porcentaje máximo de sedimentos de un flujo hiperconcentrado, depende de las cantidades de limo y arcilla en la mezcla. En los depósitos de los flujos hiperconcentrados hay muy poca clasificación de los materiales y los cambios texturales no son abruptos. Los materiales son más consolidados que los depósitos de inundaciones (Suárez, 2009)

#### **2.2.9. Estudios geoquímicos.**

Es importante considerar el tipo de mineral que se extrae. El control de las aguas ácidas es un aspecto muy importante en aquellas minas donde existan sulfuros.

Las aguas ácidas presentan los siguientes inconvenientes referentes a los efluentes provenientes de los pasivos ambientales:

- Impacto sobre la calidad del agua superficial y subterránea, que limita su reutilización y producen contaminación.
- Impacto sobre la vida vegetal y animal del entorno.
- Dificultades en el cierre de mina en la revegetación y estabilidad de los taludes.

##### **2.2.9.1. Evaluación de pruebas ácidas**

Otro punto interesante a considerar es que, el lugar donde se van a depositar los distintos materiales debe ser apto para ello y no debe significar un problema más que resolver, es decir si estoy pensando en la

disposición de un material que en el futuro será lixiviado con ácido sulfúrico (u otro), debo buscar un lugar técnica y económicamente adecuado para ello, donde desde ya o en el futuro pueda implementar el sistema de lixiviación, independientemente de que efectivamente se haga. Esta actitud es el reflejo de la conciencia actual en la minería, adquirida sobre la base de la experiencia de muchos años, la que se puede traducir en “Pensar en lo impensable”.

La capacidad de generación ácida, se determina a partir de su contenido de azufre como sulfuro y se denomina Potencial Ácido (PA). La capacidad para neutralizar se expresa a través del Potencial Neutralizante (PN) y se determina a través del contenido mineralógico que consumen ácido.

#### **2.2.9.2. Análisis ABA (Acid-Base Accounting).**

El test ABA es uno de los ensayos geoquímicos más utilizados como elemento predictor del potencial de generación de drenaje ácido de roca, (Sobek.1978)

Han surgido una gran cantidad de “variaciones” de este ensayo, todas las cuales buscan entregar mayor y mejor información, respecto del comportamiento geoquímico de los materiales expuestos a la meteorización.

En su concepto más básico, el test ABA consiste en establecer el potencial de generación de ácido (PA) y el potencial de neutralización (PN) de una determinada muestra para finalmente, en función de ambos, PA y PN, determinar el potencial neto de neutralización (NNP) y el ratio PN/PA. Ambos resultados pueden ser comparados con valores referenciales, con el objeto desclasificar las muestras como potenciales o no potenciales generadoras de drenaje ácido, o bien si se requiere profundizar mediante la realización de ensayos cinéticos. (Samaniego, Felix, & Villanueva, 2010)

## 2.3. ESTABILIDAD DEL DEPÓSITO DE DESMONTE.

Se toma los criterios geotécnicos y parámetros físicos que, como el criterio de rotura del material, cohesión, peso específico, ángulo de fricción interna.

### 2.3.6. Criterio de rotura lineal de Mohr-Coulomb

El criterio de rotura de Mohr-Coulomb, inicialmente pensado y utilizado para el estudio en suelos, este es un criterio de rotura lineal

Aunque el comportamiento de la roca en un ensayo triaxial no concuerda con un modelo lineal, Mohr-Coulomb en la actualidad usado mucho por su comodidad y sencillez.

Generalmente para el caso del criterio de Mohr-Coulomb, se define el criterio de rotura en función de la tensión tangencial y la tensión normal en un plano. En este caso la superficie de fluencia es de la forma  $\tau = f(\sigma)$ .

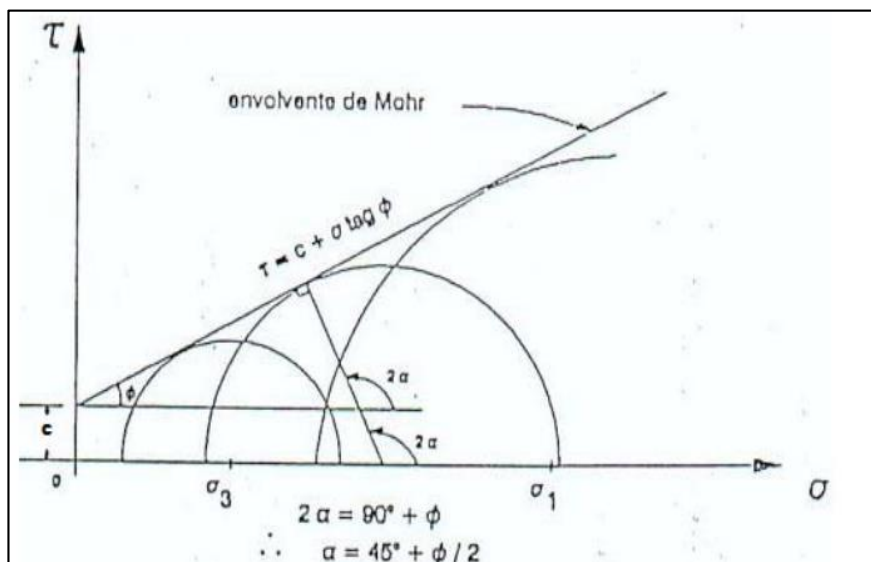
La ecuación matemática es:

$$\tau = c + \sigma_n \tan \varphi$$

Donde:

- $c$  es la cohesión, una constante que representa la tensión cortante que puede ser resistida sin que haya ninguna tensión normal aplicada.
- $\varphi$  es el ángulo de fricción
- $\tau$  es la tensión tangencial que actúa en el plano de rotura
- $\sigma_n$  es la tensión normal que actúa en el plano de rotura

**Ilustración No. 8** Envolvente de Mohr-Coulomb en el espacio de tensiones normal y tangencial.



Fuente: Melentijevic, 2005

Permite determinar ( $c$  y  $\phi$ ) y características de deformación.

### 2.3.7. Metodología de evaluación de estabilidad de botadero.

Factor de seguridad mínimos: Para el caso de presas de tierra el U.S. Army Corps of Engineers (USACE) propone que los factores de seguridad mínimos requeridos para considerar un talud estable. Samaniego, considera al botadero de desmonte como una estructura es similar al de una presa de tierra, se puede determinar los parámetros comparativos para la evaluación del comportamiento estático y pseudo—estático. USACE, U.S. Army Corps of Engineers (USACE) 2000.

Los estudios geológicos, geotécnicos de taludes están dirigidos al diseño de taludes estables en función de las condiciones requeridas (corto, medio o largo plazo, relación coste-seguridad, grado de riesgo aceptado, etc.) así como a la estabilización de taludes inestables. La metodología seguida en los estudios de estabilidad de taludes parte del conocimiento geológico, hidrogeológico y geomecánico del macizo rocoso o suelo. (Gonzalez de Vallejo, 2002)

**Tabla No. 2** Factor de seguridad

Condición	FACTOR DE SEGURIDAD	
	U.S.A.G.E.	M.E.M.
Estático	1.5	1.5
Pseudo estático	1	1.3
Nota: * Sismo máximo, periodo de retorno de 100 años.		

Fuente: (Centeno, 2018)

Se muestra los factores de seguridad estático y Pseudoestático para para un periodo de retorno máximo de 100 años

### **2.3.8. Estabilidad de una ladera, talud o deslizamiento**

Se tiene que obtener toda la información posible sobre las características geológicas, geotécnicas, topográficas y ambientales que permitan realizar una descripción de los problemas lo más preciso posible y un proponer un diseño efectivo de solución. Para una investigación es necesario conocer cuáles son los parámetros básicos que afectan la estabilidad. (Suárez, 2002)

La mayoría de estudios geotécnicos, para la estabilidad de taludes se suelen realizar en varias fases. La metodología de estudio que se debe de seguir es igual en todas las fases. Un aspecto del estudio de estabilidad de un talud que se debe de tener en cuenta y resolver al principio, en cuanto se dispone de los datos de la investigación geológico geotécnica, es el modo de falla más probable que puede producirse en dicho talud o ladera. Para estudiar su estabilidad (Oyanguren & Alejano, 2007)

Las teorías clásicas usadas para el cálculo de estabilidad de taludes se basan en conceptos principalmente deterministas, que implican determina run factor de seguridad para indicar la estabilidad en un talud. Pero cabe mencionar que Los factores de seguridad usados en la práctica



geotécnica convencional se encuentran basados en la experiencia, lo cual resulta lógico. No obstante, es común utilizar el mismo valor de factor de seguridad para un tipo de aplicación tal como es el caso de la estabilidad de un talud.

Sin embargo, este valor del factor de seguridad resulta incierto en algunos casos, debido principalmente a la variabilidad inherente e incertidumbre en algunos parámetros de análisis.

Es por ello que ante esta incertidumbre se debe recurrir a técnicas y análisis en los cuales ayude a tratar este problema.

Los análisis de confiabilidad proporcionan un medio para tratar con los efectos combinados de la incertidumbre en los parámetros comprendidos en los cálculos y ofrecen un suplemento útil para los análisis convencionales (Duncan, 2000).

### **2.3.9. Probabilidad de falla**

La probabilidad de falla no debe ser vista un como un suplemento no como un reemplazo del factor de seguridad. Calcular el factor de seguridad y la probabilidad de falla es mejor que calcular solo uno de los dos.

Aunque el factor de seguridad y la probabilidad de falla pueden calcularse con alta precisión, juntos son de importancia y cada uno eleva el valor del otro.

Sin embargo, las ventajas y el valor que los análisis de confiabilidad proporcionan a los análisis de estabilidad, aun estos no son muy utilizados en la rutina práctica de la ingeniería geotécnica, y algunas de las razones son:

Primero, comúnmente se percibe que utilizar la teoría de confiabilidad requeriría mayor información, tiempo y esfuerzo, que los disponibles en la mayoría de las circunstancias

Segundo, la teoría de confiabilidad contiene términos y conceptos que no son familiares para la mayoría de los ingenieros geotécnicos.

A lo largo del tiempo la teoría de confiabilidad se ha ido desarrollándose, y ha recibido importantes contribuciones por diversos investigadores tales como Terzaghi, G.B. Baecher, C.A. Cornell, H.E. Vanmarcke, D. Veneziano, S.G. Vicky T.H. Wu.

#### **2.4. PROGRAMA COMPUTACIONAL SLIDE V.6.0**

Actualmente, existe una infinidad de herramientas computacionales para el análisis de estabilidad de taludes. En esta oportunidad se eligió el software SLIDE versión 6.0 distribuido por la empresa Rocscience. El programa calcula los factores de seguridad para distintas geometrías, dibujadas por el propio usuario o importadas desde algún programa de dibujo. Se pueden analizar tanto suelos como rocas, por ello, el software incluye los criterios de rotura. Por otro lado, incorpora las funciones de anisotropía y otras variaciones como condiciones de sobrecarga, estructuras de contención, suelo grampeado y geotextiles. Por otro lado, se puede seleccionar entre diversos métodos de análisis, tales como: Fellenius, Bishop simplificado, Janbu generalizado y corregido, Spencer, Morgentern-Price, entre otros. Además, se pueden realizar análisis estadísticos de sensibilidad y probabilísticos. Slide tiene 2 subprogramas: Slide Compute y el Slide Interpret. El primero se utiliza para calcular el factor de seguridad una vez que se ingresaron todos los datos de entrada. Mientras que el segundo permite identificar la superficie de falla crítica y el centro de giro Manual Slide. (Mendoza, 2016)

#### **2.5. CONSTRUCCIÓN DE DEPÓSITOS DE DESMONTE**

El diseño geométrico de un depósito de desmonte se realiza considerando la información obtenida en los ensayos in situ y de laboratorio, el análisis teórico y la modelización numérica. Sin embargo, en el proceso de optimización y aprovechamiento de los espacios sobre el cual se emplazan estas estructuras requiere un mayor conocimiento del material a analizar con el objeto de conocer los comportamientos elastoplásticos ante una posible falla. ( Villanueva, Lino, & Huaña, 2017)

### 2.5.1. Cálculo del volumen del depósito de desmonte.

El cálculo del volumen a utilizar en los botaderos, se realiza con el fin de estimar el espacio físico necesario para la adecuada disposición del material estéril, de modo que podamos definir el lugar o lugares donde se dispondrán dicho material. En función de la necesidad y considerando los aspectos económicos involucrados (costos en el transporte, distancia, discriminación entre estéril con leyes de fino interesantes (es decir potencialmente explotables), tipo de material (oxidado, sulfurado, suelo) y su potencial, uso futuro o su potencial efecto sobre el medio ambiente, características de los sectores disponibles para el depósito de estéril, proceso del mineral principal extraído, se obtendrá como resultado la disponibilidad y ubicación de los sectores para la disposición de estos materiales (Ortiz, 2016)

Teniendo en claro todo lo anterior, se puede proceder a calcular el espacio o volumen necesario para depositar los materiales involucrados en la explotación, y el cálculo se puede expresar como:

$$VX = TX / \gamma X \text{ (m}^3 \text{)}$$

VX: Volumen necesario para depositar el Material X en metros cúbicos.

TX: Tonelaje del Material esponjado.

$\gamma X$ : Densidad compactada final del Material X en el botadero en toneladas por metro cúbico.

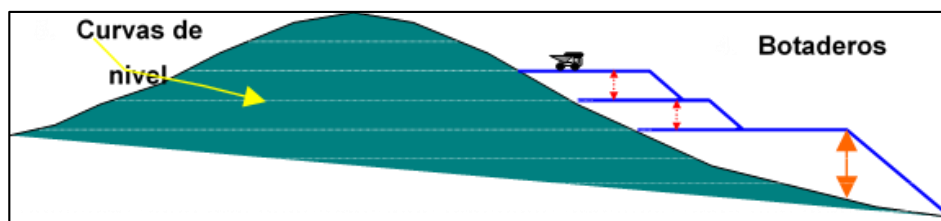
Una vez calculado el volumen necesario, debemos identificar los sectores donde podrán ser depositados los distintos materiales teniendo en cuenta las consideraciones antes descritas y simulando la geometría posible del depósito, de modo que se tenga una aproximación de la forma y los límites del botadero y así poder calcular su capacidad. Para ubicar y visualizar gráficamente los futuros botaderos debemos disponer de la información suficiente de los sectores que serán habilitados para ello, como por

ejemplo la pendiente del sector, el ángulo de reposo del material (con el cual va a quedar finalmente el material en forma segura), altura de los depósitos, áreas y las figuras típicas que se formarían en función de estos datos, luego hacer los cálculos geométricos correspondientes de volúmenes y finalmente llevarlos a un plano donde serán representados (Ortiz, 2016)

### 2.5.2. Disposición de depósito de desmonte en laderas.

Comúnmente se disponen los residuos minerales en las laderas de los cerros circundantes a la explotación, más que nada por razones de simplicidad en la descarga, mantención y estabilidad, además que se encuentra disponible un mayor espacio para la actividad y ésta se puede realizar de una manera más uniforme, (Ortiz, 2016)  
(Morin & Hutt, 2001)

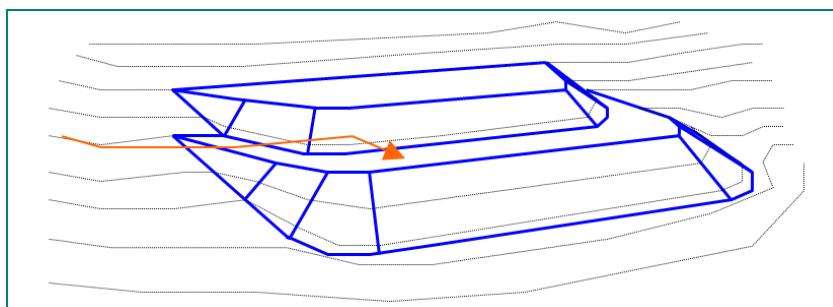
**Ilustración No. 9** Disposición de depósito de desmonte en laderas vista en sección.



Fuente: Alejandro Vásquez. 1998

Se observa la disposición del material de depósito de desmonte, aprovecha la topografía en forma de cerros.

**Ilustración No. 10** Disposición de depósito de desmonte en laderas vista en 3D.



Fuente: Alejandro Vásquez 1998.

Se aprecia una vista en 3D de disposición del depósito de desmonte por capas o banquetas, con un espacio entre banquetas para mejorar estabilidad y diseño geométrico.

### 2.5.3. Banquetas:

Es una Sección geométrica resultante, construida a intervalos, que permite disminuir el ángulo efectivo del talud protegiéndolo contra la erosión y la infiltración.

### 2.5.4. Drenajes de mina.

Para determinar el tipo de drenaje es necesario hacer un estudio detallado de las condiciones físicas del medio, el clima de lugar y una caracterización de los efluentes de mina, para ello, se realizan muestreos de agua y sedimentos para su análisis en laboratorio y determinar las concentraciones metálicas presentes, también se recurre a la medición in-situ de parámetros como: pH, contenido de oxígeno, potencial redox, conductividad, temperatura, Fe, acidez/alcalinidad, turbidez y otros. Independientemente de la fuente que da origen a los drenajes de mina, éstos se pueden subdividir en dos grandes grupos: - Drenajes alcalinos o aguas residuales con bajo potencial de solubilización. - Drenajes ácidos o aguas residuales con alto potencial de solubilización.

**Tabla No. 3** Clasificación de las aguas residuales de mina en función al pH

CLASE	pH
Altamente ácidas	1,5 a 4,5
Blandas, ligeramente ácidas	5,0 a 7,0
Duras, neutras a alcalinas	7,0 a 8,5
Blandas, alcalinas	7,5 a 11,0
Muy salinas	6,0 a 9,0
Blandas ácidas	3,5 a 5,5

Fuente: White, 1968

Teniendo en cuenta el pH del drenaje y los contenidos de metales o especies minerales presentes en el mismo, este puede agruparse en cuatro tipos como se indica en la Tabla No. 4.

**Tabla No. 4 Clasificación de drenajes en función del pH y el potencial de acidez/alcalinidad de los minerales**

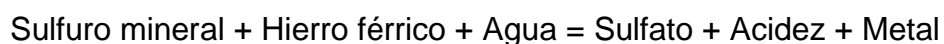
CLASE	pH	DESCRIPCIÓN
Acido	< 6	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acidez generada por oxidación de minerales, particularmente de sulfuros.</li> <li>- Nivel de metales disueltos es mayor que en drenajes casi neutros.</li> <li>- Asociado a minas metálicas, carbón y piritas.</li> </ul>
Alcalino	> 9 ó 10	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alta alcalinidad generada por disolución de minerales básicos, particularmente óxidos, hidróxidos y algunos silicatos.</li> <li>- Niveles de algunos metales como el Al son mayores que en los drenajes casi neutros.</li> <li>- Asociado con minería de diamantes, molienda de bauxita, cenizas de combustión de carbón.</li> </ul>
Casi neutro	6 – 9 ó 10	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dependiendo de la abundancia de los minerales, en determinados períodos pueden ser ácidos o alcalinos.</li> <li>- Concentración de metales disueltos algunas veces puede exceder niveles tóxicos.</li> </ul>
Otros	Irrelevante	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Puede afectar la concentración de metales.</li> <li>- Asociado a minería no metálica como: potasa, sales, boratos, bentonitas, gravas, arcillas, etc.</li> </ul>

Fuente: (Morin & Hutt, 2001)

El drenaje ácido de mina (AMD) es la consecuencia de la oxidación de algunos sulfuros minerales (pirita, pirrotita, marcasita, etc.) en contacto con el oxígeno del aire y agua:



También otros oxidantes como hierro férrico puede reemplazar al oxígeno del aire en la reacción y en algunos casos al oxígeno del agua:



Sucede lo contrario en los drenajes alcalinos de mina (LMD) ya que es el resultado de la disolución de óxidos, hidróxidos y silicatos minerales:  
 Oxido/hidróxido mineral + Agua = Alcalinidad + Metal  
 Silicato mineral + Agua = Alcalinidad + Metal + Sílice acuosa.

## **2.6. MARCO CONCEPTUAL.**

Se tiene conceptos relacionados a el tema de investigación concernientes a geotecnia para la estabilidad del depósito de desmonte.

### **TALUDES**

Se denomina talud a cualquier superficie inclinada, de un macizo rocoso o suelo, que forme un ángulo con la horizontal. Los taludes pueden ser clasificados en taludes naturales, que básicamente son las pendientes naturales, y en taludes construidos que pueden ser los terraplenes o los cortes de terreno (Gerscovich, Vargas, & de Campos, 2006)

### **ESTABILIDAD DE TALUD.**

El campo de la estabilidad de taludes estudia la estabilidad o posible inestabilidad de un talud a la hora de realizar un proyecto, o llevar a cabo una obra de construcción de ingeniería , siendo un aspecto directamente relacionado con la ingeniería minera geológica - geotécnica. La inestabilidad de un talud, se puede producir por un desnivel, que tiene lugar por diversas razones, el cual se puede estimar por métodos empíricos, numéricos, y analíticos.

### **DEPÓSITO DE DESMONTE.**

El desmonte de mina o mineral de baja ley, es el material' rocoso removido por medio de voladura en tajos o excavaciones subterráneas para poder exponer el mineral económico. En consecuencia, y en particular en el caso de operaciones de cielo abierto o tajos, el desmonte de mina es producido en grandes. volúmenes, la mayoría de las veces mayores que los del propio mineral.

## **CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA**

Consiste en la identificación de las unidades geotécnicas en la zona de estudio como también la determinación del nivel de cimentación para el emplazamiento de las estructuras.

## **CAPACIDAD DE DEPÓSITO DE DESMONTE.**

Comprende la cantidad de material estéril que puede almacenar un depósito, también expresada en vida útil considerando la producción de mineral.

## **FACTOR DE SEGURIDAD.**

Es una relación entre la carga última sobre la carga admisible el cual se tiene valores estandarizados para determinar si una estructura es estable o inestable.

## **MAGNITUD SÍSMICA**

La magnitud es la medición cuantitativa de la energía liberada en un sismo. Para una valoración objetiva de la magnitud de los terremotos es necesario utilizar instrumentos adecuados como los sismógrafos y acelerógrafos. Cualquiera sea la ubicación de estos instrumentos con respecto al lugar del sismo el valor de la magnitud es aproximadamente el mismo. Sin embargo, un terremoto con una sola magnitud puede tener muchas intensidades que irán disminuyendo a medida que se alejen del epicentro sísmico. Existen varias escalas para medir la magnitud de los sismos. Entre las principales están la magnitud local, la magnitud superficial, la magnitud de ondas de cuerpo y la magnitud momento.



## **HIDROLOGÍA**

La hidrología, como ciencia, se ocupa del estudio del ciclo del agua en la naturaleza y sus cambios de estado del agua a nivel superficial y subterráneo. La hidrología está relacionada con otras ciencias como la meteorología, la climatología, la geografía, la geología, la mecánica de suelos, la estadística matemática, etc. Uno de sus principales fines es el análisis del caudal de las corrientes de agua, este caudal puede ser medio o extremo (crecidas y estiajes) según la finalidad de su empleo (Remenieras, 1968). Por ello, es necesario una correcta evaluación y previsión de los caudales mediante estudios avanzados. La previsión de los caudales en cuencas sin registros depende de las mediciones de caudales en cuencas cercanas con registros. Estas mediciones, durante un largo periodo de años forman un conjunto de datos que pueden ser obtenidos directamente con una buena precisión en comparación de las precipitaciones o de las evaporaciones que solo pueden ser estimadas a partir de mediciones observadas en distintos puntos de la cuenca o por medio de fórmulas hidrológicas empíricas. Estos registros tienen una importancia indispensable y preliminar para examinar estudios de aprovechamiento hídrico.

## **GEOTECNIA**

Geotecnia es la aplicación de los métodos científicos y de los principios de ingeniería a la generación, interpretación y utilización del conocimiento de los materiales y procesos que ocurren en la corteza terrestre para la solución de problemas de ingeniería. Para su cabal desarrollo requiere la aplicación de diferentes campos del conocimiento, entre ellos, la mecánica de suelos, la mecánica de rocas, la geología, la geofísica, la hidrología, la hidrogeología y las ciencias relacionadas. (<http://www.bdigital.unal.edu.co/53560/>)

## 2.7. MARCO LEGAL

Perú existente normas los cuales propone algunos parámetros tanto de diseño, sísmológicos, geotécnicos y ambientales que apoyaran en analizar la estabilidad de depósito de desmonte., contempla las siguientes normas legales nacionales vigentes.

- D.S. N° 016-93 EM, Reglamento para la protección ambiental en las actividades Minero-metalúrgicas.
- D.Leg. N° 613 código del medio ambiente y de los recursos naturales.
- D.S. N° 014-92-EM T.U.O de la Ley General de Minería
- R.M. N° 011-96-EM/VMM Niveles Máximos Permisibles para efluentes líquidos
- D.Leg. N° 17752. Ley General de Aguas y las modificaciones a los títulos I, II, III promulgados por D.S N° 007-83-SA.

**CAPITULO III**  
**DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD MINERA SANTA ROSA**

**3.1. UBICACIÓN.**

La unidad minera Santa Rosa, se encuentra ubicada en el departamento de Arequipa, provincia de Condesuyos, distrito Yanaquihua. Así mismo, se encuentra ubicada dentro de la Carta Nacional del IGN denominada 32-P (Al Noroeste de la localidad de la Barrera). Los derechos mineros comprenden una extensión de 1000 hectáreas, como se muestra en la Tabla No. 5.

**Tabla No. 5** Ubicación del Derecho Minero “Santa Rosa”,

CÓDIGO	NOMBRE CONCESIÓN	AREA (has)
01-01030-06	Santa Rosa 94 de Ispacas	700
01-01169-01	Santa Rosa II 95 de Ispacas	200
01-02852-07	Santa Rosa III 94 de Ispacas	100

Fuente: Planeamiento Adriatica S.A.C.

En la Tabla No. 6 se muestran las concesiones. Concesión Santa Rosa 94, de Ispacas, Concesión Santa Rosa II 95 de Ispacas, Concesión Santa Rosa III 94 de Ispacas del proyecto Santa Rosa en coordenadas UTM.

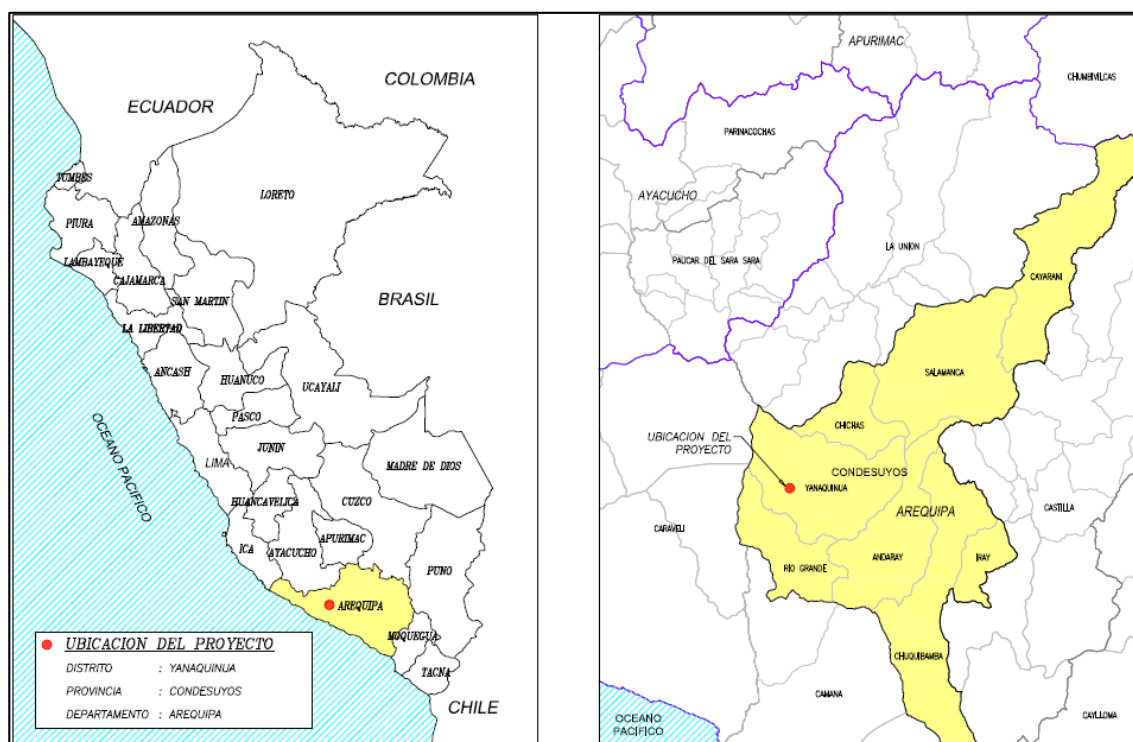
Tabla No. 6 Coordenadas de las concesiones,

Coordenadas de la Concesión Santa Rosa 94 de Ispacas				
Vértice	Coordenadas UTM			
	PSAD - 56		WGS - 84	
	Norte	Este	Norte	Este
1	8 270 000.00	703 000.00	8269640.13	702763.66
2	8 269 000.00	703 000.00	8262640.15	702763.66
3	8 269 000.00	701 000.00	8262640.16	700763.69
4	8 270 000.00	701 000.00	8269640.14	700763.70
Coordenadas de la Concesión Santa Rosa II 95 de Ispacas				
Vértice	Coordenadas UTM			
	PSAD - 56		WGS - 84	
	Norte	Este	Norte	Este
1	8 275 000.00	704 000.00	8274640.04	703763.65
2	8 270 000.00	704 000.00	8269640.13	703763.64
3	8 270 000.00	701 000.00	8269640.14	700763.70
4	8 271 000.00	701 000.00	8270640.12	700763.70
5	8 271 000.00	703 000.00	8270640.12	702763.66
6	8 275 000.00	703 000.00	8274640.05	702763.67
Coordenadas de la Concesión Santa Rosa III 94 de Ispacas				
Vértice	Coordenadas UTM			
	PSAD - 56		WGS - 84	
	Norte	Este	Norte	Este
1	8 269 000.00	702 000.00	8262640.15	701763.68
2	8 268 000.00	702 000.00	8267640.17	701763.68
3	8 268 000.00	701 000.00	8267640.17	700763.69
4	8 269 000.00	701 000.00	8262640.16	700763.69

Fuente: Planeamiento Adriatica S.A.C.

En La Ilustración No. 11 se aprecia la ubicación geográfica de la mina Santa Rosa, a la derecha a nivel nacional en el departamento de Arequipa y la Izquierda a nivel regional en Yanaquihua Condesuyos.

## Ilustración No. 11 , Ubicación de la mina Santa Rosa



Fuente: Planeamiento Adriatica S.A.C.

### 3.1.1. Accesibilidad.

Para poder acceder al área donde se ubica la unidad minera Santa Rosa desde la Ciudad de Cusco, primero es llegando a la ciudad de Arequipa y tomar La ruta como se muestra en la Tabla No. 7 siguiendo la Panamericana Sur con sentido hacia el norte.

**Tabla No. 7** Tramos de acceso a la unidad minera Santa Rosa desde Cusco

Tramos de acceso a la mina Santa Rosa desde Cusco			
TRAMO	DISTANCIA (Km)	Vía de Comunicación	Tiempo (Hrs)
Cusco - Arequipa	485	Asfaltada	9:00 hrs
Arequipa - Chuquibamba	230	Asfaltada	5:30 hrs
Chuquibamba - Yanaquihua	50	Afirmada	1:30 hrs
Yanaquihua - Ispacas	25	Trocha Carrozable	1:30 hrs
Ispacas - Barrera	23.9	Trocha Carrozable	1:00 hrs
Barrera - Mina. Santa Rosa	24.2	Trocha Carrozable	1:00 hrs
<b>Total</b>	<b>838.1</b>		<b>19:30 hrs</b>

Fuente: Elaboración propia

### **3.1.2. Historia de la mina.**

Los trabajos de explotación minera en el área datan de la época Colonial ya que existen caminos de herradura (del tipo Inca) hacia una de las bocaminas y en el interior de algunas labores se identificó maderas usados por los españoles en esas épocas.

El señor Felipe Vera ha realizado trabajos de exploración y explotación desde el año 1995 fecha en la cual adquirió las concesiones mineras, y trasladando el mineral en acémilas hasta el año 2004, cuando la minera Caraveli, decide hacer una carretera para explorar sus concesiones las mismas que rodean las concesiones de la unidad minera Santa Rosa. Posteriormente, rentando un tractor el señor Vera completó el acceso hasta su mina y pudo implementarla con una compresora, molino y otros equipos que le han permitido llegar incluso a lixiviar el mineral en el área

La minera Canadiense Bear Creek, realizó trabajos de exploración entre los años 2002 y 2003, estos consistieron en un mapeo, muestreo y la ejecución de una campaña de perforación diamantina. La justificación de este programa fue la identificación de un potencial de 150 000.00 OzAu que no fue corroborado a través de los 893 m de perforación. La empresa utilizó para el traslado de equipos un helicóptero, ya que para esos años no existía acceso alguno a la mina.

Cabe mencionar que Bear Creek identificó casi 4 Km de vetas y el resultado de los muestreos superficiales, de algunas galerías y el de los interceptos de mineral en los taladros ejecutados muestran que existe continuidad de la mineralización en las vetas principales, la empresa Bear Creek al no tener expectativas deseadas económicamente abandonan el proyecto, Actualmente La Empresa Minera Adriática SAC viene realizando las operaciones mineras.

### **3.1.3. Clima**

La temperatura media anual es de 20.0°C y las temperaturas mínima y máxima medias anuales son de 11.0°C y 28.0°C, respectivamente. La temperatura media mensual varía entre 19.1°C y 21.1°C y las temperaturas con los valores más bajos en los meses invernales de junio a agosto, y los más elevados en los meses de setiembre a diciembre.

La humedad relativa media anual en la estación Caraveli es de 55.0% y la humedad relativa media mensual varía entre 49.9% a 69.4%. Las mayores humedades relativas se presentan entre los meses de enero a abril y las menores humedades relativas entre los meses de mayo y diciembre.

Los vientos de la zona de estudio están influenciados por la topografía, las características de paso de sistemas frontales de bajas presiones y el sistema de viento local (brisas de valle y de montaña), estos últimos con un comportamiento de acuerdo con las gradientes térmicas establecidas en el lugar y que determinan la intensidad de las mismas.

La Dirección predominante de vientos registrada en la estación Caraveli es en la dirección Sur (S) y con una velocidad promedio de 3.0 m/s.

Se concluye que el clima es Semi-Cálido muy seco (Desértico árido Sub tropical)

### **3.1.4. Vegetación**

La vegetación en la mina se observa algunos arbustos espinosos pero muy escaso, considerado como cardonal (car) se incluyen en esta unidad especies arbustales o subarbustos, muchas de ellas espinosas, asimismo, la presencia rala de hierbas menores, principalmente anuales y bulbíferas, que completan todo su ciclo vegetativo durante el corto periodo de lluvia veraniega (MINAM, 2014c). En este cardonal es posible la presencia de

pastoreo temporal y la recolección de partes de la planta para fines medicinales, artesanales y alimenticios, entre otros.

### **3.1.5. Fauna**

En el área de la mina no se observan fauna considerable, se puede apreciar insectos y aves muy escasos, pero se observa más fauna en el valle del río Ocoña a 15 km en línea recta

En la fauna terrestre en situación silvestre se cuenta con la paloma, el ratón, la gallareta, el zorro, la choca, el búho, el zorrino, tijerillas y el pato silvestre; la mayoría de ellos en peligro de extinción. Otros animales que se identifican con poca frecuencia son el cuculí, la tórtola, el chirote, el huanchaco, el gorrión, el picaflor, el ruiseñor, la garza, la gallineta, el cardero, el chihuano, el gallinazo, el garrapatero, el buitre, el gavilán, el cernícalo y el águila. Además existen una variedad de insectos. Entre la fauna fluvial se identifican a los peces (pejerrey, liza y trucha), los camarones, sapos, ranas y el huallaque.

### **3.1.6. Topografía**

Las rocas de la zona han sufrido una dinámica cambiante, afectados por las lluvias torrenciales y temperaturas extremas, han hecho que el agua meteórica discurra hacia el río Ocoña, aprovechando las fallas existentes, así como las fracturas y las rocas frágiles han hecho que la topografía sea abrupta formando cerros empinados que van de 30° de pendiente hasta (50 a 60)° en algunos casos, formando quebradas muy profundas y obtusas, también es indicar que la zona es el inicio del cañón del Cotahuasi, uno de los más profundos del mundo, las cotas van de 900msnm hasta 3000msnm.

En el terreno afloran rocas metamórficas identificadas como gneis, sobre las que se emplazan vetas sub paralelas, entre las cuales se tiene al menos tres, una cuyo rumbo es N200°-210°, buzamiento 60°-70°W y



potencias de 10 a 40cm; y otras dos más importantes de rumbo N200°-230°, buzamiento 60°-80°/E, con potencias de hasta 1m reconocidas en campo. Las vetas están falladas, lo cual evidencia la reactivación de las mismas y sugiere múltiples eventos tectónicos los cuales favorecen a la mineralización. Los afloramientos se observan discontinuos pero la traza de la veta alcanzaría hasta 1Km.

### **3.2. ASPECTOS GEOLÓGICOS**

#### **3.2.1. Geología**

La unidad minera Santa Rosa se encuentra dentro del Batolito de la Costa, el complejo intrusivo Cretácico que subyace en la Cordillera Occidental. En las cercanías de Santa Rosa las rocas ígneas del Batolito de la Costa se encuentran en contacto con el gneis del Complejo Basal Precambriano. De acuerdo con el mapa geológico regional la roca es dominante es el complejo basal Precámbrico gneis, mientras que al sur es intrusivos del cretácicos, tonalitas y monzonitas de la Superunidad Incahuasi del Batolito costera (Pecho Gutiérrez, 1983).

Dacitas y riolitas del volcánico Seneca del Plioceno, se encuentran como pequeños caparzones que cubren al gneis, estas se encuentran de dos a seis kilómetros al sureste de la unidad minera Santa Rosa.

Andesíticas volcánicas del Grupo Barroso (Plioceno-Pleistoceno) se encuentran a unos 5 kilómetros al noroeste de la zona la mina.

##### **3.2.1.1. Geología regional**

###### **a) Rocas del complejo Basal.**

El complejo basal consiste en gneis y granitos de gneiss con bandas de Feldespato potásico, con algunos diques básicos a intermedios (andesitas y dioritas) y granitos pegmatíticos.

Las rocas que albergan las vetas de la unidad minera santa Rosa son ortogneises de composición granodiorítica que afloran debido a una

ventana tectónica dentro del Batolito de la Costa. Estas rocas pertenecen al Complejo Basal de la Costa, y según las dataciones Rb/Sr realizadas por el INGEMMET, tienen una edad entre los 600 y 2,000 millones de años.

**b) Rocas del Batolito de la costa.**

El batolito de la costa se extiende al largo del Perú, esencialmente pegado a la costa y el trend estructural principal de los andes, geológicamente está dividido en 5 segmentos en la zona de Arequipa. Estas rocas metamórficas subyacen debajo del área del proyecto, están formadas por dioritas, cuarzo dioritas, granodioritas, monzonitas y tonalitas, así mismo existen rocas sub-volcánicas más jóvenes son rocas hipabisales que intruyen a las rocas graníticas. El segmento Arequipa está dividido en cinco grupos litológicos, dos de los cuales el Tiabaya e Incahuasi, están presentes regionalmente en la zona.

**c) Súper Unidad incahuasi.**

Esta descrita como la más importante de la súper unidad del batolito de la costa. Esta consiste en tonalitas, granodioritas y dioritas en fases, con bordes y fases de monzonitas y dioritas hornblendicas. En orden de abundancia los contenidos de minerales son, de plagioclasa, ortoclasas y cuarzo con poca biotita. En el área del proyecto, está en contacto con el gneiss del complejo basal.

**d) Súper Unidad Tiabaya**

El Segundo más largo de la súper unidad del batolito de la costa en la región, la Tiabaya es una roca predominantemente de granodiorita caracterizado por cuarzo con cristales de ferromagnesiano que tiene un color oscuro, en orden de abundancia, contiene minerales de plagioclasas y cuarzo, con ortoclasa y biotita, con menor microclina,

sphena, apatita, zircón y algunos opacos, Radiometría de Potasio y Argón data para el Tiabaya cerca de 80 millones de años.

**e) Volcánicos Terciarios**

No hay evidencia de estos volcánicos jóvenes en la zona, regionalmente se extienden en capas aisladas que cubren a las rocas de mesozoico y rocas Pre-cambrianas, sin embargo, se encuentran dentro de unos pocos kilómetros de la zona del proyecto. Son brevemente descritos por la posibilidad hipotética de que la mineralización en Santa Rosa está relacionada a este vulcanismo

**f) Volcánico Sencca.**

El volcánico Sencca son descrito en las vecindades de Puno y Tacna, está constituido por tufos y brechas de colores blanquecinos a rosados, están formados por cuarzo, biotita y vidrio volcánicos como los principales constituyentes.

**g) Grupo Barroso.**

El grupo Barroso está mayormente extendido hacia el sur del Perú, está formado por Andesitas, traquitas y traquiandesitas.

Están organizadas en dos series, la Superior contiene andesitas y traquiandesitas en flujos intercaladas con tufos brechas y aglomerados, con flujos de lava. Estas rocas están en las inmediaciones del área de la unidad minera Santa Rosa.

La serie inferior está constituida por tufos, brechas y conglomerados con flujos de lava.

### **3.2.1.2. Geología local.**

La unidad minera Santa Rosa está dentro del Complejo Basal de la Costa formado por gneiss, en contacto con las rocas del batolito de la costa como las tonalitas y dioritas de la Super unidad Incahuasi.

#### **Unidades Litológicas**

- **GNEISS**

Los gneises presentan en partes un marcado bandeamiento de ortosas, plagioclasas y cuarzo, y en otros una típica textura equigranular; pero predominan las texturas bandeadas.

- **TONALITAS.**

Las tonalitas son de grano medio, con plagioclasas, cuarzo, hornblendas y magnetitas, presenta una alteración pervasiva de feldespatos potásico, epidota como mineral secundario es muy común, usual en las superficies de las fracturas.

- **DIORITA.**

La diorita es de grano medio, una roca mafica oscura, con hornblendas y plagioclasas como minerales principales. La magnetita, tremolita y actinolita como minerales secundarios presenta una alteración de cuarzo- calcita –epidota en venillas muy localizada.

### **3.2.2. Geología del área de estudio.**

En el área de estudio afloran principalmente rocas metamórficas e ígneas, también se presentan depósitos aluviales y coluviales del cuaternario. A

continuación, se describen las unidades geológicas de lo más reciente a lo más antigua.

Depósitos Coluviales (Qh-Co), Constituidos por gravas poco gradadas con fragmentos angulares y sub angulares ubicados al Noreste del depósito de desmonte proyectado.

Depósitos Aluviales (Qh-al), Gran parte del depósito proyectado está cubierta principalmente de una potente secuencia indiferenciada de sedimentos cuaternarios, constituidos por material aluvial débilmente compactado formado por gravas de naturaleza granítica, bloques sub angulares y sub redondeados de matriz areno limoso que descansan directamente sobre el basamento del cretácico las cuales afloran en el área y su potencial se desconoce.

Los depósitos están circunscritos al pie de las laderas y especialmente de las más escarpadas con una amplitud muy reducida que denota un alejamiento escaso de la roca madre, y un grosor pequeño, salvo casos muy especiales debido a condiciones locales particulares. Sus perfiles tienden a coincidir con el ángulo de equilibrio, lo que denota su acumulación casi enteramente de origen gravitacional, corroborado por la naturaleza de sus elementos que están en estrecha relación con las rocas aledañas. De manera general se les considera como formaciones sueltas, es decir formados por caídas de material casi siempre en forma de pequeños derrumbes o deslizamientos, y eventualmente de movimientos de gran magnitud.

Súper Unidad Tiabaya (Ks-ti), A nivel regional esta unidad litológica forma parte de las Rocas Plutónicas del Batolito de la Costa, habiéndose emplazado a lo largo de una faja central con más de 20 km. De ancho y 90 km. de longitud, limitada en el NE por la Súper Unidad Incahuasi.

Litológicamente está compuesta por tres grupos de rocas producto de una cristalización fraccionada de mafico y félsico: gabrodiorita-diorita

cuarcífera, tonalitas variando veces a granodiorita y la tercera monzogranito de color más claro. Los contactos son más nítidos. De grano faneríticos y textura granítica.

Esta súper unidad es la más joven del Batolito y la datación radiométrica indica una edad de 80 MA (Cobbing 1979). La duración del Plutonismo fue cerca de 20 MA (Cobbing 1979).

En el área de estudio litológicamente conformada por granodiorita y diorita intensamente fracturada ubicada al Nor-Este del depósito, resistencia alta a muy alta (50 a 150 MPa). Se encuentran aglomerados.

Súper Unidad Incahuasi (Ks-in/to), Es la súper-unidad que corresponde al mayor volumen del Batolito, esta unidad está emplazada en el flanco Nor este del Batolito de la Costa, hacia el lado oriental termina intruyendo al Cretáceo inferior.

La súper unidad de Incahuasi está integrada principalmente por intrusivos tonalíticos, granodioríticos y dioríticos, originado por pulsaciones magmáticas y por el emplazamiento tardío de otros cuerpos en los bordes de esta unidad. La súper unidad Incahuasi ocupa el tercer lugar en el tiempo de intrusión del segmento de Arequipa. Dataciones radiométricas indican una edad de 80-85 MA (W. Pitcher E., J. Cobbing 1979).

Localmente está conformada por intrusivos tonalíticos, granodioríticos y dioríticos; pertenecientes al cretácico superior, ubicada Nor-Oeste. Se encuentran aglomerados.

Complejo Basal (Ks-in/to), El complejo basal consiste en gneis y granitos de gneis con bandas de Feldespato potásico, con algunos diques básicos a intermedios (andesitas y dioritas) y granitos pegmatíticos. Ubicada al Nor- Este del proyecto, litológicamente conformado gneis, resistencia alta (50 a 100 MPa), estos se encuentran aglomerados.

### 3.2.3. Columna estratigráfica.

La columna estratigráfica local cinco unidades geológicas tal como se muestra en la ilustración No. 12

**Ilustración No. 12** Columna estratigráfica

COLUMNA ESTRATIGRAFICA LOCAL						
ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD	ESP.	GRAFICO	LITOLOGIA
CENOZOICO	CUATERNARIO		DEPOSITO COLUVIAL	15 m.		Conformado por gravas poco gradadas con fragmentos angulares y sub angulares.
			DEPOSITO ALUVIAL	25 m.		Conformado por material aluvial debilmente compactado formado por gravas de naturaleza granitica, bloques de matriz arenolimoso.
MESOZOICO	CRETACEO	SUPERIOR	TIABAYA			Conformado por grupos de rocas producto de una cristalización fraccionada de mafico y felsico (Granodiorita, diorita intensamente fracturada).
			INCAHUASI			Conformado por intrusivos tonalíticos, granodioríticos y dioríticos pertenecientes al cretácico superior ubicado al noroeste del DME Santa Rosa.
PROTEROZOICO	PRECAMBRICO		COMPLEJO BASAL			Conformado por gneis con bandas de feldspato potasico con algunos diques basicos a intermedios (andesitas y dioritas) y granitos pegmatiticos.

Fuente: Planeamiento Adriatica S.A.C.

### 3.2.4. Descripción Geológicas de las Vetas.

En el proyecto minero contamos actualmente con 11 vetas, las cuales describiremos solamente las más importantes y extensas.

- **VETA SANTA ROSA.**

Es la veta más importante y tiene una extensión de 2,650m con una potencia que varía de 0.20m a 1.50m, con un promedio de 0.40m, la veta tiene rumbo de N34°E, con un buzamiento de 60° a 75° con respecto al SE se tiene desarrollado 1,103m de labores mineras en diferentes niveles, en tres zonas como zona Rey, Toro y Española, distanciadas en 1030m en la horizontal.

En la zona de Rey, tiene un rumbo promedio de N50E y buzamiento de 50° a 60° SW, aquí se ha desarrollado 3 niveles con un avance de 395.60m, en esta zona, la mineralogía consiste en un relleno de fractura de cuarzo con bandas de OxFe, acompañado de panizo, en el Nv. inferior, se tiene nódulos de galena con esfalerita y pirita y leyes altas de oro.

En la zona Toro, se tiene rumbo de N18°E, aquí se tiene 2 niveles, así como dos cortadas a diferentes cotas, tiene un avance de Cruceros y galería de 395.50m de labores, la mineralogía es de cuarzo lechoso con pirita y nódulos de OxFe. En el Nv. inferior hacia el tope se tiene presencia de lentes de galena y diseminación de Cu.

En la zona Española se tiene un rumbo de N50E y buzamiento de 70SE, aquí se tiene 312m de avances espaciados en 4 niveles a cada 47m, pero en el Nv. 1 y 0 la cota es solamente de 14m de desnivel. La veta tiene una potencia de 0.20 a 0.80m está formada por banda de cuarzo poroso brechado y fragmentos de roca caja acompañado de panizo, óxidos de fierro y limonita, en los niveles inferiores la veta tiene una potencia de 0.15 a 0.30 se presenta una banda de cuarzo fracturado relleno de hematita y limonita, algo de pirita y galena.



- **VETA LA ONZA.**

Se trata de una veta tensional o secundaria, es una veta de rumbo N53°E y buzamiento 75° a 80°SE, de un ancho de 0.10m a 0.20m, formado por cuarzo fracturado con relleno de hematita y limonita, de cajas bien definidas acompañado de gouge o roca triturado, tiene una extensión de 580m, se observa un lente de 100m en la quebrada con leyes de 79 a 158 grs de oro, hacia los extremos está cubierto por material cuaternario, otro tramo se observa en forma de Split que se junta a la veta Santa Rosa, las leyes en afloramiento de este tramo son un poco bajos 2.20 grs de oro. Esta veta actualmente no tiene accesos; llegar hasta allí es muy dificultoso, por lo empinado y escarpado de los cerros.

- **VETA CRESTA 2.**

Esta veta tiene un rumbo de N50E y 85NE, tiene una extensión aproximada de 950m tiene un ancho de 0.30m, la mineralogía está conformada por una banda de cuarzo poroso con bandas de hematita y limonita, Es la veta más alejada de la zona, tiene un tramo de 400m de afloramiento y hacia los costados se encuentra cubierto, en este tramo las leyes están en un promedio de 21grs de oro. La continuación de la veta se observa hacia el margen derecho en un tramo de unos 100m, una muestra de esta zona nos da un ancho de 0.50m y 1,87 grs de oro.

- **VETA LA CUMBRE**

Esta veta tiene un rumbo de N286E y buzamiento de N70 a 75W tiene una extensión de 750m con un ancho promedio 2.00m y una veta en medio de 0.40m, está formado por bandas de cuarzo y abundante oxido de fierro, lo acompaña un panizo hacia la caja piso que llega hasta los 2.00m, en un promedio de 1.00m, la veta aflora en un tramo de 200m, con leyes de 4.47 y 72 grs de oro, el

afloramiento aparece nuevamente pegado a la veta Santa Rosa en un tramos de 100m, con leyes de 1.77grs de oro para una potencia de veta de cuarzo de 0.20m.

- **VETA LUZ**

Esta Veta tiene un rumbo de N37E y buzamiento de 40 a 50NW, tiene una extensión de 650m tiene un ancho de estructura de 1.00m a 2.00m, la veta tiene un ancho de 0.50m formado por cuarzo brechada con óxidos de fierro, hematita y limonita, patinas de malaquita en tramos, la veta tiene cajas bien definidas, lo acompaña un panizo hacia la caja piso, el promedio de los mejores tramos en superficie dan 4.28grs de oro, su afloramiento se da en la zona más baja del yacimiento.

### **3.2.5. Reservas y recursos minerales**

En el terreno afloran rocas metamórficas identificadas como gneiss, sobre las que se emplazan vetas sub paralelas, entre las cuales se tiene al menos tres, una cuyo rumbo es N200°-210°, buzamiento 60°-70°W y potencias de 10 a 40cm; y otras dos más importantes de rumbo N200°-230°, buzamiento 60°-80°/E, con potencias de hasta 1m reconocidas en campo. Las vetas están falladas, lo cual evidencia la reactivación de las mismas y sugiere múltiples eventos tectónicos los cuales favorecen a la mineralización. Los afloramientos se observan discontinuos pero la traza de la veta alcanzaría hasta 1Km.

Se ha cubicado 369,550.00 TM de mineral económico explotable considerando 11,720.00 TM de mineral Probado y 357,830.00 TM de mineral Probable con una ley cut off de 10.40 grs/ton Au y 1.53 Oz/tc Ag. tal como se indica en la Tabla No. 8

**Tabla No. 8** Resumen de las reservas

<b>RESERVA</b>	<b>TM</b>	<b>Ley Au Grs/Ton</b>	<b>Ag (Oz/Tc)</b>
ECONOMICO	7,310.00	15.13	1.71
MARGINAL	4,410.00	10.15	-
RESERVAS (PROBADAS)	11,720.00	13.26	1.07
RESERVA POTENCIAL (PROBABLE)	357,830.00	11.47	3.57
<b>TOTAL CUBICADO</b>	<b>369,550.00</b>		

Fuente: Planeamiento Adriatica S.A.C.

### **3.3. DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES DE LA UNIDAD MINERA MINA SANTA ROSA**

A continuación, se describe las operaciones que realiza la Empresa minera Adriatica SAC y Contratistas bajo la supervisión estricta de Adriatica SAC.

#### **3.3.1. Exploración Y Desarrollo**

En esta fase se ejecutan túneles horizontales y verticales como Cruceros, Galerías, Chimeneas y Piques, que permiten cubicar mineral y dar accesibilidad a las Reservas de Mineral.

#### **CORTADAS Y GALERIAS**

Son túneles horizontales de 2.1 m x 2.1 metros de sección cuyo objetivo es de interceptar las estructuras mineralizadas, así como también para dar accesos y servicios a las zonas de trabajo. Estas labores se realizan en forma convencional con equipos como:

- Perforadoras tipo Jack leg
- Limpieza con palas neumáticas Eimco 12B
- Extracción con locomotoras de 1.5 TM y 2.5 TM, carros mineros U-35

El ciclo de trabajo está compuesto por las siguientes etapas:

- **Perforación:** se realizan con perforadoras Jack leg con barrenos de 2, 4, 6, 8 pies y su malla de perforación consta de 28 a 32 taladros dependiendo del tipo de roca.
- **Voladura:** Los Explosivos usados son Semexa 65% y Emulnor 3000 y Emulex 65% y como accesorios de voladura se usan el Carmex y Mecha Rápida para voladura controlada y voladura secundaria.
- **Limpieza:** Se realiza mediante las palas neumáticas que cargan a los carros mineros uno a uno, los carros son empujados hacia un cambio de vía cauvil, para luego ser jalados con la locomotora.
- **Sostenimiento:** El sostenimiento se realiza de acuerdo a las características geomecánicas de la labor, como principal elemento de sostenimiento se aplica el split set y perno helicoidal con malla electro-soldada y sostenimiento con madera.

## **CHIMENEAS.**

Son labores verticales de doble compartimiento de 2.4 m x 1.2 m de sección y de chimeneas simples de 1.2 m x 1.2 m. de sección, estas labores se realizan de acuerdo a las normas establecidas por el Ministerio de Energía y Minas. Y se ejecutan en forma convencional con equipos como:

- Perforadoras tipo Jack leg
- Perforadoras tipo Stopper
- Sostenimiento con madera (camino y buzón).
- Extracción con locomotoras de 1.5 TM y carros mineros U-35

El ciclo de trabajo está compuesto por las siguientes etapas:

- **Perforación:** se realiza con perforadoras Jack leg con barrenos de 2, 4, y 6 pies y su malla de perforación consta de 18 a 26 taladros para

chimeneas de doble compartimiento y de 12 a 18 taladros para chimeneas simples como también es dependiendo del tipo de roca.

- **Voladura:** Se usa explosivos Semexa 65%, Emulex 65% y Emulnor 3000 y accesorios de voladura el Carmex de 2.1 y Mecha Rápida
- **Limpieza:** La limpieza del tope de la chimenea se realiza por gravedad, la carga limpiada es almacenada en la tolva que se construye al inicio de la chimenea, para luego ser jalados en carros mineros U-35 con la locomotora.
- **Sostenimiento:** El sostenimiento se realiza de acuerdo a las características geomecánicas de la labor, como principal elemento de sostenimiento es cuadros de madera y puntales de avance y las chimeneas de doble compartimiento son forradas con tablas para separar el camino del chute.

## **PIQUES.**

Son labores verticales de doble compartimiento de 1.8 m x 1.2 m de sección, estas labores se realizan de acuerdo a las normas establecidas por el Ministerio de Energía y Minas. Y se ejecutan en forma convencional con equipos como:

- Perforadoras tipo Jack leg
- Sostenimiento con madera (camino y pique).
- Izaje con Winches de 10 HP y baldes de izaje y la extracción con locomotoras de 1.5 TM y carros mineros U-35

El ciclo de trabajo está compuesto por las siguientes etapas:

- ✓ **Perforación:** se realiza con perforadoras Jack leg con barrenos de 2, 4, y 6 pies y su malla de perforación consta de 16 a 23 taladros para piques, dependiendo del tipo de roca.
- **Voladura:** El explosivo tipo Semexa 65%, Emulnor 3000 y como accesorios de voladura se utiliza el Carmex

- **Limpieza:** La limpieza del tope del pique se realiza mediante el sistema de izaje con baldes de izaje y winches de 10 HP, la carga limpiada es almacenada en los carros mineros U-35, para transportados con la locomotora.
- **Sostenimiento:** El sostenimiento se realiza de acuerdo a las características geomecánicas de la labor, como principal elemento de sostenimiento se tiene cuadros de madera y puntales de avance de doble compartimiento son forradas con tablas para separar el camino del pique.

### 3.3.2. Preparación Y Explotación

En esta etapa final consiste en la preparación de los blocks de explotación a través de subniveles y buzones a cada 30 metros que sirven para depositar el mineral roto de los tajeos de explotación.

#### **SUBNIVELES.**

Son labores horizontales de 1.2 m x 1.8 m de sección, realizadas durante la etapa de preparación de tajos de explotación, inicia a partir de una chimenea a 3 metros de altura sobre el nivel principal y sirven para delimitar el inicio del área de explotación, son labores convencionales que son ejecutados con equipos como:

- Perforadoras tipo Jack leg
- Carretilla tipo "Buggy" (Limpieza)
- Extracción con locomotoras de 1.5 TM, 2.5 TM y carros mineros U 35

El ciclo de trabajo está compuesto por las siguientes etapas:

- **Perforación:** se realiza con perforadoras Jack leg, con barrenos de 2, 4, y 6 pies y su malla de perforación consta de 14 a 21 taladros esto dependiendo del tipo de roca.
- **Voladura:** El explosivo tipo pulverulenta semexa 65% y como accesorios de voladura se utiliza el Carmex.

- Limpieza: La limpieza se realiza a pulso con carretillas tipo “buggy”, llevando la carga del subnivel hacia la tolva de la chimenea. para luego ser jalados en carros mineros U-35 con la locomotora.
- Sostenimiento: Generalmente por las dimensiones de la sección, no se efectúa sostenimiento, en caso requiera sostenimiento de acuerdo a las características geomecánicas de la labor, se utilizará cuadros de madera y/o puntales.

### **3.3.3. Método De Explotación: (Método De Corte Y Relleno Ascendente)**

El método de explotación que se emplea es Corte y Relleno Ascendente (OverCut and Fill), el cual garantiza una adecuada recuperación, estabilidad y selectividad del mineral. Todos los trabajos se realizan convencionalmente.

Para los casos de vetas muy angostas e irregulares en potencia y mineralización se emplea El circado como un sub-método de explotación, que tiene la particularidad de ser muy selectivo. El método consiste en disparar solamente la caja, luego se tiende este material como relleno, y posteriormente disparar el mineral puro.

Las labores donde se realizan la explotación de mineral, está compuesto por uno o más blocks, las dimensiones del block serán de 30 m de largo x 50 m de altura. Los equipos que se utilizan son:

- Perforadoras tipo Jack leg y/o Stopper
- Carretilla tipo “Buggy”
- Winches de arrastre de 10 HP y scrapper de 18” de ancho y capacidad de 4.5 pies<sup>3</sup>.
- Extracción con locomotoras de 1.5 TM, 2.5 TM y carros mineros U-35

El ciclo de minado consiste en:

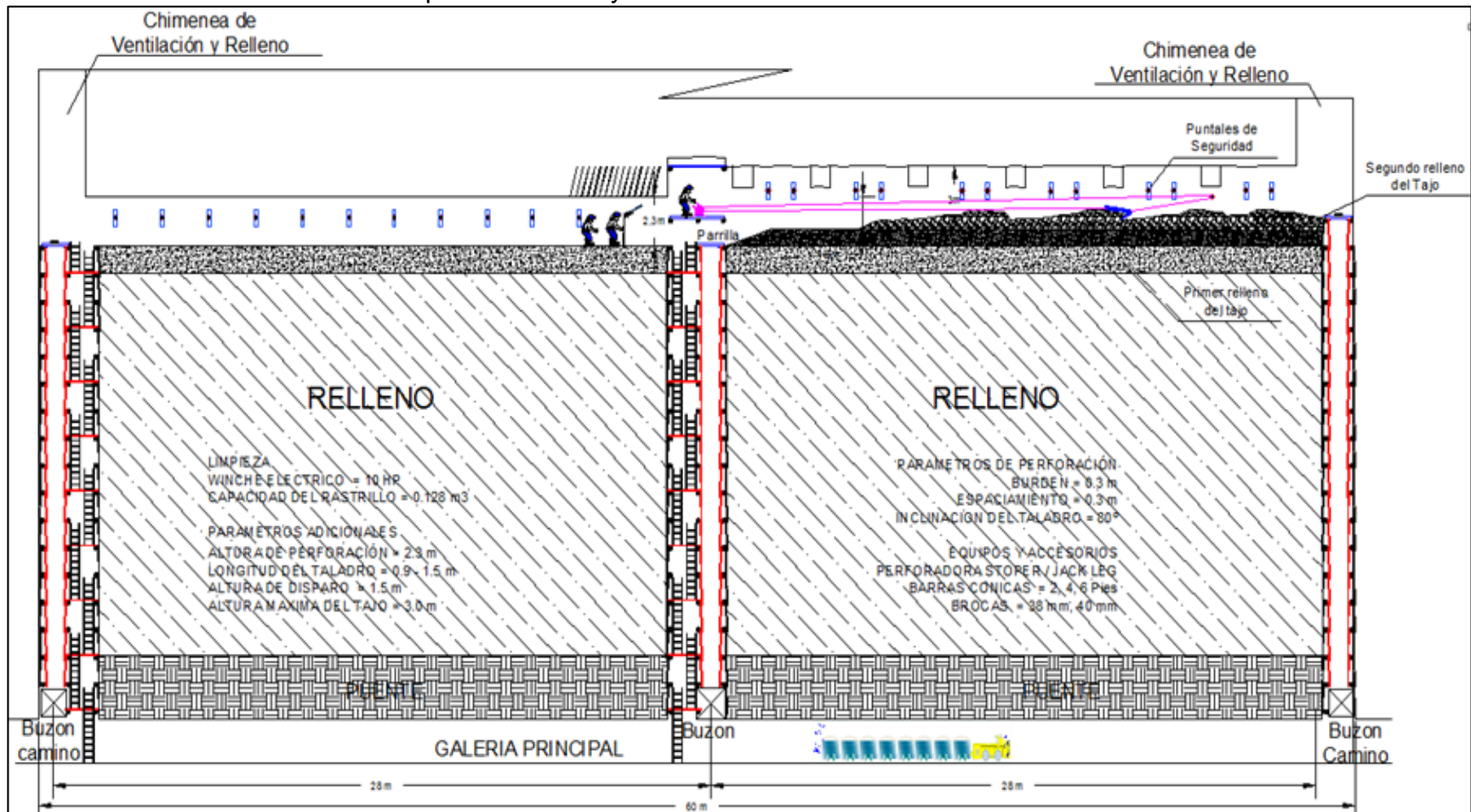
- Perforación. - La perforación de taladros se realizan con máquinas perforadoras neumáticas tipo Jack Leg y Stopper, barreros cónicos de 2, 3, 4 y 5 pies de longitud y brocas de 38 mm de diámetro, malla de perforación tipo hilera y zigzag, con un burden 0.25 m. á 0.30 m. y espaciamiento de 0.30 m.
- Voladura. - Se realiza voladura controlada con explosivos de 45% de potencia para terreno suaves y 65% para terrenos más duros. Como accesorios se utiliza Armada de mecha lenta ensamblada (Carmex) y como iniciador Mecha Rápida.
- Sostenimiento. - El sostenimiento que se emplea en la explotación es utilizando la madera como elemento principal y en labores anchas el Split set con plantillas. El sostenimiento en buzones-camino se realiza sobre cuadros de madera que dan acceso a los tajeos.
- Cuando las características geomecánicas de la labor lo requieren se utiliza un sostenimiento temporal con puntales de seguridad y dejando pilares que luego son recuperados. Esto permite al trabajador realizar su tarea en forma segura durante la limpieza del mineral y luego del cual se proceden al relleno detrítico respectivo del tajeo que constituye el sostenimiento definitivo.
- Limpieza de mineral. - La limpieza de mineral en los tajeos de explotación se realiza a pulso con carretillas tipo buggy, y con winches de arrastre de 10 HP, scrapers de 18" de ancho y capacidad de 4.5 pies<sup>3</sup>. Este mineral es depositado en las tolvas de madera instalados en los extremos de cada tajeo.
- Transporte. - El transporte del mineral, se realiza primero descargando el mineral de las tolvas a los carros mineros U-35, que luego son transportados con locomotora de batería hasta la bocamina de superficie donde se encuentran los echaderos de mineral y/o desmonte.
- Relleno. - El espacio dejado por la rotura y limpieza de mineral es rellenado con desmonte producido en las labores mineras de exploraciones y desarrollo, permitiendo reciclar el material estéril en



interior de mina, también se utiliza como relleno la rotura de la corona pobre.

Cuando el ancho de veta es delgado, se procede al descaje de las paredes del tajeo, con la finalidad de dar el ancho ergonómico para el perforista, para luego hacer el pampillado dejando una altura de 2.30m del piso al techo de la labor, hasta formar un piso que permita realizar la perforación del siguiente corte, luego de la perforación se realiza otro relleno del tajeo hasta una altura de 1.5 metros que es la altura de voladura.

**Ilustración No. 13** Método de explotación corte y relleno



Fuente: Planeamiento Adriatica S.A.C.

Se muestra el método de explotación que es usado en la unidad minera Santa Rosa, corte y relleno ascendente

### 3.4. DEPÓSITO DE DESMONTE

El desmante promedio generado por las labores de exploración, desarrollo y preparación en las vetas Santa Rosa, Split Santa Rosa, La Onza, y veta Cumbre que serán extraídas hacia superficie como se indica en la siguiente tabla.

**Tabla No. 9** Desmante generado por mina

DESMONTE GENERADO POR MINA					
ZONA	TM MINERAL x MES	RATIO	TM DESMONTE x MES	TM DESMONTE X AÑO	TM DESMONTE 10 AÑOS
		D/M			
VETA SANTA ROSA	2 000	1.1 : 1	2 200	26 400	264 000
VETA SPLIT S. ROSA	500	1.2 : 1	600	7 200	72 000
VETA LA ONZA	300	1.3 : 1	390	4 680	46 800
VETA LA CUMBRE	200	1.4 : 1	280	3 360	33 600
<b>TOTAL TM x MES</b>	<b>3 000</b>	<b>1.16</b>	<b>3 470</b>	<b>41 640</b>	<b>416 400</b>

Fuente: Planeamiento Adriatica S.A.C.

Durante la vida de la mina de 10 años aproximadamente, se estima que se va generar 416 mil toneladas de desmante, los cuales se van a depositar en un espacio diseñado y acondicionado especialmente para este fin, que deberá considerar la estabilidad física y química en forma permanente.

El 30 % del material estéril se almacena en interior mina para usar como relleno detrítico en los tajeos.

Se ha estimado el material que será extraído de las vetas, tanto de las labores de exploración, preparación y desarrollo.

#### **Para veta Santa Rosa**

TM de desmante/mes: 3143

30% de Estéril para tajeo = $3143 \times 0.3 = 942.85$

Estéril para Deposito de desmante: = $3143 - 942.85 = 2200.00$  TM/mes

#### **Para veta Split S. Rosa**

TM de desmonte/mes: 857

30% de Estéril para tajeo  $=857*0.3= 257.15$

Estéril para Deposito de desmonte:  $=857-257.15=600.00$  TM/mes

#### **Para veta La Onza**

TM de desmonte/mes: 557

30% de Estéril para tajeo  $=557*0.3= 167.14$

Estéril para Deposito de desmonte:  $=557-167.14=390.00$  TM/mes

#### **Para veta La Cumbre**

TM de desmonte/mes: 400

30% de Estéril para tajeo  $=400*0.3= 120$

Estéril para Deposito de desmonte:  $=400-120=280.00$  TM/mes

Estéril para Deposito de desmonte/mes:

$2200+600+390+280= 3,470.00$ TM

Estéril para Deposito de desmonte/año:

$3470*12= 41,640.00$  TM

Estéril para Deposito de desmonte para diez años:

$41,640*10 = 416,400.00$

### **3.5. CIERRE DE MINA**

Considerando de que las operaciones mineras son solamente de extracción de minerales y no hay planta de tratamiento metalúrgico, las actividades de cierre se iniciarán cuando se agoten los recursos minerales, para lo cual se está contemplando las siguientes actividades:

- Cese de operaciones
- Aviso a la autoridad competente
- Desmantelamiento de las instalaciones auxiliares
- Cierre definitivo de bocaminas y todas las instalaciones.
- Señalización de áreas críticas y/o riesgosas si hubiese.

### 3.6. MAQUINARIA Y EQUIPOS

Según los estimados de producción de mineral a escala de pequeño productor minero, PPM, se ha determinado utilizar la siguiente relación de equipos, como se muestra en la Tabla No. 10.

**Tabla No. 10** Maquinaria y equipos

<b>EQUIPOS DE MINA</b>	<b>CANTIDAD</b>
Locomotora de 1.5 TM GOODMAN, Tipo Mancha	3
Locomotora de 2.5 TM GOODMAN	2
Carros mineros sobre rieles modelo U-35	50
Carros mineros sobre llantas tipo Z-20	4
Palas neumáticas EIMCO 12B	5
Perforadoras neumáticas tipo Jakcleg, marca RNP	14
Winches de arrastre de 10 HP Tipo Joy	10
Ventiladores eléctricos de 10,000 CFM	3
Ventiladores eléctricos de 5,000 CFM	7
Winches de izaje de 50 HP BM	1
<b>EQUIPOS DIESEL DE SUPERFICIE</b>	<b>CANTIDAD</b>
Compresora diesel de 1,050 CFM Atlas Copco	1
Compresoras eléctrica de 1,200 CFM Atlas Copco	1
Compresoras eléctrica de 500 CFM Atlas Copco	1
Grupo electrógeno de 250 Kw.	1
Grupo Electrógeno de 150 Kw.	1
Grupo Electrógeno de 45 Kw.	1
Camioneta doble cabina TOYOTA	2
Ambulancia	1
Camión de 4 TN de capacidad IZUZO	1
Cargador Frontal LIUGONG de 2 Tn	1
Volquetes de 25 toneladas	5

Fuente: Planeamiento Adriatica S.A.C.

### 3.7. FUERZA LABORAL

La jornada laboral en la Unidad Minera Santa Rosa se da bajo el sistema atípico acumulativo de 20 x 10, en la que el trabajador laborará 20 días consecutivos con una jornada diaria de 10 horas y en dos turnos

alternativos de día y noche, cuyo horario por turno se muestra en la Tabla No. 11.

**Tabla No. 11** Horario de jornada laboral

<b>TURNOS Y HORARIOS DE TRABAJO</b>				
<b>TURNO</b>	<b>H. INGRESO</b>	<b>REFRIGERIO</b>	<b>H. SALIDA</b>	<b>TOTAL HORAS</b>
TURNO DIA	08:00 a.m.	11:00 a 12:00 pm	07:00 p.m.	10:00 Horas
TURNO NOCHE	08:00 p.m.	03:00 a 4:00 a.m.	07:00 a.m.	10:00 Horas

Fuente: Planeamiento Adriatica S.A.C.

La cantidad máxima de trabajadores con los que se cuenta es de 210 trabajadores, de los cuales en la mina están en forma permanente 140 trabajadores y 70 permanentemente de descanso en su domicilio fuera de la unidad minera, tal como se muestra en la Tabla No. 12

**Tabla No. 12** Requerimiento de Personal

FUERZA LABORAL DEL PROYECTO		TURNOS		
PERSONAL COMPAÑÍA	CANT.	DIA	NOCHE	DESCANSO
Ingenieros Minas	3	1	1	1
Ingenieros Geólogos	3	1	1	1
Ingeniero Seguridad	1	1		
Ingeniero de mantenimiento	1			1
Topografía	2		1	1
Inspectores de seguridad	2	1	1	
Muestrero	3	1	1	1
Pallaqueo	4	2	1	1
Control de calidad	5	1	2	2
Mantenimiento mecánico	3	1	1	1
Mantenimiento eléctrico	3	1	1	1
Logística	1	1		
Recursos Humanos (Administración)	1		1	
Servicio Social	1			1
Médico y enfermero	2	1	1	
Medio Ambiente	3	1	1	1
Conductores	3	1	1	1
Personal Limpieza	1			1
<b>SUB TOTAL COMPAÑÍA</b>	<b>42</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>14</b>
PERSONAL CONTRATA	CANT.	DIA	NOCHE	DESCANSO
Ingenieros	3	1	1	1
Personal administrativo	3	1	1	1
Supervisores de mina	6	2	2	2
Mecánicos y conductores	3	1	1	1
Enmaderador	12	4	4	4
Motorista	12	4	4	4
Bodega	3	1	1	1
Servicios Contrata de mina	3	1	1	1
Perforistas	54	18	18	18
Ayudantes Perforistas	54	18	18	18
Peones de mina	3	1	1	1
Cocina	9	3	3	3
Seguridad Interna	3	1	1	1
<b>SUB TOTAL CONTRATA</b>	<b>168</b>	<b>56</b>	<b>56</b>	<b>56</b>
<b>TOTAL PERSONAL</b>	<b>210</b>	<b>70</b>	<b>70</b>	<b>70</b>

Fuente: Planeamiento Adriatica S.A.C.

### 3.8. INSUMOS PRINCIPALES.

Para la operación de unidad minera Santa Rosa se tiene insumos principales que se describen a continuación.

#### 3.8.1. Petróleo Diésel B5

El combustible utilizado en los vehículos, equipos pesados, compresoras y los grupos electrógenos es petróleo Diésel B5, cuyo consumo mensual y anual se estima en la Tabla No. 13.

**Tabla No. 13** Consumo de diésel

<b>CONSUMO DE COMBUSTIBLE DIESEL B5 PD S50</b>		
<b>EQUIPOS</b>	<b>MES</b>	<b>AÑO</b>
Grupos electrógenos	9,300	111,600
Compresoras	1,000	12,000
Equipos pesados y vehículos	1,200	14,400
<b>CONSUMO TOTAL COMBUSTIBLE</b>	<b>11,500</b>	<b>138,000</b>

Fuente: Planeamiento Adriatica S.A.C.

#### 3.8.2. Aceites y grasas

Los aceites de mayor consumo son R 15W40 para mantenimiento de motores, Spirax 85W140 como aceite hidráulico para las compresoras y equipos hidráulicos y Torcula 150 para las perforadoras neumáticas de mina.

El promedio de consumo mensual se muestra en la Tabla No. 14.



**Tabla No. 14** Consumo de lubricantes.

<b>LUBRICANTES</b>	<b>Unid</b>	<b>MES</b>	<b>AÑO</b>
ACEITE RIMULA R4 15W40 ( CIL X 55 GL )	GLN	60	720
ACEITE SHELL SPIRAX 85W140	GLN	12	144
ACEITE SHELL TORCULA 150	GLN	55	660
<b>SUB TOTAL</b>	<b>GLN</b>	<b>127</b>	<b>1,524</b>
GRASA	KG	16	191
GRASA CRATER FLUID 2X - TEXACO-LATA.	KG	40	480
<b>SUB TOTAL</b>	<b>KG</b>	<b>56</b>	<b>671</b>

Fuente: Planeamiento Adriatica S.A.C.

### 3.8.3. Explosivos

La cantidad de explosivos que se utiliza cuando la mina llega a su máxima capacidad de producción que es de 100 toneladas por día.

Las cantidades de explosivos y accesorios de voladura se muestran en la Tabla No. 15.

**Tabla No. 15** Explosivos y accesorios.

<b>EXPLOSIVOS</b>	<b>UNID.</b>	<b>MES</b>	<b>AÑO</b>
Dinamitas	Kg	5000	60,000
Emulsiones	Kg	3000	36,000
<b>TOTAL EXPLOSIVOS</b>	<b>Kg</b>	<b>8,000</b>	<b>96,000</b>
<b>ACCESORIOS</b>	<b>UNID.</b>	<b>MES</b>	<b>AÑO</b>
Mecha ensamblada	Unid	12,000	144,000
Mecha rápida	m	3,000	36,000

Fuente: Planeamiento Adriatica S.A.C.

### 3.8.4. Madera de Eucalipto

Se utiliza madera para el sostenimiento temporal de los túneles y tajeos de explotación como un medio de seguridad que garantice la estabilidad

de las rocas en casos haya posibilidades de desprendimiento. Como se aprecia en la Tabla No. 16.

**Tabla No. 16** Requerimiento de madera.

<b>TIPO DE MADERA</b>	<b>Unid</b>	<b>MES</b>	<b>AÑO</b>
Puntales de 4", 6", 7" x 3.0 m	Unid	600	7,200
Tablones de 2" x 8" x 3.0 m	Unid	300	3,600
<b>SUB TOTAL</b>	<b>Unid</b>	<b>900</b>	<b>10,800</b>
<b>TIPO DE MADERA</b>	<b>Unid</b>	<b>MES</b>	<b>AÑO</b>
Puntales de 4", 6", 7" x 3.0 m	Kg	42,000	504,000
Tablones de 2" x 8" x 3.0 m	Kg	4,500	54,000
<b>SUB TOTAL</b>	<b>Kg</b>	<b>46,500</b>	<b>558,000</b>

Fuente: Planeamiento Adriatica S.A.C.

### 3.9. AGUA Y PUNTO DE CAPTACIÓN.

La zona de la unidad minera Santa Rosa es completamente árida, no habiendo disponibilidad de agua durante todo el año, sólo en épocas de invierno, de enero a marzo, discurre ocasionalmente agua por las quebradas, productos de las lluvias en las zonas alto andinas. La única forma de abastecerse de agua es transportando desde afuera y para este caso se abastece de un canal de riego que es alimentado por el río Ocoña, ubicado a 8 Km. de distancia del proyecto minero.

El agua es transportada en bolsas especiales de 10 m<sup>3</sup> de capacidad por los volquetes que suben a la mina a transportar mineral.

El agua de consumo humano se deposita en contenedores de plásticos tipo Rotoplast del cual se alimenta a las instalaciones de comedores, servicios higiénicos y lavandería.

El agua de uso industrial se deposita en pozas de concreto de 20 m<sup>3</sup> de capacidad, del cual se distribuye a las labores mineras a través de

tuberías de polietileno de 1” de diámetro así mismo se utiliza bombas de agua para abastecer a la operación en las partes superiores.

El agua industrial sirve para mitigar el polvo de mina producto de la voladura de rocas y del polvo que levantan los volquetes que transportan mineral.

La demanda de agua para uso industrial y consumo humano son bastante reducidos porque se recupera un 80% con la planta de tratamiento de aguas residuales, que sirven para uso industrial. En la Tabla No. 17, se aprecia el estimado máximo de consumo de agua diario y mensual:

**Tabla No. 17** Consumo de agua.

<b>Tipo de agua</b>	<b>Consumo diario (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Consumo mensual(m<sup>3</sup>)</b>
Agua consumo industrial	15	450
Agua consumo humano	10	300

Fuente: Planeamiento Adriatica S.A.C.

### 3.10. POLVORINES

En la unidad minera Santa Rosa se cuenta con polvorines para almacenar explosivos y accesorios de voladura de acuerdo a las normas vigentes. Los polvorines son de Tipo A, subterráneos, cuyas capacidades se muestran en la Tabla No. 18.

**Tabla No. 18** Dimensiones y capacidades de polvorín tipo A.

<b>CAPACIDAD POLVORIN ACCESORIOS</b>		
Carmex	cajas	500
Mecha lenta	cajas	200
Mecha Rápida	cajas	100
Fulminante	Unid.	10,000

Fuente: Planeamiento Adriatica S.A.C.

## **CAPITULO IV ESTUDIO GEOTÉCNICO**

### **4.1. ESTUDIO GEOQUÍMICO**

Con la finalidad de conseguir la estabilidad química del depósito de desmonte, la empresa Minera Adriática S.A.C. (ADRIATICA) ha solicitado a JMF realizar el estudio de evaluación del potencial de generación de drenaje ácido (DAR) del material de desmonte y suelo de fundación. Para dicho fin fue programado 03 ensayos estático de balance ácido – base (ABA) método Lawrance (ver Anexo 2)

#### **4.1.1. Ensayos Estáticos (ABA)**

Los ensayos estáticos ABA (Acid Base Accounting) son un conjunto de análisis que se complementan entre sí y que permiten conocer el comportamiento geoquímico de los materiales. Los ensayos que incluye esta prueba son: potencial de acidez máximo (MPA), ratio potencial de

neutralización (RNP), potencial neto de neutralización (NNP), potencial neutralización Lawrence, pH en pasta, contenido porcentual de sulfatos (expresado como %S) y contenido porcentual de sulfuros (expresado como %S).

- El potencial de acidez máximo (MPA), que se expresa en toneladas de  $\text{CaCO}_3$  por cada 1 000 toneladas de material ( $\text{t CaCO}_3/ 1000 \text{ t}$ ), es la medida de la capacidad de generación de ácido a partir de una oxidación completa de los sulfuros presentes. En la evaluación del potencial de acidez máximo se cuantifican los sulfuros como azufre total menos sulfatos, es decir el azufre que efectivamente puede transformarse en ácido sulfúrico por oxidación de los sulfuros metálicos.
- El potencial de neutralización Lawrence (NP) que se expresa en toneladas de  $\text{CaCO}_3$  por cada 1,000 toneladas de material ( $\text{t CaCO}_3/ 1000 \text{ t}$ ) es la medida de la capacidad neutralizadora del drenaje ácido que pudiera producirse en la superficie del depósito de desmonte. En esta prueba se mide la capacidad del material para neutralizar ácido clorhídrico. El resultado es una medida de la capacidad del material para neutralizar el ácido sulfúrico que pudiera generarse por la oxidación de los sulfuros metálicos.
- El potencial neto de neutralización (NNP) resulta de la diferencia entre el potencial de neutralización y el potencial de acidez máximo. En general, si el NNP es menor a -20 toneladas de  $\text{CaCO}_3$  por cada 1,000 toneladas de muestra, entonces el material es generador de drenaje ácido, mientras que si se encuentra entre -20 y +20 toneladas de  $\text{CaCO}_3$  por cada 1,000 toneladas de muestra, el material probablemente sea generador de drenaje ácido. Si el NNP es mayor a 20 toneladas de  $\text{CaCO}_3$  por cada 1,000 toneladas de muestra, indica que el material no genera drenaje ácido.

- El pH en pasta sirve para determinar si ha ocurrido generación de drenaje ácido antes del análisis de laboratorio. En general, valores de pH mayores a 8 sugieren la presencia de carbonatos reactivos y si el pH es menor a 5 es probable la ocurrencia de drenaje ácido en la muestra.
- En general, se asume que materiales con contenidos porcentuales de S- sulfuros menores a 0.3% no pueden producir pH en pasta ácido. Es un parámetro indicativo, aunque no concluyente ya que debe correlacionarse el %S- sulfuros con los demás parámetros ABA que se evalúan. El contenido porcentual de azufre sulfuro se obtiene de la determinación porcentual de azufre total y sustrayendo el %S- sulfatos.
- El cociente NP/MPA o RNP es uno de los criterios más utilizado para la predicción del potencial de generación de drenaje ácido. En general, se define un rango de incertidumbre para la generación de drenaje ácido cuando el cociente se encuentra entre 1 y 4. Cuando el RNP es menor a 1, es muy probable que el material sea generador de drenaje ácido y cuando el RNP es mayor a 4, se considera que el material no presenta potencial de generación de drenaje ácido

#### **4.1.2. Muestras para ensayos de laboratorio**

Se consideró hacer pruebas a dos muestras de desmonte y una de fundación del área del proyecto.

Además, dicho material de desmonte proviene de las vetas que contienen los siguientes minerales.

- **VETA SANTA ROSA.**

En la zona de Rey, la mineralogía consiste en un relleno de fractura de cuarzo con bandas de OxFe, acompañado de panizo, nódulos de galena con esfalerita y pirita.

En la zona Toro, la mineralogía es de cuarzo lechoso con pirita y nódulos de OxFe, lentes de galena y disseminación de Cu.

En la zona Española, la mineralogía está formada por banda de cuarzo poroso brechado y fragmentos de roca caja acompañado de panizo, óxidos de fierro y limonita, banda de cuarzo fracturado relleno de hematita y limonita, algo de pirita y galena.

- **VETA LA ONZA.**

La mineralogía está formada por cuarzo fracturado con relleno de hematita y limonita, acompañado de roca triturado, con leyes de 79 a 158 grs de oro.

- **VETA CRESTA 2.**

La mineralogía está conformada por una banda de cuarzo poroso con bandas de hematita y limonita, con leyes promedio de 21 grs de oro.

- **VETA LA CUMBRE**

La mineralogía está formado por bandas de cuarzo y abundante oxido de fierro, lo acompaña un panizo hacia la caja piso con leyes de 4.47 y 72 grs de oro.

- **VETA LUZ**

La mineralogía está formada por cuarzo brechada con óxidos de hierro, hematita y limonita, patinas de malaquita en tramos, lo acompaña un panizo hacia la caja piso y el promedio de los mejores tramos en superficie dan 4.28grs de oro.

El detalle de las muestras se encuentra en el Anexo 2.

#### **4.1.2.1. Muestra TR-03 (MN-16\_01914)**

Esta muestra proviene de la zona de fundación para el depósito de desmonte Santa Rosa

#### **4.1.2.2. Muestra de Desmote (MN-16\_01915)**

Esta muestra de desmote fue obtenida del material estéril proveniente de mina. Según criterio de JMF.

#### **4.1.2.3. Muestra de Desmote (MN-16\_04579)**

Esta muestra de desmote fue obtenida del material estéril proveniente de mina. Según criterio de JMF.

#### **4.1.3. Ensayos de laboratorio**

Los materiales representativos de la fundación y desmote para el depósito de desmote, han sido ensayados mediante el método Lawrence (Parámetros ABA, análisis GEO-3011-PE) en el laboratorio químico de "AGQ Environmental".

Los ensayos se efectuaron para medir el balance entre los minerales de potencial generador de ácido (Potencial de Acidez Máximo) y minerales neutralizadores de ácido (Potencial de Neutralización) en las muestras.



Con este procedimiento se obtiene un dato conocido como Potencial de Neutralización (NNP), el cual, en concordancia con otros parámetros, indica si teóricamente la muestra generará acidez con el tiempo. Se presenta una muestra de los certificados del ensayo en el Anexo 2.

#### 4.1.4. Resultados

Las condiciones de generación de drenaje ácido de la roca son las siguientes:

- Si  $NNP > +20 \text{ Kg CaCO}_3 / \text{TM}$ : No se producirá drenaje ácido
- Si  $NP/MPA > 4.0$ : No se producirá drenaje ácido.
- Si  $-20 < NNP < +20$ : Rango de incertidumbre
- Si  $NNP < -20 \text{ Kg CaCO}_3/\text{TM}$ : Si se produciría drenaje ácido.

**Tabla No. 19** Resultados de Análisis-Pruebas Balance Acido – Base

Ubicación	Codigos	Laboratorio Quimico	pH en Pasta	S % (Sulfuro)	Potencial (tCa CO <sub>3</sub> / 1000t)			Relacion NP / MPA (RNP) > 4.0 (*)	Observaciones
					Acido (MPA)	Neutralizacion Lawrence (NP)	Neto de Neutralizacion (NNP)		
Fundación	TR-03	AGQ	9.18	0.01	0.31	19	18.7	60.70	NO GENERA
Bocamina	Desmonte de Mina		9.19	0.09	2.81	15.8	13	5.61	NO GENERA
Bocamina	Desmonte		9.28	0.01	0.31	16.7	16.4	53.40	NO GENERA

Fuente: JMF 2016(\*) valores mínimos recomendados para asegurar la estabilidad química.

En el resumen de resultados de pruebas de balance acido se observa en general que no se genera drenaje acido. Considerando un Ph en pasta mayor a 8 que sugiere la presencia de carbonatos reactivos lo cual indica que no genera drenaje acido, relación de (NP/MPA) mayores a 4 que indican que no generan drenaje acido, y el potencial neto de neutralización (NNP) en incertidumbre.

#### 4.2. ESTUDIOS HIDROLÓGICOS

Para determinar el comportamiento del agua en el depósito de desmonte se ha realizado el estudio hidrológico y así estimar la precipitación máxima, nivel freático y flujo hiperconcentrado los cuales son necesarios

para el diseño de canales de coronación, derivación del proyecto. Y análisis de estabilidad física.

#### 4.2.1. Precipitación

##### 4.2.1.1. Régimen de precipitaciones

De acuerdo a los datos de SENAMHI (Anexo 3), la precipitación media anual histórica en el área del proyecto asciende a 116 mm. Durante la época húmeda (enero - abril) se presenta aproximadamente el 95% de la lluvia anual y durante la época seca (de abril a diciembre) el 5 % restante. (SENAMHI estación Caravelí- Arequipa)

##### 4.2.1.2. Precipitación máxima en 24 hora

Los registros de precipitaciones máximas en 24 horas son esenciales para estudios hidrológicos relacionados. Con esto es posible inferir los valores de caudales máximos a los que están expuestas las diversas estructuras como drenaje, protección que forman parte del proyecto de depósito de desmonte Santa Rosa. Dado que el área del depósito de desmonte se encuentra ubicada por encima de los 1,500 msnm, se ha seleccionado aquella que se encuentra en una altitud similar. De las 3 estaciones evaluadas (Yanaquihua, Chichas y Caravelí) ha sido considerada la estación de Caravelí como la indicada. Ver Tabla No. 20. Se presenta una muestra del registro de P<sub>máx</sub> en 24 horas correspondiente a dichas estaciones en el Anexo 3.

**Tabla No. 20** Estación Considerada para el Análisis de P<sub>max</sub> en 24 hrs

ESTACIÓN	COORDENADAS		ALTITUD	Operador
	Longitud	Latitud		
Caraveli	73°21'	15°46'	1.779 m.s.n.m.	SENAMHI

Fuente: SENAMHI estacione de Caravelí.

A partir de estos registros y haciendo uso del software Hidroesta y Smada, se ha efectuado las estimaciones de las precipitaciones máximas en 24 horas para diferentes periodos de retorno.

Los datos de entrada se presentan en el Anexo 3 de data de SENAMHI

Para ello se ha considerado las siguientes distribuciones probabilísticas:

- Normal
- Log Normal de 2 Parámetros
- Log Normal de 3 Parámetros
- Log Pearson tipo III
- Gamma 2P
- Gamma 3P
- Gumbel
- Log Gumbel

En la Tabla No. 21 se muestra los resultados realizado con el software Hidroesta y Smada se tiene la siguiente tabla.

**Tabla No. 21 Resumen de Pmax EN 24 HRS (mm) en el ámbito del proyecto de depósito de desmonte Santa Rosa.**

ESTACION CARAVELI								
T (años)	Normal	Log. Normal 2P	Log. Normal 3P	Log. Pearson III	Gamma 2P	Gamma 3P	Gumbel	Log Gumbel
10	27.28	32.17	27.24	No se ajusta	27.06	27.75	27.53	30.55
25	32.58	51.27	39.66	No se ajusta	36.23	37.38	35.88	62.54
50	36.00	69.26	50.41	No se ajusta	43.04	44.54	42.08	106.42
100	39.08	90.78	62.46	No se ajusta	49.76	51.62	48.23	180.37
200	41.90	116.28	75.93	No se ajusta	56.40	58.61	54.35	305.12
500	45.31	156.96	96.10	No se ajusta	65.05	67.72	62.43	610.49

Fuente: Elaboración Propia.

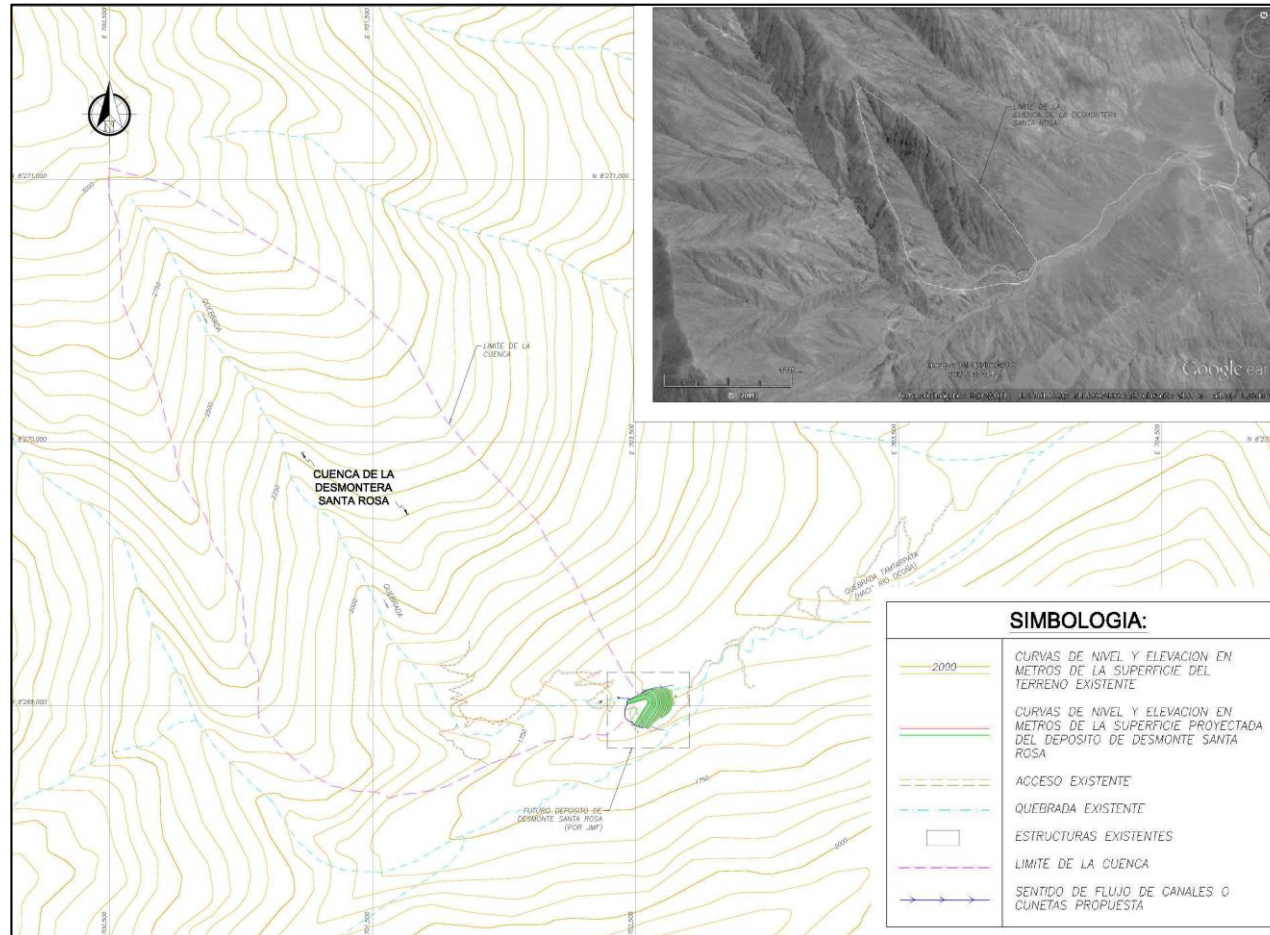
#### **4.2.1.3. Interpretación de los Resultados**

- El conjunto de datos no se ajusta a la distribución Log Pearson III, de la comparación de los Delta Teóricos obtenidos con las distintas distribuciones (de acuerdo a la prueba de bondad de ajuste de Smirnov. Kolmogorov) puede apreciarse que las distribuciones Gamma 2P y Gamma 3P presentan el mejor ajuste con las series históricas de P<sub>máx</sub> en 24 hrs. En tal sentido, se ha optado por considerar solo la distribución Gamma 3P para la estimación de P<sub>máx</sub> correspondiente a distintos periodos de retorno, debido a que tiene una mayor precipitación máxima en 24 H.
- Para un T de 200 años se tiene una precipitación máxima en 24 horas de 58.61 mm.

#### **4.2.2. Estimación de caudales máximos**

Al tratarse de un área aportante pequeña como se muestra en la Ilustración No. 14,

## Ilustración No. 14 Cuenca de Santa Rosa



Fuente: Área de Planeamiento Adriatica SAC.

Se observa una sola cuenca denominada Santa Rosa que Afecta al Depósito de Desmonte Santa Rosa.

Se ha considerado factible efectuar las estimaciones de caudales máximos mediante la aplicación de los siguientes métodos:

- Fórmula racional.
- Método de la envolvente de descargas máximas de Creager.
- Método del Hidrograma Unitario Triangular
- Método del Sistema DIPEO.
- Método de la Onda Cinemática.

#### 4.2.2.1. Fórmula racional

La fórmula racional relaciona linealmente la intensidad de lluvia y el área de la cuenca con el caudal mediante la expresión:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Dónde:

Q: Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s)

C: Coeficiente de escorrentía.

I: Intensidad de lluvia de diseño, en mm/hr

A: Área de la cuenca, en Ha

Normalmente la fórmula racional tiene aplicación para cuencas pequeñas, de hasta 10 km<sup>2</sup>.

En este caso, el área aportante es de pequeña extensión, tal como se muestra la Tabla No. 22, por lo que resulta factible la aplicación de la fórmula racional.

**Tabla No. 22** Parámetros de la Cuenca Santa Rosa

<b>Cuenca Santa Rosa</b>	
Perímetro de la cuenca	6.85 m
Área de la cuenca	2.41 Km <sup>2</sup>
Longitud de la cuenca	3.182 km
Cota máxima de la cuenca	3050 m
Cota mínima de la cuenca	1580 m
Índice de compacidad	1.24
Pendiente de la cuenca	0.61%
Desnivel de la cuenca	1.490 m
Factor de Forma	0.23
Coefficiente de Manning	0.03
Coefficiente de Escorrentía	0.5

Fuente: Área de Planeamiento Adriatica SAC.

La extensión del área aportante al depósito de desmonte tiene una extensión de 2.41 km<sup>2</sup>.

El coeficiente de escorrentía se puede estimar según las características superficiales del terreno, la pendiente promedio del cauce y para un periodo de retorno determinado de la avenida de diseño.

En la Tabla No 23. se muestra algunos valores característicos de C. Para el presente estudio se ha adoptado el valor 0.50

**Tabla No. 23** Coeficiente de Escorrentía C – Método Racional (\*)

Características de la superficie	Pendiente (%)	Textura del suelo		
		Franco Arenosa	Franco arcillosa, franco limosa	Arcillosa
Forestal	0-5%	0.10	0.30	0.40
	5-10%	0.25	0.25	0.50
	10-30%	0.30	0.50	0.60
Praderas	0-5%	0.10	0.30	0.40
	5-10%	0.15	0.35	0.55
	10-30%	0.20	0.40	0.60
Terrenos cultivados	0-5%	0.30	0.50	0.60
	5-10%	0.40	0.60	0.70
	10-30%	0.50	0.70	0.80

Fuente: Maximo Villon Bejar. Lima – Peru

En cuanto a la intensidad de lluvia, ésta puede ser determinada a partir del método sugerido por el U.S. Soil Conservation Service, considerando perfiles de lluvia. En particular, en este caso, se ha considerado un perfil de lluvia II.

El cálculo de Q máx. según la fórmula racional se muestra en la Tabla No. 24.

Para T=200

C=0.5

I= 62.65(mm/h)

A=241.2 Ha

$$Q = \frac{0.5 * 62.65 * 241.2}{360}$$

Q= 20.988 m<sup>3</sup>/s

**Tabla No. 24** Estimación de Qmax. Según la Formula Racional

T (años)	P max. 24h	c	I(mm/h)	A (Ha)	Q (m <sup>3</sup> /s)
24	37.38	0.5	39.95	241.2	13.382
50	44.54	0.5	47.62	241.2	15.951
100	51.62	0.5	55.18	241.2	18.487
200	58.61	0.5	62.65	241.2	20.988
500	67.72	0.5	72.38	241.2	24.248

Fuente: Elaboración propia

En la tabla mostrada puede apreciarse que la máxima intensidad de lluvia es del orden de 62.65 mm/h para una duración de lluvia igual al tiempo de concentración (T = 0.2252 hrs) y un periodo de retorno de 200 años.

Cabe indicar que la intensidad de lluvia también puede ser estimada mediante los métodos de: • Frederick Bell • Dick y Peschke



#### 4.2.2.2. Método de la Envolvente de Descargas Máximas de Creager

Este método se basa en la utilización de una fórmula desarrollada por Creager bajo la denominación de Envolvente de Descargas Máximas de Creager. La fórmula empleada es la siguiente:

$$Q_{max} = (C_1 + C_2) * \log(T) * A^{mA^{-n}}$$

Dónde:

A: área de la cuenca aportante, en km<sup>2</sup>

T: periodo de retorno, en años

C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, m y n: son coeficientes que dependen de la zona en estudio

Para el Caso de La cuenca Santa Rosa se ha considera aplicar el método del Estudio de Evaluación del Potencial Hidroeléctrico Nacional que presenta en su volumen 2, la zonificación hidrológica del territorio

Para cada una de las zonas identificadas, se establece el conjunto de coeficientes, los cuales se indican en la Tabla No. 25.

**Tabla No. 25** Coeficiente del Método de Creager

Región	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	m	n
1	1.01	4.37	1.02	0.04
2	0.10	1.28	1.02	0.04
3	0.27	1.48	1.02	0.04
4	0.09	0.36	1.24	0.04
5	0.11	0.26	1.24	0.04
6	0.18	0.31	1.24	0.04
7	0.22	0.37	1.24	0.04

Fuente: Estudio de Evaluación del Potencial Hidroeléctrico Nacional

En el presente estudio, puede apreciarse que la zona considerada se ubica en la región 4, con lo cual:

$$C_1 = 0.09$$

$$C_2 = 0.36$$

$$m = 1.24$$

$$n = 0.04.$$

T=200 años

A=2.41 Km<sup>2</sup>

$$Q_{\max} = (0.09 + 0.36) \cdot \log(200) \cdot 2.41^{1.24 \cdot 2.41^{-0.04}}$$

Q<sub>max</sub> para un periodo de retorno de 200 años = 2.9679m<sup>3</sup>/s

Al aplicar este método se ha obtenido los resultados mostrados en la Tabla No. 26:

**Tabla No. 26** Caudales Máximos mediante el Método de Envolvente de Descargas Máximas de Creager

t(años)	Q max (m <sup>3</sup> /s)
25	1.81
50	2.19
100	2.58
200	2.97
500	3.49
1000	3.87
PNP	-

Fuente: Elaboración Propia

Para T (200) se tiene Q<sub>max</sub> igual a 2.97 m<sup>3</sup>/s

#### 4.2.2.3. Método del Hidrograma Unitario Triangular

Corresponde al tradicional método del Hidrograma Unitario Triangular, desarrollado por Mockus y adoptado por el Soil Conservation Service (S.C.S.). Este método, a pesar de su simplicidad, proporciona los parámetros fundamentales del Hidrograma, como son: caudal pico (Q<sub>p</sub>); tiempo base (t<sub>b</sub>) y tiempo en el que se produce el pico (t<sub>p</sub>).

##### **Determinación el tiempo de concentración (T<sub>c</sub>)**

Éste puede determinarse mediante las siguientes ecuaciones usuales:

Considerando:

Tc: Tiempo de concentración, en horas

Se tiene datos de entrada.

L:	Longitud del cauce principal, en km	3.182
S:	Pendiente del cauce, en m/m	0.53
A:	Área de la cuenca o área aportante, en km <sup>2</sup>	2.41
n:	Coefficiente de rugosidad de Manning	0.03

Fórmula de Kirpich:

$$T_c = 0.068 \cdot \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Fórmula de Hathaway:

$$T_c = 0.606 \cdot \frac{(L \cdot n)^{0.467}}{S^{0.234}}$$

Fórmula de Bransby-Williams:

$$T_c = 0.606 \cdot \frac{0.2433L}{A^{0.1} S^{0.2}}$$

Fórmula de Témez (US Corps of Engineers):

$$T_c = 0.3 \cdot L^{0.76} \cdot S^{-0.19}$$

Fórmula de California:

$$T_c = 0.952 \cdot \left( \frac{L^3}{\text{Desnivel}} \right)^{0.385}$$

Haciendo uso de EXCEL se tiene los siguientes resultados.

**Tabla No. 27** cálculo del tiempo de concentración

Formula	Tc (hr)
Kirpich	0.2164
Temes	0.8352
California	0.2176
Bransby-Williams	0.825
Hathaway	0.2416
<b>Promedio-3</b>	<b>0.2252</b>

Fuente: Elaboración Propia

Considerando que el área aportante es pequeña, la duración efectiva se estima igual al tiempo de concentración, esto es, 0.2252 hr. resultado del promedio de las fórmulas de Kirpich, California, Hathaway.

### Cálculo de la lámina de lluvia neta e intensidad de lluvia:

Se ha hecho uso de la expresión de Dyck y Peschke (1978), la cual permite estimar la lámina (P) e intensidad de lluvia para cualquier duración D (en minutos) en función de la precipitación máxima en 24 hr.

Para T= 200

$$P=P_{24h} * \left(\frac{D}{1440}\right)^{0.25}$$

$$P= 58.61 * \left(\frac{13.51}{1440}\right)^{0.25}$$

$$P= 18.24\text{mm}$$

Los resultados de lámina (P) e intensidad de lluvia obtenidos se muestran en la Tabla No. 28.

**Tabla No. 28** Calculo de la lámina de lluvia neta

T	Pmax 24h	P (duración )
20	37.38	11.63
50	44.54	13.86
100	51.62	16.07
200	58.61	18.24
500	67.72	21.08

Fuente: Elaboración Propia

### Cálculo del tiempo para alcanzar el pico del Hidrograma:

El tiempo al pico,  $t_p$ , se calcula con la ecuación:

$$t_p = \frac{d_e}{2} + t_r$$

Los valores obtenidos en cada caso han sido los que se muestran en la Tabla No. 29:

**Tabla No. 29** Valores calculados de hidrograma unitario

Valores Calculados		
de/2=	0.113	hr
tr=0.6Tc=	0.135	hr
tp=	0.248	hr
tp=	14.864	min

Fuente: Elaboración Propia

### Cálculo del caudal pico (Qmáx):

El caudal máximo asociado a un cierto periodo de retorno T se determina con la relación:

$$Q_{\max} = 0.208 * \frac{A * P_e}{t_p}$$

Dónde:

Q máx.: Caudal pico correspondiente a un cierto periodo de retorno seleccionado, en m<sup>3</sup>/s

A: Área aportante, en km<sup>2</sup>

Pe: Precipitación efectiva, en mm.

Para el cálculo de la precipitación efectiva se ha hecho uso del método del SCS. Este método considera que la precipitación efectiva (Pe) es siempre menor que la precipitación total (P). La reducción se efectúa considerando una abstracción inicial (S) y número de curva (CN = 86 en el presente estudio)

que toma en cuenta la naturaleza del suelo de la cuenca. Así, la precipitación efectiva se determina con la relación:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P + 0.8 * S}$$

$$P_e = \frac{(P - 0.2 * S)^2}{P + 0.8 * S}$$

Dónde:

$$I_a = 0.20 * S$$

Calculando:

$$P_e = \frac{(0.718 - 0.2 * 1.628)^2}{0.718 + 0.8 * 1.628}$$

$$P_e = 0.076 \text{ pulg}$$

En las expresiones anteriores:

Pe: Precipitación efectiva, en pulgadas

P: Precipitación de diseño, en pulgadas 0.718 pulg

S: Abstracción inicial, en pulgadas (S = 1.628 en el presente estudio)

Los cálculos efectuados en el presente estudio han conducido a los resultados mostrados en la Tabla No. 30:

$$Q_{\max} = 0.208 * \frac{2.41 * 1.938}{0.248}$$

$$Q_{\max} = 3.924 \text{ m}^3/\text{s}$$

**Tabla No. 30** Calculo del caudal pico para diferentes valores de T

T	Pmax 24h	P (durac)	P (pulg)	PE (Pulg)	PE (mm)	Qmax (m <sup>3</sup> /s)
20	37.38	11.63	0.458	0.01	0.253	0.513
50	44.54	13.86	0.546	0.026	0.666	1.349
100	51.62	16.07	0.633	0.049	1.237	2.505
200	58.61	18.24	0.718	0.076	1.938	3.924
500	67.72	21.08	0.83	0.119	3.029	6.134

Fuente: Elaboración Propia

Para el Método del Hidrograma Unitario Triangular se ha obtenido un caudal máximo de 3.924m<sup>3</sup>/s para un tiempo de retorno de 200 años

#### 4.2.2.4. Método del Sistema DIPEO

El método al que se hace referencia es el desarrollado por el Instituto ORSTOM (Francia), el cual ha sido recogido y propuesto por el Convenio GTZ-Eletero-Perú en el Sistema DIPEO para la Electrificación Rural del Perú, Libro P, Vol. 3, Tomo I, 1990. De acuerdo con este método, el caudal de avenidas extraordinarias en cuencas hidrográficas de 1 km<sup>2</sup> a 200 km<sup>2</sup> puede determinarse mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{\max}(T_c) = P_{\max}(24) * A * CR * CP / R * CF / T_c$$

Dónde:

P (24h): Precipitación máxima diaria (mm), correspondiente a un periodo de retorno seleccionado

A: Área de la cuenca, en km<sup>2</sup>.

CR: Coeficiente de reducción, según el área de la cuenca

CP/R: Coeficiente de reducción según la permeabilidad y pendientes longitudinal y transversal de la cuenca

CF: Coeficiente que considera la forma de la curva del caudal

Tc: Tiempo de concentración, en segundos

De acuerdo a este enfoque, los resultados tienen mayor confiabilidad para cuencas pequeñas o medianas, no mayores a 200 km<sup>2</sup> en extensión.

Para el presente caso en estudio, al tratarse de una cuenca de pequeña extensión, la aplicación del Sistema DIPEO para la determinación de los Q máx. asociados a diferentes periodos de retorno puede efectuarse con confiabilidad.

**Tabla No. 31** Determinación del caudal máximo según el sistema DIPEO

Valores Calculados		
<b>A:</b>	Área de la cuenca	2.41 Km <sup>2</sup>
<b>CR:</b>	Coeficiente de reducción según el área de la cuenca	1.00
<b>CP/R:</b>	Coeficiente de reducción según la permeabilidad y pendientes longitudinales y transversales de la cuenca	0.50
<b>CF:</b>	Para regiones con isoyetas anuales mayores a 800 mm y áreas de cuenca entre 1 y 25 Km <sup>2</sup>	3.00
<b>Tc:</b>	Tiempo de concentración	0.23

Fuente: Elaboración Propia

Se ha calculado valores para cuencas pequeñas como el caso de La cuenca Santa Rosa.

Considerando:

$$P_{\text{máx}}(24) \text{ para } T(200) = 58.61$$

$$Q_{\text{máx}}(T_c) = P_{\text{máx}}(24) * A * CR * CP/R * CF / T_c$$

$$Q_{\text{máx}}(T_c) = P_{\text{máx}}(24) * A * CR * CP/R * CF / T_c$$

$$Q_{\text{máx}}(T_c) = 58.61 * 2.41 * 1 * 0.5 * 3 / 0.23$$

$$Q_{\text{max}} = 26.15 \text{ m}^3/\text{s}$$

**Tabla No. 32** Cálculo de Qmax según el sistema de DIPEO

T	Pmax(24h)	Qmax (m <sup>3</sup> /s)
20	37.38	16.68
50	44.54	19.88
100	51.62	23.04
200	58.61	26.15
500	67.72	30.22

Fuente: Elaboración Propia

Calculo de Qmax. Mediante el sistema DIPEO para diferentes tiempos de retorno, considerando T (200) Qmax=26.15 m<sup>3</sup>/s.

#### 4.2.2.5. Método de la Onda Cinemática

Para realizar los análisis de flujos, se utilizó el programa de computadora HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System). En este análisis se utilizan diferentes parámetros tales como la distribución de precipitaciones (se ha asumido que será SCS Tipo II), el número de curva y el método de la onda cinemática, para calcular los flujos picos en cada subcuenca.

Para un T=200 el Qmax es 3.49m<sup>3</sup>/s

#### 4.2.2.6. Resumen de resultados

Se ha considerado para el diseño de estructuras de conducción y retención de agua usar un intervalo de recurrencia de al menos 200 años para el diseño de cierre de estructuras de manejo de agua.

Se ha determinado a modo de comparativo otros métodos para la determinación de caudales máximos asociados a 200 años. Cabe señalar que algunos de estos métodos resultan demasiado conservadores teniendo en cuenta que el área de aporte es pequeña



**Tabla No. 33** Resumen de resultados

Método de Estimación	Q <sub>max</sub> (T=200) m <sup>3</sup> /s
Formula Racional*	20.99
Creager	2.97
H.U.Triangular	3.92
Sistema DIPEO*	26.15
Onda Cinemática	3.59
PROMEDIO - 3	3.49

Fuente: Elaboración Propia

Dados los valores extremos proporcionados por la fórmula racional y el Sistema DIPEO se ha considerado pertinente efectuar un caudal promedio entre los métodos Creager, H.U. Triangular y Onda Cinemática, para así tener una estimación del caudal máximo promedio.  $(2.97+3.92+3.59)/3 = 3.49 \text{ m}^3/\text{s}$

El caudal de diseño se usará para dimensionar las obras hidráulicas correspondientes a la zona del proyecto,

#### 4.2.3. Estimación De Flujo Hiperconcentrado

En La zona del proyecto de depósito Santa Rosa se presenta indicios de posible arrastre de material ocasionado por las lluvias el cual incrementara el caudal máximo debido a la presencia de detritus, por tanto, se ha estimado evaluar el flujo hiperconcentrado mediante el método de O'Brien (2000).

##### 4.2.3.1. Metodología O'Brien (2000)

La metodología propuesta por O'Brien (2000) donde el caudal de flujo detrítico se estima a partir del caudal del líquido multiplicado por un factor que es una función de la concentración volumétrica de sedimentos (Cv):

$$Q_t = BF * Q_l$$

$$BF = \frac{1}{1 - C_v}$$

Donde:

Qt: Caudal total de flujo de detritos (m<sup>3</sup>/s)

Ql: Caudal total de flujo de detritos (m<sup>3</sup>/s)

BF: Factor de volumen (Bulking Factor)

Cv: Concentración volumétrica de detritos

Según la referencia de O'Brien, para flujos de detritos el valor de Cv varía entre 0.20 (para flujos bajos) y 0.45 (para flujos altos).

En este proyecto al ser una cuenca pequeña se tiene flujos bajos y se asume un Cv = 0.2 y Ql = 3.49 m<sup>3</sup>/s (que fue hallado), por lo tanto:

$$BF = \frac{1}{1 - 0.2}$$

$$BF = 1.25$$

$$Q_t = (3.49 * 1.25) \text{ m}^3/\text{s}$$

El caudal total de flujo de detritos será:

$$Q_t = 4.36 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### 4.2.4. Nivel Freático

En el cuerpo del depósito de desmonte Santa Rosa no se han observado afloramientos de agua durante la campaña de investigación geotécnica realizada por Adriatica SAC, incluso la quebrada Tamtarpata ubicado aproximadamente a 10 m por debajo del pie del depósito de desmonte proyectado se encuentra seca. Sin embargo, de manera conservadora se ha considerado un nivel freático ubicado 12 m debajo de la superficie del terreno natural (material aluvial) para el análisis de estabilidad.

### 4.3. CALICATAS Y/O TRINCHERAS

El programa de investigación de campo consideró la excavación de 05 calicatas y/o trincheras, las cuales fueron realizadas por JMF con la ayuda de personal de campo proporcionado por ADRIATICA. Las calicatas y trincheras fueron convenientemente ubicadas y distribuidas dentro del área del proyecto según experiencia de consultores de JMF.

En cada una de las calicatas y trincheras se llevó a cabo una detallada descripción de los tipos de suelos encontrados. Asimismo, se tomaron muestras disturbadas representativas, las cuales fueron identificadas y almacenadas en bolsas plásticas y enviadas como se ha mencionado anteriormente al laboratorio de JMF, AUSENCO y AGQ, todos ubicados en la ciudad de Lima.

En la Tabla No 34. Se presenta un resumen de las calicatas y trincheras realizadas en el área del depósito de desmonte además se muestra las ubicaciones en planta de las calicatas y trincheras realizadas en el Plano 02 de Anexo de Planos donde se presentan los registros con la información del tipo de suelo. Cabe mencionar que una muestra de los certificados de estudio geotécnico se encuentra en el Anexo 4.

**Tabla No. 34** Resumen de calicatas y trincheras

Calicata	coordenadas UTM		Nivel Agua (m)	Suelo Orgánico (m)	Nivel Roca (m)	Prof. Total (m)
	Norte	Este				
TR - 01	8 269,028	702,407	N.E.	N.E.	N.E.	2.20
TP - 02	8 269,096	702,713	N.E.	N.E.	N.E.	1.50
TR - 03	8 268,997	702,614	N.E.	N.E.	N.E.	1.50
TP - 04	8 268,961	702,545	N.E.	N.E.	N.E.	1.50
Cantera	8 269,070	702,920	N.E.	N.E.	N.E.	1.20

Fuente: JMF

JMF realizó cinco trabajos entre calicatas y trincheras para la investigación geotécnica, en los cuales se observa que no existe (N.E) nivel de agua, suelo orgánico, nivel roca.

#### **4.4. ENSAYOS DE LABORATORIO**

Durante el desarrollo de la exploración geotécnica de campo se obtuvieron muestras disturbadas representativas de las calicatas y/o trincheras realizadas. En los materiales extraídos se llevaron a cabo ensayos de mecánica de suelos para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales a emplearse en el diseño.

A partir de las muestras de suelo extraídas de las calicatas se efectuaron los siguientes ensayos de laboratorio:

- Contenido de Humedad (ASTM D2216 - 98)
- Análisis Granulométrico (ASTM D422- 63)
- Límites de Atterberg (ASTM D4318- 98)
- Clasificación SUCS (ASTM D2487- 98)
- Gravedad Específica (ASTM D854- 98)
- Próctor Estándar (ASTM D698 - 98)

Y ensayos especiales como:

- Permeabilidad (ASTM D-2434);
- Corte Triaxial UU; ABA.

Una muestra de los ensayos efectuados se presenta en el Anexo 5, los ensayos estándar y de caracterización fueron llevados a cabo en el laboratorio de JMF y los ensayos especiales en los laboratorios de JMF y AUSENCO. A continuación, se presenta la descripción de los ensayos realizados y algunos comentarios de los resultados obtenidos.

##### **4.4.1. Ensayos Índices en Mecánica de Suelos**

En las muestras seleccionadas obtenidas en la exploración de campo se llevaron a cabo ensayos estándar de laboratorio con fines de identificación y clasificación según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

(SUCS). Las propiedades índices de los suelos ensayados en términos de granulometría, límites de consistencia y contenido de humedad se resumen en la Tabla No. 35.

**Tabla No. 35** Resumen de ensayos de Clasificación de Suelos

Calicata y/o Trinchera	Muestra	Prof.(m)	clasif. SUCS	D. Granulométrica			Límites de Atterberg		Cont. Humedad (w%)	Peso específico (kN/m <sup>3</sup> )
				Grava (%)	Arena (%)	Fino (%)	LL	IP		
TR - 01	M - 1	0.00 - 2.20	GC - GM	53.4	29.1	17.6	18.5	6.0	2.3	21
TP - 02	M - 1	0.00 - 1.50	GC - GM	49.9	28.3	21.7	18.5	6.0	1.6	21
TR - 03	M - 1	0.00 - 1.50	GP - GC	64.6	25.5	9.9	18.5	6.0	0.5	
TP - 04	M - 1	0.00 - 1.50	GP - GC	84.9	11.8	3.4	18.5	6.0	0.8	
Desmorte	M - 1	-	GW - GC	63.4	31.1	5.5	18.5	6.0	0.9	20
Cantera	M - 1	0.00 - 1.20	GC - GM	70.4	15.9	13.8	18.5	6.0	1.2	

Fuente: JMF

Los Índices en Mecánica de Suelos han permitido determinar las propiedades granulométricas según la clasificación SUCS considerando a los materiales ensayados de cantera, desmorte y área de fundación (con trincheras y calicatas) en general con un contenido del 50% a más de grava,

- TR – 01 (trinchera)  
Grava limosa y arcillosa con 53.4% de grava y peso específico de 21 kN/m<sup>3</sup>.
- TP – 02 (calicata)  
Grava limosa y arcillosa con 49.9% de grava y peso específico de 21 kN/m<sup>3</sup>.
- TR – 03 (trinchera)  
Grava pobremente graduada y arcillosa con 64.6% de grava y peso específico de 21 kN/m<sup>3</sup>.
- TP – 04 (calicata)  
Grava pobremente graduada y arcillosa con 84.9% de grava y peso específico de 21 kN/m<sup>3</sup>.
- Desmorte  
Grava bien graduada y arcillosa con 63.4% de grava y peso específico de 20 kN/m<sup>3</sup>.

- Cantera  
Grava arcillosa y limosa con 70.4% de grava.

#### 4.4.2. Ensayo de Compactación (Próctor Estándar)

La variación de la densidad seca con el contenido de humedad, fue determinada para el material de relleno que forma parte del depósito. Se siguió los procedimientos de la norma ASTM D-698 (Próctor estándar) y los resultados de este ensayo se presentan en la Tabla No. 36.

**Tabla No. 36** Resumen de ensayos de compactación (Próctor Estándar)

Área	Calicata	Ensayo Próctor	
		MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	OCH (%)
Deposito Santa Rosa	TR-01	2.151	7.61

Fuente: JMF

Se ha determinado la máxima densidad seca (MDS) en (gr/cm<sup>3</sup>) de 2.15 y optimo contenido de humedad (OCH) en (%) de 7.61

#### 4.4.3. Ensayo Triaxial UU

A fin de determinar las propiedades de resistencia al corte, se efectuó el ensayo para el material del suelo de fundación. La ejecución del ensayo triaxial No consolidado - No drenado (UU) siguió los procedimientos de la norma ASTM D-2850. Un resumen de los resultados de este ensayo se presenta en la Tabla No. 37.

**Tabla No. 37** Resumen de ensayos triaxial UU

Calicata y/o Trinchera	Prof. (m)	Clasif. SUCS	Parámetro de Resistencia	
			C(KPa)	$\phi$ (°)
Desmante	0.00 - 1.20	GW - GC	56.33	27.6
Material Aluvial	0.00 - 1.50	GP - GC	-	32

Fuente: JMF 2016

Las pruebas de ensayo triaxial han definido parámetros de resistencia “C” cohesión en (kPa) y ángulo de fricción interna “ $\phi$ ” en grados ( $^{\circ}$ ), para desmonte c igual a 56.33 y  $\phi$  27.6, para material Aluvial  $\phi$  igual a 32.

#### 4.4.4. Ensayo de Permeabilidad

Con la finalidad de obtener los valores de conductividad hidráulica del suelo, se envió al laboratorio de AUSENCO una muestra para realizar el ensayo de permeabilidad. El resultado del ensayo de permeabilidad se presenta en la Tabla No. 38,

**Tabla No. 38** Resumen de ensayos de Permeabilidad

Calicata y/o Trinchera	Profundidad (m)	Tipo de Ensayo	Clasif. SUCS	Conductividad Hidráulica K (cm/seg)
Desmonte	Superficial	Pared Rígida	GW GC	2.2
TR-01	2.2	Pared Flexible	GC-GM	1.10E-05

Fuente: Elaboración Propia

Se obtuvo un coeficiente de conductividad hidráulica “K” en (cm\*/seg) para desmonte de 2.2 y para TR- 01 (trinchera 01) 1.10E-05.

#### 4.5. SISMICIDAD

Para el diseño del depósito, se ha considerado simular las condiciones pseudo estáticas indicadas en el mapa de iso-aceleraciones del Perú (Jorge Alva, Jorge Castillo, 1993), dado que no se cuenta con un estudio de sismicidad en la zona del proyecto.

Los mapas de iso-aceleraciones forman parte del estudio de “Peligro Sísmico en el Perú” que fue presentado en el VII Congreso Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones, donde se indica que “el 90% de nivel de confianza para 50 y 100 años de vida útil (t) que corresponden a 475 y 950 años de período de retorno respectivamente, es decir el 10% de nivel de excedencia en un periodo de t años”.

En este caso particular, el proyecto está ubicado en el Distrito de Yanaquihua, Provincia de Condesuyos y Departamento de Arequipa, por lo cual, ubicándola en el mapa, tiene una curva de iso-aceleración de 0.46g.

Se ha considerado de forma conservadora utilizar en el área del proyecto Santa Rosa un coeficiente sísmico de 0.23g, para un 10% de excedencia en 100 años ( $T_r = 950$  años), lo que representa el 50% de la máxima aceleración, el cual será utilizado para los análisis de estabilidad a largo plazo y/o cierre del depósito.



## **CAPITULO V**

### **CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA PARA LA ESTABILIDAD DEL DEPÓSITO DE DESMONTE SANTA ROSA**

#### **5.1. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA.**

Para la caracterización geotécnica del área del proyecto se consideró los siguientes aspectos.

- Identificación de las unidades geotécnicas en la zona de estudio;
- Determinación del nivel de cimentación para el emplazamiento de las estructuras proyectadas.

A continuación, se hace referencia a lo concerniente a los resultados obtenidos en las investigaciones geotécnicas de campo

##### **5.1.1. Unidades Geotécnicas**

###### **5.1.1.1. Depósito Aluvial**

Esta unidad geotécnica se ubica en toda el área del proyecto de depósito de desmonte Santa Rosa que está conformada por suelos clasificados

según SUCS como grava sub angular con presencia de bolonería de 4" a 8" con arena y limo de color marrón claro, compacidad media y seca. Estos depósitos fueron acumulados principalmente por la acción de la gravedad con la participación de aguas superficiales. Se caracterizan por tener una granulometría variada y formar una plataforma de baja pendiente que permite un drenaje superficial adecuado.

Se observa resumen de la campaña realizada por JMF en la Tabla No. 35, en la cual se observa que en las tres muestras extraídas del área de fundación para el depósito de desmonte. Contienen más del 65% de grava en promedio lo cual lo hace favorable como base para la construcción de la estructura del depósito.

#### **5.1.1.2. Depósito Coluvial**

Está conformado por suelos cuya formación es producida por acción de la gravedad; estos depósitos están compuestos por gravas sub angulares con presencia de bolonería de 6", presencia de arena y limo, compacidad media y no plástico. Se ubica al Noreste del área proyectado para el depósito de desmonte.

Se observa que en la muestra realizada para para el material coluvial, (Tabla No. 35) presenta en su granulometría 53% de grava lo cual lo hace favorable para fundación de otra estructura relacionada con el depósito de desmonte Santa Rosa.

#### **5.1.1.3. Antrópico Relave**

Ubicada al Sur- Este del proyecto depósito de desmonte, conformado por material limo arcilloso de color anaranjado, baja plasticidad. Material que dejaron anteriores explotaciones de pequeña minería.

### **5.1.2. Nivel de Cimentación**

Los trabajos realizados han permitido definir las condiciones de cimentación en el área del proyecto de depósito de desmonte. A continuación, se hace una descripción de los materiales sobre los cuales se cimentarán el muro de gaviones, la estructura de captación, los canales de derivación y coronación.

#### **5.1.2.1. Muro de gaviones y estructuras de captación.**

La cimentación de los muros de gaviones y la estructura de captación ubicados en la parte superior de la quebrada, estarán emplazados en material coluvial.

Este material de acuerdo a sus características de material grueso resulta adecuado para propósitos de cimentación.

#### **5.1.2.2. Canales de Derivación y Coronación**

El flujo de aguas provenientes de las precipitaciones pluviales será conducido por los canales de derivación y coronación del proyecto, los cuales están ubicados en el límite perimetral. Ambos canales quedaran emplazados en el contorno del depósito de desmonte Santa Rosa, el cual está conformado por un depósito aluvial apto para la cimentación.

#### **5.1.3. Áreas de préstamo**

Durante la investigación geotécnica de campo se definieron posibles áreas de préstamo o canteras de material de relleno común a utilizar durante la construcción de las obras que forman parte del proyecto.

Del área de préstamo se obtuvieron muestras representativas las cuales fueron dirigidas al laboratorio de mecánica de suelos de JMF para efectuar los ensayos respectivos, tal como se muestra en la Tabla No. 35.

Este material de cantera que será usado para la construcción de gaviones, muros de contención presenta en su granulometría 70% de Grava lo cual es favorable para dicho fin.

#### 5.1.4. Desmonte

Está conformado 70% de roca, en su mayoría metamórfica Gneis, tonalita bolonería de 3", 6", 8" de diámetros originado por actividad tectónica del batolito de la costa, además están compuestos por gravas bien gradada con arcilla y limo con arena, GW GC según clasificación SUCS presenta 63% de grava lo que lo hace un material resistente y adecuado para la estructura del depósito de desmonte. Como se muestra en la Tabla No. 35

#### 5.1.5. Parámetros de resistencia.

Los parámetros de resistencia de los materiales se obtuvieron en base a los resultados de laboratorio especial ensayo triaxial No consolidado - No drenado (UU), e índices de mecánica de suelos.

Se ha considerado:

- **Concreto:** Para el canal de derivación y coronación el cual tendrá un peso específico de  $23 \text{ kN/m}^3$ , que será usado en las secciones para el análisis de estabilidad, además se le ha considerado un material que no va sufrir falla por ende tendrá una resistencia infinita (Infinite strenght)
- **Roca:** Para el análisis de estabilidad se ha considerado dos secciones (longitudinal y transversal) en la cual según los estudios geotécnicos se estima que existe un material Roca metamórfica (Roca) que se encuentra a 15 metros por debajo del nivel de cimentación, para este estudio se ha considerado como Infinite strenght y un peso específico de  $22 \text{ kN/m}^3$ .

- **Material Aluvial:** Es el material para la fundación o cimentación para la estructura del depósito de desmonte el cual tiene un espesor de 15m en promedio, material al cual se le ha analizado en forma conservadora (considerando parámetros a favor de la inestabilidad).
- **Desmonte:** se le ha denominado al material estéril que provendrá de las operaciones de interior mina el cual se ha sometido a ensayo triaxial, con un peso específico de 20 kN/m<sup>3</sup>

Este material constituirá el 100% de la estructura del depósito de desmonte. Para el análisis de estabilidad.

Se presenta a continuación en la Tabla No. 39 el resumen de parámetros de resistencia

**Tabla No. 39** Resumen de parámetros de resistencia

Material	Parámetros de Resistencia (Efectivos)		
	$\gamma$ , total (kN/m <sup>3</sup> )	$c'$ (kPa)	$\phi'$ (°)
Desmonte	20	56.33	27.6
Material Aluvial	21	0	32
Roca	22	70000.00	-
Concreto	23	50000.00	-

Fuente: Elaboración Propia

Se aprecia los parámetros de resistencia necesarios para realizar análisis de estabilidad física mediante el software Slide 6.0, donde “ $\gamma$ ” es peso específico en kN/m<sup>3</sup>,” $c'$ ” es cohesión en kPa y “ $\phi'$ ” ángulo de fricción interna expresado en (°)

## 5.2. ESTABILIDAD QUÍMICA

Para determinar la estabilidad química se hizo tres pruebas representativas de la fundación y desmonte como se indica en la Tabla

No. 19 que han sido ensayados mediante el método Lawrence (Parámetros ABA, análisis GEO-3011-PE) en el laboratorio químico de “AGQ Environmental”.

#### **5.2.1. Para la muestra TR-03 (MN-16\_01914)**

El cociente NP/MPA o RNP es de 60.70, lo cual indica que no es un potencial productor de drenaje ácido.

Los valores del potencial neto de neutralización (NNP = 18.7) en la muestra TR-03, está entre -20 y 20, lo cual indica que el material se encuentra en incertidumbre según este parámetro.

Los valores de pH en pasta, que se obtienen de la muestra del terreno natural, son intermedio neutro a carbonatos reactivos, indicando un valor de 9.18.

Los contenidos porcentuales de sulfuro (S) que se presentan la muestra indican que el material analizado presenta valores de 0.01 %, lo que indica que se encuentran por debajo de 0.3%, lo cual indica que el material no generará pH en pasta ácida.

De acuerdo a la evaluación de los criterios de generación de drenaje ácido, la muestra TR-03 es no generador de ácido.

#### **5.2.2. Para la muestra de Desmonte (MN-16\_01915)**

El cociente NP/MPA o RNP es de 5.61, lo cual indica que no es un potencial productor de drenaje ácido.

Los valores del potencial neto de neutralización (NNP = 13) en la muestra TR-03, está entre -20 y 20, lo cual indica que el material se encuentra en incertidumbre según este parámetro.

Los valores de pH en pasta, que se obtienen de la muestra del terreno natural, son intermedio neutro a carbonatos reactivos, indicando un valor de 9.19.

Los contenidos porcentuales de sulfuro (S) que se presentan la muestra indican que el material analizado presenta valores de 0.09 %, lo que indica que se encuentran por debajo de 0.3%, lo cual indica que el material no generará pH en pasta ácida.

De acuerdo a la evaluación de los criterios de generación de drenaje ácido, la muestra de Desmonte de Mina es no generador de ácido.

### **5.2.3. Para la muestra de Desmonte (MN-16\_04579)**

El cociente NP/MPA o RNP es de 53.40, lo cual indica que no es un potencial productor de drenaje ácido.

Los valores del potencial neto de neutralización (NNP = 16.4) en la muestra TR-03, está entre -20 y 20, lo cual indica que el material se encuentra en incertidumbre según este parámetro.

Los valores de pH en pasta, que se obtienen de la muestra del terreno natural, son intermedio neutro a carbonatos reactivos, indicando un valor de 9.28.

Los contenidos porcentuales de sulfuro (S) que se presentan la muestra indican que el material analizado presenta valores de 0.01 %, lo que indica que se encuentran por debajo de 0.3%, lo cual indica que el material no generará pH en pasta ácida.

De acuerdo a la evaluación de los criterios de generación de drenaje ácido, la muestra de Desmonte de Mina es no generador de ácido.

#### **5.2.4. Interpretación de resultados**

Considerando los resultados obtenidos de la muestra de Desmonte (MN-16\_01915), muestra de Desmonte (MN-16\_04579) se ha considerado a el material estéril proveniente de mina que no generará drenaje ácido, además también en los resultados que se hizo a la muestra TR-03 (MN-16\_01914) que fue obtenida del área de fundación para el depósito de desmonte, no generará drenaje ácido, por tal motivo todo el desmonte procedente de mina será almacenado en el depósito de desmonte y no será necesario la construcción de una poza para drenaje ácido

#### **5.3. CAPACIDAD DE DEPÓSITO DE DESMONTE.**

Para determinar la capacidad del depósito de desmonte primero se seleccionará el tipo de depósito y se elegirá la geometría del mismo.

##### **5.3.1. Selección del tipo de botadero (en laderas).**

Se seleccionó este tipo de botadero en laderas considerando los siguientes criterios

- La topografía del área para el depósito de desmonte que se asemeja a un depósito en laderas.
- La cercanía a la bocamina del crucero que conectará las vetas principales y el área para almacenamiento de mineral temporal en la bocamina principal.
- La disponibilidad de un área dentro de las concesiones de la empresa minera.
- La distancia de transporte del desmonte desde la bocamina hasta el depósito de desmonte aproximadamente 10 m.

Considerando estos puntos mencionados se ha elegido la quebrada Tantarpatá por su cercanía a la bocamina principal y por su topografía el cual permitiría construir un depósito de desmonte en Ladera.



### **5.3.2. Propuesta del diseño geométrico del depósito de desmonte.**

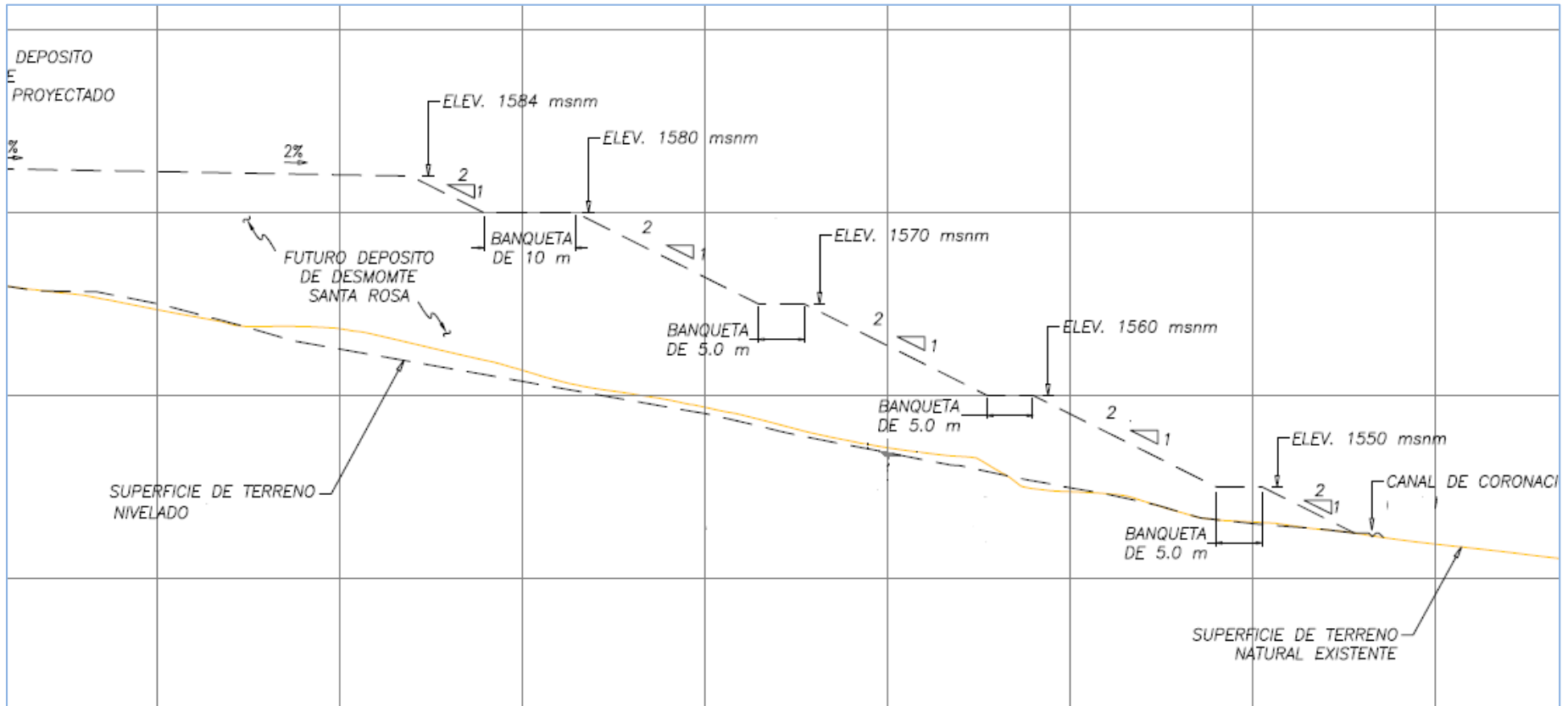
Se plantea la siguiente configuración geométrica para el depósito de desmonte contará con un talud interbanqueta de 2H: 1V y talud global de 2.5H:1V.

El punto más alto de la superficie de fundación del depósito de desmonte se encuentra a una elevación de 1,585 msnm y el más bajo (cercana al área destinada para la poza colectora), a una elevación de 1,540 msnm,

La altura entre banquetas será de 10 m y el ancho de banqueta de 5m para permitir el acceso para descarga de desmonte.

El área proyectada para el emplazamiento del depósito se ubica como mínimo a 50 metros de retiro de la quebrada Tamtarpata (cuerpo de agua) de acuerdo a las regulaciones indicadas por la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

**Ilustración No. 15** Perfil del depósito de desmonte Santa Rosa



Fuente: Elaboración Propia.

El depósito de desmonte estará sobre una superficie nivelada, contará con 05 (cinco) banquetas con un talud entre bancos de 2H: 1V (por cada 2 m en horizontal se subirá 1 m en vertical)

### 5.3.3. Determinación de la capacidad del depósito de desmonte.

Para proyectar el volumen del depósito de desmonte se ha empleado la fórmula desarrollada según Ortiz, 2016 Con una densidad húmeda de desmonte de 2.15 Ton/m<sup>3</sup> según el ensayo Próctor estándar que siguió los procedimientos de la norma ASTM D-698, que simula la compactación que sufrirá el depósito de desmonte al momento de su construcción en sentido ascendente.

Cabe recalcar que el material almacenado en el depósito de desmonte no generará drenaje ácido tal como se indica en el análisis de estabilidad químico, debido a ello se diseñó el depósito de desmonte considerando que todo el material de desmonte extraído de mina será almacenado en su totalidad en dicha estructura.

Según planeamiento de Adriatica SAC. Se ha previsto que se producirá 416 400.00 ton de desmonte en los 10 años de vida de la mina que se proyecta.

Se ha tomado el 90% de la MDS

$\gamma_X$ : 2.15 Ton/m<sup>3</sup>

TX: 416 400.00 ton

$V_X = TX / \gamma_X$  (m<sup>3</sup>)

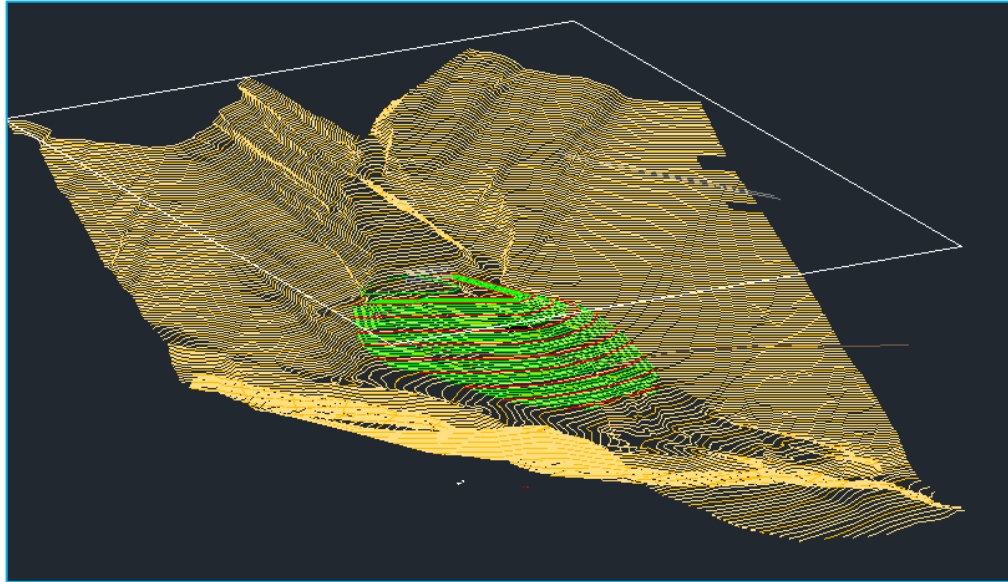
Remplazando en la fórmula

$V_X = 416\ 400.00\ \text{ton} / 2.15\ \text{Ton/m}^3$

$V_X = 193\ 488.37\ \text{m}^3$

Se ha utilizado el software AUTOCAD civil 3D para determinar la curva de llenado del desmonte en el depósito considerando que su construcción será en forma ascendente.

**Ilustración No. 16** Vista en 3D de depósito de desmonte Santa Rosa  
Proyectado



Fuente: Elaboración propia.

El depósito de desmonte Santa Rosa, ha sido diseñado para albergar una capacidad de material de desmonte de mina de aproximadamente  $196\,511.00\text{ m}^3$  en un área total aproximado de 2.0 ha, considerando una MDS del material de  $2.15\text{ ton/m}^3$ .

La capacidad del depósito de desmonte proyectado y modelado por CIVIL 3D considera  $196\,511.63\text{ m}^3$  de capacidad, que excede a  $193\,488.37\text{ m}^3$  requeridas por Planeamiento de Adriatica SAC.

#### **5.4. ESTABILIDAD FÍSICA**

Se llevado a cabo análisis de estabilidad de taludes con el software Slide versión 6.0 producido por Rock-science utilizado para el análisis de estabilidad de taludes en 2D, que le permite al usuario llevar a cabo cálculos de equilibrio limite mediante una diversidad de métodos.

En este software se pueden usar varios métodos para buscar la superficie de falla crítica, es decir, la superficie con el factor de seguridad más bajo para una geometría y propiedades de los materiales dados.

Para este caso se usó el método Spencer (1967), para buscar la superficie de deslizamiento crítica tomando en cuenta que este método considera el análisis para el equilibrio de momento y límite de fuerzas, generando una evaluación de diseño más rigurosa con respecto a otros métodos es decir para ser más conservadores en el análisis de estabilidad del talud del depósito.

El análisis de estabilidad se ha realizado para condiciones estáticas y pseudo-estáticas.

En el caso de los análisis pseudo-estáticos se adoptó un coeficiente sísmico horizontal de 0.23 g que equivale al 50% de la máxima aceleración del terreno (mapa de isoaceleraciones del Perú de Jorge Alva y Jorge Castillo, 1993) para un 10% de excedencia en 100 años ( $T_r=950$  años).

#### **5.4.1. Condiciones de estabilidad**

Como condiciones de estabilidad se ha tomado en cuentas detalles referentes a la sección crítica transversal y longitudinal del depósito, incluyendo las propiedades del material aplicadas en los análisis.

Las metodologías para cada uno de los análisis tanto es condiciones estáticas y pseudo- estáticas se describen a continuación:

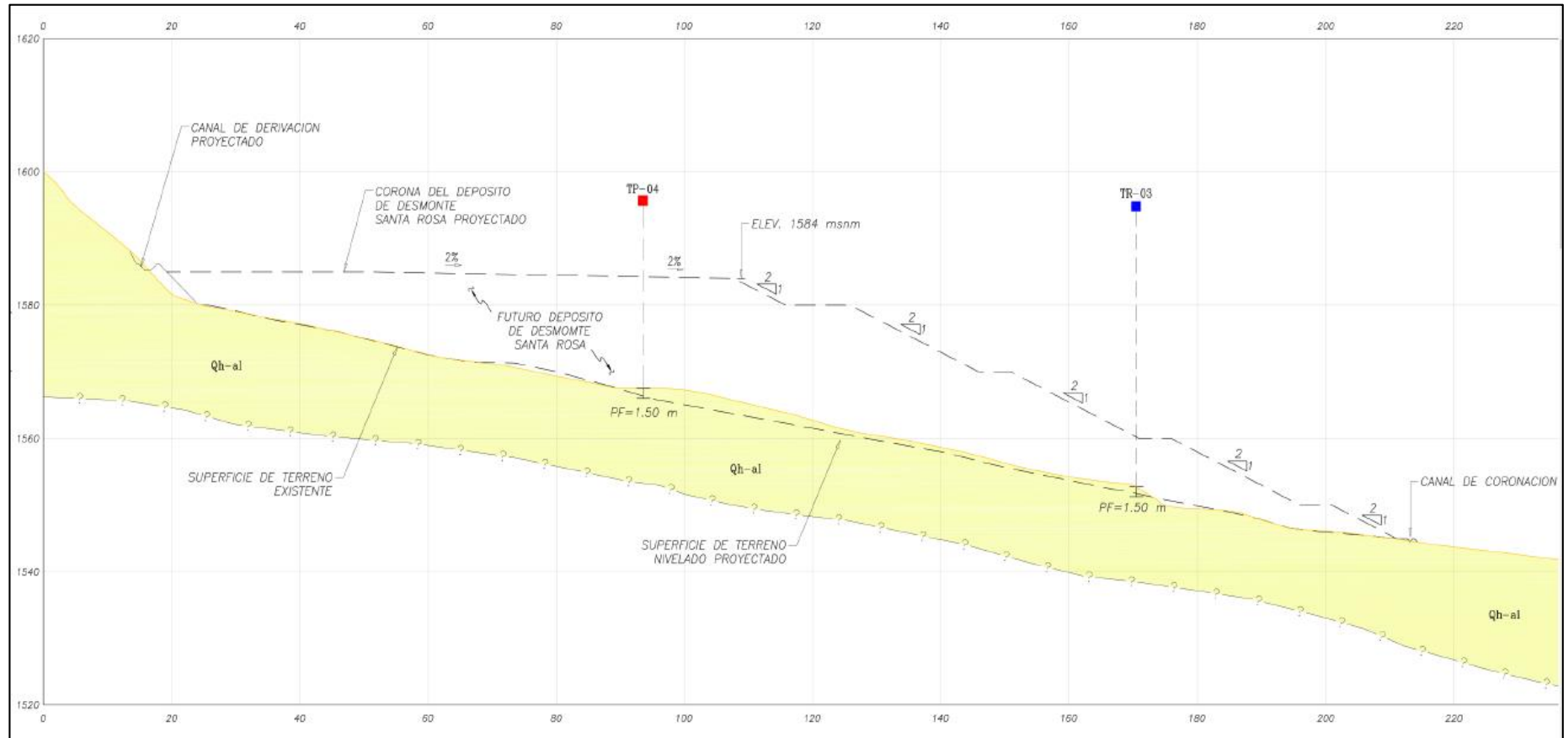
##### **5.4.1.1. Secciones de análisis.**

Utilizando el Software CIVIL 3D se ha realizado la simulación de secciones transversales y longitudinales, considerando el escenario más crítico se tiene dos secciones de análisis, sección A-A', B-B', cuya descripción grafica en planta se presenta en el Plano 03 y descripción grafica en perfil, en el Plano 01, las curvas de nivel fueron proporcionados por Planeamiento de Adriatica SAC.

Estas secciones mencionadas anteriormente están consideradas en dos escenarios.

- Primero considerando la superficie de nivelación del área de cimentación (ladera de fundación).
- Segundo considerando el material de desmonte, (geometría final del depósito de desmonte).

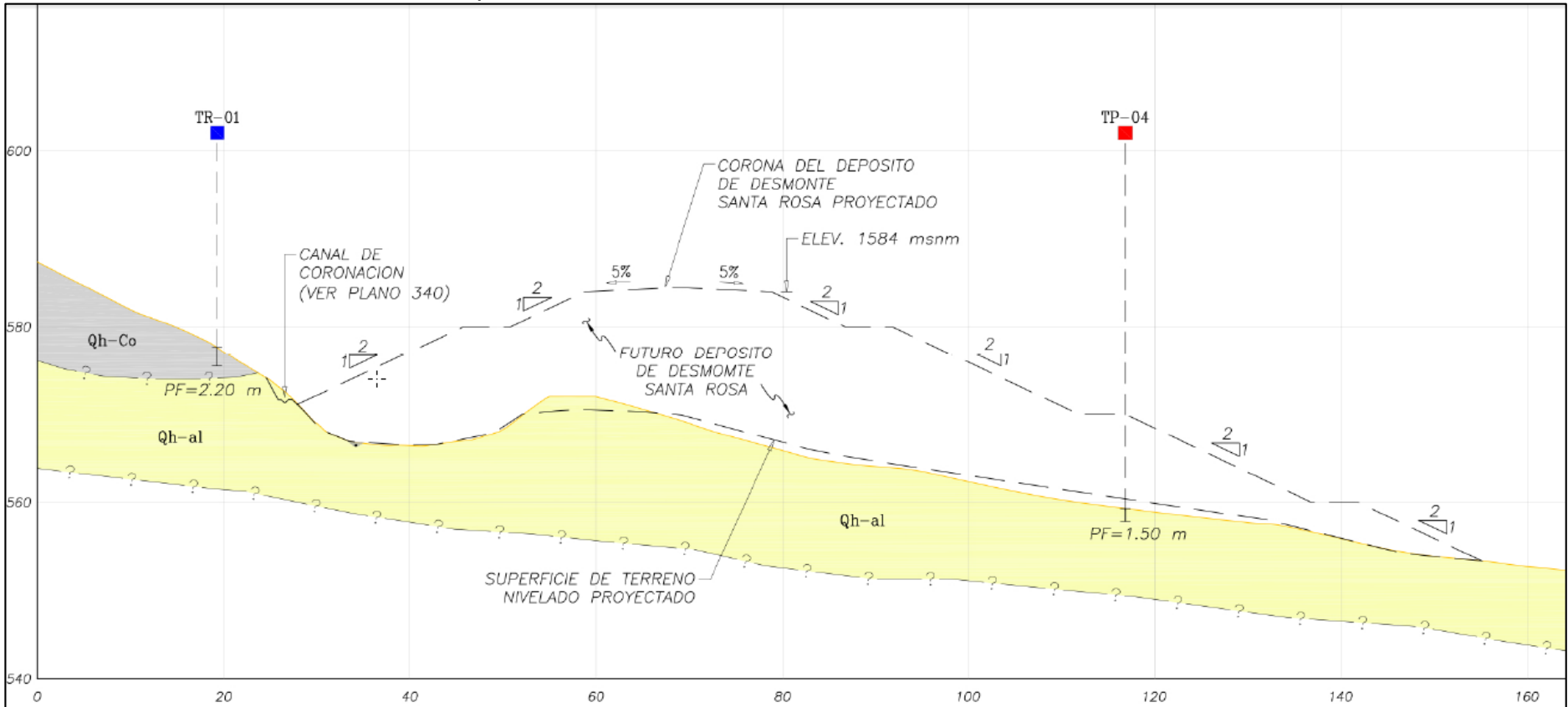
**Ilustración No. 17** Sección A-A` del depósito de desmote Santa Rosa



Fuente: Elaboración Propia.

Se muestra la Sección A-A` , entre las líneas entrecortadas se delimita la geometría del depósito de desmote el cual considera una superficie de nivelación para su construcción.

**Ilustración No. 18** Sección B-B` del depósito de desmorte Santa Rosa



Fuente: Elaboración Propia.

Se muestra la Sección B-B`, entre las líneas entrecortadas se delimita la geometría del depósito de desmorte el cual considera una superficie de nivelación para su construcción.



#### **5.4.1.2. Alineamientos De Seguridad.**

Para establecer los factores mínimos de seguridad se ha considerado como referencia los lineamientos propuestos por el M.E.M. que establece los siguientes alineamientos de seguridad, los cuales son 1.5 como factor de seguridad mínimo en condiciones estáticas y 1.3 como factor mínimo de seguridad en condiciones pseudo-estáticas.

#### **5.4.1.3. Tipo de falla.**

Se considera el material de fundación aluvial, suelo con espesor de aproximadamente de 15 m que conforman el perfil del talud, que son homogéneas y que la ruptura del talud se produciría como resultado de fallas simultáneas y progresivas a lo largo de la superficie de deslizamiento.

Se considera un solo tipo de falla, superficie circular, que es características en taludes con materiales similares.

#### **5.4.2. Estabilidad de la ladera de fundación**

Se ha considerado en primer lugar analizar la ladera del área de fundación del depósito de desmonte. El cual nos permitirá en primera instancia determinar si dicho área es adecuado para realizar la construcción del depósito de desmonte.

Las secciones de la ladera tendrán el mismo alineamiento de las secciones que se muestran en el plano 01.

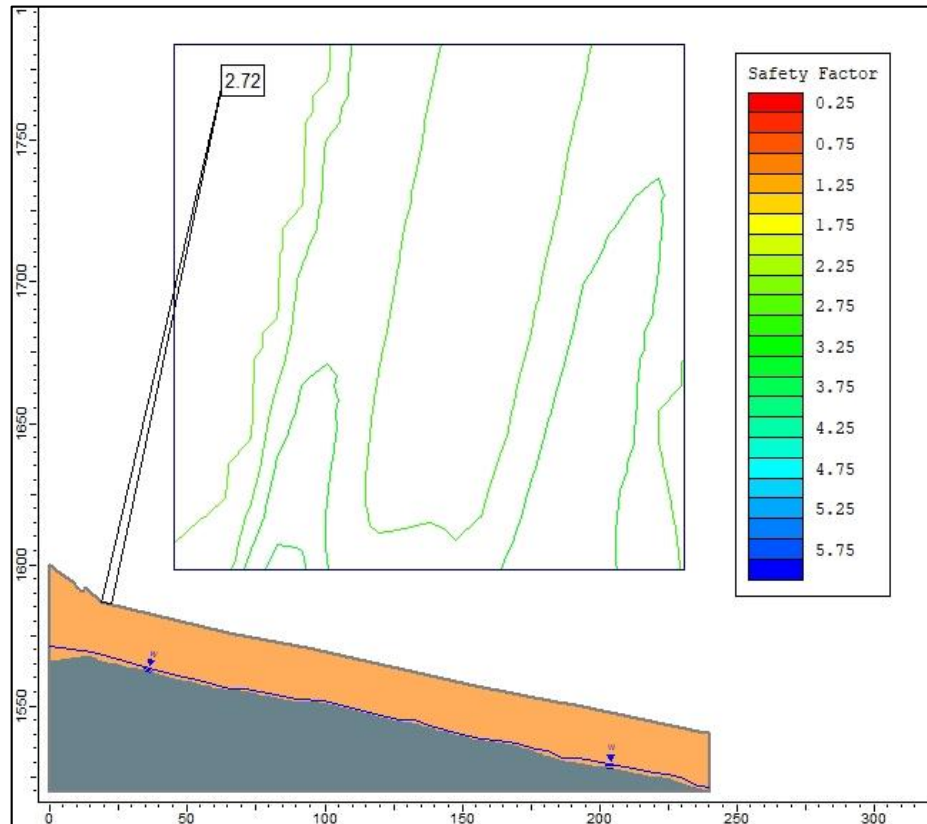
#### **5.4.2.1. Análisis estático de la ladera de fundación.**




En los siguientes gráficos y tablas se presentan los distintos factores de seguridad obtenidos por el método Spencer para el análisis de estabilidad.

## Sección A-A`

Análisis de estabilidad estático de la ladera de fundación, sección A-A' con software Slide 6.0. por el método de Spencer.

**Ilustración No. 19** Análisis Estático Sección A-A` de fundación.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	Water Surface
Material Aluvial		21	Mohr-Coulomb	0	32	Water Surface
Roca		22	Infinite strength			None
concreto		23	Infinite strength			None

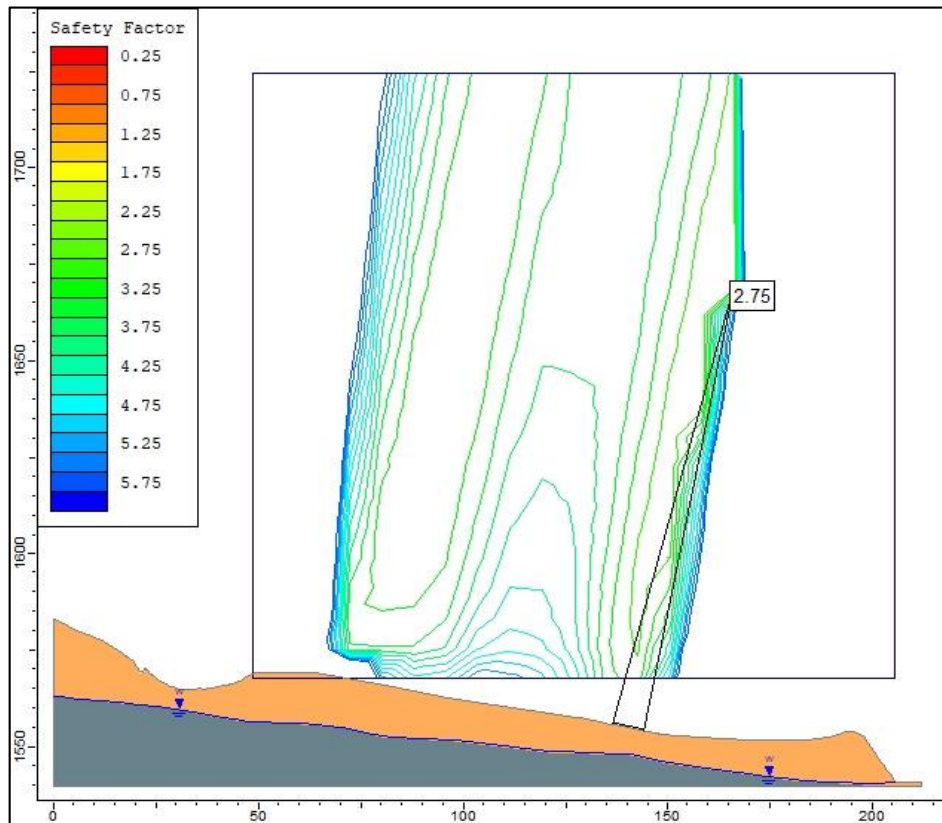
Fuente: Elaboración propia.




El factor de seguridad que se obtuvo es de 2.72, además se observa que la superficie de falla es reducida y los factores de seguridad de las posibles fallas tienden a ser en su mayoría valores elevados.

## Sección B - B`

Análisis de estabilidad estático de la ladera de fundación, sección B-B' con software Slide 6.0. por el método de Spencer.

**Ilustración No. 20** Análisis Estático Sección B-B` de fundación.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	Water Surface
Material Aluvial		21	Mohr-Coulomb	0	32	Water Surface
Roca		22	Infinite strength			None
concreto		23	Infinite strength			None

Fuente: Elaboración propia.

El factor de seguridad que se obtuvo es de 2.75, además se observa que la superficie de falla es reducida y los factores de seguridad de las posibles fallas tienden a ser en su mayoría valores elevados.

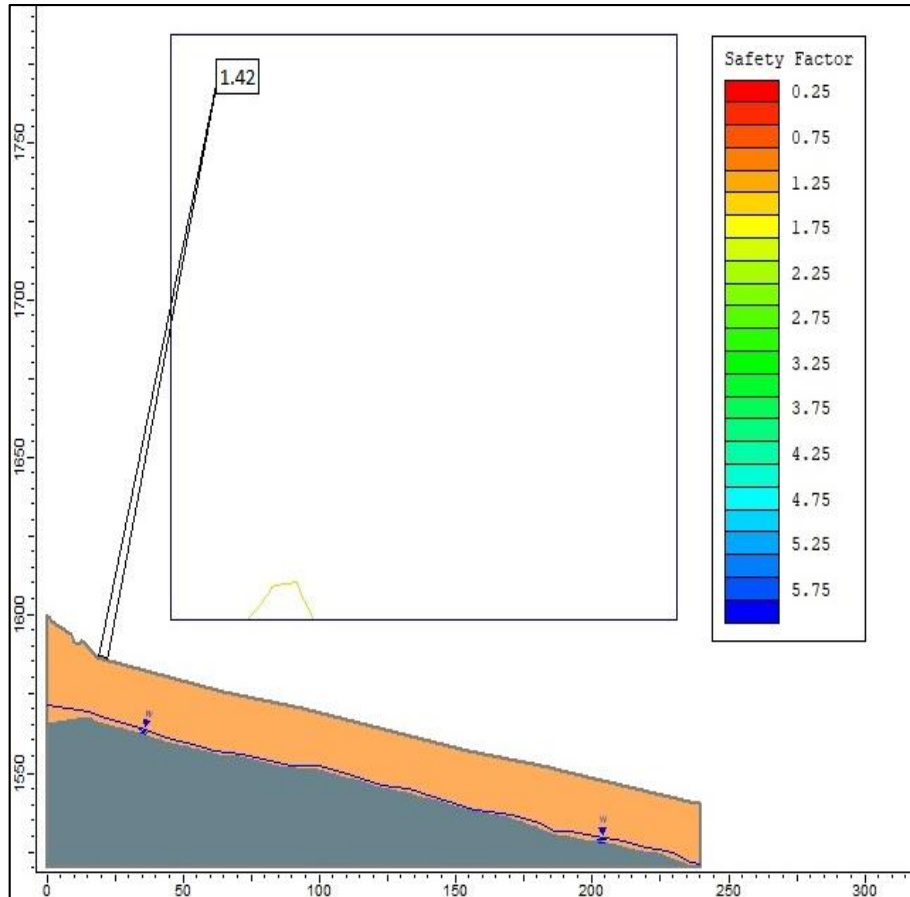
### 5.4.2.2. Análisis Pseudoestático de la ladera de fundación.




Se ha considerado un coeficiente sísmico horizontal de 0.23g

## Sección A-A'

Análisis de estabilidad Pseudoestático de la ladera de fundación, sección A-A' con software Slide 6.0. por el método de Spencer.

**Ilustración No. 21** Análisis Pseudoestático Sección A-A' de fundación.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	Water Surface
Material Aluvial		21	Mohr-Coulomb	0	32	Water Surface
Roca		22	Infinite strength			None
concreto		23	Infinite strength			None

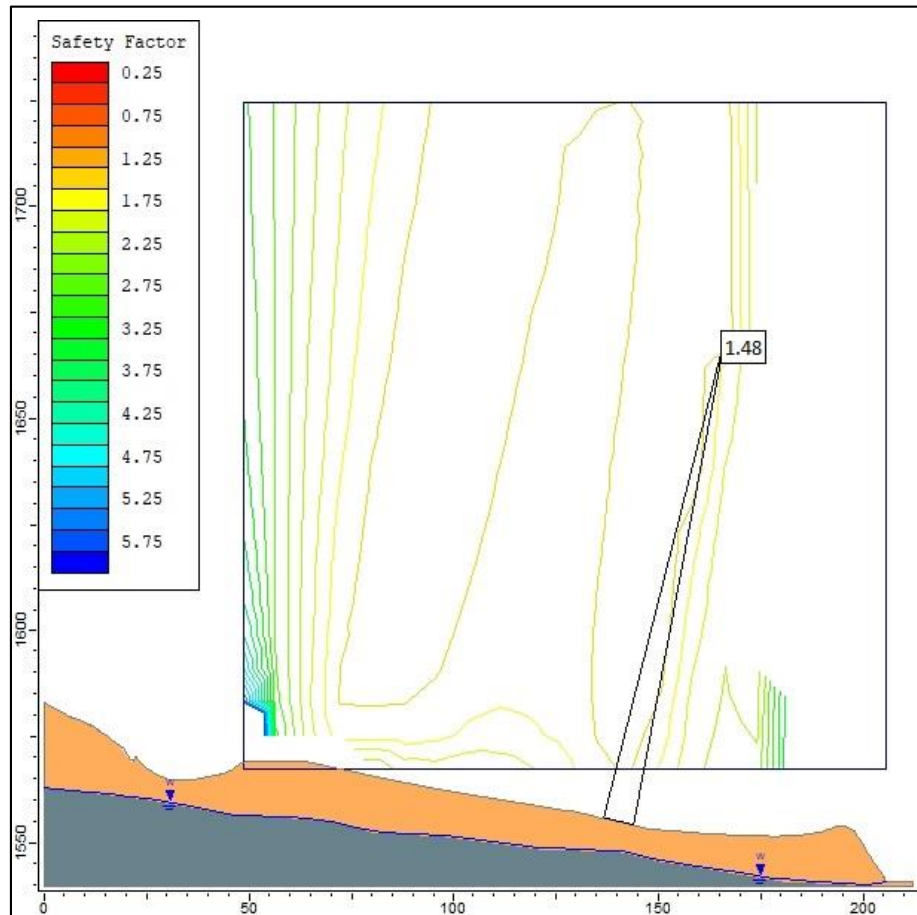
Fuente: Elaboración Propia.




El factor de seguridad que se obtuvo es de 1.42, además se observa que la superficie de falla es reducida y los factores de seguridad de las posibles fallas tienden a ser en su mayoría, valores de 1.42 a 1.75.

## Sección B - B'

Análisis de estabilidad Pseudoestático de la ladera de fundación, sección B-B' con software Slide 6.0. por el método de Spencer.

**Ilustración No. 22** Análisis Pseudoestático Sección B-B' de fundación.



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	Water Surface
Material Aluvial		21	Mohr-Coulomb	0	32	Water Surface
Roca		22	Infinite strength			None
concreto		23	Infinite strength			None

Fuente: Elaboración Propia.

El factor de seguridad que se obtuvo es de 1.48, además se observa que la superficie de falla es reducida y los factores de seguridad de las posibles fallas tienden a ser en su mayoría, valores de 1.42 a 2.0.

### **5.4.3. Estabilidad del talud del depósito de desmonte.**

Para determinar si el talud del depósito de desmonte (estructura que se construirá) es estable, se ha realizado el análisis estático y pseudoestático.

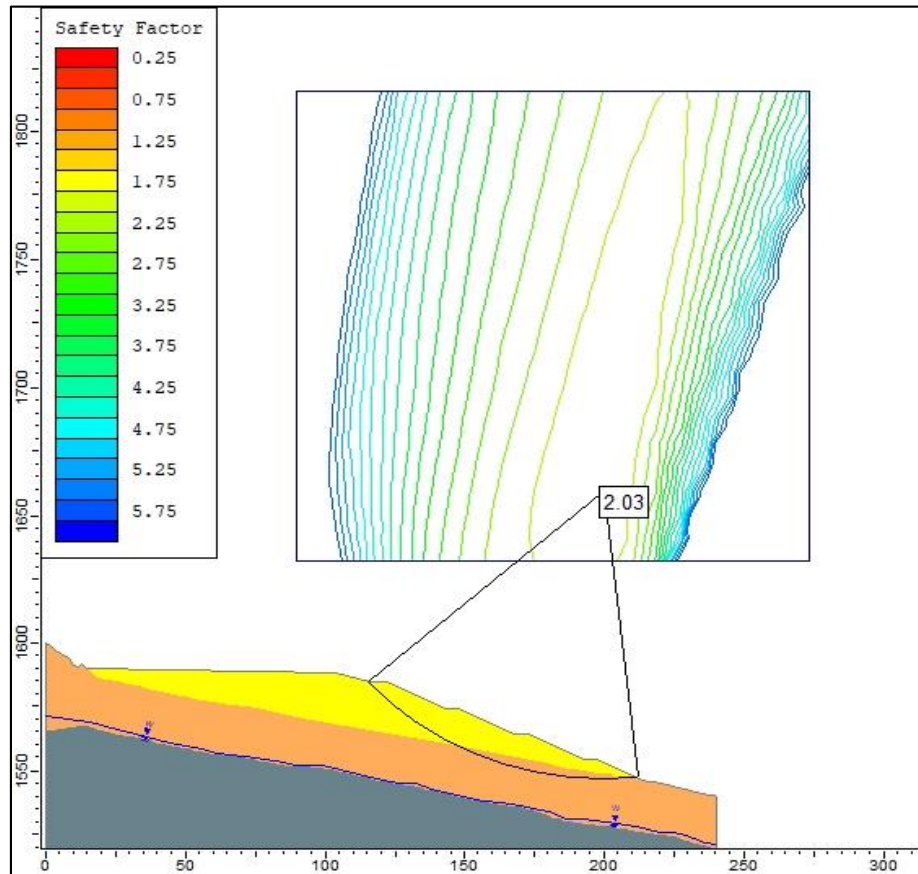
#### **5.4.3.1. Análisis estático del talud del depósito de desmonte.**





En los siguientes gráficos y tablas se presentan los distintos factores de seguridad obtenidos por el método Spencer para el análisis de estabilidad.

##### **Sección A-A'**

Análisis de estabilidad estático del talud del depósito de desmonte, sección A-A' con software Slide 6.0. por el método de Spencer.

**Ilustración No. 23** Análisis Estático Sección A-A` de Deposito de desmonte



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	Water Surface
Material aluvial		21	Mohr-Coulomb	0	32	Water Surface
Concreto		23	Infinite strength			None
Roca		22	Infinite strength			None
Desmonte		20	Mohr-Coulomb	56.33	27.6	None

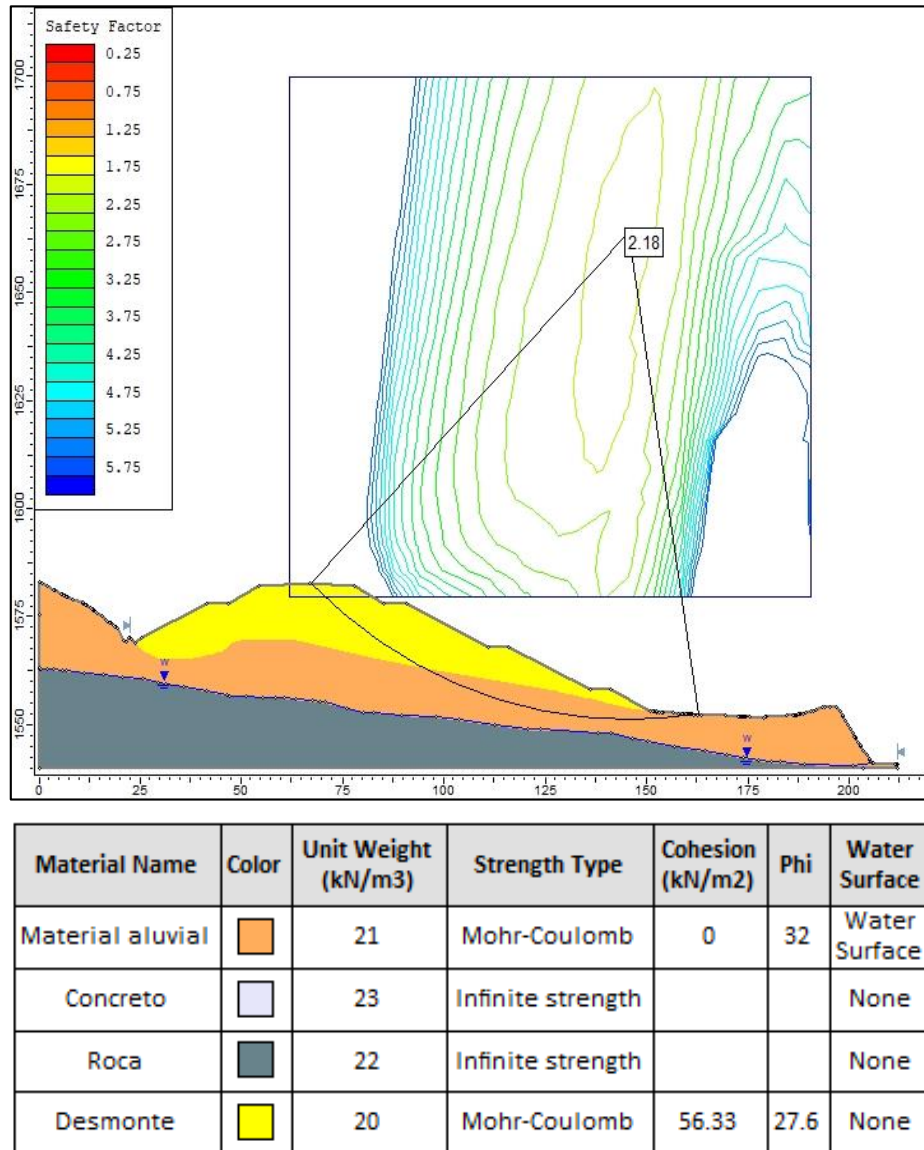
Fuente: Elaboración Propia.

El factor de seguridad que se obtuvo es de 2.03, además se observa que la superficie de falla tiene una longitud aproximada de 75m y los factores de seguridad de las posibles fallas tienden a ser en su mayoría valores elevados.

## Sección B - B'

Análisis de estabilidad estático del talud del depósito de desmorte, sección B-B' con software Slide 6.0. por el método de Spencer.

**Ilustración No. 24** Análisis Estático Sección B-B' de Deposito de desmorte



Fuente: Elaboración propia.

El factor de seguridad que se obtuvo es de 2.18, además se observa que la superficie de falla tiene una longitud aproximada de 85m y los factores de seguridad de las posibles fallas tienden a ser en su mayoría valores elevados.



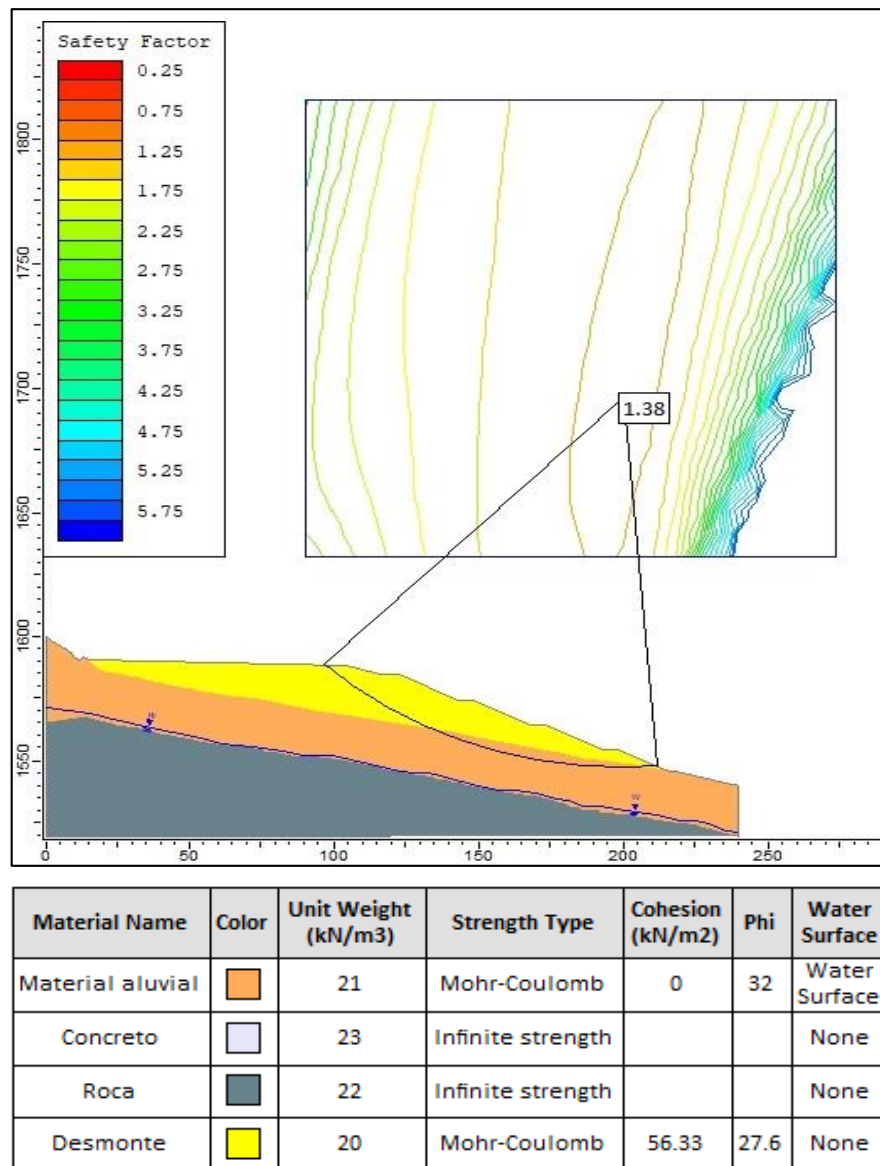
### 5.4.3.2. Análisis Pseudoestático del talud del depósito de desmorte.

Se ha considerado un coeficiente sísmico horizontal de 0.23g

#### Sección A-A'

Análisis de estabilidad Pseudoestático del talud del depósito de desmorte, sección A-A' con software Slide 6.0. por el método de Spencer.

**Ilustración No. 25** Análisis Pseudoestático Sección A-A' de Deposito de desmorte



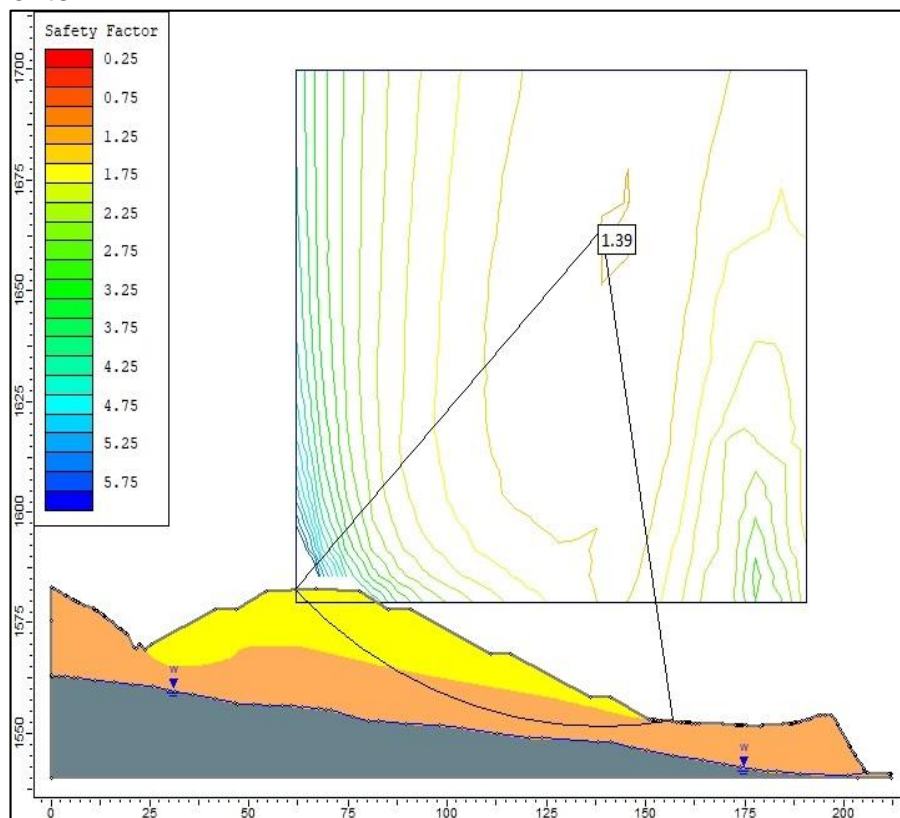
Fuente: Elaboración propia.





El factor de seguridad que se obtuvo es de 1.38, además se observa que la superficie de falla tiene una longitud aproximada de 110m y los factores de seguridad de las posibles fallas tienden a ser en su mayoría a valores entre 1.38-2.0

### Sección B - B'

Análisis de estabilidad Pseudoestático del talud del depósito de desmonte, sección B-B' con software Slide 6.0. por el método de Spencer.

**Ilustración No. 26** Análisis Pseudoestático Sección B-B' de Deposito de desmonte



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Strength Type	Cohesion (kN/m <sup>2</sup> )	Phi	Water Surface
Material aluvial		21	Mohr-Coulomb	0	32	Water Surface
Concreto		23	Infinite strength			None
Roca		22	Infinite strength			None
Desmonte		20	Mohr-Coulomb	56.33	27.6	None

Fuente: Elaboración propia.

El factor de seguridad que se obtuvo es de 1.39, además se observa que la superficie de falla tiene una longitud aproximada de 100m y los factores de seguridad de las posibles fallas tienden a ser en su mayoría valores entre 1.39-2.0

#### 5.4.4. Resultados del análisis de estabilidad

Se muestra un resumen de los análisis de estabilidad que se realizaron para condiciones estáticas y Pseudoestáticas.

**Tabla No. 40** Resumen de los resultados de análisis de estabilidad física

Sección	Descripción	Talud Global	Tipo de Analisis	Tipo de falla	Factor de seguridad Mínimo Aceptable	Factor de Seguridad
A-A´	Ladera de Fundación		Estático	Global	1.5	2.72
	Ladera de Fundación		Pseudoestático	Global	1.3	1.42
	Talud de Despósito	2.5H:1V	Estático	Global	1.5	2.03
	Talud de Despósito	2.5H:1V	Pseudoestático	Global	1.3	1.38
B-B´	Ladera de Fundación		Estático	Global	1.5	2.75
	Ladera de Fundación		Pseudoestático	Global	1.3	1.48
	Talud de Despósito	2.5H:1V	Estático	Global	1.5	2.18
	Talud de Despósito	2.5H:1V	Pseudoestático	Global	1.3	1.39

Fuente: Elaboración propia.

Los análisis desarrollados de la sección A-A´ evalúan la geometría de la ladera de fundación y el talud global del depósito de desmonte, (para un talud de 2.5H:1V), donde se obtiene factores de estabilidad mayores a los mínimos aceptables, lo cual indica que el área de fundación y diseño geométrico del talud son estables tanto estático y Pseudoestático.

- Para la ladera de fundación en condición estático se obtuvo un factor de seguridad 2.72 mayor a 1.5 y en condición pseudoestática 1.42 mayor a 1.3. determinando que la ladera de fundación nivelada es estable para poder realizar la construcción del depósito de desmonte.
- Para el talud del depósito proyectado (2.5H: 1V) en condición estático se obtuvo un factor de seguridad 2.03 mayor a 1.5 y

condicione pseudoestática 1.38 mayor a 1.3. determinando que el talud del depósito será estable.

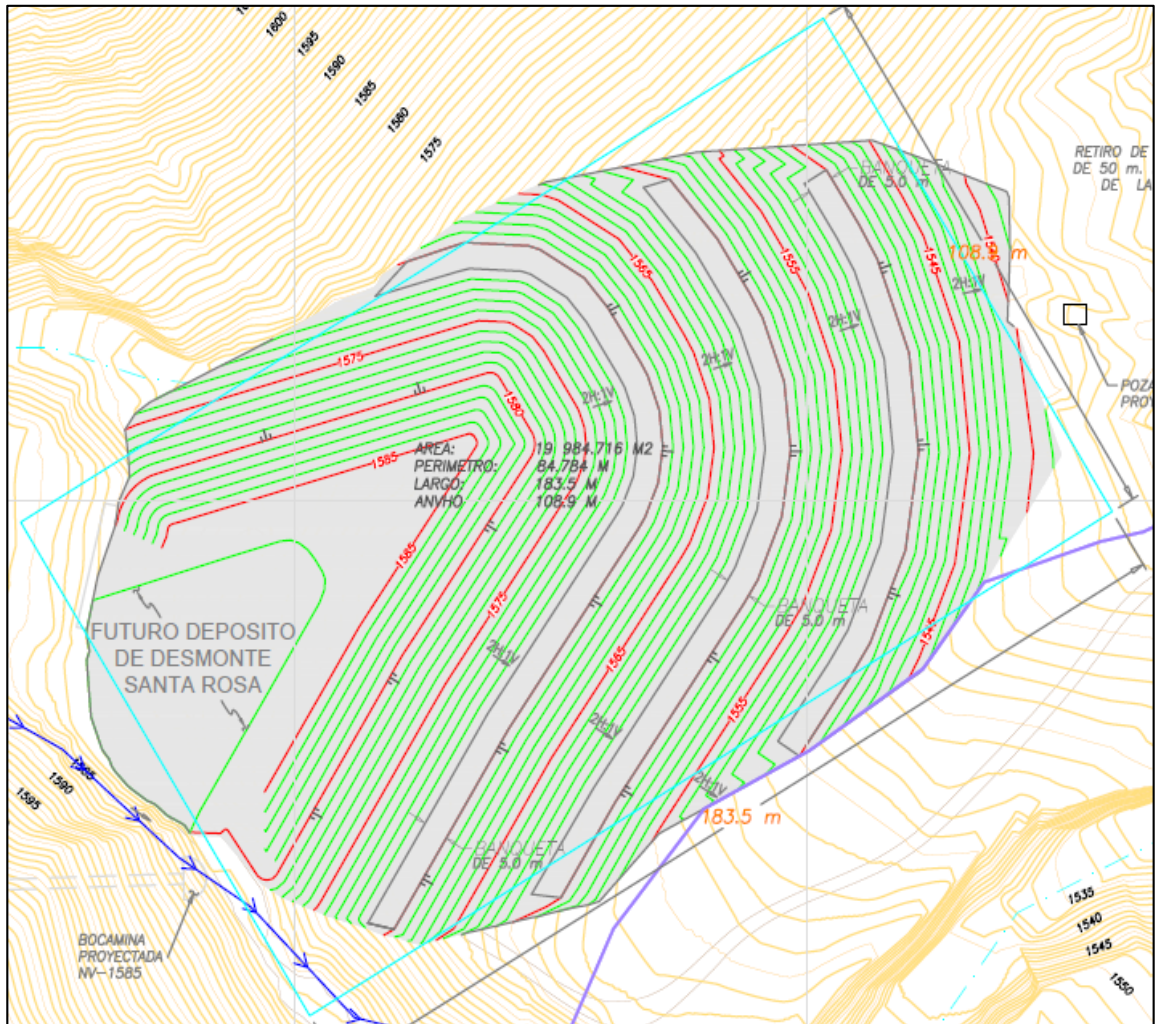
Los análisis desarrollados de la sección B-B' evalúan la geometría de la ladera de fundación y el talud global del depósito de desmonte, (para un talud de 2.5H:1V), en los cuales se obtiene factores de estabilidad mayores a los mínimos aceptables lo cual indica que el área de fundación y diseño geométrico del talud son estables tanto estático y Pseudoestático.

- Para la ladera de fundación en condición estático se obtuvo un factor de seguridad 2.75 mayor a 1.5 y en condición pseudoestática 1.48 mayor a 1.3. determinando que la ladera de fundación nivelada es estable para poder realizar la construcción del depósito de desmonte.
- Para el talud del depósito proyectado (2.5H: 1V) en condición estático se obtuvo un factor de seguridad 2.18 mayor a 1.5 y condicione pseudoestática 1.39 mayor a 1.3. determinando que el talud del depósito será estable

#### **5.4.5. Capacidad portante**

Para establecer la estabilidad física en todas sus dimensiones del depósito de desmonte, se determinó la capacidad portante del terreno de fundación para soportar las cargas aplicadas sobre él. esta capacidad portante es la máxima presión media de contacto entre la cimentación y el terreno tal que no se produzcan un fallo por cortante del suelo o un asentamiento diferencial excesivo. Para ello se ha dimensionado el deposito utilizando el software CIVIL 3D.

**Ilustración No. 27** Polígono Aproximado del depósito de desmonte.



Fuente: Elaboración Propia.

La superficie del área de fundación del botadero tiene, una extensión aproximada de 19 984.00 m<sup>2</sup>, con dimensiones de 183.5m de largo y 108.9m de ancho aproximadamente.

La distribuido en cotas de 1540 msnm hasta los 1585 msnm como mínimas y máximas alturas, estos datos están representados el plano 03. El material de cimentación del depósito de desmonte presenta características como grava sub angular con presencia de botonería de 4" a 8" con arena y limo de color marrón claro, compacidad media y seca. Estos depósitos fueron acumulados principalmente por la acción de la gravedad con la participación de aguas superficiales. Se caracterizan por tener una granulometría variada y formar una plataforma de baja pendiente que permite un drenaje superficial adecuado.

## Cimentación del depósito de desmonte

Ángulo de fricción interna  $\phi = 32^\circ$

Cohesión  $c = 0$

Peso Volumétrico  $\gamma = 21\text{KN/m}^3 = 2.14 \text{ ton/ m}^3$

Cota más alta 1540, Cota más baja 1585.

Aplicando la teoría de Terzaghi modificado por Vesic la capacidad portante admisible para una cimentación continua será de:

Q de carga ultima;  $Q_{ult} = c \cdot N_c \cdot b_c + q \cdot N_q \cdot b_q + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma$

$Q_{admisible} = \frac{Q_{ult}}{FS}$ ;  $Q_{admisible \text{ total}} = Q_{admisible} \cdot \text{Área}$ .

Donde:

Profundidad de desplante:  $D_f = 0$

Ancho de cimienta:  $B = 108.9 \text{ m}$

-Factores de carga: para  $\phi = 32^\circ$

Para determinar  $N_c$ ,  $N_q$  y  $N_\gamma$  se ha utilizado la tabla de Factores de capacidad de carga para las ecuaciones de capacidad de carga de Meyerhof, Hasen y Vesic

### **Bearing-capacity factors for the Meyerhof, Hansen, and Vesic bearing-capacity equations**

Note that  $N_c$  and  $N_q$  are the same for all three methods; subscripts identify author for  $N_\gamma$

$\phi$	$N_c$	$N_q$	$N_{\gamma(H)}$	$N_{\gamma(M)}$	$N_{\gamma(V)}$	$N_q/N_c$	$2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2$
0	5.14*	1.0	0.0	0.0	0.0	0.195	0.000
5	6.49	1.6	0.1	0.1	0.4	0.242	0.146
10	8.34	2.5	0.4	0.4	1.2	0.296	0.241
15	10.97	3.9	1.2	1.1	2.6	0.359	0.294
20	14.83	6.4	2.9	2.9	5.4	0.431	0.315
25	20.71	10.7	6.8	6.8	10.9	0.514	0.311
26	22.25	11.8	7.9	8.0	12.5	0.533	0.308
28	25.79	14.7	10.9	11.2	16.7	0.570	0.299
30	30.13	18.4	15.1	15.7	22.4	0.610	0.289
32	35.47	23.2	20.8	22.0	30.2	0.653	0.276
34	42.14	29.4	28.7	31.1	41.0	0.698	0.262
36	50.55	37.7	40.0	44.4	56.2	0.746	0.247
38	61.31	48.9	56.1	64.0	77.9	0.797	0.231
40	75.25	64.1	79.4	93.6	109.3	0.852	0.214
45	133.73	134.7	200.5	262.3	271.3	1.007	0.172
50	266.50	318.5	567.4	871.7	761.3	1.195	0.131

\* =  $\pi + 2$  as limit when  $\phi \rightarrow 0^\circ$ .

- .  $N_c = 35.47$
- .  $N_q = 23.2$
- .  $N_\gamma = 30.2$

Angulo de inclinación:

$$n^\circ = \arctan((1585-1540)/183.5) = n \text{ (convertir a grados)}$$

$$n^\circ = \arctan((1585-1540)/183.5) = 13.77^\circ = 0.24$$

- Factor de seguridad recomendable.       $FS = 3$

- Factores de base inclinada.      :       $b_c, b_q, b_\gamma$ .

Hallando los factores de base inclinada:

$$b_c = 1 - n^\circ/147^\circ = 1 - 13.77^\circ/147^\circ = 0.90$$

$$b_q = \exp(-2 \cdot n \cdot \tan \phi) = \exp(-2 \cdot 0.24 \cdot \tan 32^\circ) = 0.741$$

$$b_\gamma = \exp(-2.7 \cdot n \cdot \tan \phi) = \exp(-2.7 \cdot 0.24 \cdot \tan 32^\circ) = 0.667$$

Se ha determinado el valor de capacidad de carga para el área descrita anteriormente que es considerada como una cimentación corrida.

$$Q_{ult} = c \cdot N_c \cdot b_c + q \cdot N_q \cdot b_q + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma$$

En vista que  $c$  y  $q = 0$  la ecuación se convierte en:

$$Q_{ult} = 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma$$

$$Q_{ult} = 0.5 \cdot 2.14 \text{ Ton/m}^2 \cdot 108.9 \cdot 30.2 \cdot 0.667$$

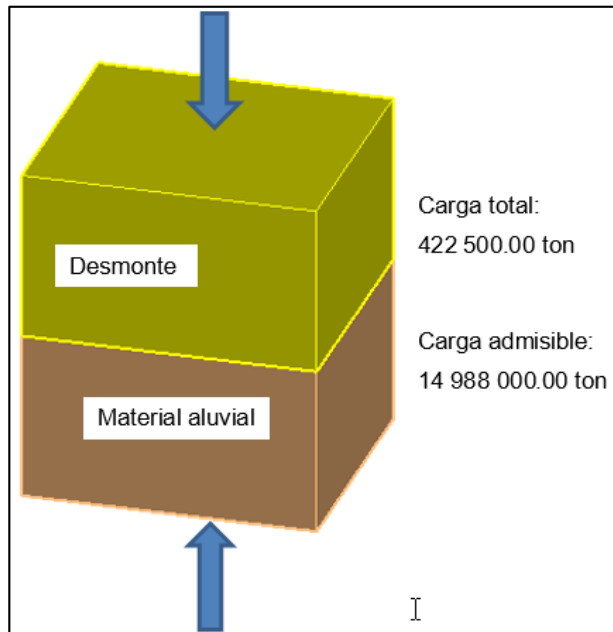
$$Q_{ult} = (2271.03) \text{ Ton/m}^2 = 2270. \text{ Ton/m}^2$$

Reemplazando valores se obtiene:

$$Q \text{ admisible/m}^2 = 2270/3 = 750 \text{ Tn/m}^2$$

$$Q \text{ admisible total} = 750 \text{ Tn/m}^2 \cdot 19 \text{ 984 m}^2 = 14 \text{ 988 000.00 Tn}$$

**Ilustración No. 28** Grafico de capacidad portante.



Fuente: Elaboración propia.

Con este análisis podemos inferir que las 422 500.00 ton de desmorte que se dispondrá, tendrá un soporte admisible muy por debajo de la máxima capacidad portante admisible total que es de 14 988 000.00 ton, presentando un área de fundación estable sin riesgo potencial de presentar una línea de rotura por sobre esfuerzos de carga.

### **5.5. CONSTRUCCIÓN DEL DEPÓSITO DE DESMONTE.**

El diseño del depósito de desmorte contempla las siguientes obras:

- Remoción de material suelto para las estructuras civiles e hidráulicas; construcción de los canales, instalación del sistema de sub-drenaje y la poza de sedimentación.
- Así mismo, aguas arriba del depósito, se proyecta construir dos estructuras de retención (muro de gaviones) para reducir el arrastre de sedimentos generados por los posibles huaycos ver Plano 03
- El flujo de agua que supere los muros será atraído hacia una estructura de captación y conducido por un canal de derivación hasta su descarga final en la quebrada Tamtarpata.



- Deberán ser implementados sistemas de control de erosión de taludes, así como la colocación de enrocado de protección en las zonas de descarga de los canales, tal como se indica en el Plano 03.

#### **5.5.1. Construcción y Vertido de material de desmonte en el Depósito**

El método de operación considerado para el depósito de desmonte Santa Rosa es de forma ascendente, debido a que cada banco sucesivo es apoyado en un banco previamente construido.

Cualquier superficie de falla tendrá que desarrollarse en el banco construido previamente, el cual actúa también como un pilar para la base y proporciona confinamiento para los suelos de cimentación.

Otra ventaja de la construcción ascendente es que siempre está apoyada en un terreno preparado (por ejemplo, la superficie de nivelación).

El proceso constructivo recomendado para la construcción del depósito de desmonte Santa Rosa es como se menciona:

1. Trazo y replanteo de las estructuras, eliminación de material superficial e inadecuado en la superficie de nivelación del depósito.
2. Trazo y construcción de las estructuras de retención (muro de gaviones), estructura de captación y canales.
3. Instalación del sistema de sub-drenaje.
4. Construcción poza de agua de sub-drenes.
5. Proceder al vertido y llenado del material de desmonte siendo de forma ascendente

#### **5.5.2. Proceso de vertido y llenado del material de desmonte.**

Para el proceso de vertido del desmonte en el depósito se ha considerado:

1. Almacenar el material de desmonte en una zona de acopio en la puerta de la bocamina.

2. Transportar dicho material desde la bocamina hasta el nivel 1540 del depósito para almacenar y empezar la construcción de manera ascendente,
3. El material será almacenado en la puerta de la bocamina semanalmente para ser transportado al final de cada semana hasta el depósito.

### **5.5.3. Personal y maquinaria para la construcción del depósito de desmonte**

Debido a la cantidad de material que será almacenado por mes de 3470 tm de desmonte el personal que se requerirá será eventual.

#### **5.5.3.1. Personal**

Se requerirá el siguiente personal:

- 01 ingeniero
- 01 conductor de volquete
- 02 ayudantes
- 01 tractorista

#### **5.5.3.2. Maquinaria y equipo**

Se requerirá la siguiente maquinaria y equipo.

- 01 volquete de 40 ton
- 01 bulldozer

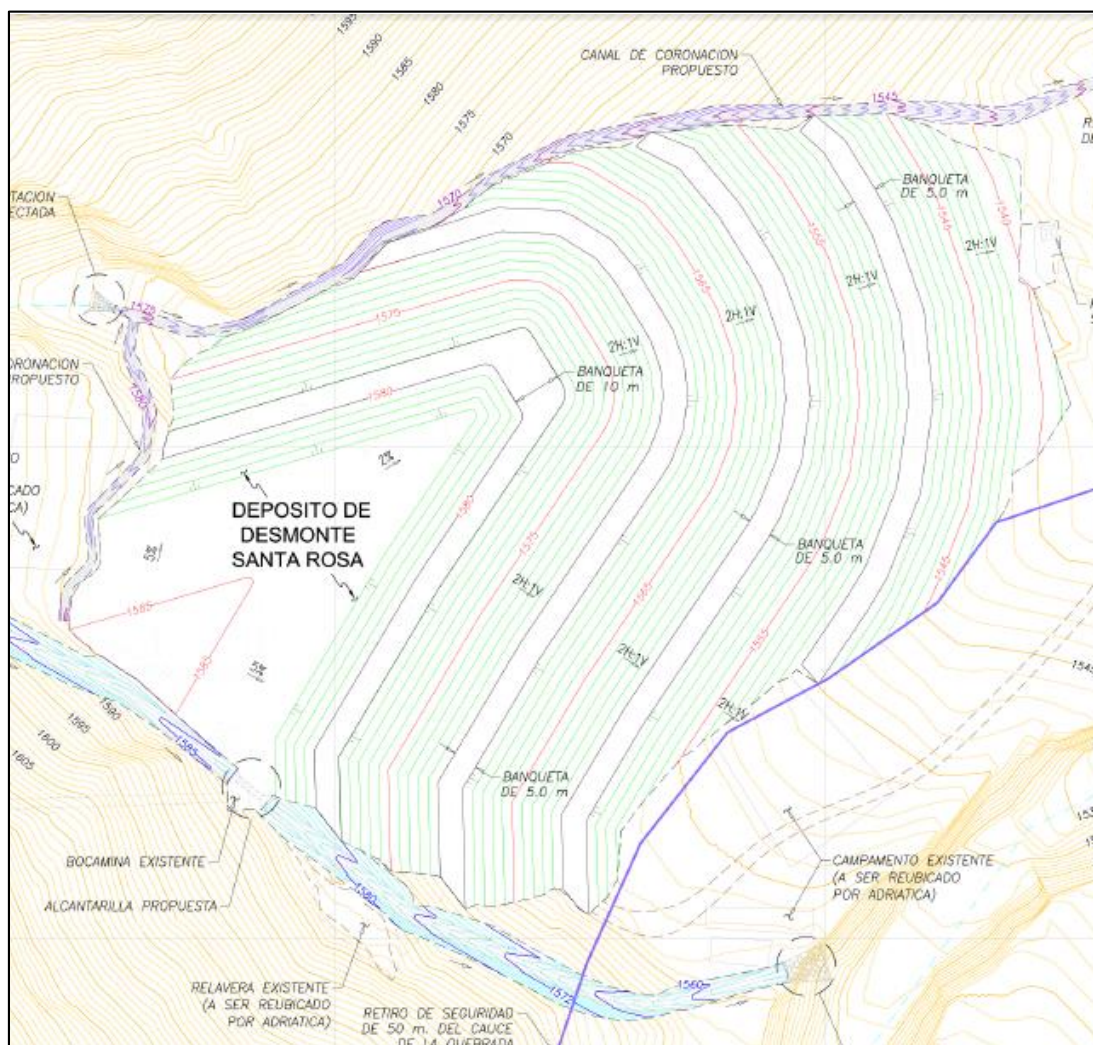
**Tabla No. 41** Llenado de material de desmonte

Elevación (msnm)	Volumen (m3)	Capacidad (ton)	Duración (años)
1540	0.00	0.00	0.0
1545	4234.88	9105.00	0.2
1550	15654.88	33658.00	0.8
1555	30551.16	65685.00	1.6
1560	54002.33	116105.00	2.8
1565	82169.77	176665.00	4.2
1570	116676.74	250855.00	6.0
1575	148072.09	318355.00	7.7
1580	179476.74	385875.00	9.3
1585	196511.63	422500.00	10.2

Fuente: Elaboración Propia

Se observa el llenado del depósito de desmonte desde el nivel 1540 hasta el nivel 1585, capacidad en ton y volumen en m<sup>3</sup> para una duración desde el año 0 hasta 10.2 años.

## Ilustración No. 29 Arreglo General Del Depósito De Desmante Santa Rosa



Fuente: Elaboración Propia.

Se aprecia la configuración general para la construcción del depósito de desmante que cuenta con dos canales (derivación y coronación) muro de gaviones aguas arriba y aguas abajo una línea de retiro de del cuerpo de agua, para más detalles ver (Plano No.3)

### 5.5.2. Canal de Derivación y Coronación

El diseño prevé contar con un canal de derivación que conducirá las aguas provenientes de la quebrada ubicada en la parte superior del depósito Santa Rosa. Así mismo, se considera la construcción de un canal de coronación que se presenta en el lado norte del área del proyecto.

Para el diseño hidráulico de los canales ha sido empleada la ecuación de Manning para condiciones de flujo uniforme, donde la descarga de diseño se calcula según:

$$Q = \frac{1.0AR^{2/3}S^{1/2}}{n}$$

Donde:

Q = descarga de diseño (m<sup>3</sup>/seg)

A = área de la sección transversal del canal (m<sup>2</sup>)

R = radio hidráulico (m)

S = pendiente del fondo del canal (m/m)

n = coeficiente de rugosidad de Manning

Los valores de los coeficientes de rugosidad de Manning fueron estimados basados en las propiedades del revestimiento y en las condiciones del flujo.

Los canales de derivación y coronación han sido diseñados para un evento de tormenta de 24 horas de duración y 200 años de período de retorno, lo cual permitirá cumplir además con los criterios establecidos para el cierre de este tipo de estructuras.


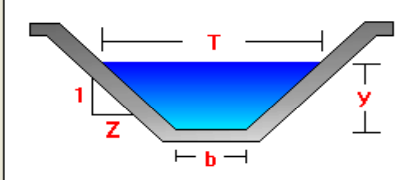



### Ilustración No. 30 Características Hidráulicas

Estación		Q	d	S	n	z	b	A	P	R	v	Q'	Fr
De	A	m <sup>3</sup> /S	(m)	(mm)			(m)	(m <sup>2</sup> )	(m)	(m)	(m/s)	(m <sup>3</sup> /s)	
0+000	0+340	3.49	0.617	0.05	0.03	1	0.9	0.936	2.645	0.354	3.729	3.49	1.8

Fuente: Elaboración Propia.

De color rojo se muestran parámetros de entrada tales como, caudal, tirante normal, ancho de solera, talud, rugosidad, pendiente determinados en el estudio hidrológico.

### Ilustración No. 31 Cálculo de Parámetros geométricos de canal

<b>Lugar:</b> <input type="text" value="Santa Rosa"/>	<b>Proyecto:</b> <input type="text" value="Desmonte Santa Rosa"/>	
<b>Tramo:</b> <input type="text"/>	<b>Revestimiento:</b> <input type="text"/>	<input type="button" value="Calculadora"/>
<b>Datos:</b>		
Caudal (Q): <input type="text" value="3.49"/> m <sup>3</sup> /s		
Ancho de solera (b): <input type="text" value="0.9"/> m		
Talud (Z): <input type="text" value="1"/>		
Rugosidad (n): <input type="text" value="0.030"/>		
Pendiente (S): <input type="text" value="0.05"/> m/m		
<b>Resultados:</b>		
Tirante normal (y): <input type="text" value="0.6170"/> m	Perímetro (p): <input type="text" value="2.6451"/> m	
Area hidráulica (A): <input type="text" value="0.9360"/> m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R): <input type="text" value="0.3538"/> m	
Espejo de agua (T): <input type="text" value="2.1340"/> m	Velocidad (v): <input type="text" value="3.7288"/> m/s	
Número de Froude (F): <input type="text" value="1.7976"/>	Energía específica (E): <input type="text" value="1.3257"/> m-Kg/Kg	
Tipo de flujo: <input type="text" value="Supercrítico"/>	<b>Cuidado velocidad erosiva</b>	
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> Ejecutar</div> <div style="text-align: center;"> Limpiar Pantalla</div> <div style="text-align: center;"> Imprimir</div> <div style="text-align: center;"> Menú Principal</div> </div>		

Fuente: Elaboración propia.

En la ilustración No. 31 se muestran los parámetros para el diseño de canales con perímetro de 2.6451m, radio hidráulico 0.3538 m, tirante normal 0.6170 m, Area Hidráulica 0.9360 m<sup>2</sup> y espejo de agua 2.1340 m. Se ha calculado parámetros geométricos de canal con calculadora H canales para dimensionamiento de canales considerando 3.7288 m/s como velocidad erosiva.

En general, los canales han sido diseñados con taludes laterales de 1H:1V, con secciones transversales trapecoidales o en "V".

Se estima colocar un revestimiento de enrocado (riprap) para tramos con velocidades que van entre 3.74 y 6.51 m/s y enrocado con concreto (grouted riprap) para los tramos con velocidades mayores a 3.74 m/s que causarían erosión al terreno de no ser protegido.

En las tablas No. 42 y No. 43 se muestran las principales características de diseño de los canales. Los detalles de las secciones se muestran en los Planos No. 5,6,7.

**Tabla No. 42** Características de diseño Canal de Derivación

Q(m <sup>3</sup> /s)	Progresiva		B (cm)	H (cm)	V (m/s)	Sección transversal	Revestimiento
	Inicio	Fin					
3.49	0+000	0+150	90	100	6.51	trapezoidal	rip rap
3.49	0+150	0+200	90	100	5.02	trapezoidal	mampostería
3.49	0+200	0+208	90	100	3.74	trapezoidal	concreto armado (alcantarilla)
3.49	0+208	0+240	90	100	5.02	trapezoidal	mampostería
3.49	0+240	0+325	90	100	6.51	trapezoidal	rip rap

Fuente: Elaboración Propia

Se ha considerado V (velocidad media m/s) para determinar el material de revestimiento del canal. Según Krochin, Sviatoslav. Diseño Hidráulico: Tercera Edición (2010).

**Tabla No. 43** Características de diseño Canal de Coronación.

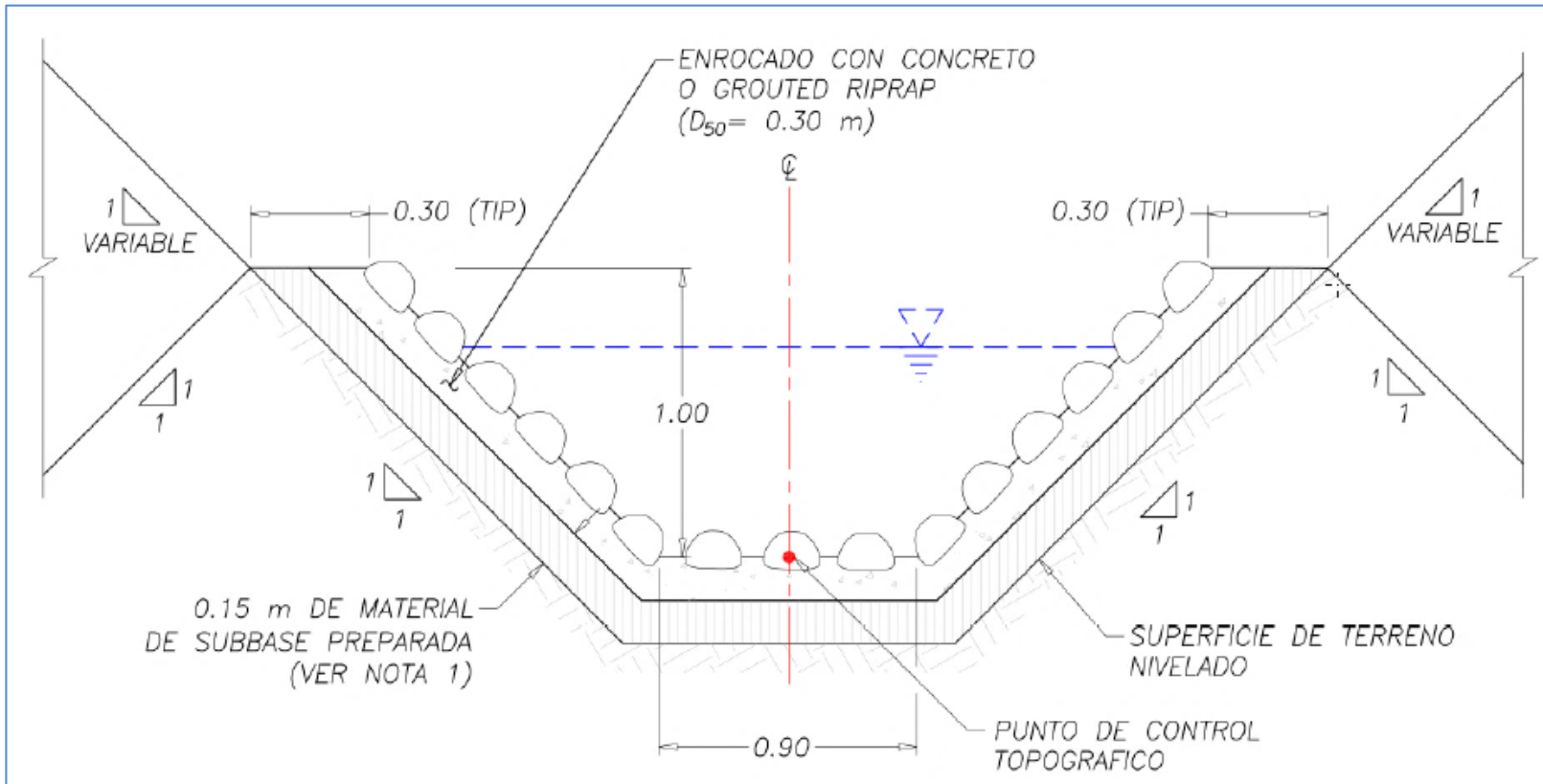
Q(m <sup>3</sup> /s)	Progresiva		B (cm)	H (cm)	V (m/s)	Sección transversal	Revestimiento
	Inicio	Fin					
0.05	0+000	0+069.5	0	40	2.7	Tramo 1 / Triangular	rip rap
0.05	0+000	0+217	0	40	2.7	Tramo 2 / Triangular	rip rap

Fuente: Elaboración Propia

Se ha considerado V (velocidad media m/s) para determinar el material de revestimiento del canal Según Krochin, Sviatoslav. Diseño Hidráulico: Tercera Edición (2010).

Las áreas aportantes estimadas con (AUTOCAD CIVIL 3D) para el canal de derivación y el canal de coronación son de 2.41 Km<sup>2</sup> y de 0.05 Km<sup>2</sup>, respectivamente. Ambos canales descargan el flujo aguas de escorrentía hacia la quebrada Tamtarpata.

**Ilustración No. 32** Propuesta de Diseño de canal con revestimiento Enrocado con concreto

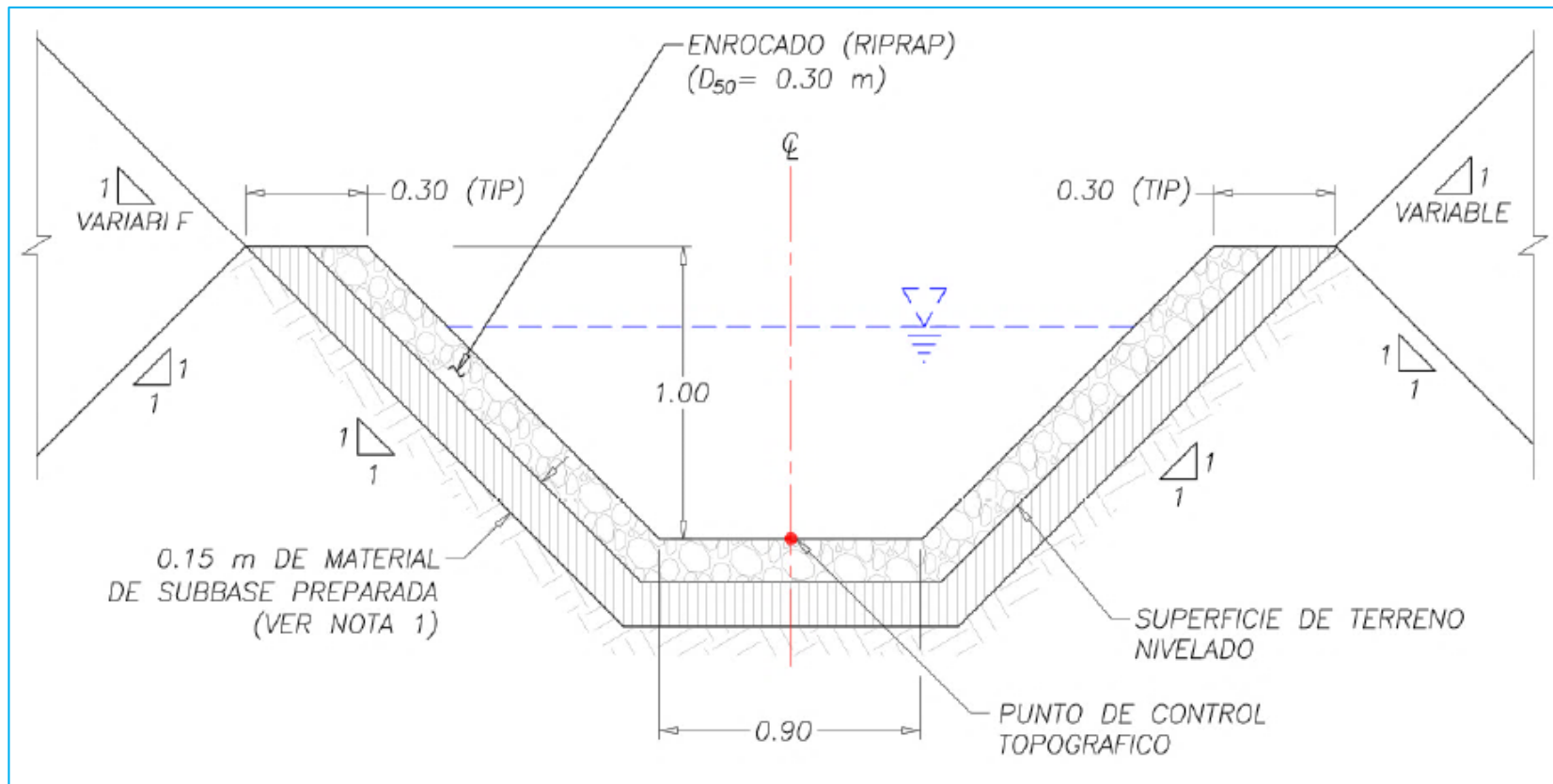


Fuente: Elaboración Propia.

Se muestra diseño de canal con revestimiento de roca con concreto, se propone un talud de 1H: 1V, hombro de 0.30m, tirante 0.6170m y también eje de punto de control. Estos canales serán usados para zonas donde las velocidades erosivas varían de 3.47 m/s a 5.02 m/s



**Ilustración No. 33** Propuesta de Diseño de canal con revestimiento Enrocado.



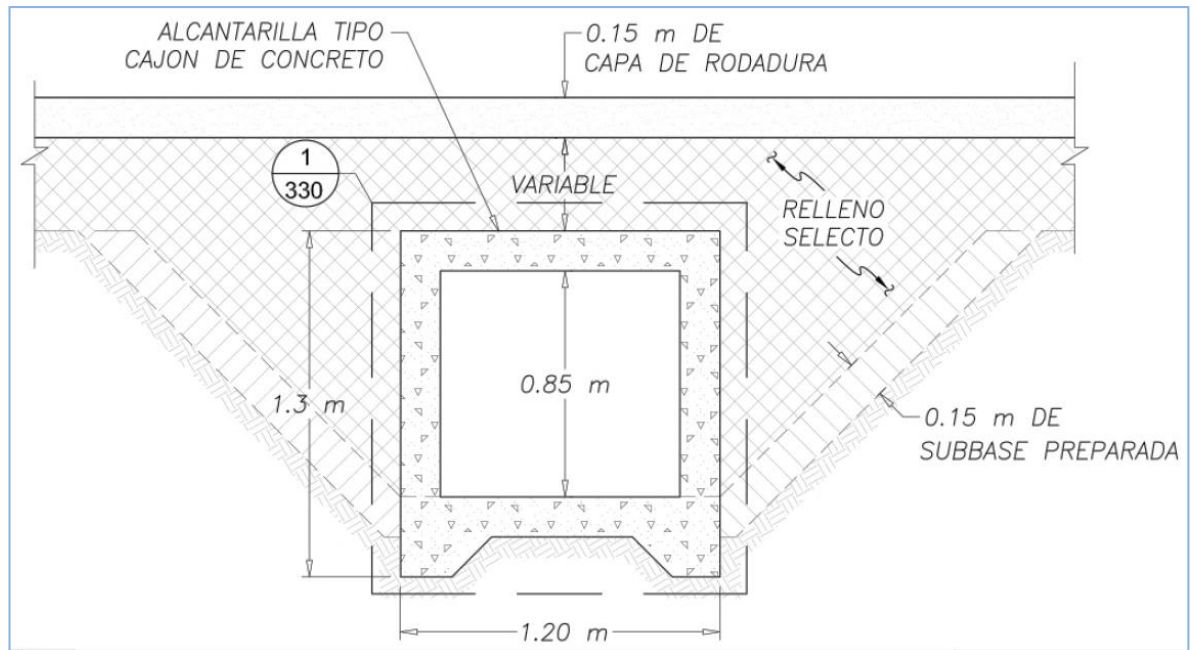
Fuente: Elaboración Propia.

Se muestra diseño de canal con revestimiento enrocado, se propone un talud de 1H: 1V, hombro de 0.30, tirante 0.6170m y eje de control topográfico. Donde las velocidades erosivas varían de 5.02 m/s a 6.51 m/s

### 5.5.3. Alcantarilla de Concreto

En la intersección del canal de derivación con el acceso de la bocamina existente (8 metros), se prevé colocar una alcantarilla de concreto armado en forma de cajón para darle continuidad al flujo de agua.

**Ilustración No. 34** Sección Transversal De Alcantarilla De Concreto



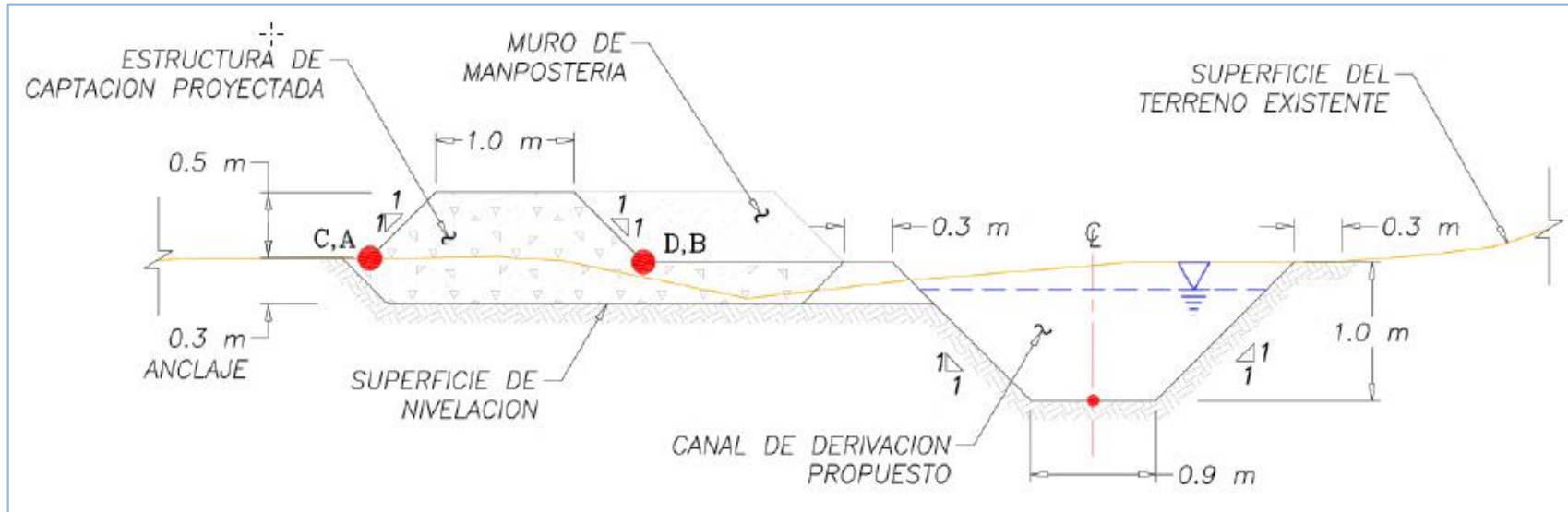
Fuente: Elaboración propia

Se prevé una alcantarilla tipo cajón de 1.20 m por 1.30 m de concreto armado además considerar una sub base 0.15 m, para el relleno de material se propone grava de  $\frac{1}{4}$ ".

### 5.5.4. Estructura de Captación

Para la retención del agua que provendrá de la cuenca aguas arriba del proyecto de depósito de desmonte se ha propuesto la construcción de La estructura de captación o toma de la quebrada para el canal de derivación, está conformada por una plataforma protegida de enrocado y concreto (grouted riprap), que presentan un coeficiente de rugosidad de Manning de 0,032. El caudal de la toma ha sido calculado en 3.49 m<sup>3</sup>/s. Ver Ilustración No. 35.

**Ilustración No. 35** Vista en perfil de estructura de captación



Fuente: Elaboración Propia.

Se ha previsto construir una estructura de captación aguas arriba del canal de derivación. De concreto y enrocado reforzado con un muro de mampostería, dicha estructura tendrá una altura de 0.5 m desde el nivel de superficie existente, con un talud de 1H: 1V, hombro de 1 m y una longitud de 5.1 m.

### 5.5.5. Diseño Del Vertedor

Tiene como finalidad retener el flujo viscoso con sedimentos y acumulaciones de cantos rodados. Para lo cual se utilizará como diseño el caudal de flujo hiperconcentrado, hallado por el método de O'Brien.

Dimensionamiento de un vertedor rectangular para una presa de gaviones

El caudal máximo sobre la cresta del vertedor se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{máx}} = C_v * L * H^3 / d^{3/2}$$

Donde,

Qmax: Caudal máximo hiperconcentrado, 4.36 m<sup>3</sup>/s. 4.36

Cv: Coeficiente del vertedor (se puede tomar 1.45) 1.45

L: Longitud del vertedor (se puede tomar 3 m). 3

Hd: Carga sobre el vertedor, m.

Despejando Hd en función de las otras variables se obtiene,

$$Hd = \left[ \frac{Q_{\text{máx}}}{C_v * L} \right]^{2/3}$$

Hd = 1.00

Finalmente se deberán ajustar las dimensiones con las medidas comerciales de los gaviones.

La altura final de la presa de gaviones será de:

Altura total = 2.5 m

Ancho de vertedor= 3 m

Altura del vertedor= 1 m

Ancho del muro de gaviones = 4 m

Los gaviones serán de 1 x 1 x 2 m (alto x ancho x largo) y para su instalación se deberá previamente preparar la superficie de fundación.

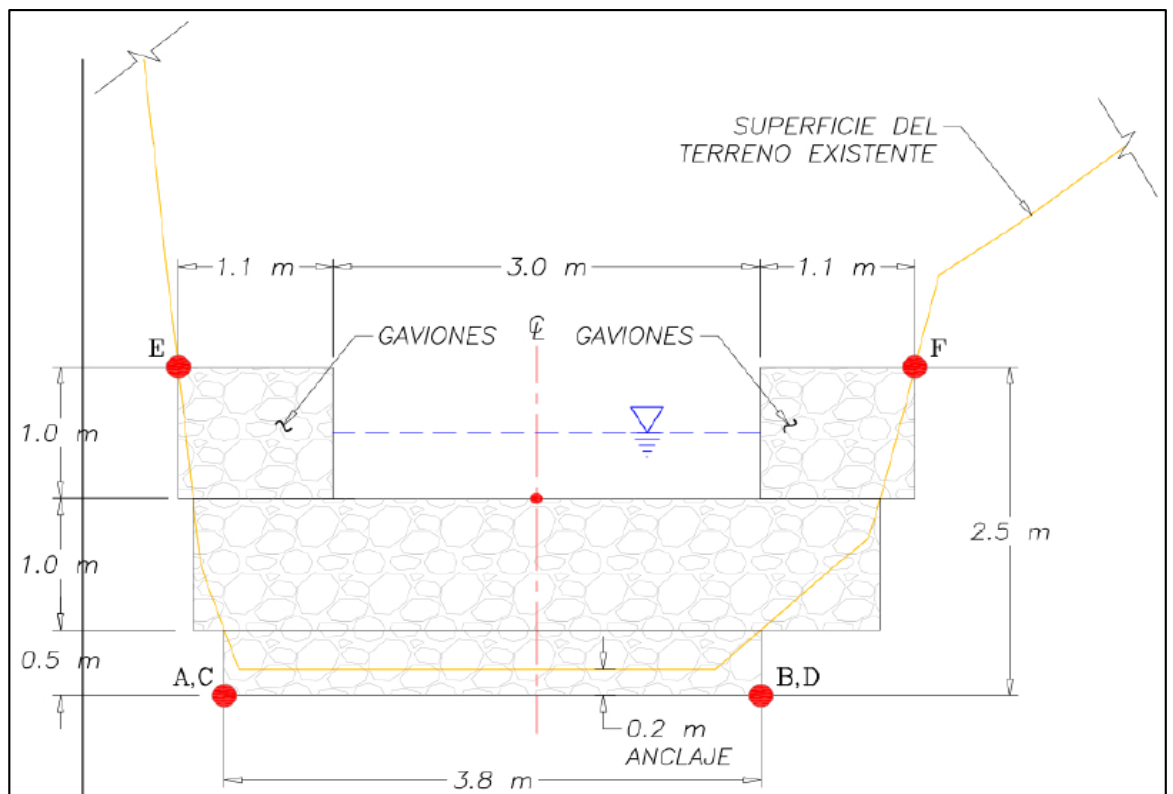
### 5.5.6. Estructura de retención “Muros de gaviones”

Las estructuras de retención (Muros de gaviones) tipo “check dam” propuestas se dispondrán en la parte alta del cono de deyección de las quebradas portantes de la cuenca, con la función de contener los flujos de agua de escorrentía y detríticos (lodos y piedras). Esto debe ser considerado como medida de contingencia debido a probables eventos adversos que pudieran presentarse tales como huaicos.

El caudal de la toma ha sido el del flujo hiperconcentrado, estimado en  $4.36 \text{ m}^3/\text{s}$ .

El muro de gaviones (Nº. 1) tiene una longitud de 8.0 m y 2.5 m de altura con respecto al nivel de la fundación. Asimismo, el muro de gaviones (Nº. 2) tiene una longitud de 5.2 m y 2.5 m de altura con respecto al nivel de la superficie de terreno existente. Así mismo el tamaño del vertedero tiene una longitud de 3.0 y 1.0 m de altura.

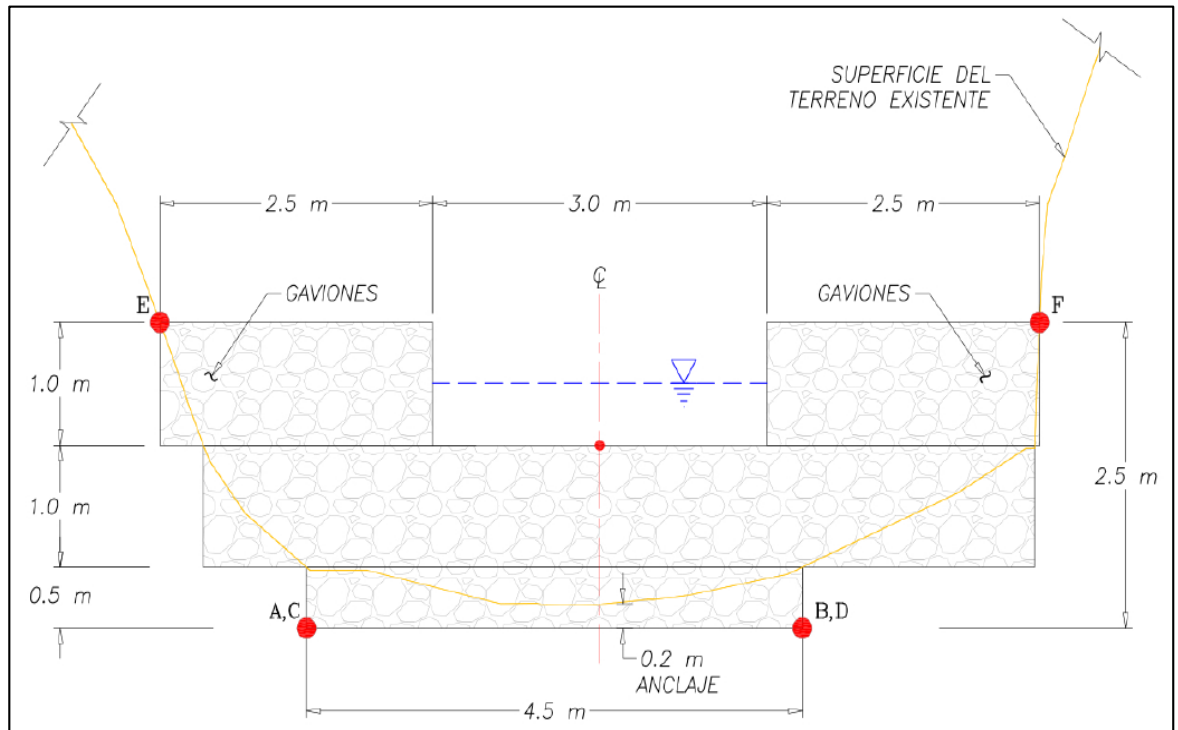
**Ilustración No. 36** Muro de gaviones Nº. 1



Fuente: Elaboración Propia.

Se aprecia muro de gaviones N° 1. Con la estructura de captación de dimensiones 3.0 m de ancho por 1.0 m de altura, gaviones tipo “check dam” de 1.1 m de ancho por 1.0 m de altura.

**Ilustración No. 37** Muro de gaviones N° 2



Fuente: Elaboración Propia.

Se aprecia muro de gaviones N° 2. Con la estructura de captación de dimensiones 3.0 m de ancho por 1.0 m de altura, gaviones tipo “check dam” de 2.5 m de ancho por 1.0 m de altura.

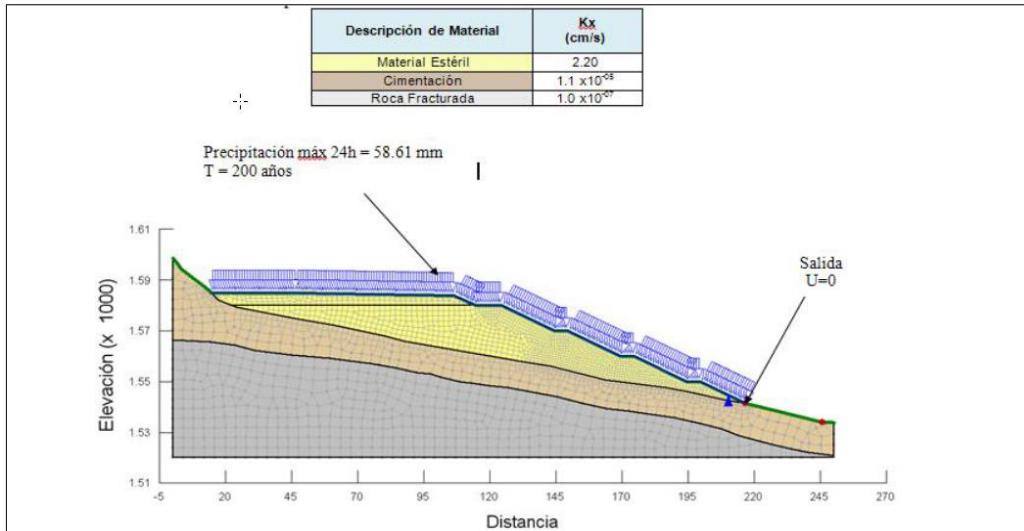
### 5.5.7. Sistema de Sub-drenes

El sistema de sub drenaje será instalado y distribuido sobre la superficie de nivelación, captura el agua de las precipitaciones que caen e infiltran sobre el material de desmonte. Así mismo el cálculo de la filtración se realizó con el software SEEP/W.

Se realizó un análisis de infiltración de lluvia sin cobertura, es decir el depósito en proceso de operación. La finalidad es determinar el caudal de

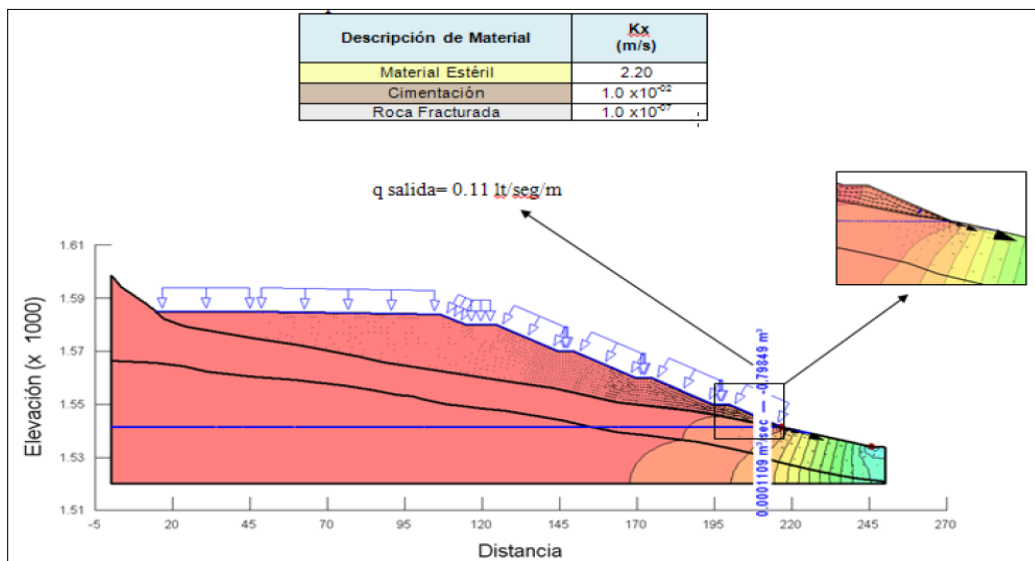
salida para poder hallar el número de tuberías de subdrenaje que se ubicarán en la base del depósito de desmonte.

**Ilustración No. 38** Condiciones iniciales para el modelamiento de la infiltración



Fuente: Elaboración Propia.

**Ilustración No. 39** Resultado del análisis de infiltración – modelado con el software SEEP/W.



Fuente: Elaboración Propia.

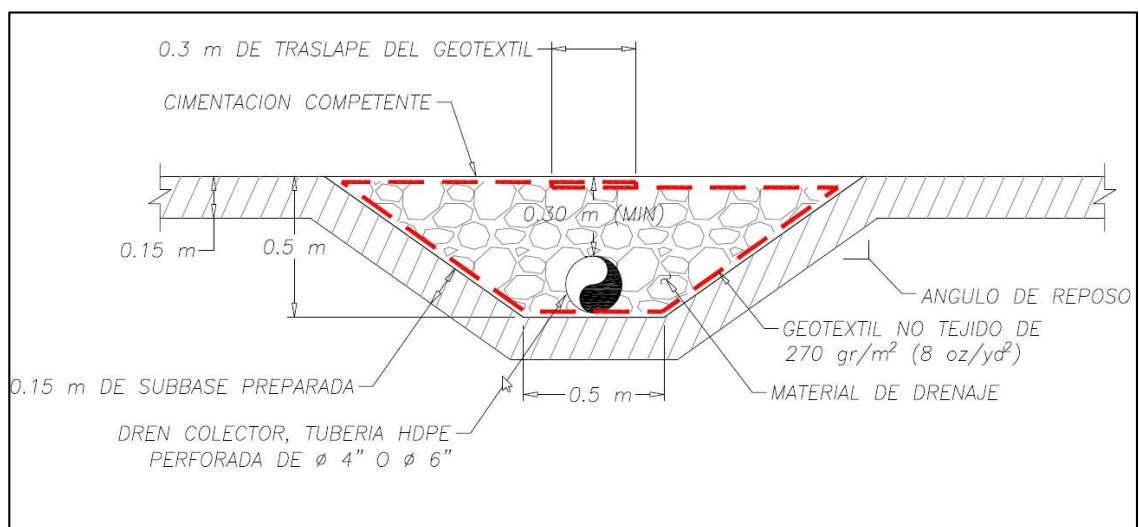
El caudal de salida es de 0.11 lt/seg/m; como la salida es de aproximadamente 13.27 m, el caudal total de salida será de aproximadamente 1.46 lt/seg.

Para el sistema de sub drenaje, se utilizarán tuberías secundarias perforadas HDPE de 4" de diámetro, las cuales estarán distribuidas a lo largo del depósito Santa Rosa mediante un sistema de espina de pescado; Las tuberías estarán espaciadas mínimo cada 20 m y se conectarán con la tubería perforada HDPE principal de 6" de diámetro, la misma que empalmará por medio de una copla con una tubería sólida HDPE SDR 21 de 6" de diámetro, hasta descargar en la poza de sedimentación o colectora la cual estará revestida con geomembrana HDPE.

Las tuberías perforadas quedarán cubiertas con una capa de material de drenaje y geotextil no tejido de 270 gr/cm<sup>2</sup>.

Para el caso de las tuberías solidas de salida, estas deberán contar con una cama de material de asiento para tuberías y material de relleno selecto sobre estas, para evitar daños en la tubería y lograr una adecuada compactación

#### Ilustración No. 40 Sección transversal de dren colector principal



Fuente: Elaboración Propia

Se muestra sección transversal de dren colector principal (colector) con tubería HDPE perforada de 4 o 6 pulgadas de diámetro, se prevé geotextil no tejido de 270 gr/m<sup>2</sup>.



### **5.5.8. Poza de Sedimentación o Poza Colectora**

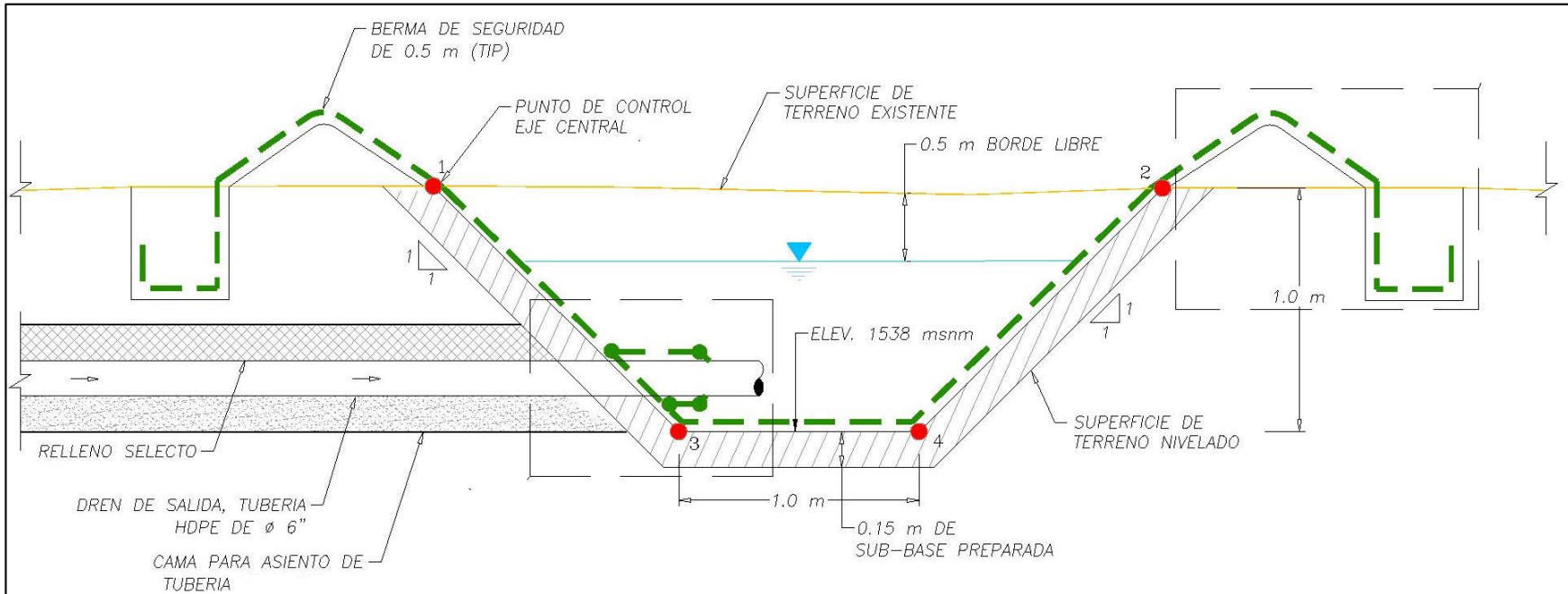
Las aguas de infiltración captadas por el sistema de sub drenaje, serán conducidas hacia la poza de sedimentación o colectora, ubicada en el punto más bajo del depósito. La poza podrá servir además para el monitoreo de la calidad del agua.

El dimensionado obedece al caudal de infiltración del sistema de sub drenaje estimado en 5.25 m<sup>3</sup>/h o 1.46 l/s.

El revestimiento de la poza colectora será de geomembrana HDPE lisa de 1.5 mm y sus dimensiones son de 3 m x 3 m con una profundidad de 1 m, albergando un volumen de 3 m<sup>3</sup> equivalente a un tiempo de retención de 0.5 horas. Luego del monitoreo, se prevé que el agua pase por rebose hacia a la quebrada Tamtarpata.

Cabe señalar que ADRIATICA deberá establecer un programa periódico de mantenimiento y limpieza de la poza colectora, en base a su operación.

### Ilustración No. 41 Poza Colectora Sección Transversal



Fuente: Elaboración Propia.

Se muestra poza colectora sección transversal ubicado a un elevación de 1538 msnm, consta de un talud de 1H: 1V con un metro de altura 0.5 de borde libre y berma de seguridad de 0.5m.

### **5.5.9. Instrumentación Y Control.**

Durante la construcción y operación del depósito de desmonte se prevé la instalación de puntos de monitoreo, tales como instalación de piezómetros e hitos de control topográfico.

La información y datos obtenidos con este sistema, serán revisados y comparados con las suposiciones de diseño.

También se efectuará la observación y documentación periódicas de condiciones que surjan durante la operación. Este “método visual” ayudará a reconocer en forma oportuna las condiciones que varíen de las asumidas para el diseño.

Luego puede hacerse modificaciones a la construcción y operación para enfrentar estas condiciones.

A continuación, se hace una breve descripción de los equipos de instrumentación geotécnica que se proponen.

#### **5.5.9.1. Piezómetros**

Los piezómetros son instrumentos empleados para monitorear los niveles estacionarios de agua, necesarios en los controles de colocación del material de relleno, predicción para la estabilidad de los taludes, monitoreo de infiltración y verificación de modelos de flujo.

Para el depósito de desmonte Santa Rosa, se recomienda instalar un piezómetro de tubo abierto tipo Casagrande en la parte más baja del depósito de desmonte para eventualmente monitorear la calidad del agua y la profundidad del nivel freático.

En la Tabla No. 44 se muestra la ubicación del piezómetro proyectado.

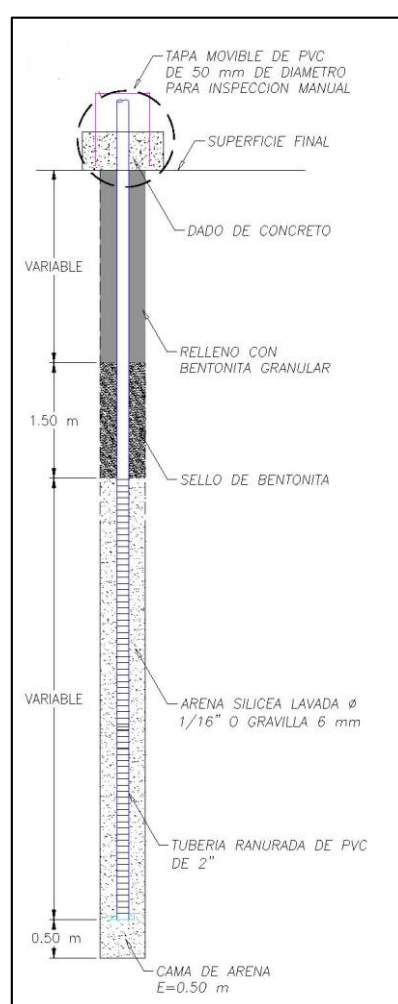
**Tabla No. 44** Piezómetros de Tubo Abierto Tipo Casagrande

Denominación	Coordenadas			
	Este	Norte	Elevación (msnm)	H (m)
PZ-01	702652.32	8269048.36	1536.00	30.00

Fuente: Elaboración Propia.

La altura puede variar, siempre que la profundidad del piezómetro llegue como mínimo a 5m por debajo del nivel freático.

**Ilustración No. 42** Piezómetro propuesto.



Fuente: Elaboración Propia.

Se muestra piezómetro con tapa movable de PVC de 50 mm de diámetro para inspección manual. Sección variable con relleno de bentonita granular, sello de bentonita de 1.5 m de altura, sección de arena silicea lavado de 1/16 pulgadas de diámetro o gravilla de 6 mm con tubería de PCV de 2 pulgadas y un canal de arena de 0.50 de altura.

### 5.5.9.2. Hitos Topográficos

Los hitos topográficos son instrumentos utilizados para monitorear los desplazamientos o movimientos que se espera ocurran en la corona del depósito de desmonte, proporcionando tres medidas de desplazamiento en las tres direcciones principales.

En el depósito se proyecta colocar 12 hitos topográficos ubicados convenientemente. En la Tabla No. 45. se muestra un resumen de la ubicación de los hitos topográficos proyectados. Ver plano No. 4.

**Tabla No. 45** Resumen de Hitos Topográficos Proyectados

Denominación	Coordenadas		
	Este	Norte	Elevación
HT-01	702540.66	8269058.75	1538.00
HT-02	702652.76	8269009.08	1538.00
HT-03	702599.13	8269063.48	1550.00
HT-04	702598.27	8268955.42	1550.00
HT-05	702566.93	8269060.40	1560.00
HT-06	702549.94	8268909.46	1560.00
HT-07	702512.88	8269039.83	1570.00
HT-08	702524.39	8268912.40	1570.00
HT-09	702499.39	8268926.46	1580.00
HT-10	702539.45	8269014.06	1580.00
HT-11	702468.93	8269000.88	1580.00
HT-12	702520.34	8269001.11	1584.00

Fuente: Elaboración propia.

### 5.5.10. Mantenimiento

Consiste en una importante actividad para mantener la estabilidad adecuada del depósito de desmonte.

Se propone el mantenimiento correctivo y preventivo.

- Una vez por año realizar el mantenimiento de los canales, retirando los sedimentos acumulados.

- Mantener estable el talud para evitar la caída de material al canal.
- Retirar materiales que puedan interrumpir el flujo en el canal y originar el rebose.
- Realizar una inspección periódica visual.
- Desarenar la caja de captación de gaviones y poza de sedimentos. Antes del periodo de lluvias de preferencia en octubre.
- Mantener el diseño de los canales, en caso de ocurrir cualquier evento que dañe los canales, reconstruir considerando el diseño propuesto para prever su adecuado funcionamiento.

#### **5.5.11. Políticas de post cierre.**

Para el pos cierre se ha considerado el cuidado del medio ambiente a largo plazo y u cuidado pasivo, un conjunto de actividades que permitan el sostenimiento del área por sí solo.

Para el post cierre se requiere de un cronograma y actividades y equipo técnico que garanticen la estabilidad química, estabilidad física,

Para el mantenimiento físico.

En las labores subterráneas el mantenimiento y verificación de tapones, hitos carteles, Verificación de los hitos topográficos del depósito de desmonte.

Verificación de los sistemas de derivación de aguas y muros de contención.

Para el manteniendo de la estabilidad química.

Verificación de la cubierta final del depósito y alrededores.

Verificación del drenaje acido con ensayos geoquímicos que permitan medir la cantidad de sulfuros.

## CONCLUSIONES

1. La caracterización geotécnica del área para el depósito de desmonte Santa Rosa han permitido proporcionar parámetros efectivos, como precipitación máxima para 24 horas 58.31 mm, caudal máximo de salida 3.49 m<sup>3</sup>/s, caudal de flujo hiperconcentrado 4.36 m<sup>3</sup>/densidad mínima seca (MDS) 2.15 gr/ cm<sup>3</sup> coeficiente de sismicidad Z 0.23g, parámetros de resistencia de materiales para desmonte peso específico ( $\gamma$ : 20kN/m<sup>3</sup>), cohesión ( $c$ : 56.33kPa), ángulo de fricción interno ( $\phi$ : 27.6°), material Aluvial peso específico ( $\gamma$ : 21kN/m<sup>3</sup>), ángulo de fricción interno ( $\phi$ : 32°), y Roca peso específico ( $\gamma$ : 22 kN/m<sup>3</sup>) tipo de material de cimentación, y perfiles geotécnicos que han permitido realizar el análisis de estabilidad física y determinar la construcción del depósito de desmonte.
  
2. Para determinar la estabilidad química se hizo tres pruebas representativas del área de fundación y desmonte que han sido ensayados mediante el método Lawrence (Parámetros ABA), considerando los resultados obtenidos de las muestras donde se ha evaluado pH en pasta, S % (Sulfuro), Potencial (tCaCO<sub>3</sub>/1000) y relación NP/MPA (RNP)>4.0, se ha considerado que los materiales no generarán drenaje ácido, por tal motivo todo el desmonte procedente de mina será almacenado en el depósito de desmonte y no será necesario la construcción de una poza para drenaje ácido.

Ubicación	codigos	Ph en Pasta	S% sulfuros	Potencial de (t CaCO <sub>3</sub> /1000t)			Relacion NP/MPA (RNP) >4.0	Conclusion
				Acido (MPA)	Neutralización Lawrence (NP)	Neto de Neutralización		
Fundación	TR-03	9.18	0.01	0.31	19.00	18.70	60.70	NO GENERA
Bocamina	Desmonte de Mina	9.19	0.09	2.81	15.80	13.00	5.61	NO GENERA
Bocamina	Desmonte	9.28	0.01	0.31	16.70	16.40	53.40	NO FENERA

3. El depósito de desmonte Santa Rosa, ha sido diseñado para albergar una capacidad de material aproximado de 196 511.00 m<sup>3</sup> (422 500.00 ton) para 10.2 años de vida de mina en un área total aproximado de 2.0 ha, considerando una densidad húmeda del material de 2.15 ton/m<sup>3</sup> dado

estos resultados se prevé que el depósito de desmonte cumplirá la capacidad prevista de 416 400.00 ton de desmonte para 10 años de vida de la mina que se proyecta, además contará con un talud interbanqueta de 2H: 1V y talud global de 2.5H:1V.

4. El depósito de desmonte Santa Rosa es estable desde un punto de vista físico, según el análisis estático y pseudoestático realizado con el Software Slide V. 6.0 han determinado factores de seguridad por encima de los mínimos permisibles recomendados ( 1.5 en condiciones estáticas y 1.3 en condiciones pseudoestáticas), además según el cálculo de la capacidad portante se ha inferido que las 422 500.00 ton de desmonte que se dispondrá, está por debajo de la máxima capacidad portante admisible total que es de 18 585 120.00 ton, presentando un área de fundación estable sin riesgo potencial de presentar una línea de rotura por sobre esfuerzos de carga, tal como se muestra en la tabla siguiente.

Sección	Descripción	Talud Global	Tipo de Analisis	Tipo de falla	Factor de seguridad Mínimo Aceptable	Factor de Seguridad
A-A`	Ladera de Fundación		Estático	Global	1.5	2.72
	Ladera de Fundación		Pseudoestático	Global	1.3	1.42
	Talud de Despósito	2.5H:1V	Estático	Global	1.5	2.03
	Talud de Despósito	2.5H:1V	Pseudoestático	Global	1.3	1.38
B-B`	Ladera de Fundación		Estático	Global	1.5	2.75
	Ladera de Fundación		Pseudoestático	Global	1.3	1.48
	Talud de Despósito	2.5H:1V	Estático	Global	1.5	2.18
	Talud de Despósito	2.5H:1V	Pseudoestático	Global	1.3	1.39



## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la propuesta de instrumentación geotécnica para controlar el comportamiento de los parámetros geotécnicos y evitar posibles fallas en la estructura del depósito de desmonte.
2. Se recomienda almacenar solo material similar al realizado en los análisis geoquímicos para mantener estable químicamente el depósito, caso contrario realizar un nuevo análisis de estabilidad química para determinar si otro material que se pretendiera almacenar no genere drenaje ácido.
3. Al momento de la construcción del depósito se recomienda mantener la propuesta de diseño de talud global de 2.5H:1V y talud interbanqueta de 2H: 1V para lograr alcanzar una geometría adecuada que almacene la capacidad calculada de 416 400.00 ton
4. Se recomienda realizar la construcción del canal de derivación y coronación que evitarán la filtración de aguas a la estructura del depósito, lo cual garantizará factores de seguridad estático y Pseudoestático por encima de los mínimos permisibles.
5. Será necesario hacer un mantenimiento preventivo y correctivo de preferencia antes del periodo de lluvias.

## Bibliografía

- báñez Asensio, S., Moreno Ramón, H., & Gisbert Blanquer, J. M. (2011). *Métodos para la determinación del tiempo de concentración (tc) de una cuenca hidrográfica*. Valencia: Universidad Politecnica de Valencia.
- Bello Mendoza, L., & Velázquez Juárez, S. J. (2012). *Guía de Metodos Estadísticos Hidrología*. México: Universidad Nacional Autónoma de México .
- Castillo, E., & Beltrán, F. (1997). *ESTUDIO AGROCLIMÁTICO DE LA REGIÓN DE CASTILLA-LA MANCHA*. Madrid: Castilla-La Mancha Junta de Comunidades Servicio de Publicaciones.
- Centeno, A. (2018). *Tesis "Estudio Técnico Del Diseño Estructural Del Botadero De La Mina Constancia - Hudbay"*. Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Chambers, D., & Higman, B. (2011). *Long Term Risks Of Tailings Dam Failure*. Lindsay Newland Bowker.
- Geotechnical Engineering Office. (1979). *Geotechnical Manual For Slopes*. Hong Kong: Homantin, Kowloon,.
- Gerscovich, D., Vargas, E., & de Campos, T. (2006). *the evaluation of unsaturated flow in a natural slope* . Rio de Janeiro: Engineering Geology.
- Gonzalez de Vallejo, L. (2002). *Ingeniería Geológica (2da ed.)*. Madrid: Pearson Education.
- Juárez, B., & Rodríguez, R. (2004). *Mecánica de Suelos - Tomo 2.* . México: Limusa.
- Mendoza, J. (2016). *Tesis "Análisis De Estabilidad De Taludes De Suelos De Gran Altura En La Mina Antapaccay"*. Lima: Pontificia Universidad Católica Del Perú.
- MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. (2005). *Guía Para La Elaboración De Planes De Cierre De Pasivos Ambientales Mineros* . Lima: Republica del Perú.
- Monje, Á. (2011). *Metodología de la investigación cuantitativa* . Neiva: Universidad Surcolombiana guía metodológica.

- Morin, K., & Hutt, N. (2001). *Relocation of net-acid-generating waste to improve post-mining water chemistry en Waste Management*. Bucaramanga: El Manual Moderno .
- Office, G. E. (1997). *Geotechnical Manual For Slopes*. Hong Kong: Homantin Kowloon.
- Ortiz, W. (2016). *Tesis "Diseño De Botaderos De Desmonte En Open Pit Usando Minesight 7.0 E.E. Piramide Cis Cuajone "*. Arequipa: Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa.
- Oyanguren, R., & Alejano, P. (2007). *Mecánica De Rocas : Fundamentos E Ingeniería De Taludes*. Madrid.: Red DESIR.
- Pizarro, R., & Flores, J. (2008). *Diseño Hidrológico De Zanjias De Infiltración En El Secano Costero E Interior De Las Regiones Semiáridas De Chile*. Talca: Universidad de Talca.
- Reglamento Nacional De Edificaciones. (2016). *Ministerio de Vivienda*. Lima: El Peruano.
- Rennat, E., & Miller, S. (1997). *GUIA AMBIENTAL PARA LA ESTABILIDAD DE TALUDES DE DEPOSITOS DE DESECHOS SOLIDOS DE MINA*. Lima: Ministerio de Energía y Minas Dirección General de Asuntos Ambientales.
- Samaniego, A., Felix, O., & Villanueva, M. (2010). *Diseño de Botaderos de Desmonte para Mina*. Ayacucho: 1ra Jornada Iberoamericana Técnico-Científica de Medio Ambiente Subterráneo y Sostenibilidad MASYS 2010.
- Suárez, J. (2009). *Deslizamientos. Análisis geotécnico Vol. 1*. Barranquilla: U. Industrial de Santander.
- Suárez, J. (2002). *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*. Bucaramanga: Ingeniería de Suelos Ltda.
- Villanueva, M., Lino, E., & Huaña, O. (2017). *Caracterización Geotécnica Y Diseño De Botaderos En Mina*. Lima: SRK Consulting.
- Villas, R., & Masera, D. (2004). *Guía para la industria minera a fin de promover la concientización y preparación para emergencias a nivel local*. . Rio de Janeiro: CEMET/CYTED/CN.
- Villon, M. (2000). *Diseño Hidráulico De Canales*. Lima: Cartago-Costa Rica y la Editorial 255.

## ANEXO 1. GENERALIDADES

**Tabla N° 1 Resumen de reservas al 01 de noviembre por tipo de mineral**

VETA	RESERVAS MINABLES							RECURSO POTENCIAL DEL PROYECTO						
	TMS	Ley Au Grs/Tm	Ag (Oz/Tc)	Pb %	Zn %	Cu %	Equiv Au grs /tm	TMS	Ley Au Grs/Tm	Ag (Oz/Tc)	Pb %	Zn %	Cu %	Equiv Au grs /tm
Cresta 2								52.380	9,01	8,18	0,04	0,05	0,02	9,04
Cresta 1														
La Cumbre								28.620	15,46	2,30	2,18	0,01	0,04	15,52
Split Cumbre 1														
Split Cumbre 2														
La Onza								24.540	17,56	1,19	0,70	0,08	0,64	18,58
Santa Rosa	11.720	13,26	1,07	0,50	0,04	0,03	13,26	191.100	13,28	3,62	0,25	0,01	0,02	13,28
Luz								41.470	3,28	1,06	0,05	0,01	0,03	3,32
Ramal Luz														
Yesika								19.720	4,38	1,02	-	-	-	4,38
Yesika 2														
<b>SUB TOTAL</b>	<b>11.720</b>	<b>13,26</b>	<b>1,07</b>	<b>0,50</b>	<b>0,04</b>	<b>0,03</b>	<b>13,26</b>	<b>357.830</b>	<b>11,47</b>	<b>3,57</b>	<b>0,37</b>	<b>0,02</b>	<b>0,06</b>	<b>11,55</b>

**Fuente: Área de planeamiento, minera Adriatica S.A.**

## ANEXO 2. ENSAYOS DE LABORATORIO QUÍMICO

Nº de Referencia: <b>MN-16/01914</b>	Registrada en: AGQ Perú	Cliente: JMF INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC
Análisis: GEO-3011-PE	Centro Análisis: AGQ Perú	Domicilio: CAL.BATALLON CALLAO NRO.334 URB.LAS GARDENIAS-SANTIAGO DE SURCO
Tipo Muestra: ROCA	Fecha Recepción: 08/04/2016	Contrato: PE16-0936-GEO
Fecha Inicio: 11/04/2016	Fecha Fin: 20/04/2016	Cliente 3º: ----
Descripción: TR-03 / 0.00 - 1.50		

Fecha/Hora: 08/04/2016	Muestreado por: Cliente
Muestreo:	
Lugar de Muestreo: BARRERA-OCOÑA-AREQU IPA	
Punto de Muestreo: TR-03 / 0.00 - 1.50	

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.



Yoel Iñigo CQP 826  
Resp. Lab. Inorgánico

FECHA EMISIÓN: 20/04/2016

OBSERVACIONES:

Nº de Referencia: MN-16/01914  
 Descripción: TR-03 / 0.00 - 1.50

Tipo Muestra: ROCA  
 Fecha Fin: 20/04/2016

## RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
<b>Geoquímica Ambiental</b>				
Azufre Total	0,02	-	%	
Fizz Rating	0,0	-		
pH Pasta	9,18	± 1 %		
Potencial de Acidez Maximo (MPA)	0,31	-	Kg CaCO3/Ton	
Potencial de Neutralización Neto (NNP)	18,7	-	Kg CaCO3/Ton	
Potencial Neutralización Lawrence	19,0	± 2 %	Kg CaCO3/Ton	
* Ratio Potencial de Neutralización (RNP)	60,7	-		
Sulfato Total	0,01	-	%	
Sulfuro Total	0,01	-	%	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están recogidas en el anexo técnico adjunto. Si aparece marca de acreditación, los parámetros marcados con asterisco (\*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. N/L: No Legislado.



Nº de Referencia: MN-16/01914  
 Descripción: TR-03 / 0.00 - 1.50

Tipo Muestra: ROCA  
 Fecha Fin: 20/04/2016

## ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref Norma	Rango (1)
<b>Geoquímica Ambiental</b>				
Azufre Total	PE-4408	Anal. Elemental		0,01 - 30,0 %
Fizz Rating	PE-4409	Inspec Visual		0,0 - 3,0
pH Pasta	PE-4416	Electrometría		2,00 - 9,00
Potencial de Acidez Maximo (MPA)	PE-4407	Calculado		0,31 - 625 Kg CaCO3/Ton
Potencial de Neutralización Neto (NNP)	PE-4407	Calculado		-500 - 1 950 Kg CaCO3/Ton
Potencial Neutralización Lawrence	PE-4403	Volumetría		-500 - 1 950 Kg CaCO3/Ton
* Ratio Potencial de Neutralización (RNP)	PE-4407	Calculado		-161 - 1 000
Sulfato Total	PE-4005	Anal. Elemental		0,01 - 30,0 %
Sulfuro Total	PE-4016	Calculado		0,01 - 20,0 %

(1) El rango mínimo se corresponde con el límite de Determinación, a partir del cual cuantificamos.

ANEXO 3. DATA DE SENAMHI



OFICINA GENERAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA



ESTACION : CARAVELI / 000746 / DRE-06 LAT. : 15° 46' "S" DPTO. : AREQUIPA  
PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS ( mm) LONG. : 73° 21' "W" PROV. : CARAVELI  
ALT. : 1779 msnm DIST. : CARAVELI

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2011	0.5	4.0	0.0	7.2	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2012	7.8	13.2	20.8	18.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
2013	3.7	8.1	6.8	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
2014	1.7	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2015	0.0	9.6	49.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



OFICINA GENERAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA



ESTACION : CARAVELI / 000746 / DRE-06 LAT. : 15° 46' "S" DPTO. : AREQUIPA  
PARAMETRO : PRECIPITACION TOTAL MENSUAL ( mm) LONG. : 73° 21' "W" PROV. : CARAVELI  
ALT. : 1779 msnm DIST. : CARAVELI

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2011	0.5	5.2	0.0	9.1	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2012	21.6	40.0	26.0	26.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9
2013	4.2	14.8	8.9	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5
2014	3.2	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2015	0.0	20.9	89.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



OFICINA GENERAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA



ESTACION : CARAVELI / 000746 / DRE-06 LAT. : 15° 46' "S" DPTO. : AREQUIPA  
PARAMETRO : TEMPERATURA MINIMA MEDIA MENSUAL ( °C) LONG. : 73° 21' "W" PROV. : CARAVELI  
ALT. : 1779 msnm DIST. : CARAVELI

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2011	12.5	13.5	11.6	11.7	11.3	10.9	10.1	10.8	10.9	9.8	10.8	11.9
2012	12.0	13.4	13.6	12.6	11.5	10.7	10.0	9.6	11.3	11.6	10.5	11.9
2013	12.6	13.1	12.5	10.3	10.4	11.0	10.3	10.0	10.5	10.5	9.4	11.2
2014	12.4	10.7	12.1	12.0	10.5	9.8	10.0	12.1	12.3	11.5	11.4	11.5
2015	12.5	14.2	14.2	12.8	12.8	10.9	9.2	10.4	11.1	11.7	11.7	12.6



OFICINA GENERAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA

ESTACION : CARAVELI / 000746 / DRE-06

LAT. : 15° 46' "S"

DPTO. : AREQUIPA

PARAMETRO : TEMPERATURA MEDIA MENSUAL ( °C)

LONG. : 73° 21' "W"

PROV. : CARAVELI

ALT. : 1779 msnm

DIST. : CARAVELI

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2011	20.3	19.7	19.9	19.5	20.1	19.1	18.5	19.5	20.0	19.4	20.3	20.3
2012	19.8	19.5	20.9	19.2	19.5	19.1	18.9	19.6	21.0	21.2	20.9	21.1
2013	21.7	20.7	20.7	20.0	18.9	19.7	19.0	19.3	20.9	21.0	20.5	21.6
2014	20.6	20.8	20.2	20.6	19.2	19.1	20.0	20.2	20.8	21.5	21.8	21.4
2015	21.5	20.1	20.2	20.4	20.6	19.6	18.6	20.0	20.8	22.0	22.3	23.5



OFICINA GENERAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA

ESTACION : CARAVELI / 000746 / DRE-06

LAT. : 15° 46' "S"

DPTO. : AREQUIPA

PARAMETRO : TEMPERATURA MAXIMA MEDIA MENSUAL ( °C)

LONG. : 73° 21' "W"

PROV. : CARAVELI

ALT. : 1779 msnm

DIST. : CARAVELI

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2011	28.0	27.4	28.2	27.9	29.3	28.6	28.1	29.2	29.7	28.4	29.1	28.3
2012	27.7	27.1	28.8	27.0	28.8	28.2	28.6	29.5	30.2	30.0	29.8	29.1
2013	29.8	28.2	28.9	29.7	27.9	28.8	28.0	28.3	29.9	29.5	29.1	29.4
2014	28.2	28.9	27.8	29.1	28.4	28.8	29.3	28.7	29.4	30.1	29.7	29.4
2015	29.9	27.0	27.1	28.6	29.0	29.4	28.5	29.4	30.2	30.5	30.5	31.8



OFICINA GENERAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA

ESTACION : CARAVELI / 000746 / DRE-06

LONG. : 73° 21' "W"

DPTO. : AREQUIPA

PARAMETRO : DIRECCION PREDOMINANTE Y VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO REGISTRADA EN EL MES (m/s)

LAT. : 15° 46' "S"

PROV. : CARAVELI

ALT. : 1779 msnm

DIST. : CARAVELI

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2009	S-2.8	S-2.8	E-2.6	S-2.8	S-3.0	S-3.8	S-3.2	S-3.2	S-3.3	S-3.4	S-3.1	S-3.2
2010	S-3.1	S-3.0	S-3.3	S-2.8	S-3.2	S-4.0	S-4.3	S-4.4	S-4.0	S-3.8	S-4.0	E-3.5
2011	S-3.7	S-2.6	S-3.5	S-3.3	S-2.8	S-2.8	S-2.9	S-3.4	S-2.8	S-3.5	S-3.9	S-3.2
2012	S-3.1	S-2.5	E-2.7	S-2.1	S-3.4	S-3.1	S-2.3	S-2.9	S-2.8	S-3.1	S-2.9	S-2.9
2013	S-2.7	S-2.8	S-2.6	S-2.2	S-1.8	S-2.5	S-1.8	S-1.9	S-2.0	S-2.2	S-2.0	S-2.3

S/D = Sin Datos

INFORMACION PREPARADA PARA JMF INGENIERIA & CONSTRUCCION S.A.C.

**VICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ**  
na General de Estadística e Informática



**OFICINA GENERAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA**

ESTACION : CARAVELI /000746/ DRE-06 LONG. : 73° 21' "W" DPTO. : AREQUIPA  
 PARAMETRO : EVAPORACION TOTAL MENSUAL TANQUE (mm) LAT. : 15° 46' "S" PROV. : CARAVELI  
 ALT. : 1779 msnm DIST. : CARAVELI

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2009	S/D	109.4	131.9	S/D	188.2	207.6	208.8	185.9	S/D	210.3	228.9	242.9
2010	208.5	178.3	204.9	166.3	166.9	196.0	148.3	197.2	199.5	S/D	211.6	212.9
2011	186.0	141.0	198.4	181.3	157.6	161.6	173.8	206.1	205.8	213.6	225.3	203.1
2012	184.4	152.4	166.5	127.0	169.8	156.1	170.2	202.3	219.9	237.3	219.6	235.9
2013	210.9	162.8	199.6	194.2	160.5	169.1	163.8	186.9	227.1	241.6	231.5	210.8

S/D = Sin Dato

INFORMACION PREPARADA PARA JMF INGENIERIA & CONSTRUCCION S.A.C.

**VICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ**  
na General de Estadística e Informática



**OFICINA GENERAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA**

ESTACION : CARAVELI /000746/ DRE-06 LONG. : 73° 21' "W" DPTO. : AREQUIPA  
 PARAMETRO : HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL (%) LAT. : 15° 46' "S" PROV. : CARAVELI  
 ALT. : 1779 msnm DIST. : CARAVELI

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2011	58.0	70.0	59.2	64.7	55.4	57.8	57.8	57.6	53.5	59.4	60.1	63.4
2012	69.1	72.3	69.6	71.4	60.5	59.9	58.8	56.7	58.5	56.8	S/D	59.9
2013	64.5	70.2	66.6	60.6	63.3	56.7	55.4	47.3	46.7	50.5	53.9	56.6
2014	66.1	61.1	65.8	61.1	55.8	54.7	50.9	49.9	48.8	48.6	S/D	52.8
2015	55.1	73.6	72.3	64.6	52.0	49.9	49.8	45.5	41.8	43.2	46.7	44.3

S/D = Sin Dato

INFORMACION PREPARADA PARA JMF INGENIERIA & CONSTRUCCION S.A.C.  
LIMA, 12 DE ABRIL DEL 2016

## ANEXO 4. ENSAYOS GEOTÉCNICOS

Nombre del Proyecto: **Depósito de Desmonte Santa Rosa**

Cliente: **Minera Adriatica S.A.C.**

N° de Proyecto: **P300-005-16-03**

N° Informe Lab : **LAB-300-005-16-01**

Ubicación: **Barrera - Ocoña - Arequipa**

Solicitado por: **Carlos Ramirez H.**

N° de muestra / Prof. (m): **TR-01 M-1 / 0.00-2.20**

Fecha: **28/03/2016**

Descripcion / Zona: **Quebrada**

Partículas >3" (%) : **7.5**

Grava (%) : **53.4**

Arena (%) : **29.1**

Limos y Arcillas (%) : **17.6**

Límites de Atterberg:

LL (%) : **18.5**

LP (%) : **12.5**

IP (%) : **6.0**

Humedad (%) : **2.3**

Clasificación SUCS : **GC-GM**

**Grava arcillo-limosa con arena**

D10 :

D30: **0.53**

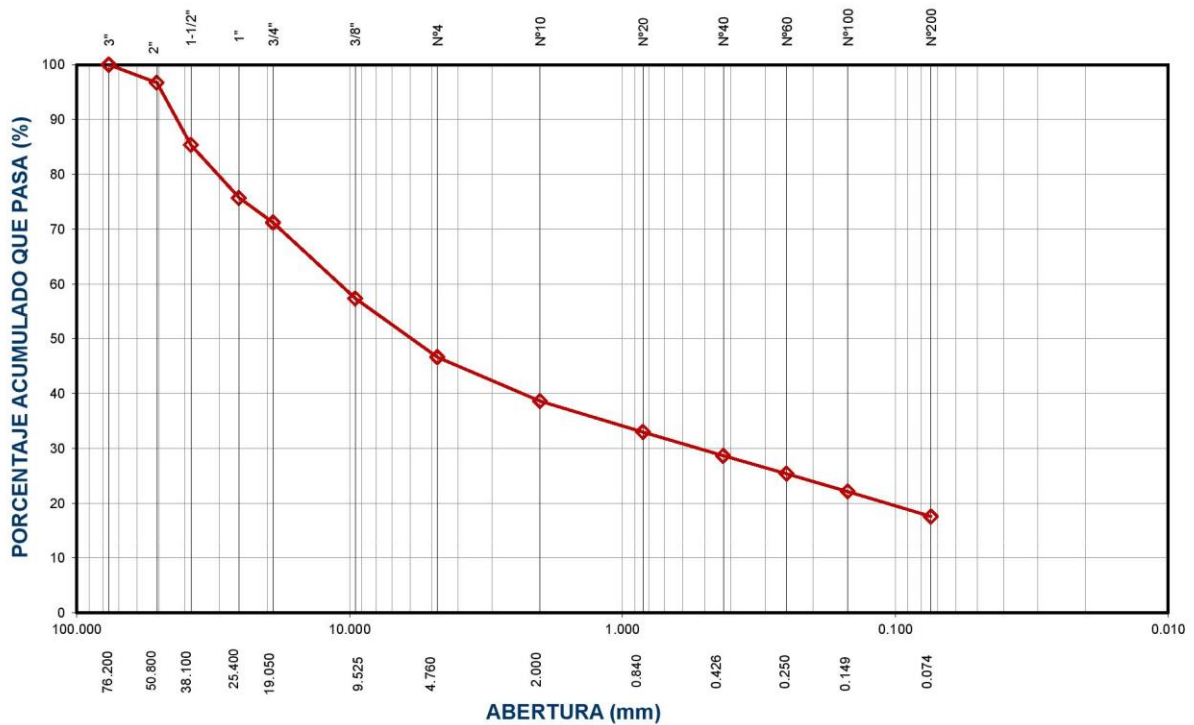
D60: **10.88**

Cu:

Cc:

Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulado que pasa
3"	76.200	100.0
2"	50.800	96.7
1 1/2"	38.100	85.3
1"	25.400	75.7
3/4"	19.050	71.2
3/8"	9.525	57.3
N°4	4.760	46.6
N°10	2.000	38.6
N°20	0.840	33.0
N°40	0.426	28.6
N°60	0.250	25.4
N°100	0.149	22.1
N°200	0.074	17.6

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**Notas:** Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Realizado por:

JVC

Ingresado por:

JVC

Revisado por:

JRG

Laboratorio:

**LAB-300-005-16-01**

Nombre del Proyecto: **Depósito de Desmonte Santa Rosa**

Cliente: **Minera Adriatica S.A.C.**

N° de Proyecto: **P300-005-16-03**

LAB-300-005-16-01

Ubicación: **Barrera - Ocoña - Arequipa**

Carlos Ramírez H.

N° de muestra / Prof. (m): **TR-01 M-1 / 0.00-2.20**

28/03/2016

Descripcion / Zona: **Quebrada**

**Límites de Atterberg**

LL (%): **18.5**

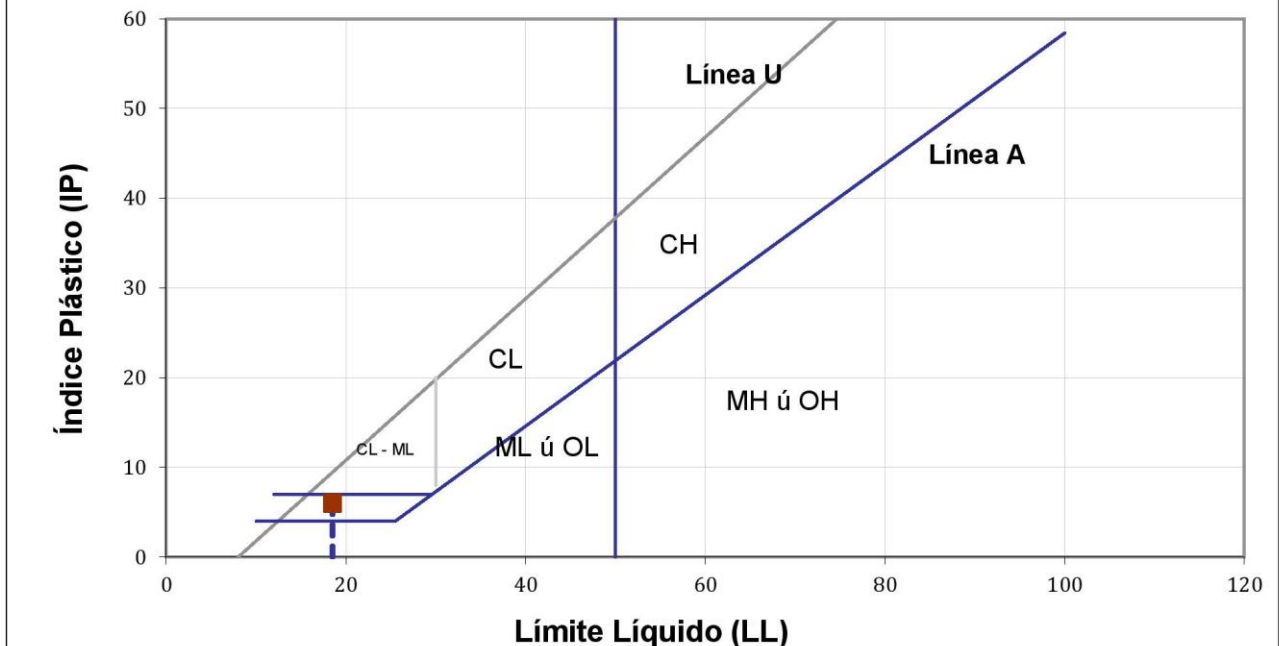
LP (%): **12.5**

IP (%): **6**

**DIAGRAMA DE FLUIDEZ**



**GRÁFICO DE PLASTICIDAD**



Notas: Las muestras han sido proporcionadas e identificadas por el solicitante

Realizado por: **JRG**

Ingresado por: **JVC**

Revisado por: **JRG**

Laboratorio: **LAB-300-005-16-01**



## ANEXO 5. ENSAYOS PROCTOR ESTANDAR

Nombre del Proyecto: **Déposito de Desmonte Santa Rosa**

Cliente: **Minera Adriática S.A.C.**

N° de Proyecto: **P300-05-16-03**

N° Informe Lab: **LAB-300-05-016-01**

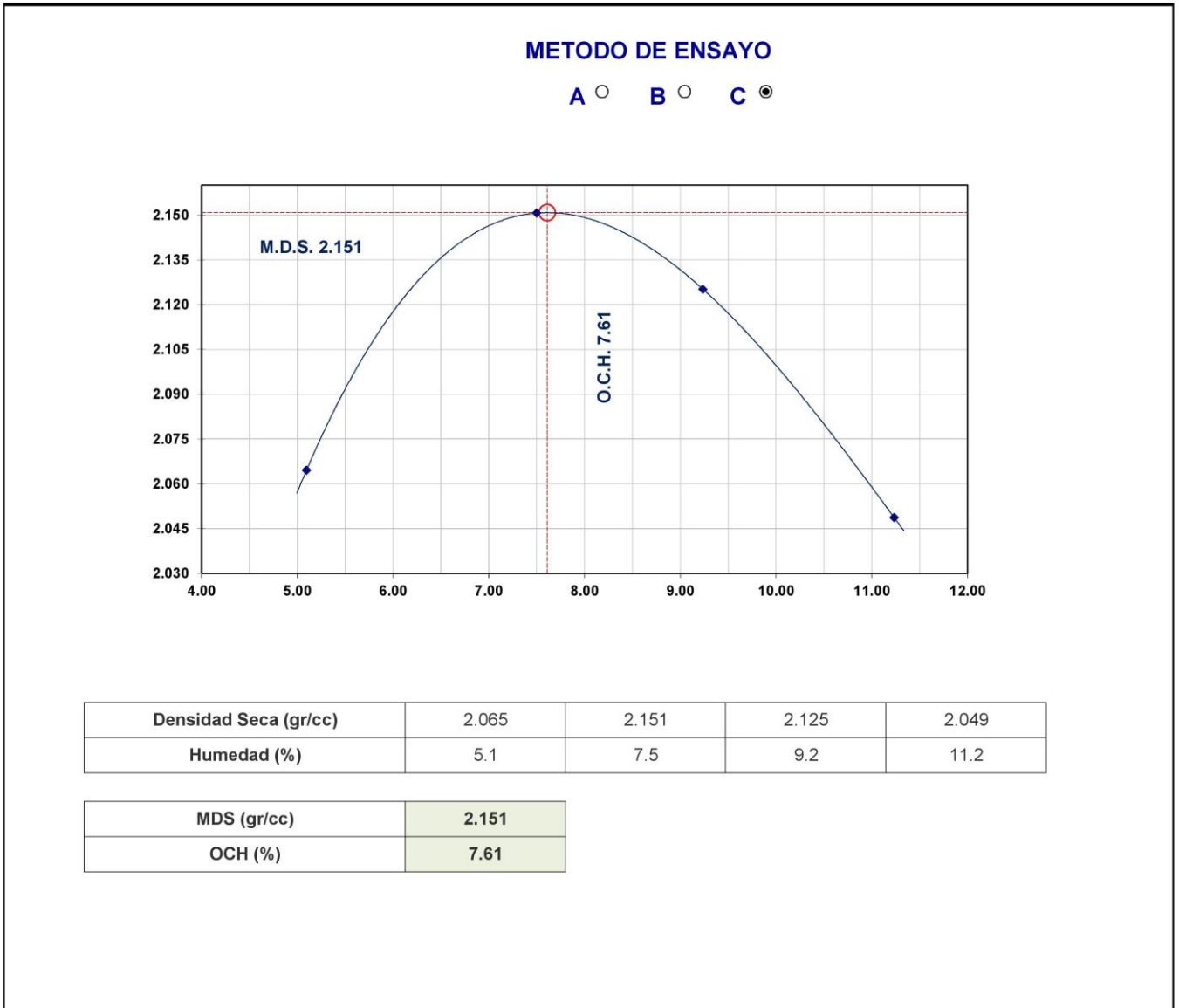
Ubicación: **Barrera - Ocoña - Arequipa**

Solicitado por: **Carlos Ramírez H.**

N° de muestra / Prof. (m): **TR-01 M-1 / 0.00 - 2.20**

Fecha: **28-mar-16**

Descripción / Zona:



Realizado por:

JVC

Ingresado por:

JVC

Revisado por:

JRG

Laboratorio:

**LAB-300-05-016-01**

LABORATORIO DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

Nombre del Proyecto:	<b>Deposito de Desmonte Santa Rosa</b>		
Cliente:	<b>Minera Adriatica S.A.C.</b>		
Ubicación:	<b>Barrera - Ocoña - Arequipa</b>	N° Informe Lab:	<b>LAB-300-005-16-01</b>
N° de Proyecto:	<b>P300-005-16-03</b>	Solicitado por:	<b>Carlos Ramirez</b>
N° de muestra / Prof. (m):	<b>Desmonte</b>	Fecha:	<b>25-Abr-16</b>
Descripción / Zona			

Velocidad (mm/min):
0.5

400 KPa	
Altura (cm):	21.40
Diámetro (cm):	10.17

200 KPa	
Altura (cm):	21.40
Diámetro (cm):	10.17

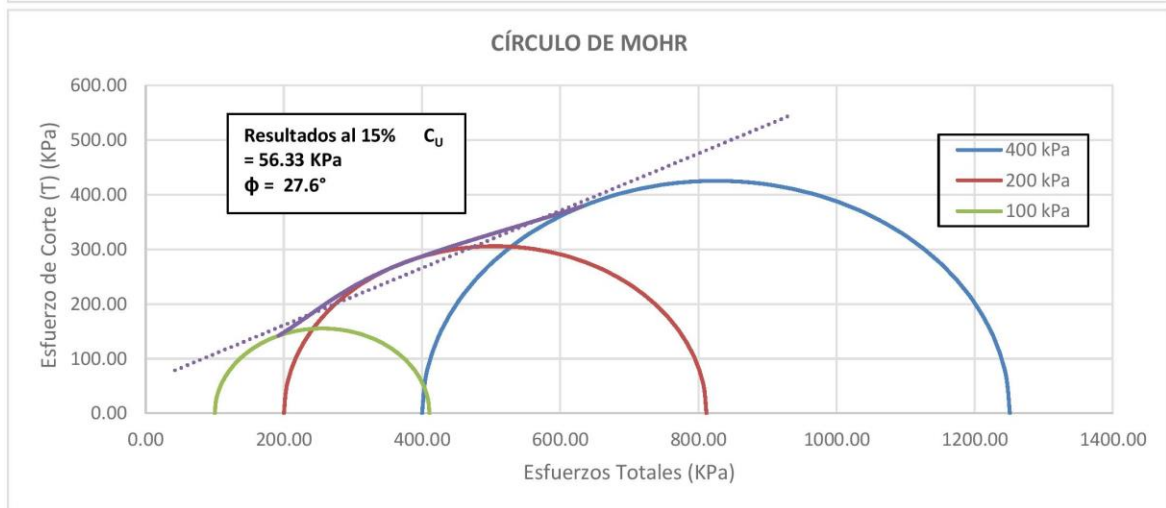
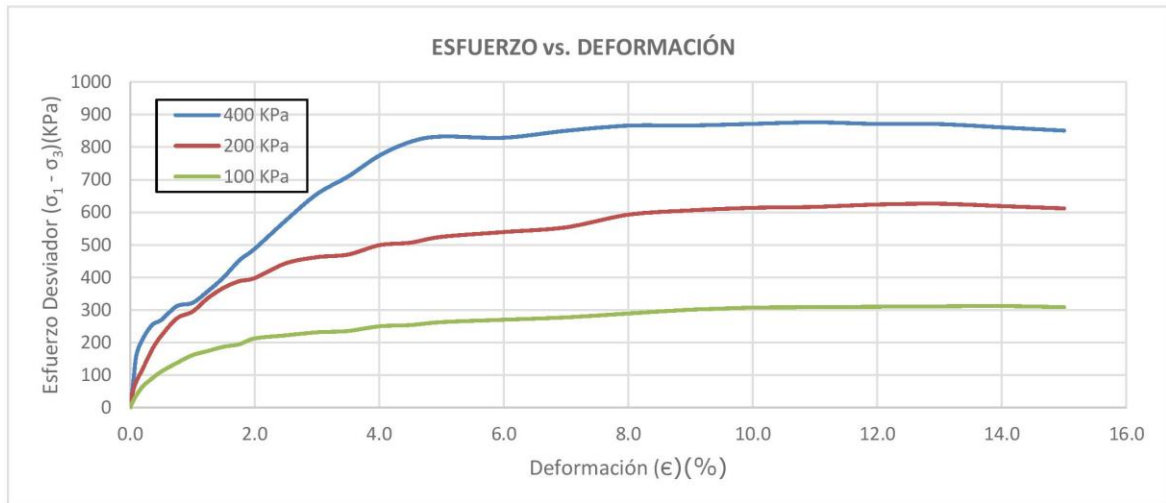
100 KPa	
Altura (cm):	21.40
Diámetro (cm):	10.17

Cálculo de Esfuerzos					
400 KPa		200 KPa		100 KPa	
Def (%)	Esfuerzo (KPa)	Def (%)	Esfuerzo (KPa)	Def (%)	Esfuerzo (KPa)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	81.13	0.05	54.09	0.05	21.63
0.10	162.18	0.10	81.09	0.10	37.84
0.20	210.62	0.20	118.81	0.20	64.81
0.35	253.44	0.35	177.95	0.35	88.97
0.50	269.21	0.50	220.75	0.50	110.38
0.75	311.50	0.75	273.90	0.75	136.95
1.00	321.43	1.00	294.64	1.00	160.71
1.25	358.02	1.25	336.65	1.25	173.67
1.50	399.76	1.50	367.78	1.50	186.55
1.75	451.91	1.75	388.11	1.75	194.05
2.00	487.88	2.00	397.73	2.00	212.12
2.50	575.08	2.50	443.18	2.50	221.59
3.00	656.12	3.00	461.91	3.00	230.95
3.50	710.17	3.50	469.97	3.50	234.98
4.00	774.03	4.00	498.70	4.00	249.35
4.50	816.51	4.50	506.44	4.50	253.22
5.00	832.79	5.00	524.35	5.00	262.18
6.00	829.11	6.00	539.18	6.00	269.59
7.00	850.49	7.00	553.57	7.00	276.79
8.00	866.24	8.00	592.43	8.00	288.75
9.00	866.67	9.00	605.68	9.00	300.38
10.00	871.76	10.00	613.64	10.00	306.82
11.00	876.52	11.00	616.45	11.00	308.23
12.00	871.43	12.00	623.81	12.00	309.52
13.00	870.94	13.00	626.14	13.00	310.72
14.00	860.93	14.00	618.94	14.00	311.80
15.00	850.92	15.00	611.74	15.00	308.17

**OBSERVACIÓN:**

Realizado por:	Ingresado por:	Revisado por:	Laboratorio:
JRG	MU	FGP	<b>LAB-300-005-16-01</b>

Nombre del Proyecto:	<b>Deposito de Desmonte Santa Rosa</b>		
Cliente:	<b>Minera Adriatica S.A.C.</b>		
Ubicación:	<b>Barrera - Ocoña - Arequipa</b>	N° Informe Lab:	<b>LAB-300-005-16-01</b>
N° de Proyecto:	<b>P300-005-16-03</b>	Solicitado por:	<b>Carlos Ramirez</b>
N° de muestra / Prof. (m):	<b>Desmonte</b>	Fecha:	<b>25-Abr-16</b>



**OBSERVACIÓN:**

---

Realizado por:	Ingresado por:	Revisado por:	Laboratorio:
JRG	JVC	FGP	<b>LAB-300-005-16-01</b>

LABORATORIO DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

Nombre del Proyecto:	<b>Deposito de Desmonte Santa Rosa</b>		
Cliente:	<b>Minera Adriatica S.A.C.</b>		
Ubicación:	<b>Barrera - Ocoña - Arequipa</b>	N° Informe Lab:	<b>LAB-300-005-16-01</b>
N° de Proyecto:	<b>P300-005-16-03</b>	Solicitado por:	<b>Carlos Ramirez</b>
N° de muestra / Prof. (m):	<b>Desmonte</b>	Fecha:	<b>25-Abr-16</b>

**PANEL FOTOGRÁFICO**

<b>100 Kpa</b>		<b>200 Kpa</b>	
<b>ANTES DEL ENSAYO</b>	<b>DESPUÉS DEL ENSAYO</b>	<b>ANTES DEL ENSAYO</b>	<b>DESPUÉS DEL ENSAYO</b>
			

<b>400 Kpa</b>	
<b>ANTES DEL ENSAYO</b>	<b>DESPUÉS DEL ENSAYO</b>
	

Realizado por:	Ingresado por:	Revisado por:	Laboratorio:
JRG	MU	FGP	<b>LAB-300-005-16-01</b>

## ANEXO 6. PLANOS