

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

“DISEÑO DE EXPLOTACIÓN MINERA DE MATERIALES DE  
CONSTRUCCIÓN DE LA COMUNA PROSPERIDAD, EN EL  
CANTÓN SANTA ELENA, ECUADOR”

**PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero en Minas**

Presentado por:

**GERALD JOSÉ CAMPUZANO ROMERO**

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

**Año: 2018**

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto lo dedico a toda mi familia por el apoyo y la confianza depositada en mi para alcanzar mis metas.

## **AGRADECIMIENTOS**

Mis más sinceros agradecimientos a mi esposa, mi hija, mis padres, mi hermano, mi cuñada, mis sobrinos, familiares y amigos por el apoyo incondicional y constante para salir adelante, a todos los profesores de la carrera de Ingeniería de Minas.

Y por sobre todo a Dios por ser la guía de mi camino.

Gerald José Campuzano Romero

## DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Gerald José Campuzano Romero* y doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

**Gerald José Campuzano Romero**

## **EVALUADORES**

**Ph.D Silvia Loayza Ambuludi**  
PROFESOR DE LA MATERIA

**Msc. Esmilka Guerra López**  
PROFESOR TUTOR

**Msc. Teresa Estupiñán Martínez**  
PROFESOR TUTOR

# RESUMEN

El presente estudio tiene como objeto plantear el diseño de explotación de materiales de construcción de la comuna Prosperidad ubicada en el cantón Santa Elena, por medio del análisis de parámetros técnicos, económicos y ambientales. En la zona se realizan actividades de exploración con la finalidad de estimar las reservas explotables, además, se caracterizan los materiales a través de ensayos experimentales de laboratorio para determinar las propiedades físicas de éstos.

Para la realización del proyecto integrador se revisaron fuentes secundarias, posteriormente se levantó información en campo tales como el levantamiento topográfico, estudio geológico, estimación de reservas y las características geomecánicas de los materiales y finalmente con el análisis de los parámetros técnicos, económicos y ambientales se obtiene el diseño del sistema de explotación minera.

Entre los resultados obtenidos se comprueba que con las características físicas de los materiales determinadas experimentalmente se establece que éstos cumplen con la normativa ecuatoriana del Ministerio de Transporte y Obras Públicas para la actividad de la construcción, ya sea como base, sub-base y mejoramiento de la subrasante en la construcción de vías. Además, por medio del análisis de parámetros técnicos se establece que el método de explotación minera es a cielo abierto con arranque mecánico por medio de banqueo, con una altura de banco de 5 metros, donde se tienen dos zonas de explotación de acuerdo al análisis de la topografía. Se estima que para una producción de 100 metros cúbicos por día el proyecto es económicamente rentable.

**Palabras Clave:** Diseño minero, explotación minera, caracterización de materiales.

## ABSTRACT

The purpose of this study is to propose the exploitation design of building materials of the Prosperidad, commune located in the Santa Elena city, through the analysis of technical, economic and environmental parameters. Exploration activities are carried out in the area in order to estimate exploitable reserves, and materials are characterized through experimental laboratory tests to determine the physical properties.

For the realization of the integrating project secondary sources were reviewed, later information was collected in the field such as topographic survey, geological study, reserve estimation and the geomechanical characteristics of the materials and finally with the analysis of the technical, economic and environmental parameters. obtains the design of the mining system.

Among the results obtained it is verified that with the physical characteristics of the experimentally determined materials it is established that they comply with the Ecuadorian regulations for the construction activity, either as a base, sub-base and improvement of the subgrade in the construction of roads. In addition, through the analysis of technical parameters it is established that the method of mining is open pit with mechanical start by bank, with a height of bank of 5 meters, where there are two areas of exploitation according to the analysis of the topography. It is estimated that for a production of 100 cubic meters per day the project is economically profitable.

**Keywords:** *Mining design, exploitation mining, characterization of materials.*

# ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES.....	5
RESUMEN.....	I
ABSTRACT .....	II
ÍNDICE GENERAL .....	III
ABREVIATURAS .....	VIII
SIMBOLOGÍA .....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS .....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
CAPÍTULO 1.....	16
1. Introducción.....	16
1.1 Descripción del problema .....	16
1.2 Justificación del problema.....	17
1.3 Objetivos.....	17
1.3.1 Objetivo General.....	17
1.3.2 Objetivos Específicos .....	17
1.4 Marco teórico .....	18
1.4.1 Levantamiento topográfico .....	18
1.4.1.1 Topografía.....	18
1.4.1.2 Fotogrametría aérea .....	18
1.4.2 Estudio geológico.....	18
1.4.2.1 Investigaciones in situ .....	18
1.4.3 Caracterización de los materiales .....	19
1.4.3.1. Porcentaje de carbonatos.....	19
1.4.3.2. Densidad .....	19

1.4.3.3.	Ensayo uniaxial o de compresión simple.....	19
1.4.3.4.	Granulometría .....	19
1.4.3.5.	Límites de Atterberg .....	20
1.4.3.6.	Abrasión de los ángulos .....	20
1.4.3.7.	Proctor .....	20
1.4.3.8.	CBR.....	21
1.4.3.9.	Norma ecuatoriana .....	21
1.4.4	Estimación de reservas.....	22
1.4.4.1	Métodos clásicos o geométricos.....	23
1.4.4.2	Métodos geoestadísticos.....	23
1.4.4.3	Modelamiento geológico.....	23
1.4.5	Caracterización geomecánica .....	23
1.4.5.1	RMR .....	24
1.4.6	Parámetros de diseño del sistema de explotación .....	25
1.4.6.1	Selección del método de explotación .....	25
1.4.6.2	Selección del método de arranque .....	25
1.4.6.3	Sistema de explotación .....	27
1.4.6.4	Rendimiento de maquinaria.....	27
1.4.6.5	Altura de banco .....	27
1.4.6.6	Angulo de talud de banco.....	28
1.4.6.7	Ancho de berma .....	29
1.4.6.8	Ancho de vía .....	29
1.4.6.9	Ancho de plataforma de trabajo .....	29
1.4.6.10	Estabilidad de taludes .....	30
1.4.6.11	Drenaje.....	30
1.4.6.12	Planificación minera .....	30

1.4.7	Parámetros ambientales.....	31
1.4.7.1	Factor ambiental.....	31
1.4.7.2	Impacto ambiental.....	31
1.4.7.3	Normativa ambiental y minera.....	31
1.4.8	Análisis económico.....	32
1.4.8.1	Inversión fija.....	32
1.4.8.2	Costos directos.....	32
1.4.8.3	Costos indirectos.....	33
1.4.8.4	TMAR.....	33
1.4.8.5	Valor Actual Neto.....	33
1.4.8.6	Tasa Interna de Retorno.....	34
1.5	Información Base.....	34
1.5.1	Ubicación geográfica.....	34
1.5.2	Población.....	35
1.5.3	Clima.....	35
1.5.4	Geología regional.....	35
1.5.5	Geología local.....	36
CAPÍTULO 2.....		38
2.	Metodología.....	38
2.1.	Primera Fase.....	39
2.1.1	Recopilación de información.....	39
2.1.2	Visitas de campo.....	39
2.1.3	Socialización del proyecto en la comuna.....	40
2.2	Segunda fase.....	42
2.2.1	Levantamiento de información en campo.....	42
2.2.2	Topografía.....	42

2.2.3	Geología .....	48
2.2.4	Caracterización de los materiales .....	49
2.2.4.1	Porcentaje de carbonatos .....	49
2.2.4.2	Densidad.....	51
2.2.4.3	Ensayo uniaxial o de compresión simple .....	53
2.2.4.4	Granulometría.....	54
2.2.4.5	Límites de Atterberg.....	56
2.2.4.6	Abrasión de los Ángeles .....	58
2.2.4.7	Proctor .....	61
2.2.4.8	CBR .....	62
2.3	Tercera fase.....	64
2.3.1	Estimación de reservas.....	65
2.3.2	Caracterización geomecánica.....	71
2.4	Cuarta fase .....	72
2.5	Diseño de explotación.....	72
CAPÍTULO 3.....		79
3.	RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	79
3.1	Levantamiento topográfico.....	79
3.2	Estimación de reservas.....	79
3.3	Características de los materiales .....	80
3.4	Caracterización geomecánica.....	111
3.5	Estimación de costos .....	112
3.6	Parámetros del diseño de explotación .....	116
3.7	Parámetros ambientales .....	124
3.8	Análisis económico .....	126
CAPÍTULO 4.....		133

4.	Conclusiones Y RECOMENDACIONES.....	133
4.1	Conclusiones .....	133
4.2	Recomendaciones .....	134
	BIBLIOGRAFÍA.....	135
	ANEXOS.....	137
	ANEXO 1. oficio de invitación a presentación de avance de proyecto integrador a la comuna prosperidad.....	138
	ANEXO 2. TABLAS DE DATOS PARA LA ESTIMACIÓN DE RESERVAS MEDIANTE EL MODELAMIENTO GEOLÓGICO.....	141
	ANEXO 3. ESPECIFICACIONES DEL; TRACTOR CAT D6T, COMPACTADOR CAT CS 533E, retroEXCAVADORA CAT 320D .....	146
	ANEXO 4. OFICIO DE SOLICITUD DE EXPEDIENTES DE CONCECIONES MINERAS AL GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN SANTA ELENA .....	158
	ANEXO 5. mapa topográfico .....	160
	ANEXO 6. Mapa del modelo digital de elevaciones (dem) .....	162
	ANEXO 7. Mapa del modelamiento geológico.....	164
	ANEXO 8. reporte de ensayo uniaxial de roca de la zona de estudio .....	166
	ANEXO 9. Estimación de costos para ritmos de producción de 400 y 800 metros cúbicos por día .....	168
	ANEXO 10. ESPECIFICACIONES DE HINO 700 .....	173

## ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FICT	Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra
MTOP	Ministerio de Transporte y Obras Públicas
INEN	Servicio Ecuatoriano de Normalización
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
IGM	Instituto Geográfico Militar
CNC	Consejo Nacional de Competencias
GAD	Gobierno Autónomo Descentralizado
RO	Registro Oficial
ASTM	American Society for Testing and Materials
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
CBR	California Bearing Ratio
RCS	Resistencia a la Compresión Simple
RMR	Rock Mass Rating
DEM	Modelo Digital de Elevaciones
WGS	Sistema Geodésico Mundial
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
GIS	Sistema de Información Geográfica
CAPM	Modelo de fijación de precios de activos de capital
TMAR	Tasa Mínima Atractiva de Retorno
VAN	Valor Actual Neto
TIR	Tasa Interna de Retorno

## SIMBOLOGÍA

gr	gramo
mg	miligramo
lbs.	libras
kg	kilogramo
ton	tonelada
M	millón
pulg.	pulgada
"	pulgada
m	metro
m <sup>3</sup>	metro cúbico
m <sup>2</sup>	metro cuadrado
cm <sup>3</sup>	centímetro cúbico
cm	centímetro
mm	milímetro
°	grado
°C	grados centígrados
ml	mililitro
N°	número
No.	número
Nro.	número
Ed,	edición
\$	dólar
MPa	mega Pascal
KPa	kilo Pascal
%	porcentaje
ctg	cotangente
rcp	recipiente
vs.	versus

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Clasificación de rocas para su excavabilidad	27
Figura 1.2	Ubicación de la comuna Prosperidad	34
Figura 1.3	Climograma de Santa Elena	35
Figura 1.4	Geología Regional de la Zona de Estudio	36
Figura 1.5	Afloramiento de lutitas y chert alterado	37
Figura 2.1	Explotación minera de libre aprovechamiento de Pacifpetrol	40
Figura 2.2	Socialización de la propuesta del proyecto en la comuna Prosperidad	41
Figura 2.3	Construcción de hito (punto de control) en zona de estudio	43
Figura 2.4	Arrastre de hito del IGM a la zona de estudio.	44
Figura 2.5	Toma de coordenadas de hito de zona de estudio arrastrado de hito del IGM a la zona de estudio con GPS diferencial.	44
Figura 2.6	Medición de coordenadas de puntos de control en zona de estudio.	45
Figura 2.7	Colación de plástico negro sobre puntos de control en zona de estudio.	46
Figura 2.8	Preparación del dron para realizar sobrevuelo en la zona de estudio.	46
Figura 2.9	Fotografía aérea realizada con el dron en la zona de estudio.	47
Figura 2.10	Modelo digital de elevaciones y curvas de nivel cada 5 metros de la zona de estudio.	48
Figura 2.11	Afloramiento de roca compuesto por lutitas y chert alterado en la zona de estudio.	49
Figura 2.12	Determinación del porcentaje de carbonatos en el laboratorio de petrografía.	50
Figura 2.13	Ensayo para determinar la densidad con parafina.	51
Figura 2.14	Extracción de núcleo de roca con taladro.	53
Figura 2.15	Núcleo de roca de una muestra tomada de la zona de estudio.	53
Figura 2.16	Ensayo uniaxial de muestra tomada de la zona de estudio.	54

Figura 2.17	Cuarteo de la muestra.	55
Figura 2.18	Determinación del límite líquido de Copa de Casagrande.	57
Figura 2.19	Realización del ensayo de abrasión de los Ángeles.	60
Figura 2.20	Compactación de material para ensayo Proctor.	62
Figura 2.21	Toma de datos con la prensa.	64
Figura 2.22	Evidencia de afloramiento en zona de estudio.	65
Figura 2.23	Realización de calicata con comuneros del sector.	66
Figura 2.24	Mapa de ubicación de calicatas y afloramientos.	67
Figura 2.25	Evidencia de afloramiento (3).	68
Figura 2.26	Toma de datos y muestras de calicata (13).	68
Figura 2.27	Estación geomecánica No.1.	71
Figura 2.28	Estación geomecánica No.2.	72
Figura 2.29	Coordenadas cartesianas de los vértices del talud.	76
Figura 2.30	Propiedades del material del talud.	76
Figura 2.31	Coordenadas del nivel freático del talud.	77
Figura 3.1	Modelo geológico de la zona de estudio.	80
Figura 3.2	Ubicación de muestras en la zona de estudio.	81
Figura 3.3	Curva granulométrica de la muestra 1.	83
Figura 3.4	Curva granulométrica de la muestra 2.	84
Figura 3.5	Curva granulométrica de la muestra 3.	85
Figura 3.6	Curva granulométrica de la muestra 4.	86
Figura 3.7	Curva humedad vs. número de golpes de la muestra 1.	88
Figura 3.8	Curva humedad vs. número de golpes de la muestra 2.	89
Figura 3.9	Curva humedad vs. número de golpes de la muestra 3.	91
Figura 3.10	Curva humedad vs. número de golpes de la muestra 4.	92
Figura 3.11	Curva peso volumétrico vs. humedad de la muestra 1.	98
Figura 3.12	Curva peso volumétrico vs. humedad de la muestra 2.	99
Figura 3.13	Curva peso volumétrico vs. humedad de la muestra 3.	100
Figura 3.14	Curva peso volumétrico vs. humedad de la muestra 4.	101
Figura 3.15	Curva carga unitaria vs. penetración del ensayo 1.	104
Figura 3.16	Curva carga unitaria vs. penetración del ensayo 2.	105
Figura 3.17	Curva carga unitaria vs. penetración del ensayo 3.	105

Figura 3.18	Curva número CBR vs. densidad seca máxima después de la inmersión de la muestra 1.	106
Figura 3.19	Curva carga unitaria vs. penetración del ensayo 1.	108
Figura 3.20	Curva carga unitaria vs. penetración del ensayo 2.	109
Figura 3.21	Curva carga unitaria vs. penetración del ensayo 3.	109
Figura 3.22	Curva número CBR vs. densidad seca máxima después de la inmersión de la muestra 2.	110
Figura 3.23	Mapeo geomecánico No.1.	111
Figura 3.24	Mapeo geomecánico No.2.	112
Figura 3.25	Tendencia del precio unitario.	116
Figura 3.26	Modelo Excavadora hidráulica CAT 320D.	117
Figura 3.27	Ubicación de frentes de trabajo (FRENTE NORTE Y SUR) en la zona de estudio.	121
Figura 3.28	Análisis de estabilidad con el método de Bishop simplificado.	122
Figura 3.29	Análisis de estabilidad con el método de Janbu simplificado.	123
Figura 3.30	Modelo digital del terreno – escorrentía superficial.	124
Figura 3.31	Flujo de fondo acumulado para 100 m <sup>3</sup> /día.	132

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Requerimientos para mejoramiento del subrasante.	22
Tabla 1.2	Requerimientos para subbases.	22
Tabla 1.3	Requerimientos para bases.	22
Tabla 1.4	Calidad de macizos rocosos en relación al índice RMR	24
Tabla 1.5	Índice de excavabilidad según Hadjigeorgiou y Scoble (1990)	26
Tabla 1.6	Ángulo para taludes en trabajo y en receso de canteras en función del coeficiente de Protodyakonov.	28
Tabla 1.7	Coordenadas en WGS 84 de la zona de estudio.	37
Tabla 2.1	Muestras de referencia.	50
Tabla 2.2	Grabación del material.	59
Tabla 2.3	Carga abrasiva, según la gradación del material.	59
Tabla 2.4	Información de módulos para realizar el modelamiento geológico.	69
Tabla 2.5	Información de calicatas y afloramientos	68
Tabla 2.6	Eficiencia operativa global.	74
Tabla 2.7	Tiempo fijo de maniobras.	74
Tabla 2.8	Producción de materiales de construcción concesiones mineras del sector.	78
Tabla 3.1	Estimación de reservas del material meteorizado.	79
Tabla 3.2	Porcentaje de carbonatos	81
Tabla 3.3	Determinación de densidad con parafina	82
Tabla 3.4	Determinación de densidad sin parafina	82
Tabla 3.5	Análisis granulométrico de la muestra 1.	83
Tabla 3.6	Análisis granulométrico de la muestra 2.	84
Tabla 3.7	Análisis granulométrico de la muestra 3.	85
Tabla 3.8	Análisis granulométrico de la muestra 4.	86
Tabla 3.9	Análisis del límite líquido de la muestra 1.	87
Tabla 3.10	Análisis del límite plástico de la muestra 1.	88
Tabla 3.11	Resultados de los límites de Atterberg de la muestra 1.	88

Tabla 3.12	Análisis del límite líquido de la muestra 2.	89
Tabla 3.13	Análisis del límite plástico de la muestra 2.	90
Tabla 3.14	Resultados de los límites de Atterberg de la muestra 2.	90
Tabla 3.15	Análisis del límite líquido de la muestra 3.	90
Tabla 3.16	Análisis del límite plástico de la muestra 3.	91
Tabla 3.17	Resultados de los límites de Atterberg de la muestra 3.	91
Tabla 3.18	Análisis del límite líquido de la muestra 4.	92
Tabla 3.19	Análisis del límite plástico de la muestra 4.	93
Tabla 3.20	Resultados de los límites de Atterberg de la muestra 4.	93
Tabla 3.21	Carga de la muestra 1.	94
Tabla 3.22	Porcentaje de desgaste de la muestra 1.	94
Tabla 3.23	Carga de la muestra 2.	95
Tabla 3.24	Porcentaje de desgaste de la muestra 2.	95
Tabla 3.25	Carga de la muestra 3.	96
Tabla 3.26	Porcentaje de desgaste de la muestra 3.	96
Tabla 3.27	Carga de la muestra 4.	97
Tabla 3.28	Porcentaje de desgaste de la muestra 4.	97
Tabla 3.29	Datos iniciales para realizar el ensayo para todas las muestras.	98
Tabla 3.30	Análisis de datos del ensayo Proctor de la muestra 1.	98
Tabla 3.31	Resultados del ensayo Proctor de la muestra 1.	98
Tabla 3.32	Análisis de datos del ensayo Proctor de la muestra 2.	99
Tabla 3.33	Resultados del ensayo Proctor de la muestra 2.	99
Tabla 3.34	Análisis de datos del ensayo Proctor de la muestra 3.	100
Tabla 3.35	Resultados del ensayo Proctor de la muestra 3.	100
Tabla 3.36	Análisis de datos del ensayo Proctor de la muestra 4.	101
Tabla 3.37	Resultados del ensayo Proctor de la muestra 4.	101
Tabla 3.38	Datos iniciales para realizar el ensayo a la muestra 1.	102
Tabla 3.39	Análisis de ensayos antes y después de la inmersión, e hinchamiento de la muestra 1.	102
Tabla 3.40	Carga de penetración y unitaria de la muestra 1.	103
Tabla 3.41	CBR de la muestra 1.	106
Tabla 3.42	Datos iniciales para realizar el ensayo a la muestra 2.	106

Tabla 3.43	Análisis de ensayos antes y después de la inmersión, e hinchamiento de la muestra 2.	107
Tabla 3.44	Carga de penetración y unitaria de la muestra 2.	108
Tabla 3.45	CBR de la muestra 2.	110
Tabla 3.46	Resultado de ensayos de experimentales.	109
Tabla 3.47	Resultados de RMR en estaciones geomecánicas.	112
Tabla 3.48	Calidad de macizos rocosos en relación al índice RMR.	112
Tabla 3.49	Costos referentes a la obtención de permisos y tasas.	111
Tabla 3.50	Costos referentes a la implementación de infraestructura de mina.	113
Tabla 3.51	Costos referentes a EPP y señalética.	113
Tabla 3.52	Costos referentes a alquiler de maquinaria.	114
Tabla 3.53	Costos referentes a la mano de obra.	114
Tabla 3.54	Costos indirectos.	114
Tabla 3.55	Estimación de reservas del material meteorizado.	115
Tabla 3.56	Parámetros del diseño de explotación propuesto.	121
Tabla 3.57	Identificación de factores e impactos ambientales.	125
Tabla 3.58	Costos referentes a la obtención de permisos y tasas.	127
Tabla 3.59	Costos referentes a la implementación de infraestructura de mina.	128
Tabla 3.60	Costos referentes a la construcción de vías de acceso.	129
Tabla 3.61	Costos referentes a EPP y señalética.	129
Tabla 3.62	Costos referentes a alquiler de maquinaria.	130
Tabla 3.63	Costos referentes a la mano de obra.	130
Tabla 3.64	Costos indirectos.	130
Tabla 3.65	Flujo de caja del proyecto propuesto.	131

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

La comuna Prosperidad se encuentra ubicada en el cantón Santa Elena provincia de Santa Elena, cuenta con una población estimada de 2000 habitantes, sus principales actividades económicas son la agricultura, ebanistería y pesca por su cercanía al puerto pesquero de Anconcito. Al Este se encuentra la comuna El Tambo, en esta, además de las actividades económicas citadas anteriormente, se cuenta con una concesión minera en la que se explotan materiales de construcción. Ambas comunas están enclavadas en la misma formación geológica, por lo que cuentan con recursos explotables como materiales de construcción que podrían utilizarse en el mejoramiento de vías.

Mediante el desarrollo de este proyecto integrador se propone un diseño de explotación con la finalidad de impulsar la actividad minera de la comuna Prosperidad, además de la caracterización de los materiales que se encuentran en las 12 hectáreas de la zona de estudio. Para realizar el diseño de explotación se analizan criterios técnicos, económicos y ambientales que permiten determinar la viabilidad del proyecto.

En la actualidad la explotación minera no forma parte de la actividad económica de la comuna Prosperidad, por lo que se recomienda posteriormente realizar un estudio socioeconómico con el fin de evaluar el impacto de la minería en los habitantes.

### 1.1 Descripción del problema

La comuna Prosperidad se encuentra emplazada en una formación geológica favorable para la exploración y explotación de materiales de la construcción, pero la falta de estudios en la zona no ha permitido una propuesta de desarrollo de la minería como actividad económica. El problema parte de la necesidad de evaluar la utilización de los materiales presentes en la zona de

estudio como materiales de construcción para la propuesta del diseño de explotación de materiales de construcción de la comuna Prosperidad.

## **1.2 Justificación del problema**

Por la imposibilidad de los pobladores de la comuna Prosperidad de realizar un diseño de explotación con base en criterios técnicos que permita aprovechar sustentablemente los recursos minerales existentes en su propiedad, la Escuela Superior Politécnica del Litoral por medio de la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra encargada de formar profesionales en el área de las geociencias, desarrolla el presente proyecto integrador. En virtud de lo antes expuesto se realiza el diseño de explotación de materiales de construcción para fomentar una nueva actividad productiva en la comuna que generará desarrollo y fuentes de empleos directos e indirectos.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Diseñar el sistema de la explotación minera de materiales de construcción de la comuna Prosperidad para impulsar una nueva actividad económica mediante la aplicación de criterios técnicos, económicos y ambientales.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

1. Realizar el levantamiento topográfico y geológico para la estimación de las reservas explotables.
2. Analizar las características físicas de los materiales experimentalmente para la determinación de la viabilidad de uso como materiales de construcción.

3. Evaluar la factibilidad técnico económica de la explotación para la toma de decisiones.

#### **1.4 Marco teórico**

##### **1.4.1 Levantamiento topográfico**

###### **1.4.1.1 Topografía**

La topografía es la ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie terrestre o del relieve del terreno, con sus formas y detalles, tanto naturales como artificiales (Zúñiga Díaz, 2010).

###### **1.4.1.2 Fotogrametría aérea**

La fotogrametría aérea permite realizar el levantamiento topográfico de una zona de estudio a partir de fotografías aéreas (Quirós Rosado, 2014).

##### **1.4.2 Estudio geológico**

Las investigaciones in situ, o el levantamiento de información en campo constituyen la parte esencial de los estudios geológicos. De ellos se obtienen los parámetros y propiedades que definen las condiciones del área de estudio (González de Vallejo, 2004).

###### **1.4.2.1. Investigaciones in situ**

El objetivo general de las investigaciones in situ es conocer y cuantificar las condiciones del terreno que pueden afectar a la viabilidad, diseño e implementación de un proyecto constructivo (González de Vallejo, 2004).

### **1.4.3 Caracterización de los materiales**

La caracterización de los materiales consiste en establecer las características, propiedades, que por medio de la interpretación de diferentes ensayos se establece la viabilidad de uso en materiales de construcción (Terroros Caicedo, Materiales de construcción 2da edición, 2013).

#### **1.4.3.1. Porcentaje de carbonatos**

Los carbonatos cuya fórmula química generalmente es  $\text{CaCO}_3$  o  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ , son compuestos que se encuentran en los suelos o las rocas como resultado de la meteorización. Muchos suelos de regiones áridas y semi-áridas son calcáreos (Hernández Calderón, y otros, 2017).

#### **1.4.3.2. Densidad**

La densidad es la masa de las partículas de la muestra, saturado superficialmente seco, por unidad de volumen, incluyendo el volumen de poros impermeables y poros permeables llenos de agua, sin incluir los vacíos entre partículas (INEN, 2010).

La densidad aparente es la masa por unidad de volumen de la porción impermeable de las partículas del árido (INEN, 2010).

#### **1.4.3.3. Ensayo uniaxial o de compresión simple**

El ensayo uniaxial permite determinar en el laboratorio la resistencia uniaxial no confinada de la roca, o resistencia a la compresión simple. El ensayo se realiza sobre una roca en forma de cilindro, al que se le aplica gradualmente fuerza axial hasta que se produce la rotura de la roca (González de Vallejo, 2004).

#### **1.4.3.4. Granulometría**

El análisis granulométrico consiste en separar y clasificar el suelo por tamaños los granos que lo componen (Terroros Caicedo, Mecánica de suelos práctica 2da ed, 2011).

#### **1.4.3.5. Límites de Atterberg**

Los Límites de Atterberg se definieron por Albert Atterberg, ingeniero químico sueco que estudio las propiedades y consistencia del suelo.

Según la norma ASTM D4318, los ensayos de límites de Atterberg sirven para determinar el límite líquido, límite plástico, y el índice de plasticidad de los suelos.

El límite líquido es el contenido de humedad que corresponde a la intercepción de la línea de escurrimiento con la de 25 golpes (Terroros Caicedo, Mecánica de suelos práctica 2da ed, 2011).

El límite plástico es el menor contenido de agua con el cual el suelo permanece plástico (Terroros Caicedo, Mecánica de suelos práctica 2da ed, 2011).

El índice de plasticidad es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico, que representa a un rango de contenido de humedad en el que una muestra de suelo se comporta plásticamente.

#### **1.4.3.6. Abrasión de los ángeles**

El ensayo sirve para determinar la resistencia al desgaste de los materiales (Terroros Caicedo, Materiales de construcción 2da edición, 2013).

#### **1.4.3.7. Proctor**

La prueba de Proctor se refiere a la determinación del peso por unidad de volumen de un suelo que ha sido compactado por un procedimiento definido para diferentes contenidos de humedad.

Esta prueba tiene por objeto:

- a) Determinar el peso volumétrico seco máximo que puede alcanzar un material, así como la humedad óptima a que deberá hacerse la compactación.

- b) Determinar el grado de compactación alcanzado por el material durante la construcción o cuando ya se encuentran construidos los caminos, aeropuertos y calles, relacionando el peso volumétrico obtenido en el lugar con el peso volumétrico máximo Proctor.

La prueba de Proctor reproduce en el laboratorio el tipo de compactación uniforme de la parte inferior hacia la superficie de la capa compactada (Crespo Villalaz, 2004).

Según la norma AASHTO T-180, la prueba Proctor determina la relación entre el contenido de humedad y la densidad de los suelos compactados en un molde de tamaño dado, con un pistón de 10 libras, que cae de una altura de 18 pulgadas.

#### **1.4.3.8. CBR**

CBR mide la relación de un soporte a través de un ensayo experimental para evaluar la calidad del material respecto a su resistencia, también denominado “valor relativo de soporte de un suelo”, que es un índice de su resistencia al esfuerzo cortante en condiciones determinadas de compactación y humedad, y se expresa como el tanto por ciento de la carga necesaria para introducir un pistón de sección circular en una muestra de suelo, respecto a la precisa para que el mismo pistón penetre a la misma profundidad de una muestra tipo de piedra triturada (Crespo Villalaz, 2004).

#### **1.4.3.9. Norma ecuatoriana**

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) es el ente nacional encargado de establecer los parámetros y lineamientos técnicos para la construcción de vías públicas. En la normativa se establecen las políticas, criterios, procedimientos y metodologías que se deben cumplir en los proyectos viales para factibilizar los estudios de planificación, diseño y evaluación de proyectos viales (MTO, 2013).

De acuerdo a los requisitos y propiedades de los materiales que se establecen en la Norma ecuatoriana del MTO para el mejoramiento del subrasante (**Tabla 1.1**), para subbases (**Tabla 1.2**) y bases (**Tabla 1.3**) tenemos:

Tabla 1.1 Requerimientos para mejoramiento del subrasante.

Requerimientos del suelo	Índices
Porcentaje de finos	Menor al 20%
Índice de plasticidad	Menor de 9
Límite líquido	Menor al 35%
CBR	Mayor al 10%

Fuente: MTOP Sección 401

Tabla 1.2 Requerimientos para subbases.

Requerimientos del suelo	Índices
Coefficiente de desgaste	Menor al 50%
Índice de plasticidad	Menor de 6
Límite líquido	Menor al 25%
CBR	Mayor al 30%

Fuente: MTOP Sección 403

Tabla 1.3 Requerimientos para bases.

Requerimientos del suelo	Índices
Coefficiente de desgaste	Menor al 40%
Índice de plasticidad	Menor de 6
Límite líquido	Menor al 25%
CBR	Mayor al 80%

Fuente: MTOP Sección 404

#### 1.4.4 Estimación de reservas

La estimación de reservas consiste en calcular o aproximar con el mínimo error posible la cantidad de mineral de interés que se está estudiando. Existen dos grupos de métodos para estimar reservas: los geométricos o clásicos y los geoestadísticos (Bustillo Revuelta & Lopez Jimeno, 2000).

#### **1.4.4.1 Métodos clásicos o geométricos**

Los métodos clásicos o geométricos suponen básicamente estimaciones geométricas y pueden ser de varios tipos, tales como perfiles, triángulos, polígonos, bloques, contornos e inverso a la distancia (Bustillo Revuelta & Lopez Jimeno, 2000). Son de fácil adaptación a todo tipo de mineralizaciones, sin embargo, la ponderación por áreas o volúmenes es arbitraria y no óptima matemáticamente (López Jimeno & Bustillo Revuelta, 1997).

#### **1.4.4.2 Métodos geoestadísticos**

La geoestadística consiste en la aplicación de herramientas estadísticas y probabilísticas al campo de las ciencias de la tierra. Entre las ventajas de los métodos geoestadísticos es que teóricamente se obtienen resultados matemáticamente óptimos, sin embargo, son métodos más complejos (López Jimeno & Bustillo Revuelta, 1997).

#### **1.4.4.3 Modelamiento geológico**

El modelo geológico consiste en la representación en 2 o 3 dimensiones del volumen de rocas y de los diferentes materiales que se encuentran en un área de estudio. Es una parte fundamental en el procedimiento de estimación de reservas de un depósito, por lo tanto, mediante el modelamiento geológico se pretende generalmente interpretar la ubicación, forma y volumen de los diferentes materiales que se encuentran en el área de estudio (Pérez Strutz, 2011)

#### **1.4.5 Caracterización geomecánica**

La descripción y medida de características, de las discontinuidades y de los parámetros de macizo rocoso, proporcionan los datos necesarios para la evaluación geomecánica global del macizo. A partir de estos datos, la aplicación de las clasificaciones geomecánicas permite estimar la calidad y los parámetros resistentes aproximados del macizo (González de Vallejo, 2004).

### 1.4.5.1 RMR

El índice de calidad RMR (Rock Mass Rating) fue desarrollado por Bieniawski en 1973, constituye un sistema de clasificación de macizos rocosos que a su vez permite relacionar índices de calidad con parámetros geotécnicos del macizo.

Esta clasificación tiene en cuenta los siguientes parámetros geomecánicos:

- Resistencia uniaxial de la matriz rocosa
- Grado de fracturación en términos del RQD
- Espaciado de las discontinuidades
- Condiciones hidrogeológicas
- Orientación de las discontinuidades con respecto a la excavación

La incidencia de éstos parámetros en el comportamiento geomecánico de un macizo se expresa por medio del índice de calidad RMR, que varía de 0 a 100 (González de Vallejo, 2004).

En la **Tabla 1.4** se muestra la relación y valoración estimada de cohesión y ángulo de fricción interna para una valoración de RMR obtenida en el mapeo geomecánico, además se estima su calidad y clase a la que pertenece.

**Tabla 1.4** Calidad de macizos rocosos en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de fricción interna
I	Muy buena	100 – 81	4 kg/cm <sup>2</sup>	> 41°
II	Buena	80 – 61	3 – 4 kg/cm <sup>2</sup>	35° – 45°
III	Media	60 – 41	2 – 3 kg/cm <sup>2</sup>	25° – 35°
IV	Mala	40 – 21	1 – 2 kg/cm <sup>2</sup>	15° – 25°
V	Muy mala	< 20	< 1 kg/cm <sup>2</sup>	<15°

Fuente: (González de Vallejo, 2004)

## 1.4.6 Parámetros de diseño del sistema de explotación

### 1.4.6.1 Selección del método de explotación

Los métodos de explotación pueden definirse como los procedimientos a utilizar y el orden espacial con que se lleva a cabo la extracción de las sustancias de interés y estériles asociados, dependiendo de las características del yacimiento y del terreno (ITGE, 1995).

### 1.4.6.2 Selección del método de arranque

La selección del método de arranque es importante, ya que por medio de la aplicación adecuada de conceptos y teorías se seleccionará la maquinaria para el arranque.

La extracción de los materiales requiere de la aplicación de medios mecánicos o voladuras. La selección de los métodos de excavación depende de:

- La excavabilidad de los materiales
- La geometría de la excavación
- El rendimiento de la maquinaria

Según Hadjigeorgiou y Scoble, el índice de excavabilidad (IE) se define a partir de la expresión:

$$IE = (I_s + B_s)WJ_s \quad (1.1)$$

Donde:

I<sub>s</sub>: resistencia de la roca a carga puntual. (RCS/20)

B<sub>s</sub>: índice de tamaño del bloque

W: índice de alteración

J<sub>s</sub>: índice de disposición estructural relativa (González de Vallejo, 2004)

En la **Tabla 1.5** se muestra los criterios para valorar el índice de excavabilidad según Hadjigeorgiou y Scoble.

**Tabla 1.5** Índice de excavabilidad según Hadji Georgiou y Scoble (1990)

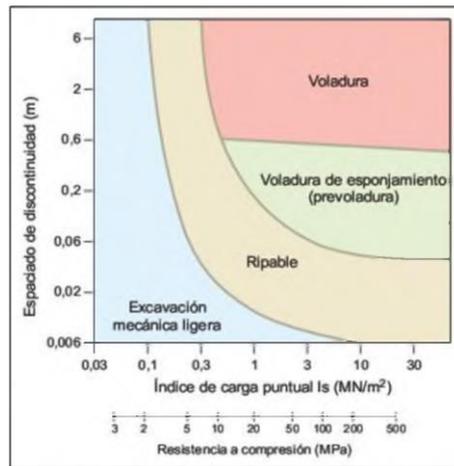
<b>Clase</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Resistencia bajo carga puntual Is (MPa)</b>	0.5	0.5-1.5	1.5-2.0	2.0-3.5	>3.5
<b>Valoración</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>25</b>
<b>Tamaño de bloque</b>	Muy pequeño	Pequeño	Medio	Grande	Muy grande
<b>Jv (Juntas/m³)</b>	30	10-30	3-10	1-3	1
<b>Valoración (B<sub>s</sub>)</b>	5	15	30	45	50
<b>Alteración</b>	Completa	Alta	Moderada	Ligera	Nula
<b>Valoración (W)</b>	<b>0.6</b>	<b>0.7</b>	<b>0.8</b>	<b>0.9</b>	<b>1.0</b>
<b>Disposición estructural relativa</b>	Muy favorable	Favorable	Ligeramente favorable	Desfavorable	Muy desfavorable
<b>Valoración (J<sub>s</sub>)</b>	<b>0.5</b>	<b>0.7</b>	<b>1.0</b>	<b>1.3</b>	<b>1.5</b>
<b>Índice de excavabilidad (IE)</b>	<20	20-30	30-45	45-55	>55
<b>Facilidad de excavación</b>	<b>Muy fácil</b>	<b>Fácil</b>	<b>Difícil</b>	<b>Muy difícil</b>	<b>Voladura</b>

Fuente: (González de Vallejo, 2004)

A partir de la resistencia uniaxial y el espaciado de las discontinuidades se puede diferenciar la excavación por voladuras y la excavación por medios mecánicos. (González de Vallejo, 2004).

En la **Figura 1.1** se muestra la clasificación de rocas según Franklin para determinar la excavabilidad de la roca, tomando en cuenta el espaciado de discontinuidades y la resistencia a la compresión.

Figura 1.1 Clasificación de rocas para su excavabilidad



Fuente: (Franklin, 1974)

#### 1.4.6.3 Sistema de explotación

Una vez definido el método de explotación, es necesario establecer el sistema de explotación, que está constituido con los equipos de arranque, carga y transporte (ITGE, 1995).

#### 1.4.6.4 Rendimiento de maquinaria

El conocimiento del rendimiento de las maquinarias es fundamental para llevar a cabo una planificación de los trabajos y para la selección de los equipos más adecuados para la operación minera (Maquinarias Pesadas, 2018).

#### 1.4.6.5 Altura de banco

La altura de banco se establece, en general, a partir de las dimensiones de los equipos de arranque, ya sea arranque mecánico, o perforación y voladura, también depende de los equipos de carga y de las características del macizo rocoso (López Jimeno & Bustillo Revuelta, 1997).

#### 1.4.6.6 Angulo de talud de banco

El ángulo de talud de banco se calcula en función del coeficiente de Protodyakonov (**Tabla 1.6**), está relacionado con la resistencia a la compresión simple del material (Puente Iza, 2016).

$$\phi = \tan^{-1}(f) \quad (1.2)$$

Donde:

$f$ : coeficiente de Protodyakonov

$$f = \frac{RCS(MPa)}{10} \quad (1.3)$$

Donde:

RCS: Resistencia a la Compresión Simple del macizo

**Tabla 1.6** Ángulo para taludes en trabajo y en receso de canteras en función del coeficiente de Protodyakonov.

Grupo de rocas	Características del macizo rocoso	Altura de banco	En trabajo $\phi$	En receso $\theta$
Rocas peñascosas RCS > 80 MPa $f > 8$	Rocas altamente resistentes, sedimentarias metamórficas y rocas efusivas.	15 - 20	Hasta 90°	70° - 75°
	Rocas resistentes poco fracturadas y débilmente meteorizadas, sedimentarias, metamórficas y efusivas.	15 - 20	Hasta 80°	60° - 75°
	Rocas resistentes, fracturadas y débilmente meteorizadas, sedimentarias, metamórficas y efusivas.	15 - 20	Hasta 75°	55° - 60°
Rocas pocos resistentes, peñascosas y semipeñascosas $8 \leq RCS < 80$ Mpa $1 \leq f \leq 8$	Rocas sedimentarias, metamórficas y efusivas de la zona meteorizada, calizas relativamente estables en los taludes, areniscas, y otras rocas sedimentarias con cemento silíceo, conglomerados, gneis, granitos, tobas.	10 - 15	70° - 75°	50° - 55°
	Rocas sedimentarias, metamórficas y efusivas, todas las rocas intensamente meteorizadas en los taludes (agilitas, esquistos).	10 - 15	60° - 70°	35° - 45°
Rocas suaves y granuladas (pulverulentas) RCS < 8 MPa $f < 1$	Rocas arcillosas así como también todas las rocas totalmente desintegradas (descompuestas).	10 - 15	50° - 60°	40° - 45°
	Rocas arcillo-arenosas	10 - 15	40° - 50°	35° - 45°
	Rocas gravo-arenosas	10 - 15	Hasta 40°	30° - 40°

Fuente: (Almeida Aragón, 2016)

#### 1.4.6.7 Ancho de berma

Las bermas se utilizan como áreas de protección, al detener y almacenar los materiales que pueden desprenderse de los frentes de los bancos superiores (López Jimeno & Bustillo Revuelta, 1997).

Se utiliza la siguiente fórmula:

$$W = H_b(ctg\theta - ctg\phi) \quad (1.4)$$

H<sub>b</sub>= altura del banco

θ= ángulo del talud estable

φ= ángulo del talud del banco de trabajo

#### 1.4.6.8 Ancho de vía

El ancho de vía recomendado puede estimarse con la siguiente expresión:

$$A = Av * (0.5 + 1.5n) \quad (1.5)$$

A: ancho de vía

Av: ancho del vehículo

n: número de carriles

Los resultados dados por ésta expresión corresponden a mínimos absolutos y que en un diseño de explotación seguro se recomienda manejar cifras iguales o superiores a las obtenidas (Herrera Herbert, 2007).

#### 1.4.6.9 Ancho de plataforma de trabajo

El ancho de la plataforma de trabajo se define como la suma de los espacios necesarios para el movimiento de la maquinaria que trabaja allí simultáneamente (López Jimeno & Bustillo Revuelta, 1997).

$$T = C + A + D \quad (1.6)$$

T= ancho de plataforma de trabajo

C= radio de giro de la excavadora (2 veces su radio)

A= ancho de la vía

W= Berma de seguridad

#### **1.4.6.10 Estabilidad de taludes**

La estabilidad de un talud está determinada por factores geométricos, geológicos, hidrogeológicos y geotécnicos o relacionados con el comportamiento mecánico del terreno (González de Vallejo, 2004).

Los factores desencadenantes en la inestabilidad de los taludes son:

- Sobrecargas estáticas
- Cargas dinámicas
- Cambios en las condiciones hidrogeológicas
- Factores climáticos
- Variaciones en la geometría
- Reducción de parámetros resistentes

#### **1.4.6.11 Drenaje**

El drenaje es un factor que se debe estudiar en lugares donde las precipitaciones son mayores y recurrentes, ya que el drenaje mitiga la inestabilidad de las operaciones mineras por acción del agua. Para conseguir la evacuación efectiva de la escorrentía, se diseñan las bermas con una pendiente interna del 1 al 2% para controlar la erosión hídrica en la cara del talud (Herrera Herbert, 2007).

#### **1.4.6.12 Planificación minera**

Son las actividades mineras que se realizan para ejecutar las operaciones programadas para que el proyecto sea económicamente rentable, tomando en cuenta las reservas, la oferta y demanda del producto (material), ritmo de producción y vida de la mina (Herrera Herbert, 2007).

## **1.4.7 Parámetros ambientales**

### **1.4.7.1 Factor ambiental**

El factor ambiental representa a las partes integrales del medio ambiente, tales como la calidad del aire, calidad del suelo, aguas subterráneas, cubierta vegetal, cultivos, ecosistema, seguridad, entre otros (Garmendia Salvador, Salvador Alcaide, Crespo Sánchez, & Garmendia Salvador, 2005).

### **1.4.7.2 Impacto ambiental**

Un impacto ambiental es la alteración de la calidad del medio ambiente producida por una actividad humana (Garmendia Salvador, Salvador Alcaide, Crespo Sánchez, & Garmendia Salvador, 2005).

La minería es una actividad que altera el ambiente, sin embargo, se requiere de un instrumento como el Plan de Manejo Ambiental para garantizar la sostenibilidad de la actividad minera, considerando las condiciones actuales del entorno y el diseño final del mismo.

### **1.4.7.3 Normativa ambiental y minera**

El GAD Municipal de Santa Elena considerando que el Concejo Nacional de Competencias mediante Resolución No. 0004-CNC-2014 del 6 de noviembre de 2014, publicada en el Registro Oficial (RO) N° 411 de 8 de enero de 2015, resolvió expedir la regulación para el ejercicio de la competencia para regular, autorizar y controlar la explotación de materiales áridos y pétreos, que se encuentren en los lechos de los ríos, lagos, playas de mar y canteras, a favor de los gobiernos autónomos descentralizados metropolitanos y municipales. Expide "ORDENANZA QUE REGULA, AUTORIZA Y CONTROLA LA EXPLOTACIÓN DE MATERIALES ÁRIDOS Y PÉTREOS QUE SE ENCUENTRAN EN LOS LECHOS DE LOS RÍOS, PLAYAS DE MAR, Y CANTERAS EXISTENTES EN LA JURISDICCIÓN DEL CANTÓN SANTA ELENA" publicada en RO, Ed. Especial # 657, 27 de julio de 2016.

Competencias del GAD Municipal de Santa Elena en la actividad minera:

- Otorgar derechos mineros (título minero).
- Emitir licencias ambientales
- Controlar las actividades de explotación.
- Controlar el cumplimiento de las obligaciones.

A nivel nacional, el Acuerdo del Ministerio del Ambiente Nro. 061 (Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria) publicado en el Suplemento del Registro Oficial Nro. 316 del 4 de mayo de 2015, establece los lineamientos para la obtención del permiso ambiental de las distintas actividades productivas, así mismo, el Reglamento Ambiental para Actividades Mineras en la república del Ecuador puntualiza la información necesaria para la regularización ambiental de las distintas modalidades y fases mineras.

De acuerdo con la normativa minera vigente, la capacidad de producción diaria en pequeña minería es hasta 800 m<sup>3</sup>.

#### **1.4.8 Análisis económico**

##### **1.4.8.1 Inversión fija**

Son los rubros que representan a la implementación del proyecto desde la fase inicial hasta que empiece a operar (Sapag Chain, 2011) .

##### **1.4.8.2 Costos directos**

Son los gastos que tienen estrecha relación con la ejecución del proyecto, tales como; mano de obra, alquiler de maquinaria, mantenimiento. El costo directo es el que se asocia directamente con el activo (Sapag Chain, 2011).

#### 1.4.8.3 Costos indirectos

Son los gastos generales, que, aunque no estén ligados directamente, representan obligaciones tributarias que debe cumplir el proyecto (Sapag Chain, 2011)

#### 1.4.8.4 TMAR

La tasa mínima atractiva de retorno o tasa mínima de rendimiento (TMAR) se calcula mediante el modelo CAPM (Modelo de precios de activos de capital) que relaciona el riesgo no diversificable y los rendimientos esperados (Gitman & Zutter, 2012).

La relación viene dada por la siguiente expresión:

$$k_i = R_F + [b_i * (k_m - R_F)] \quad (1.7)$$

Donde,

$k_i$  = rendimiento del activo i

$R_F$  = tasa de rendimiento libre de riesgo, medida comúnmente por el rendimiento del Tesoro de Estados Unidos.

$$R_F = \frac{\text{Riesgo país}}{100} + \text{Rendimiento del tesoro} \quad (1.8)$$

$b_i$  = coeficiente beta (del sector minero)

$k_m$  = rendimiento del mercado

El criterio para la selección de un proyecto será el siguiente: que el proyecto será aceptable económicamente cuando la Tasa Interna de Retorno (TIR) sea mayor que la TMAR.

#### 1.4.8.5 Valor Actual Neto

Es el valor actual neto (VAN) o valor presente neto, que determina la viabilidad de un proyecto. Este criterio plantea que el proyecto es económicamente rentable si el VAN es igual o mayor a cero, donde el VAN es la diferencia entre los ingresos y egresos traídos a la moneda actual (Sapag Chain & Sapag Chain, Preparación y Evaluación de proyectos, Quinta edición, 2008).

#### 1.4.8.6 Tasa Interna de Retorno

La Tasa Interna de Retorno (TIR) puede definirse como la rentabilidad del proyecto ya que es la tasa a la que se restablece los fondos invertidos, de manera que al final de la vida del mismo se haya recuperado el capital y los intereses devengados cada año por el saldo acumulado pendiente invertido. Si la TIR es mayor a la TMAR el diseño de explotación propuesto es viable económicamente (López Jimeno & Bustillo Revuelta, 1997).

### 1.5 Información Base

#### 1.5.1 Ubicación geográfica

La comuna Prosperidad se encuentra ubicada en la parroquia San José de Ancón en el cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena, a 8 kilómetros del cantón del mismo nombre (**Figura 1.2**), entre los poblados cercanos se encuentra la comuna El Tambo.

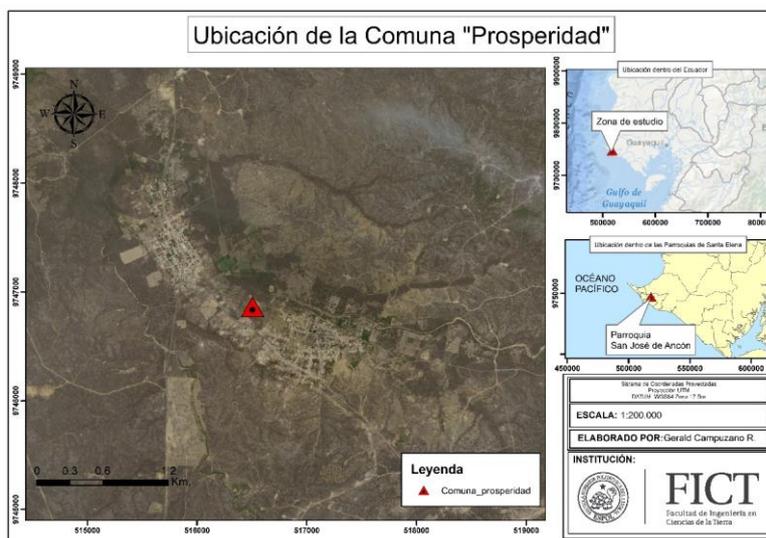


Figura 1.2 Ubicación de la comuna Prosperidad

Fuente: Campuzano, G, 2018

### 1.5.2 Población

Según el censo de población y vivienda realizado en el año 2010 por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), en la comuna Prosperidad habitan 2600 habitantes.

### 1.5.3 Clima

En Santa Elena la temperatura media anual es de 24.1 °C, con una precipitación promedio anual de 155 mm. Los meses con mayor cantidad de lluvias se presentan entre enero y abril con una precipitación mensual máxima de 60 mm (*Figura 1.3*).

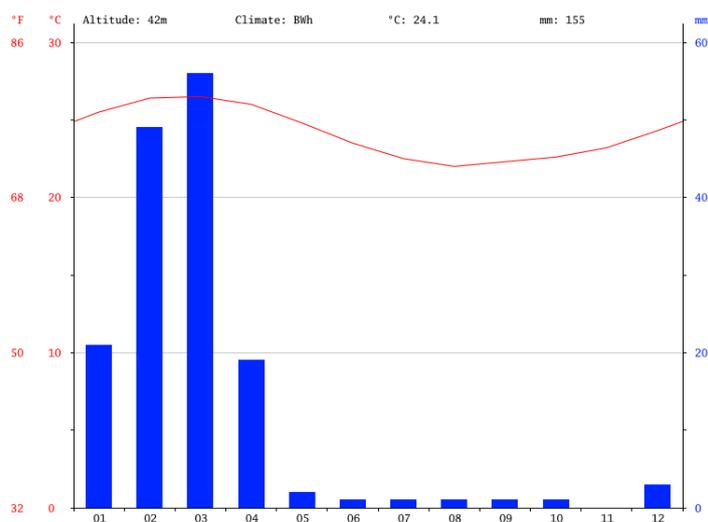


Figura 1.3 Climograma de Santa Elena.

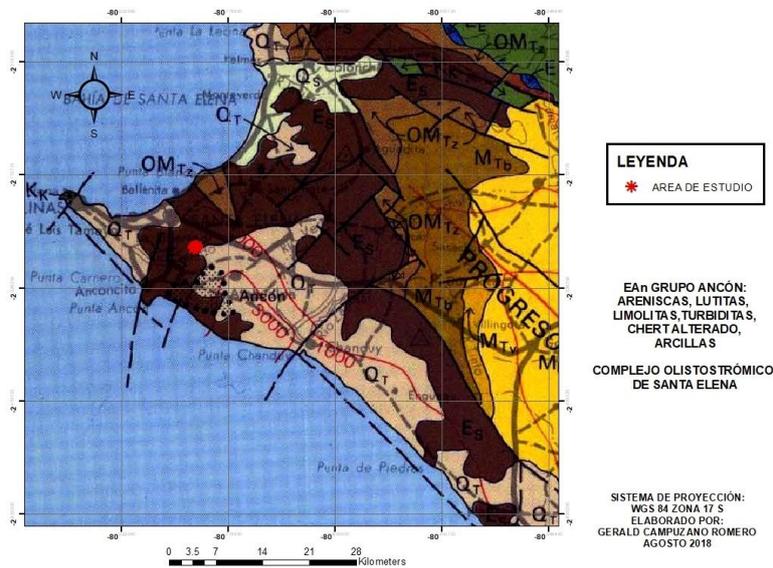
Fuente: (CLIMATE-DATA.ORG, 2018)

### 1.5.4 Geología regional

La zona de estudio se encuentra emplazada en el Grupo Ancón, que se destaca por ser un ambiente sedimentario que se depositó en el periodo Terciario paleógeno en la época del Eoceno; donde litológicamente se encuentran arcillas conglomeráticas en depósitos de remoción en masa,

turbiditas finas y arcillas en facies de talud a plataforma externa, lutitas, limolitas y margas en plataforma intermedia a marino somero, y areniscas gruesas y chert alterado en un ambiente deposicional marino somero (**Figura 1.4**) (Nuñez Del Arco, 2003).

En el grupo Ancón se encuentran interestratificaciones de areniscas, arcillitas, limonitas y lutitas que varían de azul a plomo. Las limonitas son rocas originadas por la compactación y cementación de sedimentos limosos (Velastegui Coronel & Veloz Analuiza, 2007).



**Figura 1.4** Geología Regional de la Zona de Estudio  
**Fuente:** (BaldockJ, 1982)

### 1.5.5 Geología local

La zona de estudio se encuentra ubicada en un área de 12 hectáreas, donde se observan afloramientos de rocas muy meteorizadas (**Figura 1.5**), que al colocar en una muestra ácido clorhídrico rara vez reaccionan.



**Figura 1.5** Afloramiento de lutitas y chert alterado

**Fuente:** Campuzano, G, 2018

Las coordenadas geográficas del área de estudio se muestran en la siguiente tabla.

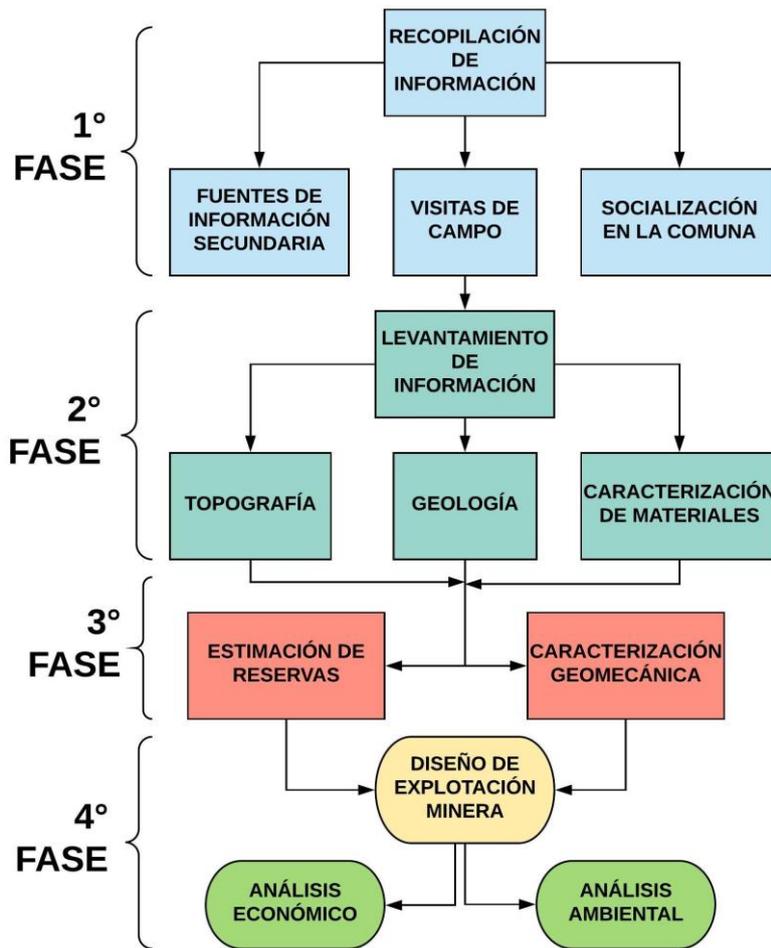
**Tabla 1.7** Coordenadas en WGS 84 de la zona de estudio.

<b>Vértice</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
<b>1</b>	519542.88	9748825.76
<b>2</b>	519542.88	9749025.76
<b>3</b>	519642.88	9749025.76
<b>4</b>	519642.88	9749125.76
<b>5</b>	519842.88	9749125.76
<b>6</b>	519842.88	9749225.76
<b>7</b>	519942.88	9749225.76
<b>8</b>	519942.88	9748825.76

**Fuente:** Campuzano, G, 2018

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA



## **2.1. Primera Fase**

La primera fase o fase inicial del diseño de explotación consiste en la recopilación de información a través de la revisión de fuentes información secundaria, además se realizaron visitas de campo periódicas para reconocer y caracterizar el terreno, además, realizar una socialización de las fases del desarrollo del proyecto con la comuna.

### **2.1.1 Recopilación de información**

La recolección de información se realizó a través de revisión de fuentes de información secundaria, tales como libros y tesis relacionadas al proyecto, para establecer los primeros antecedentes.

La zona de estudio se encuentra emplazada en la Provincia de Santa Elena, en la comuna Prosperidad, por lo que se revisaron bibliografías referentes a la geología del sector con la finalidad de tener un conocimiento previo de los recursos o materiales proclives a ser encontrados para que al momento de realizar la primera visita de campo tener referencias concretas para el trazado de metodologías de trabajo.

### **2.1.2 Visitas de campo**

En mayo del 2018, se visitó una cantera (**Figura 2.1**) cercana a la comuna Prosperidad que explota la compañía de petróleo Pacifpetrol, esta cuenta con un permiso de libre aprovechamiento para extraer áridos y pétreos que serán utilizados para la construcción de vías durante la realización de pozos exploratorios de petróleo.



**Figura 2.1** Explotación minera de libre aprovechamiento de Pacifpetrol.

**Fuente:** Campuzano, G, 2018

En esta ocasión se exploró en un área cercana a la concesión minera de la compañía antes mencionada, para evaluar las características de los materiales encontrados y su posible relación con los de la zona de estudio. De acuerdo a la ubicación geográfica determinada con las coordenadas obtenidas con el GPS y la geología regional proporcionada del mapa geológico del Ecuador, se establece que la zona está emplazada dentro del Grupo Ancón, donde se evidencia presencia de areniscas, lutitas y chert alterado.

Los límites de la zona de estudio se establecieron utilizando como referencia el área de la propiedad de los terrenos que pertenecen a la comuna, el lindero de la concesión de Pacifpetrol, los límites con las comunas aledañas y la geología y geomorfología de la zona. Como resultado se tienen 12 hectáreas mineras para realizar las actividades de exploración, por lo que surge la necesidad de realizar el diseño de explotación para extraer las reservas garantizando condiciones de rentabilidad y operatividad.

### **2.1.3 Socialización del proyecto en la comuna**

Se realizó la socialización del proyecto con aproximadamente 50 residentes de la comuna (**Figura 2.2**), donde se destacaron las principales actividades que serían necesarias para ejecutar en el proyecto. Durante la jornada se aclararon dudas en

relación a las explotaciones mineras en general a fin de contribuir con la conciencia de sostenibilidad tan necesaria en la minería superficial.



**Figura 2.2** Socialización de la propuesta del proyecto en la comuna Prosperidad.

**Fuente:** Campuzano, G, 2018

Entre las principales temáticas que se trataron están:

- Ubicación de la zona de estudio
- Actividades que se iban a realizar
- Normativa legal minera
- Características de los materiales potencialmente explotables
- Aclaración de dudas referente al proyecto

El día 2 de agosto de 2018 se realizó una sesión con los profesores de minería de la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra a la cual fueron invitados los representantes de la comuna, en esta ocasión se expusieron los avances del proyecto, mostrándose los resultados de los ensayos experimentales de las muestras extraídas de la zona de estudio y se aclararon las dudas de los residentes de la comuna en relación al proyecto en desarrollo.

Como medio de verificación en el **Anexo 1** se adjunta el “Oficio de invitación a la presentación de avance del Proyecto Integrador” y el registro de asistentes.

## **2.2 Segunda fase**

Con la información obtenida de la primera fase, se procede a realizar el levantamiento topográfico y geológico de la zona, así como la caracterización de los materiales que se encuentran en ésta.

### **2.2.1 Levantamiento de información en campo**

Establecida el área de estudio se procede a realizar el levantamiento de información en campo a través de la realización de la topografía y el estudio geológico.

Los materiales utilizados para el levantamiento topográficos son:

- Martillo geológico
- Brújula Brunton
- GPS (Sistema Global de Posición)
- Libreta de campo
- Fundas para recolectar muestras

### **2.2.2 Topografía**

El levantamiento topográfico se realizó con los siguientes equipos:

- GPS diferencial
- Estación Total
- Drone
- Software de procesamiento de datos para obtener las curvas de nivel

El procedimiento para realizar el levantamiento topográfico es el siguiente:

1. Se implementó la construcción de hitos que se consideran como puntos de control en la zona de estudio, para lo cual se utilizó un tubo de 6 pulgadas que fue

rellenado con grava y cemento (**Figura 2.3**), para ser colocado en la ubicación del punto de control.



**Figura 2.3** Construcción de hito (punto de control) en zona de estudio.

Fuente: Campuzano, G, 2018

2. Por medio del GPS diferencial (**Figura 2.5**) se arrastró las coordenadas desde un hito geodésico del Instituto Geográfico Militar (IGM) ubicado en el faro de Anconsito, que se encuentra a una distancia de 10 kilómetros de la zona de estudio. Para el arrastre de las coordenadas se establecieron dos puntos intermedios separados a una distancia de 5 kilómetros (**Figura 2.4**).



**Figura 2.4** Arrastre de hito del IGM a la zona de estudio.  
**Elaborado:** Campuzano, G, 2018

El GPS diferencial empleado, se encuentra integrado por los siguientes equipos:

- Receptor Base Diferencial de precisión TRIMBLE R8S.
- Receptor Móvil TRIMBLE R8S.
- Colectora de campo TRIMBLE R8S.
- Radio Externa TRIMBLE TDL 450.
- Antena.
- Batería.



**Figura 2.5** Toma de coordenadas arrastradas de hito del IGM a la zona de estudio con GPS diferencial.  
**Fuente:** Campuzano, G, 2018

3. Partiendo del punto arrastrado, se tomaron coordenadas en puntos de control intermedios en la zona de estudio con una estación total de marca SOKKIA (**Figura 2.6**).



**Figura 2.6** Medición de coordenadas de puntos de control con estación total en zona de estudio.

**Fuente:** Campuzano, G, 2018

4. Se coloca un plástico de 1 m<sup>2</sup> de color negro (**Figura 2.7**) sobre los puntos de control intermedios, que son marcador con un aerosol de color rojo en forma de cruz, con la finalidad de que éste sea divisado en el sobrevuelo del dron.



**Figura 2.7** Colación de plástico negro sobre puntos de control en zona de estudio.

**Fuente:** Campuzano, G, 2018

5. Se realiza un sobrevuelo programado con el dron PHANTOM 4 PRO (**Figura 2.8**) alrededor del área de estudio, se tomaron alrededor de 200 fotografías aéreas (**Figura 2.9**) para luego con los principios de fotogrametría, procesar las imágenes y obtener un modelo digital de elevaciones con sus respectivas curvas de nivel.



**Figura 2.8** Preparación del dron para realizar sobrevuelo en la zona de estudio.

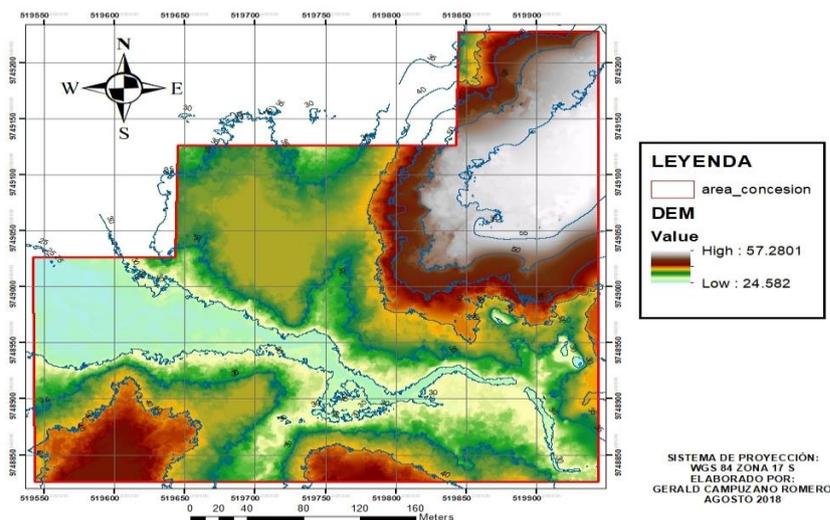
**Fuente:** Campuzano, G, 2018



**Figura 2.9** Fotografía aérea realizada con el dron en la zona de estudio.

**Fuente:** Campuzano, G, 2018

6. Finalmente, el procesamiento de imágenes se realiza con el software Agisoft PhotoScan que permite obtener el modelo digital de elevaciones (**Figura 2.10**). El proceso consiste en la creación de una nube de puntos georreferenciados a partir de las coordenadas geográficas de los puntos de control, luego se crea una ortofoto para posteriormente generar el modelo digital de elevaciones con un software de Sistemas de Información Geográfica, en éste caso se utiliza ArcGis. Utilizando este último software se realiza la corrección del modelo filtrando árboles y arbustos para ajustar un modelo digital de elevaciones a las condiciones reales del terreno.



**Figura 2.10** Modelo digital de elevaciones y curvas de nivel cada 5 metros de la zona de estudio.

**Elaboración:** Campuzano, G, 2018

### 2.2.3 Geología

La geología de la zona de estudio o geología local se determina con la referencia del mapa geológico del Ecuador, en donde se determina la formación geológica a la que pertenece la zona de estudio, que mediante el levantamiento de información en campo se evidencia las rocas y materiales para afirmar la formación geológica a la que pertenece.

Mediante el estudio de la geología local se puede constatar que en la zona de estudio hay presencia de rocas sedimentarias y metamórficas poco consolidadas pertenecientes al Grupo Ancón, se observan rocas alteradas tales como lutitas y chert (**Figura 2.11**) con poca presencia de carbonatos ya que rara vez reaccionan el ácido clorhídrico.



**Figura 2.11** Afloramiento de roca compuesto por lutitas y chert alterado en la zona de estudio.

Fuente: Campuzano, G, 2018

## **2.2.4 Caracterización de los materiales**

La caracterización de los materiales se realiza mediante ensayos experimentales con la finalidad de evaluar la posibilidad de uso en la industria de la construcción. Se tomaron 4 muestras de 4 sectores de toda la zona de estudio, tratando de abarcar la totalidad de los materiales presentes.

El proceso se llevó a cabo en los laboratorios de suelos y petrografía de la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra (FICT) de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL).

### **2.2.4.1 Porcentaje de carbonatos**

Para este ensayo la preparación de la muestra es de vital importancia, se empieza con la clasificación granulométrica con tamiz número 40 que corresponde a una abertura de 0.425 mm, tomándose aproximadamente 200 mg de material pasante (**Figura 2.12**), para luego ser disuelta en un calcímetro con 0.2 gramos de ácido clorhídrico, con la finalidad de determinar el volumen de gas desprendido en la reacción química.

Los materiales utilizados en el ensayo son:

- Tamiz No. 40.
- Balanza analítica.
- Calcímetro.
- Guantes.
- Recipientes.
- Muestras.



**Figura 2.12** Determinación del porcentaje de carbonatos en el laboratorio de petrografía

Fuente: Campuzano, G, 2018

Para determinar el volumen del ácido que reacciona al 100% con carbonato puro, se establece una referencia con un mineral de calcita (**Tabla 2.1**).

**Tabla 2.1** Muestra de referencia.

Masa de la calcita	0.200 gr
Volumen de ácido que reacciona con calcita	31 ml

Fuente: Campuzano, G, 2018

El porcentaje de carbonatos se determina mediante la siguiente expresión:

$$\% \text{ Carbonatos} = \frac{\text{Volumen de ácido que reacciona con M}}{31\text{ml}} * 100\% \quad (2.1)$$

#### 2.2.4.2 Densidad

Para determinar la densidad aparente del material se utilizan dos métodos; con parafina (**Figura 2.13**) y sin parafina.

Los materiales que se utilizan en el ensayo son:

- Balanza.
- Olla eléctrica.
- Horno de secado.
- Desecador.
- Parafina (cera).
- Recipientes.
- Muestra.



**Figura 2.13** Ensayo para determinar la densidad con parafina.

**Fuente:** Campuzano, G, 2018

El Método con parafina consiste en:

1. Secar la muestra en el horno de secado a 110°C durante 24 horas.
2. Enfriarla en el desecador durante 1 hora.

3. Pesarla y registrar el valor como  $P_s$ .
4. Se derrite la parafina a 60°C.
5. Se sumerge en la cera hasta que quede rodeada por una capa de cera.
6. Se pesa con parafina y se registra el valor como  $P_{SP}$ .
7. Se pesa bajo el agua en la balanza hidrostática, se registra el valor como  $P_{HP}$ .
8. Se realizan los cálculos mediante la siguiente expresión:

$$P_{ap} = \frac{P_s}{\frac{(P_{SP}-P_{HP})}{P_l} \cdot \frac{(P_{SP}-P_s)}{P_p}} \quad (2.2)$$

Donde,

$P_s$  = masa de la muestra seca

$P_{SP}$  = masa de la muestra seca con parafina

$P_{HP}$  = masa de muestra con parafina sumergida

$P_l$  = densidad del líquido (1 g/cm<sup>3</sup>)

$P_p$  = densidad de la parafina (0.9 g/cm<sup>3</sup>)

El Método sin parafina – Norma NTE INEN 857:2010, consiste en:

1. Secar la muestra en el horno de secado a 110°C durante 24 horas.
2. Enfriarla en el desecador durante 1 hora.
3. Pesarla y registrar el valor como  $P_s$ .
4. Se sumerge en agua durante 24 horas.
5. Se seca la superficie de la muestra.
6. Se pesa y se registra como  $P_{Sat}$ .
7. Se pesa bajo el agua en la balanza hidrostática y se registra el peso como  $P_H$ .
8. Se realizan los cálculos mediante la siguiente expresión:

$$P_{ap} = \frac{P_s}{P_{Sat}-P_H} * P_l \quad (2.3)$$

Donde,

$P_s$  = masa de la muestra seca

$P_{Sat}$  = masa de la muestra saturada

$P_H$  = masa de muestra sumergida

$P_l$  = densidad del líquido (1 g/cm<sup>3</sup>)

### 2.2.4.3 Ensayo uniaxial o de compresión simple

Previamente a la realización del ensayo uniaxial, se extrae un núcleo de roca con el taladro saca-núcleo de la marca ELE International del laboratorio de suelos de la FICT (*Figura 2.14*).



**Figura 2.14** Extracción de núcleo de roca con taladro.

Fuente: Campuzano, G, 2018

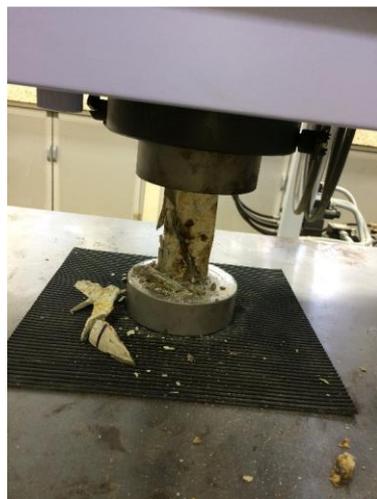
Luego el núcleo es cortado con una longitud de 11 mm, que representa al doble de su radio (5.5 mm) (*Figura 2.15*).



**Figura 2.15** Núcleo de roca de una muestra tomada de la zona de estudio.

Fuente: Campuzano, G, 2018

Posteriormente, se coloca la muestra en la Máquina de Prueba Universal de la marca SHIMADZU CORPORATION (**Figura 2.16**), donde se realiza el ensayo de compresión simple, el cual genera un reporte donde determina la máxima tensión.



**Figura 2.16** Ensayo uniaxial de muestra tomada de la zona de estudio.

**Fuente:** Campuzano, G, 2018

#### **2.2.4.4 Granulometría**

El análisis granulométrico permite determinar el porcentaje de finos de una muestra, que es el porcentaje de una muestra que pasa por un tamiz 200 (malla de abertura 0.075 mm). La curva granulométrica es una representación gráfica de la relación de los porcentajes pasantes y el tamaño de la partícula.

Para el desarrollo del ensayo se utilizaron los siguientes materiales:

- Cuarteador.
- Balanza.
- Tamices.
- Tamizadora eléctrica.
- Horno de secado.

- Recipientes.

El procedimiento del ensayo consiste en:

1. Secar la muestra en un ambiente soleado.
2. Obtener una porción de aproximadamente 300 g mediante el método del cuarteo (*Figura 2.17*).



**Figura 2.17** Cuarteo de la muestra.

Fuente: Campuzano, G, 2018

3. Registrar el peso antes del tamizado.
4. Colocar en la tamizadora eléctrica los tamices No. 4, 10, 40, 200.
5. Verter la muestra en la torre y programar el tamizado durante 5 minutos.
6. Retirar cada tamiz y colocar cuidadosamente en un recipiente el material retenido y luego registrar el peso parcial de cada uno.
7. Registrar la información obtenida

Las fórmulas para la obtención del análisis granulométrico son:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso parcial}}{\text{Total}} * 100 \quad (2.4)$$

$$\% \text{ Retenido acumulado} = \sum \% \text{ Retenido} \quad (2.5)$$

$$\% \text{ Pasante acumulado} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado} \quad (2.6)$$

#### 2.2.4.5 Límites de Atterberg

El ensayo consiste en determinar los límites de consistencia o de Atterberg de una muestra. Los límites de consistencia son; límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad (*Figura 2.18*).

Los Materiales para el ensayo son:

- Tamiz No. 40.
- Mortero de porcelana.
- Espátula.
- Copa de Casagrande.
- Ranurador.
- Balanza.
- Horno de secado.
- Recipientes.

Los procedimientos del ensayo consisten en:

##### **Preparación de la muestra**

1. Secar durante 24 horas.
2. Tamizar con el tamiz No. 40 y obtener entre 100 y 200 g del pasante.

##### **Determinación del límite líquido**

1. Colocar aproximadamente 150 g de muestra en un mortero de porcelana.
2. Añadir 20 ml de agua (verter gradualmente 5ml) y mezclar con una espátula, con la finalidad de obtener una masa homogénea y de consistencia suave.
3. Colocar la mezcla obtenida en la superficie de la Copa de Casagrande donde se asienta la base de la Copa y con la espátula presionar el material sobre el fondo. Durante el proceso cubrir el material que está en el mortero con una franela húmeda para evitar que pierda consistencia.

4. Asentar la Copa en la base del aparato, y con el ranurador trazar un canal desde el borde más alto al más bajo de la copa, con profundidad suficiente que se pueda observar el fondo de la copa.
5. Con la manivela del aparato levantar y dejar caer la copa a razón de 2 caídas por segundo hasta que el contacto entre las dos mitades no permita ver el fondo de la copa.



Figura 2.18 Determinación del límite líquido con Copa de Casagrande.

Fuente: Campuzano, G, 2018

6. Puntualizar el número de golpes, retirar el material de la copa y registrar su peso para luego ponerlo a secar durante 24 horas.
7. Registrar el peso seco y determinar la humedad.
8. Repetir el proceso las veces que sean necesarias a partir del punto 3, con la finalidad obtener varias mediciones del número de golpes. El rango recomendado del número de golpes es entre 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40 golpes.
9. Registrar la información obtenida.

Las fórmulas para la determinación del límite líquido son:

$$W_{h+r} = \text{peso húmedo} + \text{recipiente} \quad (2.7)$$

$$W_{s+r} = \text{peso seco} + \text{recipiente} \quad (2.8)$$

$$r = \text{recipiente} \quad (2.9)$$

$$W_w = W_{h+r} - W_{s+r} \quad (2.10)$$

$$W_s = W_{s+r} - r \quad (2.11)$$

$$w\% = \frac{W_w}{W_s} * 100 \quad (2.12)$$

El límite líquido WL% es la proyección gráfica (w% vs. log (No. Golpes)) de w% a 25 golpes.

#### **Determinación del límite plástico**

1. Tomar una porción aproximada de 20 g de la muestra preparada para el límite líquido.
2. Reducir la humedad agregando gradualmente material seco, mezclar en una placa de vidrio y hacer pequeños tubos frotando las palmas de las manos contra la placa. Estos tubos no deben tener un diámetro mayor a 3 mm.
3. Verificar el proceso correcto observando que no se pegue la muestra al ser frotada contra la placa de vidrio, caso contrario repetir el proceso, hasta obtener el diámetro antes indicado.
4. Secar en el horno de secado los tubitos por 24 horas.
5. Registrar la humedad.
6. Registrar la información obtenida

Las fórmulas para la determinación del límite plástico son; (2.7), (2.8), (2.9), (2.10), (2.11) y (2.12).

El límite plástico **WP%** es el promedio de %w encontrados.

#### **Determinación del índice de Plasticidad**

El índice de plasticidad **IP** se obtiene de la adición del límite plástico y límite líquido.

$$IP = WL\% - WP\% \quad (2.13)$$

#### **2.2.4.6 Abrasión de los Ángeles**

El ensayo consiste en determinar el porcentaje de desgaste de los agregados que contiene la muestra. La gradación del material depende de la granulometría de éste, debido a que las muestras son de grano grueso, por lo tanto, se selecciona la gradación A (**Tabla 2.2**), y la carga abrasiva corresponde a 12 esferas (**Tabla 2.3**).

**Tabla 2.2** Gradación del material

Tamaño del tamiz		Masa de la carga			
Pasa	Retiene	Gradación			
		A	B	C	D
1 ½"	1"	1250±25	-	-	-
1"	¾"	1250±25	-	-	-
¾"	½"	1250±25	2500±10	-	-
½"	3/8"	1250±25	2500±10	-	-
3/8"	¼"	-	-	2500±10	-
¼"	No.4	-	-	2500±10	-
No.4	No.8	-	-	-	5000±10

Fuente: Campuzano, G, 2018

**Tabla 2.3** Carga abrasiva, según la gradación del material.

Gradación	No. de esferas	Masa de la carga (g)
A	12	5000±25
B	11	4584±25
C	8	3330±20
D	6	2500±15

Fuente: Campuzano, G, 2018

Materiales para el ensayo:

- Máquina de abrasión de los Ángeles.
- Muestras.
- Tamiz No.12.
- Balanza.
- Horno de secado.
- Recipientes.

El procedimiento del ensayo consiste en:

1. Escoger la gradación requerida, en éste caso la A.
2. Pesar y lavar la muestra.
3. Secar durante 24 horas.
4. Comprobar los pesos de cada fracción.
5. Registrar el peso inicial (**PI**).

6. Colocar la muestra y la carga (12 esferas) en la máquina (**Figura 2.19**).
7. Programar y activar la máquina a 500 revoluciones por minuto por un tiempo estimado de 15 minutos.



**Figura 2.19** Realización del ensayo de abrasión de los Ángeles  
**Fuente:** Campuzano, G, 2018

8. Recolectar el material del tambor.
9. Con el tamiz No. 12 remover todo el pasante.
10. Lavar el material retenido.
11. Colocar el material en un recipiente y secar en el horno durante 24 horas.
12. Pesarse la muestra seca que corresponde al peso final (**PF**).

La fórmula que se utilizará para determinar el porcentaje de desgaste es:

$$\% = \frac{PI - PF}{PI} * 100 \quad (2.14)$$

#### **2.2.4.7 Proctor**

La diferencia del ensayo Proctor Standard y Modificado radica en la energía de compactación. Para la construcción de vías en general se utiliza el Modificado, pues requiere una energía de compactación de 2700 KN-m/m<sup>3</sup>.

Para este ensayo se toma una muestra representativa de material, que es sometida a distintos contenidos de humedad con la misma energía de compactación, esto con el objeto de determinar la humedad óptima que representa a la proyección del peso volumétrico máximo con la curva Humedad vs. Peso Volumétrico.

Los materiales del ensayo son:

- Moldes de compactación con diámetro de 6" (Proctor Modificado).
- Martillo de compactación de 10 lbs y altura de caída de 18".
- Tamiz  $\frac{3}{4}$ ".
- Probeta graduada.
- Recipientes.
- Bandejas.
- Balanza.
- Horno de secado.
- Cucharon.
- Enrasador.
- Martillo de goma.

El procedimiento del ensayo consiste en:

1. Cuartear las muestras.
2. Pasar por el tamiz  $\frac{3}{4}$ ".
3. Pesar en 5 bandejas 5.5 kilogramos de muestra.
4. Tomar datos de las dimensiones del molde.
5. Colocar diferente cantidad de agua a cada muestra tratada, y mezclar para homogenizar.

6. Colocar pequeñas porciones (5 niveles) y compactar cada nivel con 56 golpes del martillo (*Figura 2.20*).



**Figura 2.20** Compactación de material en la realización del ensayo Proctor.

**Fuente:** Campuzano, G, 2018

7. Al finalizar, remover el collarín y enrasar cuidadosamente para que quede una superficie nivelada con el filo del molde.
8. Remover la base del molde y registrar el peso de la muestra húmeda más cilindro.
9. Pesar el recipiente a usar.
10. Remover el material que se encuentra en el molde, pesar la muestra húmeda en el recipiente. Colocar el conjunto en el horno durante 24 horas a 100°C.
11. Pesar al sacarlo del horno.
12. Repetir el proceso con los distintos contenidos de humedad y realizar el análisis de los datos.

#### **2.2.4.8 CBR**

En este ensayo se analiza la capacidad de soporte de materiales para clasificarlo según la norma ecuatoriana y determinar si puede ser utilizado como subrasante, subbase y base.

Los materiales del ensayo son:

- Máquina de compresión.
- Moldes de compactación.
- Martillo de compactación.
- Pesas o sobrecargas metálicas.
- Deformímetro.
- Cilindro de penetración.
- Tamices  $\frac{3}{4}$ " y No. 4.
- Horno de secado.
- Recipientes.
- Balanza.

El procedimiento del ensayo consiste en:

1. Cuartear la muestra.
2. Tomar 2 fracciones y tamizar con malla  $\frac{3}{4}$ ".
3. Tomar las 2 fracciones restantes y tamizar con la malla  $\frac{3}{4}$ " y tamiz No.4,
4. Tomar el retenido del tamiz No.4 y mezclar con el material pasante  $\frac{3}{4}$ ".
5. Homogenizar todo el material y separar 3 bandejas con 5.5 kg de muestra cada una.
6. Registrar el peso y las dimensiones del molde de compactación.
7. Se introduce papel filtro al fondo del molde y se compacta el material en 5 capas.
8. Se remueve el collarín y enrasar el material compactado al nivel del borde del molde, luego se coloca papel filtro en el borde.
9. Registrar el peso del conjunto.
10. Para obtener una muestra saturada, se coloca una sobrecarga de 5 kg aproximadamente en la parte superior del molde sostenida con la base, y se sumerge la muestra en un tanque de agua para medir el hinchamiento cada 24 horas, se recomienda que la lámina de agua este sobre los 5 cm de la superficie más alta del molde.

11. Se registra el hinchamiento con el deformímetro cada 24 horas, hasta que la deformación se estabilice (no debe superar las 96 horas).
12. Luego retirar la muestra de la inmersión y dejar drenar el agua durante 15 minutos.
13. Registrar el peso de la muestra saturada más molde.
14. Luego realiza la compresión con la prensa (**Figura 2.21**) a razón de 1,27 mm/min.
15. Registrar la carga de penetración cada 50 mm.
16. Registrar los datos para obtener el número CBR.



**Figura 2.21** Toma de datos con la prensa.

Fuente: Campuzano, G, 2018

### **2.3 Tercera fase**

En ésta fase se realizan trabajos de campo para obtener los datos necesarios para el modelamiento geológico de la zona de estudio y estimar las reservas del yacimiento. Se procede a caracterizar geomecánicamente el macizo rocoso para clasificarlo según su calidad.

### 2.3.1 Estimación de reservas

Con el mapa topográfico se localizan los puntos con cambios abruptos de cota, ya que son susceptibles de encontrar rocas expuestas y verificar si se trata de un afloramiento. Como resultado del proceso se encontraron seis afloramientos (**Figura 2.22**) para tomar datos litológicos, estructurales y otros datos para la caracterización geomecánica.

Los materiales utilizados durante el proceso son:

- Brújula BRUNTON.
- GPS Garmin.
- Martillo geológico.
- Lupa.
- Machete.
- Libreta de campo.



**Figura 2.22** Evidencia de afloramiento en zona de estudio.

**Fuente:** Campuzano, G, 2018

Para el muestreo de la zona, además del análisis de los seis afloramientos (**Figura 2.25**), se realizaron dieciséis calicatas ubicadas aleatoriamente. Estos sondeos fueron excavados manualmente (**Figuras 2.23 2.26**) con forma rectangular, con 1m de ancho y 2m de largo aproximadamente. La profundidad fue muy variable y dependía fundamentalmente del aumento de la dificultad de excavación en la medida en la que se profundizaba.

Para realizar las calicatas se utilizaron:

- Lampa/pala.
- Pico.
- Barreta.
- Barreno manual.
- Flexómetro.



**Figura 2.23** Realización de calicata con comuneros del sector.

**Fuente:** Campuzano, G, 2018

Estas excavaciones tienen la finalidad de permitir la observación de cambios litológicos del macizo y la recolección de muestras para la determinación de propiedades físico –químicas. El resultado del proceso mostró que hay una capa vegetal, una capa de arcilla y una capa de material meteorizado, ésta última es el que tiene valor económico, que en la industria de la construcción se conoce como cascajo y generalmente está compuesto por rocas metamórficas y sedimentarias meteorizadas.

En total se tomaron datos 22 puntos de muestreo entre calicatas (**C**) y afloramientos (**A**), la ubicación geográfica de cada uno se encuentra en la **Figura 2.24**. Para el procesamiento de datos se utilizó el software de modelamiento geológico **Leapfrog**

Geo. Este software requiere de 3 tablas en Excel que se consideran como un módulo a cada una.

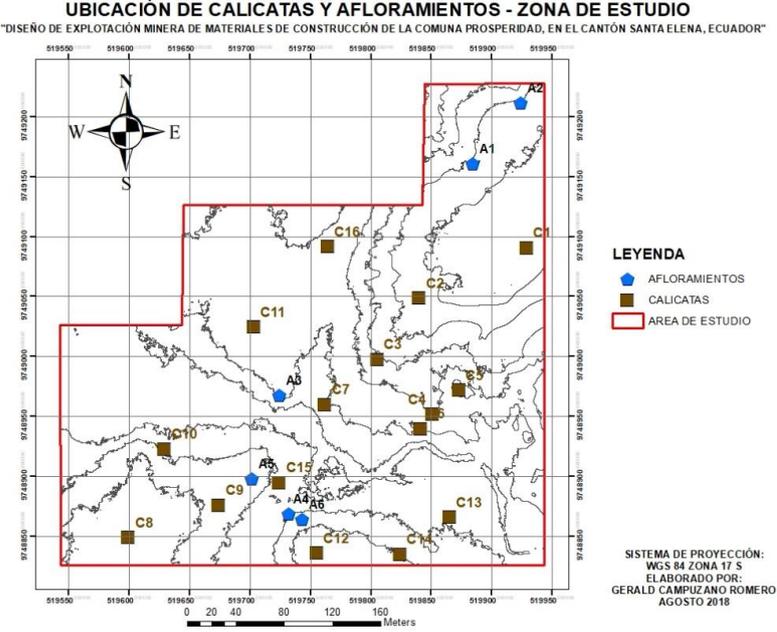


Figura 2.24 Mapa de ubicación de calicatas y afloramientos.

Fuente: Campuzano, G, 2018



Figura 2.25 Evidencia de afloramiento (3).

Fuente: Campuzano, G, 2018

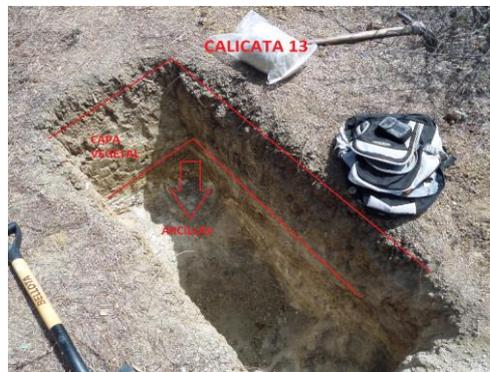


Figura 2.26 Toma de datos y muestras de calicata (13).

Fuente: Campuzano, G, 2018

En la **Tabla 2.4** se describe la información colocada en cada módulo con la finalidad de realizar el modelamiento geológico con el software Leapfrog:

**Tabla 2.4** Información de módulos para realizar el modelamiento geológico.

Módulo	Contenido
Survey	Número de calicata o afloramiento, profundidad, azimut (0°, debido a que todas las calicatas tienen un rumbo hacia el norte), Inclinación (90°, debido a que todas las calicatas son verticales).
Collar	Número de calicata o afloramiento; coordenadas X, Y, Z (elevación); profundidad.
Lithology	Número de calicata o afloramiento, rango de profundidad de capa por capa por calicata/afloramiento y litología que comprende a los materiales que se encuentran (capa vegetal/arcilla/material meteorizado).

Fuente: Campuzano, G, 2018

El procedimiento para la implementación del modelamiento geológico es:

1. Clasificar la información en los 3 módulos.
2. Ajustar los datos obtenidos del levantamiento topográfico para obtener las coordenadas z (altura), que servirán para complementar la información de los módulos que requiere el software.
3. Interpretar la información obtenida en las calicatas que se podría considerar como pozos de perforación y realizar el modelamiento interceptando las capas que tienen similitud.

En la **Tabla 2.5** se muestran los datos obtenidos de las calicatas y afloramientos que han sido utilizados en el modelamiento geológico:

**Tabla 2.5** Información de calicatas y afloramientos

#	Id.	Desde	Hasta	Litología
1	C1	0	0.3	Capa vegetal
2	C1	0.3	1	Material meteorizado
3	C2	0	0.3	Capa vegetal
4	C2	0.3	0.9	Arcillas
5	C2	0.9	1.6	Material meteorizado
6	C3	0	0.45	Capa vegetal
7	C3	0.45	1.55	Arcillas
8	C3	1.55	2.18	Material meteorizado
9	C4	0	0.7	Capa vegetal
10	C4	0.7	1.7	Arcillas
11	C4	1.7	2.25	Material meteorizado
12	C5	0	0.7	Capa vegetal
13	C5	0.7	1.6	Arcillas

14	C6	0	0.6	Capa vegetal
15	C6	0.6	1.5	Arcillas
16	C7	0	0.4	Capa vegetal
17	C7	0.4	1.4	Material meteorizado
18	C8	0	0.3	Capa vegetal
19	C8	0.3	1	Material meteorizado
20	C9	0	0.7	Capa vegetal
21	C9	0.7	2.9	Arcillas
22	C9	2.9	3.2	Material meteorizado
23	C10	0	0.3	Capa vegetal
24	C10	0.3	1.5	Material meteorizado
25	C11	0	0.2	Capa vegetal
26	C11	0.2	1.25	Material meteorizado
27	C12	0	0.25	Capa vegetal
28	C12	0.25	0.8	Material meteorizado
29	C13	0	0.5	Capa vegetal
30	C13	0.5	1.3	Arcillas
31	C14	0	0.5	Capa vegetal
32	C14	0.5	1.36	Material meteorizado
33	C15	0	0.4	Capa vegetal
34	C15	0.4	6.3	Arcillas
35	C16	0	0.6	Capa vegetal
36	C16	0.6	1.7	Conglomerados
37	A1	0	0.3	Capa vegetal
38	A1	0.3	20	Gravas
39	A2	0	0.3	Capa vegetal
40	A2	0.3	20	Material meteorizado
41	A3	0	0.25	Capa vegetal
42	A3	0.25	6	Material meteorizado
43	A4	0	0.3	Capa vegetal
44	A4	0.3	5	Material meteorizado
45	A5	0	0.2	Capa vegetal
46	A5	0.2	2.3	Material meteorizado
47	A6	0	0.3	Capa vegetal
48	A6	0.3	1.3	Material meteorizado

Fuente: Campuzano, G. 2018

En el **Anexo 2** se adjuntan las tablas de los 3 módulos correspondientes a; Survey, Collar y Lithology con la información de campo que servirá para la realización del modelamiento geológico en el software antes nombrado.

### 2.3.2 Caracterización geomecánica

Para la caracterización geomecánica en la zona de estudio se considera el índice de calidad de la roca RMR propuesto por Bieniawski. Con éste se estima la cohesión y el ángulo de fricción interna, necesarios para el adecuado análisis de estabilidad de taludes del diseño de explotación a proponer. Además, se tomaron datos de 2 estaciones geomecánicas debido a que la zona de estudio responde a una misma geología ya que se evidencian la misma asociación litológica.

Los materiales que se utilizaron son:

- GPS.
- Esclerómetro.
- Martillo geológico.
- Brújula.
- Flexómetro.

El procedimiento para realizar la caracterización geomecánica es:

1. Ubicación de las estaciones geomecánicas (**Figuras 2.27 y 2.28**).



**Figura 2.27** Estación geomecánica No.1.

**Fuente:** Campuzano. G, 2018



**Figura 2.28** Estación geomecánica No.2.

Fuente: Campuzano. G, 2018

2. Realizar el mapeo geomecánico de las estaciones y determinar el RMR
3. Finalmente, con los valores RMR calculados se estiman la cohesión y el ángulo de fricción interna.

#### **2.4 Cuarta fase**

En esta parte ya se cuenta con las herramientas necesarias para analizar los principales criterios que permitirán realizar el diseño de explotación y evaluar la rentabilidad del proyecto, de modo que se pueda entregar a la comunidad un instrumento que sirva de guía para la realización de las operaciones.

#### **2.5 Diseño de explotación.**

##### **2.5.1.1 Selección del método de explotación**

Para seleccionar el método de explotación se realiza un análisis de los parámetros geométricos y geomecánicos del cuerpo mineral que prácticamente aflora, por lo que la única opción es el método de explotación a cielo abierto, que será desarrollado mediante banqueo descendente, que al estar desarrollado para materiales de construcción adquiere el nombre de Cantera.

### 2.5.1.2 Selección del método de arranque

La selección del método de arranque parte del análisis de las características geomecánicas del macizo rocoso y otros datos que sirven para establecer el proceso de arranque, básicamente si este será mecánico o con perforación y voladura.

Se analiza los parámetros con la gráfica propuesta por Franklin en 1974 (**Figura 1.1**), además, para confirmar se analiza el índice de excavabilidad (**IE**) propuesto por Hadjigeorgiou y Scoble (**Tabla 1.5**) en el que de igual manera relaciona la caracterización geomecánica del macizo rocoso.

### 2.5.1.3 Selección de maquinaria

Seleccionado el método de arranque y evaluando el mercado de maquinaria del sector, se selecciona la retroexcavadora hidráulica para realizar las labores de arranque y carga. El análisis se realiza partiendo con una capacidad de cubo de 1 m<sup>3</sup>.

### 2.5.1.4 Rendimiento de maquinaria

El rendimiento de la maquinaria permite planificar las actividades que se realizan en el laboreo minero y posibilita la optimización de procesos para evitar pérdidas de productividad. Para esto se determina el rendimiento de un tractor de cadenas y compactador (para la construcción y mantenimiento de vías) y una retroexcavadora (para labores de arranque y carga). En el medio generalmente se encuentra disponible equipo caminero de la marca Caterpillar, por esto y por su excelente desempeño se ha seleccionado la maquinaria de ésta marca.

Para obtener el rendimiento del **tractor**, se selecciona el CAT D6T y se calcula con la fórmula (2.15):

$$R_{empuje} = \frac{60 \cdot C_h \cdot E}{T_{CE}} \quad (2.15)$$

Donde;

$C_h$  = Capacidad de la hoja (5.31 m<sup>3</sup>)

$E$  = Eficiencia operativa global (**Tabla 2.6**)

**Tabla 2.6** Eficiencia operativa global.

Condiciones de trabajo	Calidad de la organización			
	Excelente	Buena	Regular	Deficiente
Excelentes	0,83	0,80	0,77	0,77
Buenas	0,76	0,73	<b>0,70</b>	0,64
Regulares	0,72	0,69	0,66	0,60
Malas	0,63	0,61	0,59	0,54

Fuente: (Maquinarias Pesadas, 2018)

$T_{cE}$  = Tiempo de ciclo de empuje (**2.16**) que se calcula en función a la **Tabla 2.7** y la fórmula (**2.17**) con una distancia a la vía de acceso de 500 m ( $D_{ida} = D_{vuelta}$ ).

$$T_{cE} = T_{fijo} + T_{variable} \quad (2.16)$$

**Tabla 2.7** Tiempo fijo de maniobras, T fijo.

Condiciones de trabajo	Tiempo fijo (min)
Medias	0,10 – 0,15
Desfavorables	0,20 – 0,25

Fuente: (Maquinarias Pesadas, 2018)

$$T_{variable} = \frac{D_{ida}}{V_{ida}} + \frac{D_{vuelta}}{V_{vuelta}} * \frac{50}{1000} \quad (2.17)$$

Para obtener el rendimiento del **compactador**, se selecciona el CAT CS 533E y se calcula con la fórmula (**2.18**).

$$Rc = \frac{VWE}{N} \quad (2.18)$$

**Rc:** Rendimiento de compactación

**V:** Velocidad de operación (2Km/h)

**W:** Ancho efectivo de compactación (2.13m -0.1m=2.03m)

**E:** Eficiencia de trabajo (0.7)

**N:** Número de pasadas (10)

Para obtener el rendimiento de la **retroexcavadora**, se selecciona la CAT 320 D y se calcula con la fórmula (2.19).

$$R_p = \frac{60 \cdot C_c \cdot E \cdot F}{T_c} \quad (2.19)$$

**Cc**= capacidad de cucharón (1m<sup>3</sup>)

**E**= factor de eficiencia operativa global (Regular=0.70)

**F**=factor de llenado del cucharón (fácilmente excavable=0.95)

**Tc**= tiempo promedio de ciclo (0.3min)

En el **Anexo 3** se adjuntan las especificaciones técnicas del tractor, compactador y retroexcavadora proporcionadas por los fabricantes, que servirán para estimar su rendimiento.

#### 2.5.1.5 Estabilidad de taludes

Los parámetros del diseño de explotación, ya sean; la altura del banco, el ángulo del talud, el ancho de berma, la dimensión de la plataforma de trabajo, el ancho de vía, así como las cargas dinámicas, se han calculado en los resultados, de lo cual se basa la metodología utilizada para la estabilidad de taludes.

Se analiza la estabilidad de los taludes bajo las condiciones geométricas propuestas en el diseño, partiendo del análisis de los datos geomecánicos obtenidos anteriormente.

Se utilizan:

- Altura de banco
- Ángulo de talud de banco
- Condiciones hidrológicas
- Cargas dinámicas (operación de equipos de arranque, carga y transporte)
- **SLIDE MODELER**, que es un software de análisis de estabilidad de taludes perteneciente a la casa **ROCSCIENCE**, que es considerada una de las más importantes desarrolladoras de softwares geotécnicos a nivel mundial.

El procedimiento implementado es:

1. Ingresar las coordenadas para dimensionar el talud (**Figura 2.29**).

#### External Boundary

X	Y
39.28	0
39.28	8
21.08	8
18.2	3
0	3
0	0

**Figura 2.29** Coordenadas cartesianas de los vértices del talud.

Fuente: Campuzano. G, 2018

2. Con los resultados obtenidos, en el software asignar las propiedades al material (**Figura 2.30**).

#### Material Properties

Property	Material 1
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	19.32
Cohesion [kPa]	147.1
Friction Angle [deg]	20
Water Surface	Water Table
Hu Value	1

**Figura 2.30** Propiedades del material del talud.

Fuente: Campuzano. G, 2018

3. Ingresar manualmente la línea que corresponde al nivel freático del talud (**Figura 2.31**).

<i>List Of Coordinates</i>	
<b>Water Table</b>	
<b>X</b>	<b>Y</b>
0	1.95429
4.899	1.678
12.548	2.093
17.64	1.816
19.184	3.222
20.659	4.973
21.304	6.862
22.433	7.208
28.608	6.793
33.031	7.346
39.28	6.93104

**Figura 2.31** Coordenadas del nivel freático del talud.

Fuente: Campuzano, G, 2018

4. Asignar cargas distribuidas en función a los pesos de los equipos de arranque, carga y transporte, que corresponde a una retroexcavadora y un volquete, que en total se estima que aplicarían una fuerza de 478.86 KN/m<sup>2</sup>.
5. Se coloca una grilla para posteriormente interpretar la estabilidad del talud.
6. Finalmente se procesa la información con el software y se obtiene el factor de seguridad, de ser éste mayor a 1.5 se considerará el diseño estable.

### **2.5.2 Análisis económico**

Debido a que el proyecto aún no está en fase de explotación y actualmente se desconoce con certeza el ritmo de explotación bajo el cual será posible insertarse en el mercado, se estiman los costos de operación con una producción diaria de 100, 400 y 800 m<sup>3</sup>, con la finalidad de evaluar las posibilidades de operación maximizando las ganancias.

Para estimar los costos se realiza un estudio preliminar del mercado (**Tabla 2.8**), con base en la demanda del cantón de materiales de construcción similares al presente en la zona de estudio.

**Tabla 2.8** Producción de materiales de construcción de las concesiones mineras del sector.

Concesión	Código	Producción (m <sup>3</sup> /día)
SALADO 1	24-01-50-006	800
CARMELA 1	24-01-50-005	100
RANCHO ALEGUE 3 Y 5	7000369, 700318	360
DANIEL 3	70000531	150

Fuente: GAD Santa Elena.

En el **Anexo 4** se adjunta “Oficio en el que se solicita información de expedientes de concesiones mineras al GAD Municipal del cantón Santa Elena”.

### 2.5.3 Análisis ambiental

El análisis de los factores ambientales con potencial de ser afectados por la actividad minera, consiste en la identificación de los impactos vinculados con la actividad objeto de estudio, para lo cual:

- Se identifica los componentes y subcomponentes ambientales a ser afectados.
- Derivados de los subcomponentes, se determina los factores ambientales presuntamente perjudicados por la actividad minera.
- Por cada factor ambiental identificado, se enlista el o los impactos ambientales que lo afectaran, en función del conocimiento referencial.
- La información obtenida será plasmada en una matriz lógica.

**Comentado [RE1]:** A que se refiere con factor ambiental

Este tipo de metodología permite contemplar de manera ordenada y simplificada, los potenciales impactos ambientales que afectarían al ambiente, por la ejecución de actividades mineras y complementarias de la misma.

# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 3.1 Levantamiento topográfico

Del levantamiento topográfico con DRONE se obtuvieron dos productos, que corresponden a un modelo digital de elevaciones (DEM) y la topografía con sus respectivas curvas de nivel.

En el **Anexo 5** se adjunta el mapa topográfico, y en el **Anexo 6** el modelo digital de elevaciones del área de estudio.

### 3.2 Estimación de reservas

Para estimar las reservas se tomaron datos de veintidós puntos de muestreo entre calicatas y afloramientos, lo que permitió realizar el modelamiento geológico (**Figura 3.1**) y la estimación de reservas (**Tabla 3.1**).

**Tabla 3.1** Estimación de reservas del material meteorizado.

Litología	Volumen (m3)	Reservas (toneladas)
Capa vegetal	93578	
Arcilla	73510	
Material meteorizado	2295200	<b>4521544</b>

Fuente: Campuzano, G, 2018

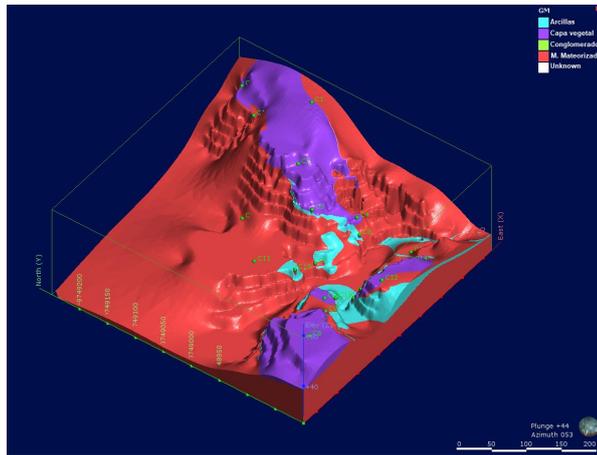


Figura 3.1 Modelo geológico de la zona de estudio.

Fuente: Campuzano, G, 2018

En el **Anexo 7** se adjunta el mapa del modelamiento geológico.

### 3.3 Características de los materiales

Se tomaron 4 muestras de 4 sectores de toda la zona de estudio, tratando de abarcar la totalidad de los materiales presentes (**Figura 3.2**). Para lo cual se realizaron los siguientes ensayos:

- Porcentaje de carbonatos
- Análisis granulométrico
- Límites de Atterberg
- Abrasión de los Ángeles
- Proctor
- CBR

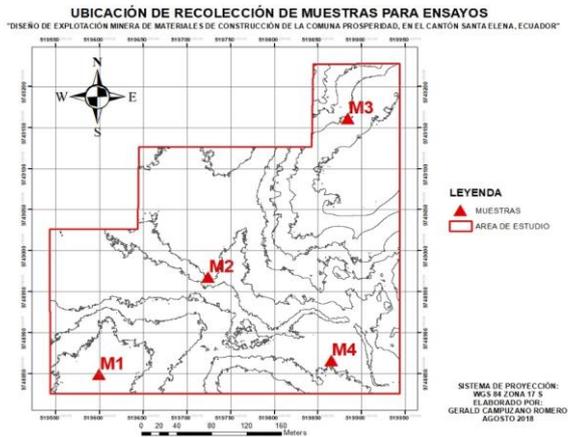


Figura 3.2 Ubicación de muestras en la zona de estudio.

Fuente: Campuzano, G, 2018

### 3.3.1 Porcentaje de carbonatos

Los resultados del ensayo (**Tabla 3.2**) define que la muestra que contiene el mayor porcentaje de carbonatos es la muestra 3 (**M3**) con un 38.71%, lo cual representa que no es viable desarrollar una minería de tipo no metálica (explotación de carbonatos) debido a la baja pureza de carbonatos. Por lo tanto, se realizará minería para la explotación de materiales de construcción.

Tabla 3.2 Porcentaje de carbonatos

<b>Muestra 1</b>	
Masa de M1	0.200gr
Volumen de ácido que reacciona con M1	3ml
% Carbonatos	<b>9.68 %</b>
<b>Muestra 2</b>	
Masa de M2	0.200gr
Volumen de ácido que reacciona con M2	8ml
% Carbonatos	<b>25.81 %</b>
<b>Muestra 3</b>	
Masa de M3	0.200gr
Volumen de ácido que reacciona con M3	12ml
% Carbonatos	<b>38.71 %</b>
<b>Muestra 4</b>	
Masa de M4	0.200gr
Volumen de ácido que reacciona con M4	7ml
% Carbonatos	<b>22.59 %</b>

Fuente: Campuzano, G, 2018

### 3.3.2 Densidad

La densidad del material se determinó por medio de dos métodos, siendo éstos, con parafina (**Tabla 3.3**) y sin parafina (**Tabla 3.4**), dando como resultado densidades de 1.99 gr/cm<sup>3</sup> y 1.96 gr/cm<sup>3</sup> respectivamente

**Tabla 3.3** Determinación de densidad con parafina

Método	Muestra	Masa (gr)	P <sub>s</sub> (gr)	P <sub>sp</sub> (gr)	P <sub>Hp</sub> (gr)	P <sub>ap</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	P <sub>promedio</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )
Con parafina	3	350.31	338.26	346.10	166.69	1.98	1.985
	4	288.79	280.17	285.39	138.95	1.99	

Fuente: Campuzano. G, 2018

**Tabla 3.4** Determinación de densidad sin parafina

Método	Muestra	Masa (gr)	P <sub>s</sub> (gr)	P <sub>sat</sub> (gr)	P <sub>H</sub> (gr)	P <sub>ap</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	P <sub>promedio</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )
NTE	1	374.65	363.12	391.06	203.73	1.94	1.955
INEN	2	443.7	430.83	453.46	235.16	1.97	

Fuente: Campuzano. G, 2018

### 3.3.3 Ensayo Uniaxial

A través del ensayo se establece que la máxima tensión de la roca es de 19.3 N/mm<sup>2</sup> que equivale a 19.3 Mega pascales (Mpa). En el **Anexo 8** se adjunta el reporte de éste ensayo realizado en el laboratorio de suelos y rocas de la FICT.

### 3.3.4 Granulometría

Los resultados del análisis granulométrico que permiten obtener el porcentaje de finos de cada muestra se exponen en las **Tablas 3.5, 3.6, 3.7 y 3.8**, para obtener la curva granulométrica en los **Figuras 3.3, 3.4, 3.5 y 3.6**.

### **ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE MUESTRA 1**

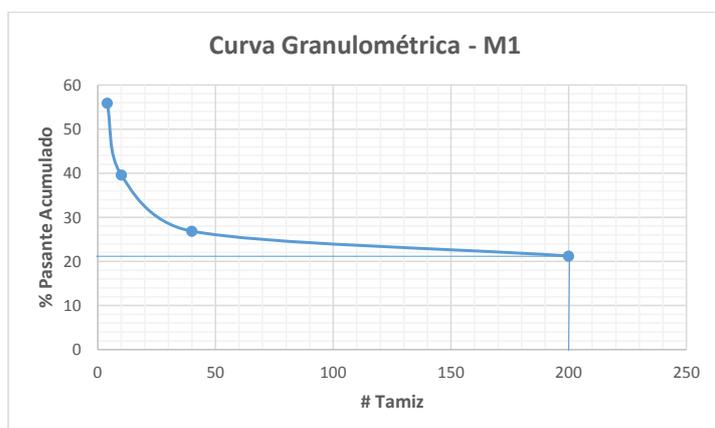
Referencias: AASHTO T-87, T-88, ASTM D421-85(2007), D422-63(2007)

**Proyecto:** Diseño de explotación minera de materiales de construcción de la comuna Prosperidad-Santa Elena. **Fecha:** Agosto de 2018

**Tabla 3.5** Análisis granulométrico de la muestra 1.

# Tamiz	Abertura (mm)	Peso parcial	% Retenido	% Retenido acumulado	% Pasante acumulado
No. 4	4.750	136.42	44.12	44.12	55.88
No. 10	2.000	50.33	16.28	60.40	39.60
No. 40	0.425	39.43	12.75	73.15	26.85
No. 200	0.075	17.40	5.63	78.77	21.23
<b>Fondo</b>		65.64	21.23	100.00	0
<b>Total</b>		309.22	100		

Fuente: Campuzano, G, 2018



**Figura 3.3** Curva granulométrica de la muestra 1.

Fuente: Campuzano, G, 2018

% de Finos de M1 (Pasante malla 200): **21.23%**

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE MUESTRA 2

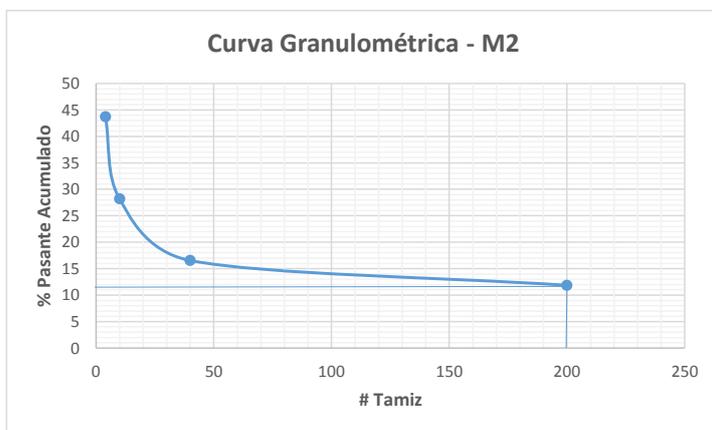
Referencias: AASHTO T-87, T-88, ASTM D421-85(2007), D422-63(2007)

**Proyecto:** Diseño de explotación minera de materiales de construcción de la comuna Prosperidad-Santa Elena. **Fecha:** Agosto de 2018

**Tabla 3.6** Análisis granulométrico de la muestra 2.

# Tamiz	Abertura (mm)	Peso parcial	% Retenido	% Retenido acumulado	% Pasante acumulado
<b>No. 4</b>	4.750	171.18	56.31	56.31	43.69
<b>No. 10</b>	2.000	47.1	15.49	71.80	28.20
<b>No. 40</b>	0.425	35.44	11.66	83.46	16.54
<b>No. 200</b>	0.075	14.22	4.68	88.14	11.86
<b>Fondo</b>			36.08	11.87	100.00
<b>Total</b>			304.02	100.00	

Fuente: Campuzano. G, 2018



**Figura 3.4** Curva granulométrica de la muestra 2.

Fuente: Campuzano. G, 2018

% de Finos de M2 (Pasante malla 200): **11.86%**

### **ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE MUESTRA 3**

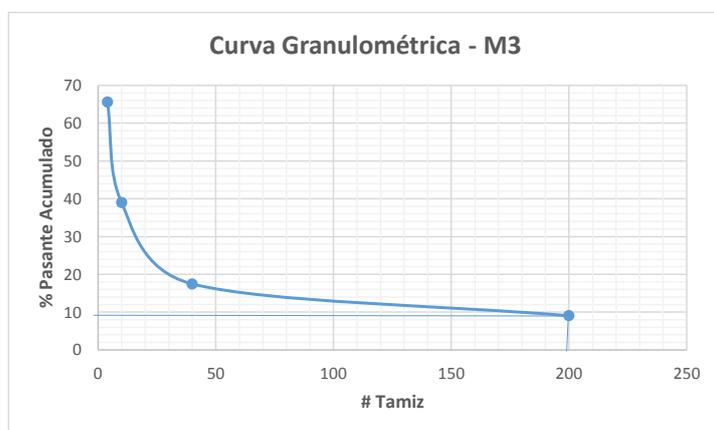
Referencias: AASHTO T-87, T-88, ASTM D421-85(2007), D422-63(2007)

**Proyecto:** Diseño de explotación minera de materiales de construcción de la comuna **Fecha:** Agosto de 2018  
Prosperidad-Santa Elena.

**Tabla 3.7** Análisis granulométrico de la muestra 3.

# Tamiz	Abertura (mm)	Peso parcial	% Retenido	% Retenido acumulado	% Pasante acumulado
<b>No. 4</b>	4.750	106.23	34.39	34.39	65.61
<b>No. 10</b>	2.000	82.26	26.63	61.02	38.98
<b>No. 40</b>	0.425	66.49	21.52	82.54	17.46
<b>No. 200</b>	0.075	26.01	8.42	90.96	9.04
<b>Fondo</b>			27.94	9.04	100.00
<b>Total</b>			308.93	100.00	

Fuente: Campuzano. G, 2018



**Figura 3.5** Curva granulométrica de la muestra 3.

Fuente: Campuzano. G, 2018

**% de Finos de M3 (Pasante malla 200): 9.04%**

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE MUESTRA 4

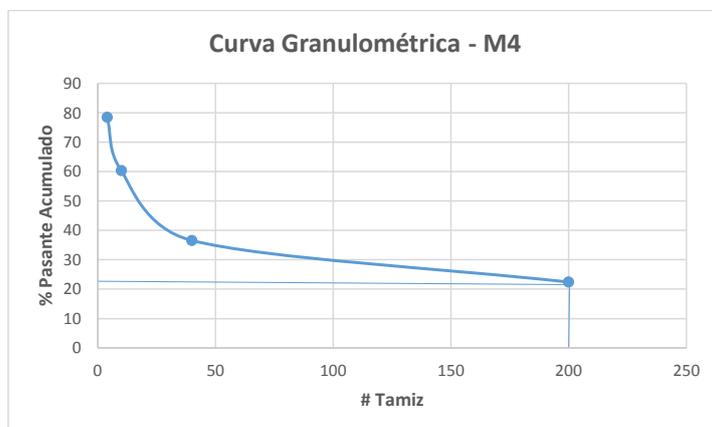
Referencias: AASHTO T-87, T-88, ASTM D421-85(2007), D422-63(2007)

**Proyecto:** Diseño de explotación minera de materiales de construcción de la comuna Prosperidad-Santa Elena. **Fecha:** Agosto de 2018

**Tabla 3.8** Análisis granulométrico de la muestra 4.

# Tamiz	Abertura (mm)	Peso parcial	% Retenido	% Retenido acumulado	% Pasante acumulado
<b>No. 4</b>	4.750	69.82	21.60	21.6	78.4
<b>No. 10</b>	2.000	58.5	18.10	39.70	60.30
<b>No. 40</b>	0.425	76.8	23.76	63.46	36.54
<b>No. 200</b>	0.075	45.73	14.15	77.60	22.40
<b>Fondo</b>			72.4	22.40	100.00
<b>Total</b>			323.25	100.00	

Fuente: Campuzano. G, 2018



**Figura 3.6** Curva granulométrica de la muestra 4.

Fuente: Campuzano. G, 2018

% de Finos de M4 (Pasante malla 200): **22.40%**

### 3.3.5 Límites de Atterberg

Los límites líquidos de las muestras se determinan mediante las **Tablas 3.9, 3.12, 3.15 y 3.18** para su análisis en las **Figuras 3.7, 3.8, 3.9 y 3.10**.

Los límites plásticos de las muestras se determinan mediante las **Tablas 3.10, 3.13, 3.16 y 3.19**, para finalmente obtener los resultados del ensayo correspondiente a cada muestra en las **Tablas 3.11, 3.14, 3.17 y 3.20**.

#### LÍMITES LÍQUIDO Y PLÁSTICO, ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LA MUESTRA 1

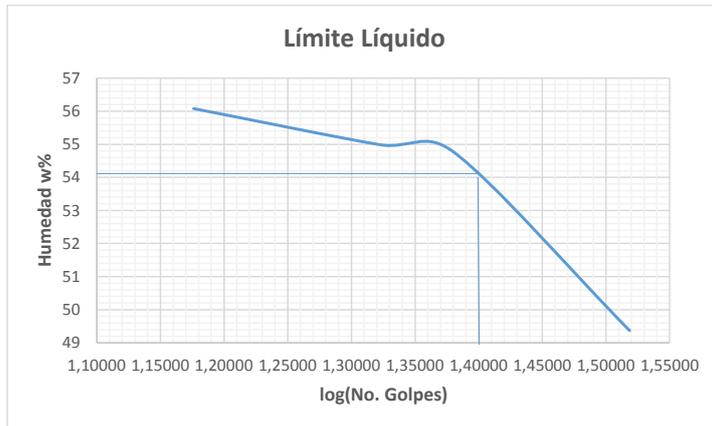
Referencia: ASTM D4318-10, AASHTO T-89, AASHTO T-90

**Proyecto:** Diseño de explotación minera de materiales de construcción de la comuna Prosperidad-Santa Elena. **Fecha:** Agosto de 2018

**Tabla 3.9** Análisis del límite líquido de la muestra 1.

LÍMITE LÍQUIDO				
No. Ensayo	1	2	3	4
Wh+r	13.2	15.4	13.8	13.3
Ws+r	10.71	12.17	11.22	10.54
r (recipiente)	6.27	6.26	6.31	6.16
Ww	2.49	3.23	2.58	2.36
Ws	4.44	5.91	4.71	4.78
w%	56.08	54.99	54.77	49.37
No. Golpes	15	21	24	33
Log (No.Golpes)	1.18	1.32	1.38	1.52

Fuente: Campuzano, G, 2018



**Figura 3.7** Curva humedad vs. número de golpes de la muestra 1.

Fuente: Campuzano, G, 2018

**Tabla 3.10** Análisis del límite plástico de la muestra 1.

<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>			
<b>No. Ensayo</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Wh+r</b>	9.30	8.80	8.00
<b>Ws+r</b>	8.59	8.24	7.60
<b>r(recipiente)</b>	6.11	6.31	6.30
<b>Ww</b>	0.71	0.56	0.40
<b>Ws</b>	2.48	1.93	1.30
<b>w%</b>	28.63	29.02	30.77

Fuente: Campuzano, G, 2018

**Tabla 3.11** Resultados de los límites de Atterberg de la muestra 1.

<b>Límite Líquido (WL %)</b>	54.10
<b>Límite Plástico (WP %)</b>	29.47
<b>Índice de Plasticidad (IP=WL-WP)</b>	24.63

Fuente: Campuzano, G, 2018

**Lugar del ensayo:** Laboratorio de mecánica de suelos, rocas y resistencia de materiales de “Ing. Raúl Maruri”, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra – ESPOL

## LÍMITES LÍQUIDO Y PLÁSTICO, ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LA MUESTRA 2

Referencia: ASTM D4318-10, AASHTO T-89, AASHTO T-90

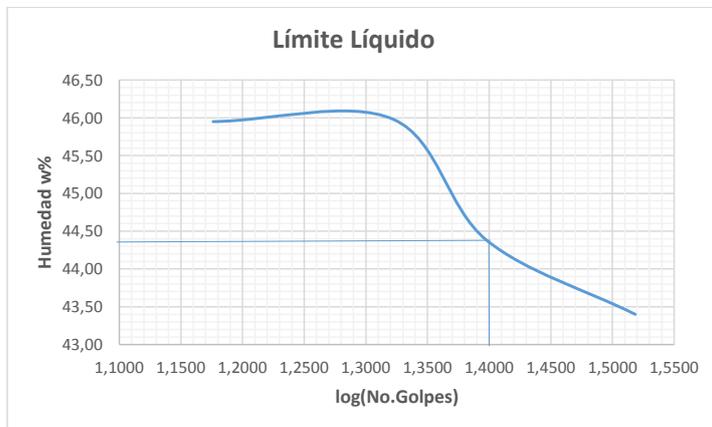
**Proyecto:** Diseño de explotación minera de materiales de construcción de la comuna Prosperidad-Santa Elena.

**Fecha:** Agosto de 2018

**Tabla 3.12** Análisis del límite líquido de la muestra 2.

LÍMITE LÍQUIDO				
No. Ensayo	1	2	3	4
Wh+r	17.40	15.40	13.90	14.00
Ws+r	13.77	12.37	11.61	11.63
r(recipiente)	5.87	5.78	6.45	6.17
Ww	3.63	3.03	2.29	2.37
Ws	7.90	6.59	5.16	5.46
w%	45.95	45.98	44.38	43.40
No. Golpes	15	21	25	33
log(No.Golpes)	1.18	1.32	1.40	1.52

Fuente: Campuzano, G, 2018



**Figura 3.8** Curva humedad vs. número de golpes de la muestra 2.

Fuente: Campuzano, G, 2018

**Tabla 3.13** Análisis del límite plástico de la muestra 2.

<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>			
<b>No. Ensayo</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Wh+r</b>	7.90	8.40	8.80
<b>Ws+r</b>	7.47	7.86	8.17
<b>r(recipiente)</b>	6.08	6.14	6.06
<b>Ww</b>	0.43	0.54	0.63
<b>Ws</b>	1.39	1.72	2.11
<b>w%</b>	30.94	31.39	29.86

Fuente: Campuzano, G, 2018

**Tabla 3.14** Resultados de los límites de Atterberg de la muestra 2.

<b>Límite Líquido (WL %)</b>	44.38
<b>Límite Plástico (WP %)</b>	30.73
<b>Índice de Plasticidad (IP=WL-WP)</b>	13.65

Fuente: Campuzano, G, 2018

**Lugar del ensayo:** Laboratorio de mecánica de suelos, rocas y resistencia de materiales de "Ing. Raúl Maruri", Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra – ESPOL

### LÍMITES LÍQUIDO Y PLÁSTICO, ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LA MUESTRA 3

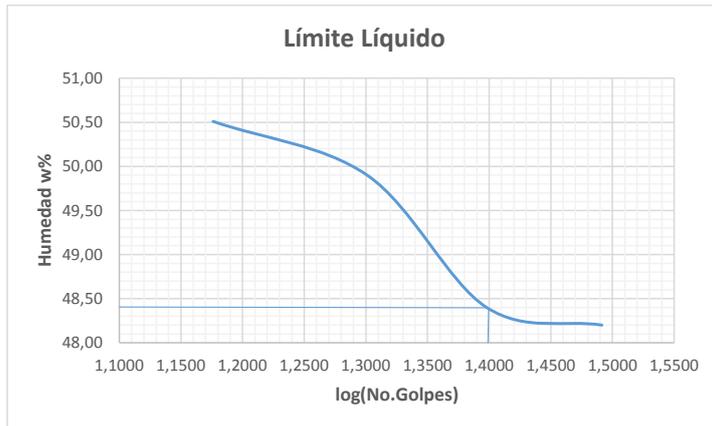
Referencia: ASTM D4318-10, AASHTO T-89, AASHTO T-90

**Proyecto:** Diseño de explotación minera de materiales de construcción de la comuna **Fecha:** Agosto de 2018 Prosperidad-Santa Elena.

**Tabla 3.15** Análisis del límite líquido de la muestra 3.

<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>				
<b>No. Ensayo</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Wh+r</b>	14.90	14.70	12.30	16.40
<b>Ws+r</b>	11.95	11.90	10.21	12.97
<b>r(recipiente)</b>	6.11	6.29	5.89	5.85
<b>Ww</b>	2.95	2.80	2.09	3.43
<b>Ws</b>	5.84	5.61	4.32	7.12
<b>w%</b>	50.51	49.90	48.40	48.20
<b>No. Golpes</b>	15	20	25	30
<b>log(No.Golpes)</b>	1.18	1.30	1.40	1.48

Fuente: Campuzano, G, 2018



**Figura 3.9** Curva humedad vs. número de golpes de la muestra 3.

Fuente: Campuzano, G, 2018

**Tabla 3.16** Análisis del límite plástico de la muestra 3.

<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>			
<b>No. Ensayo</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Wh+r</b>	9.00	7.80	9.70
<b>Ws+r</b>	8.31	7.37	8.85
<b>r(recipiente)</b>	6.08	8.77	6.07
<b>Ww</b>	0.69	0.43	0.85
<b>Ws</b>	2.23	1.40	2.78
<b>w%</b>	30.94	30.71	30.58

Fuente: Campuzano, G, 2018

**Tabla 3.17** Resultados de los límites de Atterberg de la muestra 3.

<b>Límite Líquido (WL %)</b>	48.40
<b>Límite Plástico (WP %)</b>	30.74
<b>Índice de Plasticidad (IP=WL-WP)</b>	17.66

Fuente: Campuzano, G, 2018

**Lugar del ensayo:** Laboratorio de mecánica de suelos, rocas y resistencia de materiales de "Ing. Raúl Maruri", Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra – ESPOL

## LÍMITES LÍQUIDO Y PLÁSTICO, ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LA MUESTRA 4

Referencia: ASTM D4318-10, AASHTO T-89, AASHTO T-90

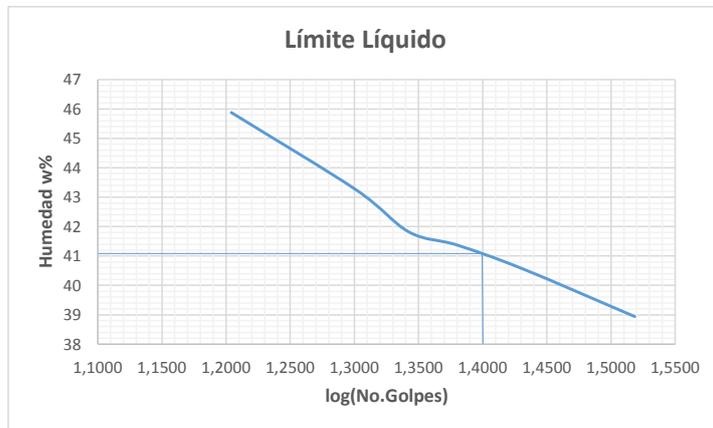
**Proyecto:** Diseño de explotación minera de materiales de construcción de la comuna Prosperidad-Santa Elena.

**Fecha:** Agosto de 2018

**Tabla 3.18** Análisis del límite líquido de la muestra 4.

LÍMITE LÍQUIDO						
No. Ensayo	1	2	3	4	5	6
Wh+r	14.80	15.20	15.00	18.50	14.10	12.00
Ws+r	12.13	12.44	12.34	14.88	11.80	10.31
r(recipiente)	6.31	6.06	5.98	6.13	6.13	5.97
Ww	2.67	2.76	2.66	3.62	2.30	1.69
Ws	5.82	6.38	6.36	8.75	5.67	4.34
w%	45.88	43.26	41.82	41.37	40.56	38.94
No. Golpes	16	20	22	24	27	33
log(No.Golpes)	1.20	1.30	1.34	1.38	1.43	1.52

Fuente: Campuzano, G, 2018



**Figura 3.10** Curva humedad vs. número de golpes de la muestra 4.

Fuente: Campuzano, G, 2018

**Tabla 3.19** Análisis del límite plástico de la muestra 4.

<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>			
<b>No. Ensayo</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Wh+r</b>	9.51	8.98	8.22
<b>Ws+r</b>	8.87	8.44	7.81
<b>r(recipiente)</b>	6.13	6.08	5.40
<b>Ww</b>	0.64	0.54	0.41
<b>Ws</b>	2.74	2.36	1.87
<b>w%</b>	23.36	22.88	21.93

Fuente: Campuzano. G, 2018

**Tabla 3.20** Resultados de los límites de Atterberg de la muestra 4.

<b>Límite Líquido (WL %)</b>	41.10
<b>Límite Plástico (WP %)</b>	22.72
<b>Índice de Plasticidad (IP=WL-WP)</b>	18.38

Fuente: Campuzano. G, 2018

**Lugar del ensayo:** Laboratorio de mecánica de suelos, rocas y resistencia de materiales de "Ing. Raúl Maruri", Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra – ESPOL

### 3.3.6 Abrasión de los Ángeles

El ensayo corresponde a una gradación de tipo A, con una carga de 12 esferas y un peso de 5000±25 gr., dando como resultado el porcentaje de desgaste de cada muestra en las **Tablas 3.22, 3.24, 3.26 y 3.28.**

## ABRASIÓN DE LOS ÁNGELES DE LA MUESTRA 1

Referencia: ATM C131-94

**Proyecto:** Diseño de explotación minera de materiales de construcción de la comuna Prosperidad-Santa Elena. **Fecha:** Agosto de 2018

**Tabla 3.21** Carga de la muestra 1.

<b>Granulometría de las muestras a ensayarse</b>			
<b>Tamices</b>		<b>Peso en gramos</b>	
<b>Pasante tamiz</b>	<b>Retenido tamiz</b>	<b>Gradación A</b>	<b>Peso (gr.)</b>
3"	2 1/2"	1250±25	1252
2 1/2"	2"	1250±25	1252
2"	1 1/2"	1250±10	1260
1 1/2"	1"	1250±10	1240
Peso inicial =			5004

Fuente: Campuzano, G, 2018

**Tabla 3.22** Porcentaje de desgaste de la muestra 1.

<b>Gradación tipo:</b>	A
<b>Peso inicial (PI)</b>	5004 gr.
<b>Peso final (PF)</b>	3306 gr.
$\% = \frac{PI - PF}{PI} * 100$	<b>33.93 %</b>

Fuente: Campuzano, G, 2018

**Lugar del ensayo:** Laboratorio de mecánica de suelos, rocas y resistencia de materiales de "Ing. Raúl Maruri", Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra – ESPOL

## **ABRASIÓN DE LOS ÁNGELES DE LA MUESTRA 2**

Referencia: ATM C131-94

**Proyecto:** Diseño de explotación minera de materiales de construcción de la comuna Prosperidad-Santa Elena. **Fecha:** Agosto de 2018

**Tabla 3.23** Carga de la muestra 2.

<b>Granulometría de las muestras a ensayarse</b>			
<b>Tamices</b>		<b>Peso en gramos</b>	
<b>Pasante tamiz</b>	<b>Retenido tamiz</b>	<b>Gradación A</b>	<b>Peso (gr.)</b>
3"	2 1/2"	1250±25	1254
2 1/2"	2"	1250±25	1252
2"	1 1/2"	1250±10	1250
1 1/2"	1"	1250±10	1250
Peso inicial =			5006

Fuente: Campuzano, G, 2018

**Tabla 3.24** Porcentaje de desgaste de la muestra 2.

<b>Gradación tipo:</b>	A
<b>Peso inicial (PI)</b>	5006 gr.
<b>Peso final (PF)</b>	3628 gr.
$\% = \frac{PI - PF}{PI} * 100$	<b>27.53 %</b>

Fuente: Campuzano, G, 2018

**Lugar del ensayo:** Laboratorio de mecánica de suelos, rocas y resistencia de materiales de "Ing. Raúl Maruri", Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra – ESPOL

### **ABRASIÓN DE LOS ÁNGELES DE LA MUESTRA 3**

Referencia: ATM C131-94

**Proyecto:** Diseño de explotación minera de materiales de construcción de la comuna Prosperidad-Santa Elena. **Fecha:** Agosto de 2018

**Tabla 3.25** Carga de la muestra 3.

<b>Granulometría de las muestras a ensayarse</b>			
<b>Tamices</b>		<b>Peso en gramos</b>	
<b>Pasante tamiz</b>	<b>Retenido tamiz</b>	<b>Gradación A</b>	<b>Peso (gr.)</b>
3"	2 1/2"	1250±25	1256
2 1/2"	2"	1250±25	1254
2"	1 1/2"	1250±10	1250
1 1/2"	1"	1250±10	1250
Peso inicial =			5010

Fuente: Campuzano. G, 2018

**Tabla 3.26** Porcentaje de desgaste de la muestra 3.

<b>Gradación tipo:</b>	A
<b>Peso inicial (PI)</b>	5010 gr.
<b>Peso final (PF)</b>	2984 gr.
$\% = \frac{PI - PF}{PI} * 100$	<b>40.44 %</b>

Fuente: Campuzano. G, 2018

**Lugar del ensayo:** Laboratorio de mecánica de suelos, rocas y resistencia de materiales de "Ing. Raúl Maruri", Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra – ESPOL

## **ABRASIÓN DE LOS ÁNGELES DE LA MUESTRA 4**

Referencia: ATM C131-94

<b>Proyecto:</b> Diseño de explotación minera de materiales de construcción de la comuna Prosperidad-Santa Elena.	<b>Fecha:</b> Agosto de 2018
---	------------------------------

**Tabla 3.27** Carga de la muestra 4.

<b>Granulometría de las muestras a ensayarse</b>			
<b>Tamices</b>		<b>Peso en gramos</b>	
<b>Pasante tamiz</b>	<b>Retenido tamiz</b>	<b>Gradación A</b>	<b>Peso (gr.)</b>
3"	2 1/2"	1250±25	1254
2 1/2"	2"	1250±25	1254
2"	1 1/2"	1250±10	1252
1 1/2"	1"	1250±10	1250
Peso inicial =			5010

Fuente: Campuzano, G, 2018

**Tabla 3.28** Porcentaje de desgaste de la muestra 4.

<b>Gradación tipo:</b>	A
<b>Peso inicial (PI)</b>	5010 gr.
<b>Peso final (PF)</b>	2674 gr.
$\% = \frac{PI - PF}{PI} * 100$	<b>46.63 %</b>

Fuente: Campuzano, G, 2018

**Lugar del ensayo:** Laboratorio de mecánica de suelos, rocas y resistencia de materiales de "Ing. Raúl Maruri", Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra – ESPOL

### **3.3.7 Proctor**

Los datos iniciales para realizar el ensayo de todas las muestras se muestran en la **Tabla 3.29**, se realiza el análisis de datos del ensayo (**Tablas 3.30, 3.32, 3.34 y 3.36**) para obtener la curva del ensayo Proctor (**Figuras 3.11, 3.12, 3.13 y 3.14**) y así determinar el peso volumétrico máximo y la humedad óptima (**Tablas 3.31, 3.33, 3.35 y 3.37**) de cada muestra.

## PRUEBA PROCTOR DE M1

Referencia: Modificado AASHTO T-180

**Proyecto:** Diseño de explotación minera de materiales de construcción de la comuna Prosperidad-Santa Elena.

**Fecha:** Agosto de 2018

**Tabla 3.29** Datos iniciales para realizar el ensayo para todas las muestras.

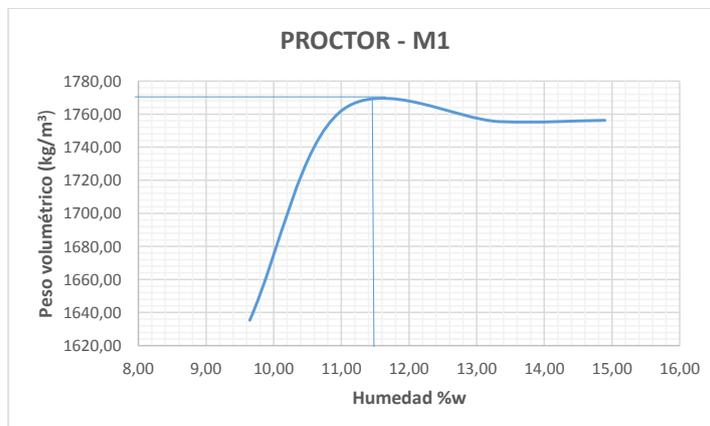
<b>Volumen del cilindro:</b>	0.002127 m <sup>3</sup>	<b>Peso del cilindro:</b>	2.770
<b>Altura de caída del martillo:</b>	18"	<b>Peso del martillo:</b>	10 lbs.
<b>Número de golpes:</b>	56	<b>Número de capas:</b>	5

Fuente: Campuzano, G, 2018

**Tabla 3.30** Análisis de datos del ensayo Proctor de la muestra 1.

Cantidad de agua (ml)	Peso tierra húmeda + rcp (gr.)	Peso tierra seca + rcp (gr.)	Peso del rcp (gr.)	peso de agua	Peso seco (gr.)	W (%)	Peso tierra húmeda + cilindro (kg)	Peso tierra húmeda (kg)	1 + W/100	Peso tierra seca (kg)	Peso volumétrico seco (kg/m <sup>3</sup> )
100	1266.05	1167.55	146.47	98.50	1021.08	9.65	6.586	3.814	1.0965	3.478	1635.38
200	1439.85	1311.9	148.70	127.95	1163.20	11.00	6.932	4.160	1.1100	3.748	1761.99
300	1388.46	1241.93	143.44	146.53	1098.49	13.34	7.004	4.232	1.1334	3.734	1755.49
400	1455.8	1285.46	141.86	170.34	1143.60	14.90	7.064	4.292	1.1490	3.736	1756.27

Fuente: Campuzano, G, 2018



**Figura 3.11** Curva peso volumétrico vs. humedad de la muestra 1.

Fuente: Campuzano, G, 2018

**Tabla 3.31** Resultados del ensayo Proctor de la muestra 1.

<b>Peso volumétrico máximo (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	1770
<b>Humedad óptima (w%)</b>	11.50

Fuente: Campuzano, G, 2018

**Lugar del ensayo:** Laboratorio de mecánica de suelos, rocas y resistencia de materiales de "Ing. Raúl Maruri", Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra – ESPOL

## **PRUEBA PROCTOR DE M2**

Referencia: Modificado AASHTO T-180

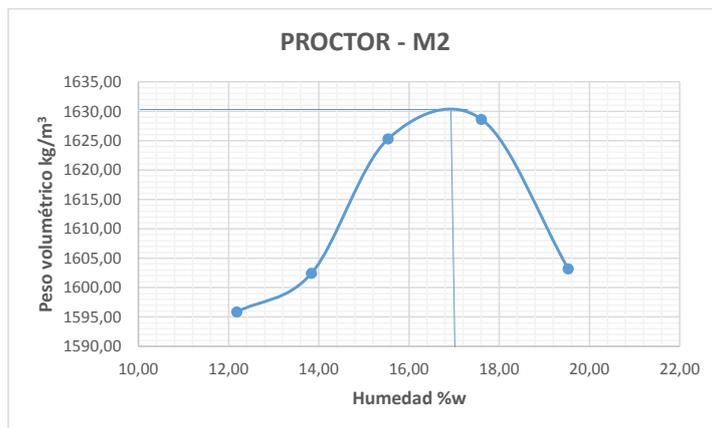
**Proyecto:** Diseño de explotación minera de materiales de construcción de la comuna Prosperidad-Santa Elena.

**Fecha:** Agosto de 2018

**Tabla 3.32** Análisis de datos del ensayo Proctor de la muestra 2.

Cantidad de agua (ml)	Peso tierra húmeda + rcp (gr.)	Peso tierra seca + rcp (gr.)	Peso del rcp (gr.)	peso de agua	Peso seco (gr.)	W (%)	Peso tierra húmeda + cilindro (kg)	Peso tierra húmeda (kg)	1 + W/100	Peso tierra seca (kg)	Peso volumétrico seco (kg/m <sup>3</sup> )
100	1128.48	1021.6	144.40	106.88	877.20	12.18	6.580	3.808	1.1218	3.394	1595.87
200	1111.98	995.18	151.10	116.80	844.08	13.84	6.652	3.880	1.1384	3.408	1602.43
300	1194.64	1053.67	146.21	140.97	907.46	15.53	6.766	3.994	1.1553	3.457	1625.28
400	1300.01	1126.86	143.44	173.15	983.42	17.61	6.846	4.074	1.1761	3.464	1628.62
500	1415.14	1209.6	157.30	205.54	1052.30	19.53	6.848	4.076	1.1953	3.410	1603.17

Fuente: Campuzano, G, 2018



**Figura 3.12** Curva peso volumétrico vs. humedad de la muestra 2.

Fuente: Campuzano, G, 2018

**Tabla 3.33** Resultados del ensayo Proctor de la muestra 2.

<b>Peso volumétrico máximo (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	1630
<b>Humedad óptima (w%)</b>	17

Fuente: Campuzano, G, 2018

**Lugar del ensayo:** Laboratorio de mecánica de suelos, rocas y resistencia de materiales de "Ing. Raúl Maruri", Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra – ESPOL

### **PRUEBA PROCTOR DE M3**

Referencia: Modificado AASHTO T-180

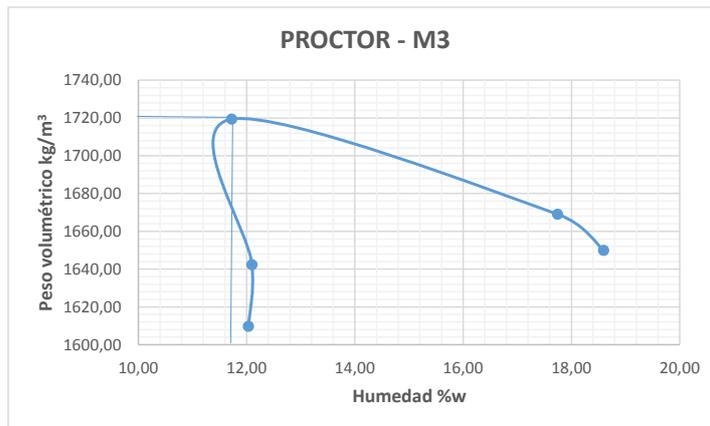
**Proyecto:** Diseño de explotación minera de materiales de construcción de la comuna Prosperidad-Santa Elena.

**Fecha:** Agosto de 2018

**Tabla 3.34** Análisis de datos del ensayo Proctor de la muestra 3.

Cantidad de agua (ml)	Peso tierra húmeda + rcp (gr.)	Peso tierra seca + rcp (gr.)	Peso del rcp (gr.)	peso de agua	Peso seco (gr.)	W (%)	Peso tierra húmeda + cilindro (kg)	Peso tierra húmeda (kg)	1 + W/100	Peso tierra seca (kg)	Peso volumétrico seco (kg/m <sup>3</sup> )
100	1270.64	1149.54	143.44	121.10	1006.10	12.04	6.608	3.836	1.1204	3.424	1609.72
200	1185.58	1073.4	146.21	112.18	927.19	12.10	6.688	3.916	1.1210	3.493	1642.38
300	1512.59	1368.72	141.86	143.87	1226.86	11.73	6.858	4.086	1.1173	3.657	1719.39
400	1266.14	1098.1	151.10	168.04	947.00	17.74	6.952	4.180	1.1774	3.550	1669.05
500	1486.11	1275.72	144.40	210.39	1131.32	18.60	6.934	4.162	1.1860	3.509	1649.91

Fuente: Campuzano, G, 2018



**Figura 3.13** Curva peso volumétrico vs. humedad de la muestra 3.

Fuente: Campuzano, G, 2018

**Tabla 3.35** Resultados del ensayo Proctor de la muestra 3.

<b>Peso volumétrico máximo (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	1720
<b>Humedad óptima (w%)</b>	11.75

Fuente: Campuzano, G, 2018

**Lugar del ensayo:** Laboratorio de mecánica de suelos, rocas y resistencia de materiales de "Ing. Raúl Maruri", Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra – ESPOL

### **PRUEBA PROCTOR DE M4**

Referencia: Modificado AASHTO T-180

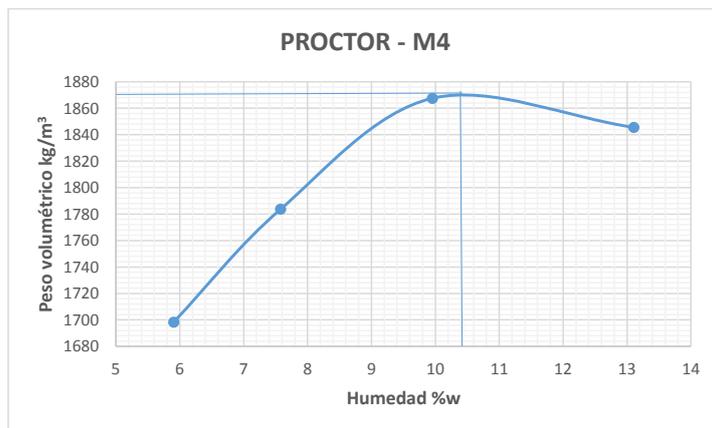
**Proyecto:** Diseño de explotación minera de materiales de construcción de la comuna Prosperidad-Santa Elena.

**Fecha:** Agosto de 2018

**Tabla 3.36** Análisis de datos del ensayo Proctor de la muestra 4.

Cantidad de agua (ml)	Peso tierra húmeda + rcp (gr.)	Peso tierra seca + rcp (gr.)	Peso del rcp (gr.)	peso de agua	Peso seco (gr.)	W (%)	Peso tierra húmeda + cilindro (kg)	Peso tierra húmeda (kg)	I + W/100	Peso tierra seca (kg)	Peso volumétrico seco (kg/m <sup>3</sup> )
75	1399.81	1330.2	151.75	69.61	1178.45	5.91	6.598	3.826	1.0591	3.613	1698.45
150	1402.26	1314.4	155.69	87.86	1158.71	7.58	6.854	4.082	1.0758	3.794	1783.87
250	1319.64	1211.45	148.83	108.19	1062.62	10.18	7.044	4.272	1.1018	3.877	1822.87
350	1247.9	1149.16	157.67	98.74	991.49	9.96	7.140	4.368	1.0996	3.972	1867.61
450	1300.09	1167.08	152.30	133.01	1014.78	13.11	7.212	4.440	1.1311	3.925	1845.55

Fuente: Campuzano, G, 2018



**Figura 3.14** Curva peso volumétrico vs. humedad de la muestra 4.

Fuente: Campuzano, G, 2018

**Tabla 3.37** Resultados del ensayo Proctor de la muestra 4.

<b>Peso volumétrico máximo (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	1870
<b>Humedad óptima (w%)</b>	10.40

Fuente: Campuzano, G, 2018

**Lugar del ensayo:** Laboratorio de mecánica de suelos, rocas y resistencia de materiales de "Ing. Raúl Maruri", Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra – ESPOL

### 3.3.8 CBR

El ensayo se lo realizó con los datos iniciales de la **Tabla 3.38**, posteriormente se procede con el análisis antes y después de la inmersión, e hinchamiento de las muestras (**Tablas 3.39 y 3.42**), luego se registra la carga de penetración y unitaria (**Tablas 3.40 y 3.44**). Se analiza la curva carga unitaria vs. penetración de los 3 ensayos correspondientes a cada muestra (**Figuras 3.15, 3.16, 3.17, 3.19, 3.20 y 3.21**), después se analiza la curva número CBR vs. densidad seca de la muestra después de la inmersión (**Figuras 3.18 y 3.22**) para finalmente obtener el número CBR como se muestran en las **Tablas 3.41 y 3.45**.

#### PRUEBA CBR PARA MUESTRA 1

Referencia: ASTM D 1883 - 07

<b>Proyecto:</b> Diseño de explotación minera de materiales de construcción de la comuna Prosperidad-Santa Elena.	<b>Fecha:</b> Agosto de 2018
---	------------------------------

**Tabla 3.38** Datos iniciales para realizar el ensayo a la muestra 1.

<b>Molde No.:</b> 11, 14, 15	<b>Peso del molde (kg):</b> 4.206, 4.220, 4.200	<b>Volumen del molde:</b> 0.002127 m <sup>3</sup>
<b>No. de golpes/capa:</b> 56, 25, 12	<b>No. de capas:</b> 5	<b>Peso del martillo:</b> 10 lbs.

Fuente: Campuzano. G, 2018

**Tabla 3.39** Análisis de ensayos antes y después de la inmersión, e hinchamiento de la muestra 1.

<b>Número de ensayos</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>ANTES DE LA INMERSIÓN</b>				
<b>HUMEDAD</b>	<b>Wh+r</b>	279.79	270.96	265.08
	<b>Ws+r</b>	259.51	249.78	244.19
	<b>Ww</b>	20.28	21.18	20.89
	<b>r</b>	69.07	68.16	66.18
	<b>Ws</b>	190.44	181.62	178.01
	<b>W%</b>	10.65	11.66	11.74
<b>Molde+Suelo húmedo</b>		8.516	8.156	7.932
<b>Molde</b>		4.206	4.22	4.2

<b>Suelo húmedo</b>		4.31	3.936	3.732
<b>Suelo seco</b>		3.895	3.525	3.340
<b>Densidad húmeda</b>		2026.328	1850.494	1754.584
<b>Densidad seca</b>		1831.311	1657.232	1570.304
<b>DESPUES DE LA INMERSIÓN</b>				
<b>HUMEDAD</b>	<b>Wh+r</b>	186.5	184	188.4
	<b>Ws+r</b>	168.4	166.6	167.84
	<b>Ww</b>	18.1	17.4	20.56
	<b>r</b>	71.14	70.9	69.3
	<b>Ws</b>	97.26	95.7	98.54
	<b>W%</b>	18.61	18.18	20.86
<b>Molde+Suelo húmedo</b>		8.832	8.532	8.38
<b>Molde</b>		4.206	4.22	4.2
<b>Suelo húmedo</b>		4.626	4.312	4.18
<b>Suelo seco</b>		3.900	3.649	3.458
<b>Densidad húmeda</b>		2174.894	2027.268	1965.209
<b>Densidad seca</b>		1833.653	1715.381	1625.959
<b>HINCHAMIENTO</b>				
<b>Lectura inicial</b>		0+00	0+00	0+00
<b>24 horas</b>		0+32	0+16	0+27
<b>48 horas</b>		0+38	0+21	0+32
<b>72 horas</b>		0+40	0+24	0+32
<b>96 horas</b>		0+43	0+26	0+36

Fuente: Campuzano, G, 2018

Tabla 3.40 Carga de penetración y unitaria de la muestra 1.

Número de ensayos	1	2	3	1	2	3
	Carga de penetración			Carga de penetración (lbs.)		
1.27mm	34	19	6	341.22	190.68	60.22
2.54mm	87	39	9	873.13	391.40	90.32
3.81mm	144	52	12	1445.19	521.87	120.43
5.08mm	190	64	15	1906.84	642.30	150.54
7.62mm	254	84	21	2549.15	843.02	210.76
10.16mm	299	101	27	3000.77	1013.64	270.97

12.70mm	329	114	34	3301.85	1144.11	341.22
	<b>Carga unitaria (lbs/pulg<sup>2</sup>)</b>			<b>Carga unitaria (kg/cm<sup>2</sup>)</b>		
1.27mm	173.21	96.79	30.57	12.12	6.78	2.14
2.54mm	443.21	198.68	45.85	31.03	13.91	3.21
3.81mm	733.60	264.91	61.13	51.35	18.54	4.28
5.08mm	967.94	326.04	76.42	67.76	22.82	5.35
7.62mm	1293.98	427.93	106.98	90.58	29.96	7.49
10.16mm	1523.23	514.54	137.55	106.63	36.02	9.63
12.70mm	1676.06	580.76	173.21	117.32	40.65	12.12

Fuente: Campuzano, G, 2018

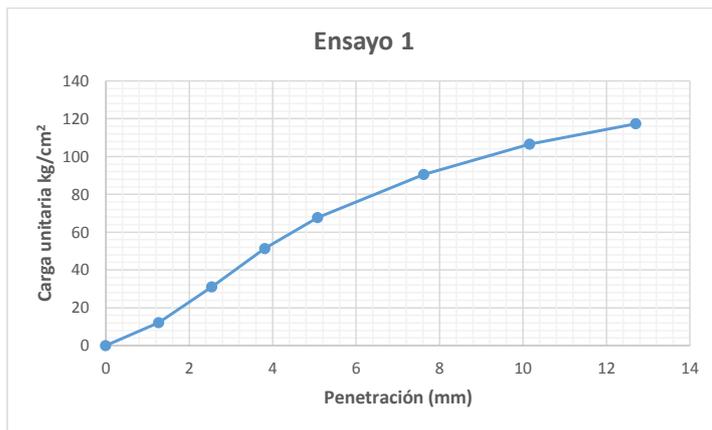


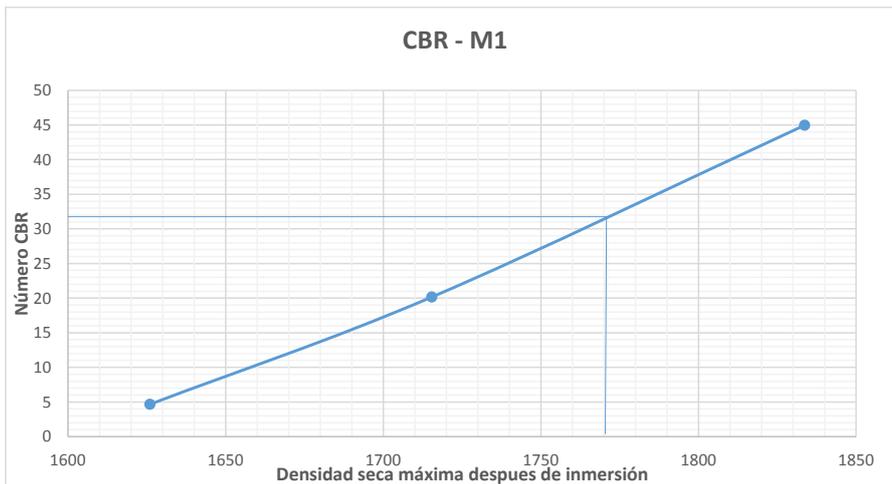
Figura 3.15 Curva carga unitaria vs. penetración del ensayo 1.  
Fuente: Campuzano, G, 2018



**Figura 3.16** Curva carga unitaria vs. penetración del ensayo 2.  
**Fuente:** Campuzano, G, 2018



**Figura 3.17** Curva carga unitaria vs. penetración del ensayo 3.  
**Fuente:** Campuzano, G, 2018



**Figura 3.18** Curva número CBR vs. densidad seca máxima después de la inmersión de la muestra 1.  
Fuente: Campuzano, G, 2018

**Tabla 3.41** CBR de la muestra 1.

<b>C.B.R. (%)</b>	<b>32</b>
-------------------	-----------

Fuente: Campuzano, G, 2018

**Lugar del ensayo:** Laboratorio de mecánica de suelos, rocas y resistencia de materiales de "Ing. Raúl Maruri", Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra – ESPOL

### PRUEBA CBR PARA MUESTRA 2

Referencia: ASTM D 1883 - 07

<b>Proyecto:</b> Diseño de explotación minera de materiales de construcción de la comuna Prosperidad-Santa Elena.	<b>Fecha:</b> Agosto de 2018
---	------------------------------

**Tabla 3.42** Datos iniciales para realizar el ensayo a la muestra 2.

<b>Molde No.:</b> 1, 2, 3	<b>Peso del molde (kg):</b> 4.204, 4.220, 4.206	<b>Volumen del molde:</b> 0.002127 m <sup>3</sup>
<b>No. de golpes/capa:</b> 56, 25, 12	<b>No. de capas:</b> 5	<b>Peso del martillo:</b> 10 lbs.

Fuente: Campuzano, G, 2018

Tabla 3.43 Análisis de ensayos antes y después de la inmersión, e hinchamiento de la muestra 2.

Número de ensayos		1	2	3
<b>ANTES DE LA INMERSIÓN</b>				
<b>HUMEDAD</b>	<b>Wh+r</b>	354.15	353.4	339.37
	<b>Ws+r</b>	315.55	313.93	303.74
	<b>Ww</b>	38.6	39.47	35.63
	<b>r</b>	68.52	69.25	71.92
	<b>Ws</b>	247.03	244.68	231.82
	<b>W%</b>	15.63	16.13	15.37
<b>Molde+Suelo húmedo</b>		8.532	8.196	8.044
<b>Molde</b>		4.206	4.22	4.2
<b>Suelo húmedo</b>		4.326	3.976	3.844
<b>Suelo seco</b>		3.741	3.424	3.332
<b>Densidad húmeda</b>		2033.85	1869.30	1807.24
<b>Densidad seca</b>		1759.00	1609.64	1566.48
<b>DESPUES DE LA INMERSIÓN</b>				
<b>HUMEDAD</b>	<b>Wh+r</b>	254.34	268.75	247.85
	<b>Ws+r</b>	228.22	239.18	219.97
	<b>Ww</b>	26.12	29.57	27.88
	<b>r</b>	71	67.49	64.15
	<b>Ws</b>	157.22	171.69	155.82
	<b>W%</b>	16.61	17.22	17.89
<b>Molde+Suelo húmedo</b>		8.66	8.404	8.304
<b>Molde</b>		4.206	4.22	4.2
<b>Suelo húmedo</b>		4.454	4.184	4.104
<b>Suelo seco</b>		3.819	3.569	3.481
<b>Densidad húmeda</b>		2094.03	1967.09	1929.48
<b>Densidad seca</b>		1795.70	1678.08	1636.64
<b>HINCHAMIENTO</b>				
<b>Lectura inicial</b>		0+00	0+00	0+00
<b>24 horas</b>		0+00	0+00	0+15
<b>48 horas</b>		0+00	0+00	0+15
<b>72 horas</b>		0+03	0+01	0+16
<b>96 horas</b>		0+03	0+03	0+16

Fuente: Campuzano, G, 2018

Tabla 3.44 Carga de penetración y unitaria de la muestra 2.

Número de ensayos	1	2	3	1	2	3
	Carga de penetración			Carga de penetración (lbs.)		
1.27mm	74	29	18	742.66	291.04	180.65
2.54mm	118	51	31	1184.25	511.84	311.12
3.81mm	154	71	42	1545.55	712.56	421.51
5.08mm	191	91	53	1916.88	913.28	531.91
7.62mm	252	123	72	2529.07	1234.43	722.59
10.16mm	312	156	90	3131.24	1565.62	903.24
12.70mm	377	189	106	3783.58	1896.81	1063.82
	Carga unitaria (lbs/pulg <sup>2</sup> )			Carga unitaria (kg/cm <sup>2</sup> )		
1.27mm	376.99	147.74	91.70	26.39	10.34	6.42
2.54mm	601.14	259.82	157.93	42.08	18.19	11.05
3.81mm	784.54	361.70	213.97	54.92	25.32	14.98
5.08mm	973.03	463.59	270.00	68.11	32.45	18.90
7.62mm	1283.79	626.61	366.80	89.87	43.86	25.68
10.16mm	1589.46	794.73	458.50	111.26	55.63	32.09
12.70mm	1920.60	962.85	540.01	134.44	67.40	37.80

Fuente: Campuzano, G, 2018

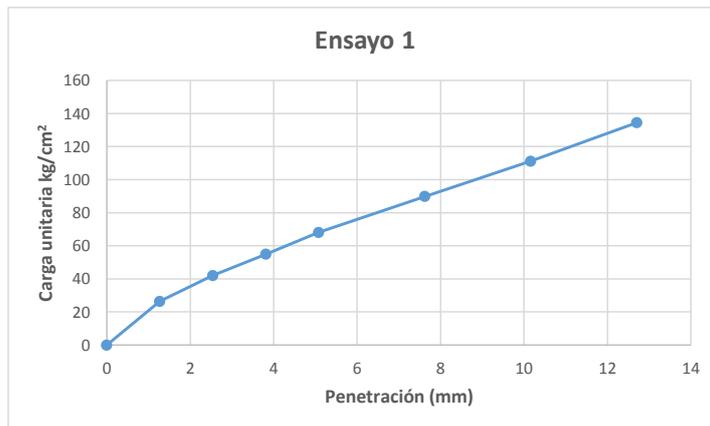


Figura 3.19 Curva carga unitaria vs. penetración del ensayo 1.

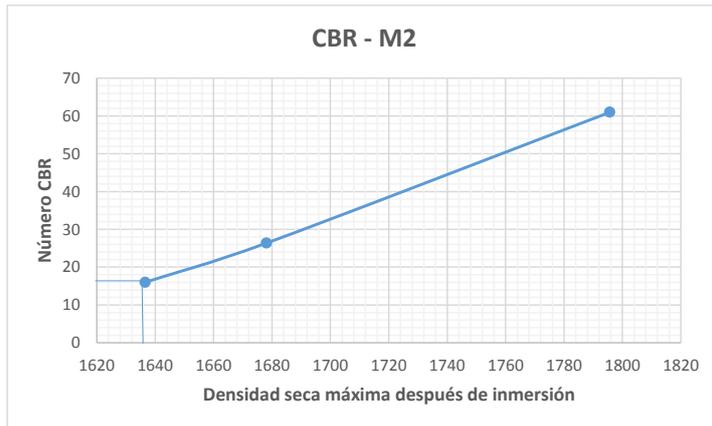
Fuente: Campuzano, G, 2018



**Figura 3.20** Curva carga unitaria vs. penetración del ensayo 2.  
**Fuente:** Campuzano, G, 2018



**Figura 3.21** Curva carga unitaria vs. penetración del ensayo 3.  
**Fuente:** Campuzano, G, 2018



**Figura 3.22** Curva número CBR vs. densidad seca máxima después de la inmersión de la muestra 2.  
Fuente: Campuzano. G, 2018

**Tabla 3.45** CBR de la muestra 2.

<b>C.B.R. (%)</b>	<b>16</b>
-------------------	-----------

Fuente: Campuzano. G, 2018

**Lugar del ensayo:** Laboratorio de mecánica de suelos, rocas y resistencia de materiales de "Ing. Raúl Maruri", Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra – ESPOL

Por medio de los resultados de los ensayos de laboratorio (**Tabla 3.46**) se obtuvieron los porcentajes de finos, porcentaje de desgaste, límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad, Proctor y CBR, con la finalidad de analizar las propiedades físicas de los materiales. Los resultados se resumen en la siguiente tabla:

**Tabla 3.46** Resultado de ensayos de experimentales.

Ensayos	Resultado de ensayos			
	M1	M2	M3	M4
Porcentaje de finos	21.23	11.86	9.04	22.40
Porcentaje de desgaste	33.93	27.53	40.44	46.63
Índice de plasticidad	24.63	13.65	17.66	18.38
Límite líquido	54.10	44.38	48.40	41.10
CBR	32	16	---	---

Fuente: Campuzano. G, 2018

Comparando los resultados obtenidos en los ensayos experimentales de los materiales, se determinó que la muestra 1 es la más apta para subbases y mejoramiento del subrasante, sin embargo, se recomienda realizar estudios posteriores para mejorar la consistencia de los materiales.

### 3.4 Caracterización geomecánica

Para la caracterización geomecánica del macizo rocoso, se clasifica el macizo rocoso según el índice de calidad RMR de Bieniawski en 2 estaciones geomecánicas, de las cuales se realizó el mapeo geomecánico (**Figuras 3.23 y 3.24**), los resultados se resumen en la **Tabla 3.47**.

MAPEO GEOMECAÍNICO - RMR										ESTACIÓN No.	1	
Elaborado por:		Gerald Campuzano Romero			Ubicación:		519724 – 9748958 (WGS84)					
Fecha:		Agosto de 2018			Litología:		Chert alterado					
					Formación:		Grupo Ancón					
SISTEMA RMR												
PARAMETROS		VALOR		RANGO						VALOR		
Resistencia a la compresión simple(MPa)		35.6		>250 (15)	100 – 250(12)	50 – 100 (7)	X	25 – 50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	4		
RQD (%)		30		90-100 (20)	75 – 90 (17)	50 – 75 (13)	X	25 – 50 (8)	<25 (3)	8		
Espaciamiento de discontinuidades (cm)		5		>2m (20)	0.6 – 2m (15)	0.2 – 0.6m (10)		0.06-0.2m (8)	X	<0.06m (5)	5	
Con												
Familia	Buz.	Dir. Buz.	f/m	Persistencia	X	<1m (6)	1 – 3m (4)	3 – 10m (2)	10 – 20m (1)	>20m (0)	6	
J1	88	117	26	Abertura		Nada (6)	<0.1mm (5)	0.1 – 1mm(4)	X	1 – 5mm (1)	1	
J2	86	194	22	Rugosidad		muy rug. (6)	Rugo (5)	X	lig. rug. (3)	Lisa (1)	3	
J3	88	33	19	Relleno		Limpio (6)	Duro-5mm(4)	Duro <5mm(2)	X	Suave-5mm(1)	1	
J4	87	157	28	Alteración		Sana (6)	Lig. Intem(5)	Mod. Intem (3)	X	Muy Intem. (2)	2	
Filtraciones						Seco (15)	X	Húmedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	10
Orientación										-12		
				RMR (Básico)=						40		
				RMR (Corregido)=						28		
				RMR (Condiciones Secas)=						45		
RMR		100 - 81		80 - 61		60 - 41		40 - 21		20 - 0		28 - 45
Descripción		I MUY BUENA		II BUENA		III REGULAR		IV MALA		V MUY MALA		IV - III

Figura 3.23 Mapeo geomecánico No.1.  
Fuente: Campuzano, G, 2018

MAPEO GEOMECÁNICO - RMR										ESTACIÓN No.	2	
Elaborado por:		Gerald Campuzano Romero			Ubicación:		519878 - 9749172 (WGS84)					
Fecha:		Agosto de 2018			Litología:		Chert alterado					
					Formación:		Grupo Ancón					
SISTEMA RMR												
PARAMETROS				VALOR				RANGO				VALOR
Resistencia a la compresión simple(MPa)		42.4		>250 (15)	100 - 250(12)	50 - 100 (7)	X	25 - 50 (4)	<25(2) ;5(1) ;1(0)	4		
RQD (%)		43		90-100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	X	25 - 50 (8)	<25 (3)	8		
Espaciamiento de discontinuidades (cm)		5		>2m (20)	0.6 - 2m (15)	0.2 - 0.6m (10)		0.06-0.2m (8)	X	<0.06m (5)	5	
Con												
Familia	Buz.	Dir. Buz.	fm	Persistencia	X	<1m (6)	1 - 3m (4)	3 - 10m (2)	10 - 20m (1)	>20m (0)	6	
J1	76	355	15	Abertura		Nada (6)	<0.1mm (5)	0.1 - 1mm(4)	X	1 - 5mm (1)	>5mm (0)	
J2	81	242	10	Rugosidad		muy rug. (6)	Rugo (5)	X	lig. rug. (3)	Lisa (1)	esp falla (0)	
J3	79	84	19	Relleno		Limpio (6)	Duro-5mm(4)	Duro-5mm(2)	X	Suave-5mm(1)	Suave-5mm (0)	
J4	69	218	11	Alteración		Sana (6)	Lig. Intem(5)	Mod. Intem (3)	X	Muy Intem. (2)	Descomp. (0)	
Filtraciones						Seco (15)	X	Húmedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	
Orientación										-5		
		RMR (Básico)=								40		
		RMR (Corregido)=								35		
		RMR (Condiciones Secas)=								45		
		RMR		100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0	35 - 45			
		Descripción		I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA	IV - III			

Figura 3.24 Mapeo geomecánico No.2.

Fuente: Campuzano, G, 2018

Tabla 3.47 Resultados de RMR en estaciones geomecánicas.

Estación geomecánica	RMR	Clase	Calidad
1	28 - 45	IV - III	Mala - Media
2	35 - 45	IV - III	Mala - Media

Fuente: Campuzano, G, 2018

Se estimaron la cohesión y el ángulo de fricción interna para el menor valor RMR obtenido (Tabla 3.48), que sirvió para el análisis de estabilidad de taludes.

Tabla 3.48 Calidad de macizos rocosos en relación al índice RMR.

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Ángulo de fricción interna
IV	Mala	30	1.5 kg/cm <sup>2</sup>	20°

Fuente: (González de Vallejo, 2004)

### 3.5 Estimación de costos

Partiendo del análisis de costos por la obtención de permisos y tasas para el otorgamiento de la concesión minera con su respectiva licencia ambiental, así

como los costos por concepto de construcción de la infraestructura de mina, la adquisición de equipos de protección personal y señalética.

Los costos antes descritos son asignados como *inversión fija*, que corresponden a las **Tablas 3.49, 3.50 y 3.51**.

**Tabla 3.49** Costos referentes a la obtención de permisos y tasas.

<b>OBTENCIÓN DE PERMISOS Y TASAS</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Costo (\$)</b>
<b>Concesión minera</b> - Tasas municipales 1RBU/hect. (RBU 2018: \$386)	4632
<b>Licencia ambiental</b>	3000
<b>TOTAL</b>	<b>7632</b>

Fuente: Campuzano, G, 2018

**Tabla 3.50** Costos referentes a la implementación de infraestructura de mina.

<b>INFRAESTRUCTURA DE MINA</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo (\$)</b>
Oficina	1	1000
Bodega	1	1000
Baño	1	1000
Comedor	1	500
Almacenamiento de desechos	1	500
<b>TOTAL</b>		<b>4000</b>

Fuente: Campuzano, G, 2018

**Tabla 3.51** Costos referentes a EPP y señalética.

<b>EPPs y SEÑALÉTICA</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario (\$)</b>	<b>Costo total (\$)</b>
Casco	1	10	10
Barbiquejo	1	3	3
Protección visual	1	5	5
Guantes	1	4	4
Botas de caucho con punta de acero	1	20	20
Protección auditiva	1	5	5
Chaleco	1	5	5
Señalética			300
<b>TOTAL</b>			<b>352</b>

Fuente: Campuzano, G, 2018

Se determinan los **costos directos** que corresponden al alquiler de maquinaria (**Tabla 3.52**) y la mano de obra (**Tabla 3.53**).

**Tabla 3.52** Costos referentes a alquiler de maquinaria.

<b>ALQUILER DE MAQUINARIA (3h/día)</b>				
Descripción	Costo hora (\$)	Costo diario (\$)	Costo mensual (\$)	Costo anual (\$)
Excavadora (cazo 1m <sup>3</sup> )	45	135	3240	<b>38880</b>

Fuente: Campuzano. G, 2018

**Tabla 3.53** Costos referentes a la mano de obra.

<b>MANO DE OBRA</b>			
Personal	Cantidad	Sueldo (\$/mes)	Sueldo (\$/año)
Ing. de Operaciones	1	522.15	7310.1
Trabajador de campo	1	387.23	5421.22
<b>TOTAL</b>			<b>12731.32</b>

Fuente: Campuzano. G, 2018

Se obtienen los **costos indirectos** (**Tabla 3.54**) donde se incluyen las regalías, patentes de conservación, informes de producción, costos de administración, movilización e imprevistos.

**Tabla 3.54** Costos indirectos.

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>		
Regalías	3% de costo de producción Precio referencial: \$6 Producción anual: 28800m <sup>3</sup>	5184
Patentes de conservación	2%RBU/hectárea (12 hectáreas)	92.64
Informes de producción	2 informes/año Costo referencia: \$2000/informe	4000
Administración	2% de costos directos	1032.23
Movilización	1% de costos directos	516.11
Imprevistos	2% de costos directos	1032.23
<b>TOTAL</b>		<b>11857.21</b>

Fuente: Campuzano. G, 2018

Finalmente se calcula el costo unitario para un ritmo de producción de 100m<sup>3</sup>/día:

$$\text{Costo unitario} = \frac{\text{Inversión fija} + \text{Costos directos} + \text{Costos indirectos}}{\frac{288 \text{ días}}{\text{año}} * \text{Producción diaria}} \quad (3.1)$$

$$\text{Costo unitario} = \frac{\$11984 + \$51611.32 + \$11857.21}{\frac{288 \text{ días}}{\text{año}} * 100} = \$2.62/\text{m}^3$$

Siguiendo el mismo procedimiento y basándose en los mismos criterios expuestos anteriormente, se estiman los costos para ritmos de producción de 400 y 800 m<sup>3</sup>/día. En el **Anexo 9** se adjuntan los detalles de dicha estimación de costos.

La estimación de costos permitió establecer el precio unitario sobre la base de un margen de ganancia de 15%, para lo cual se realizó un estudio de la oferta y la demanda del sector (**Tabla 3.55**).

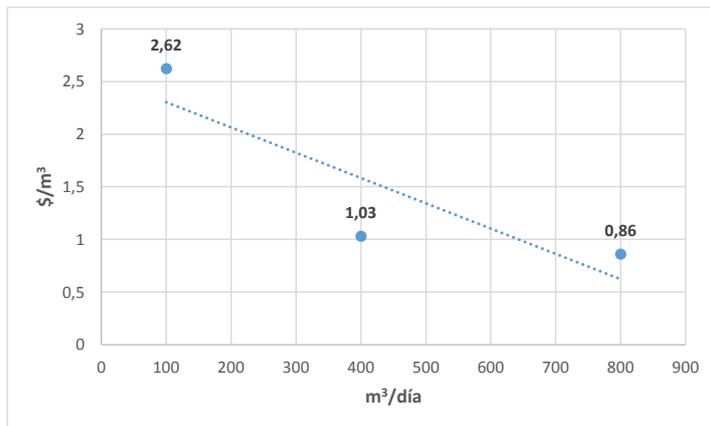
**Tabla 3.55** Demanda de concesiones mineras del sector.

PRODUCCIÓN DE CONCESIONES DEL SECTOR		
Concesión	Código	Producción (m <sup>3</sup> /día)
SALADO 1	24-01-50-006	800
CARMELA 1	24-01-50-005	100
RANCHO ALEGUE 3 Y 5	7000369, 700318	360
DANIEL 3	70000531	150

Fuente: GAD Santa Elena.

Se estimaron los costos para un ritmo de producción de 100, 400 y 800 m<sup>3</sup>/día, ajustando la productividad máxima al límite que establece la Ley de Minería publicada en el Registro Oficial No 517 del 29 de enero de 2009, donde se establecen los límites de ritmo de producción diaria para pequeña minería.

De acuerdo a la estimación de costos se obtiene el gráfico (**Figura 3.25**) que representa el costo unitario para producir un metro cúbico a 100, 400 y 800 m<sup>3</sup>/día.



**Figura 3.25** Tendencia del precio unitario.

Fuente: Campuzano, G, 2018

Al no contar con un estudio de mercado se procede a realizar el diseño de la explotación con el ritmo de producción mínimo. Se conoce que en el sector se comercializa el mismo material meteorizado conocido como cascajo a un precio de \$ 6 /m<sup>3</sup>, por lo que con base en los costos de producción expuestos en el **Figura 3.25**, se propone un precio de venta de **\$3 por m<sup>3</sup>**, que representa un margen de ganancia del 15%. Con la propuesta de pretender ganar competitividad para lograr aumentar los ritmos de producción al máximo valor analizado, maximizando los beneficios obtenidos.

### 3.6 Parámetros del diseño de explotación

#### 3.6.1 Selección del método de explotación

De acuerdo al análisis de los parámetros geométricos y geomecánicos, el yacimiento se encuentra próximo a la superficie, con una potencia de material de recubrimiento (capa vegetal) de aproximadamente 0.3 metros, por lo que se propone el método de explotación a cielo abierto mediante banqueo descendente (cantera).

### 3.6.2 Selección del método de arranque

De acuerdo a la gráfica propuesta por Franklin en 1974 (*Figura 1.1*) donde se relacionan los parámetros geomecánicos del terreno, así como la resistencia a la compresión (19.3 MPa) y el espaciado de discontinuidades (6 cm), es arranque es ripable (tractor).

Para confirmar se analiza el índice de excavabilidad propuesto por Hadjigeorgiou y Scoble (*Tabla 1.5*) en el que de igual manera relaciona la caracterización geomecánica del macizo rocoso y se determina que el macizo es de fácil excavación, por lo tanto, se utiliza maquinaria convencional de arranque mecánico.

### 3.6.3 Selección de maquinaria

Para el arranque y carga se utilizará una retroexcavadora hidráulica (*Figura 3.26*) con un cubo de 1 m<sup>3</sup>, cuyo rendimiento promedio es de 133 m<sup>3</sup>/hora.



**Figura 3.26** Modelo Excavadora hidráulica CAT 320D.

Fuente: Campuzano, G, 2018

### 3.6.4 Rendimiento de maquinaria

#### **Rendimiento del tractor CAT D6T:**

De acuerdo a la fórmula (2.15), se obtiene el rendimiento del tractor como se muestra a continuación:

$$R_{empuje} = \frac{60 * 5.31 * 0.7}{22.65} = 9.85 \frac{m^3}{h}$$

#### **Rendimiento del compactador CAT CS 533E:**

De acuerdo a la fórmula (2.18), se obtiene el rendimiento del compactador como se muestra a continuación:

$$R_c = \frac{2 \frac{km}{h} * \frac{1000m}{1km} * 2.03m * 0.7}{10} = 284.2 \frac{m^2}{h}$$

#### **Rendimiento de la excavadora CAT 320D:**

De acuerdo a la fórmula (2.19), se obtiene el rendimiento del tractor como se muestra a continuación:

$$R_p = \frac{60 * 1 * 0.7 * 0.95}{0.30} = 133 \frac{m^3}{h}$$

### 3.6.5 Altura de banco

Los criterios para establecer la altura del banco son; las propiedades de resistencia de los materiales que componen el banco, las dimensiones de los equipos de arranque, y los parámetros geométricos del yacimiento en el área de estudio, por lo cual se propone una altura de 5 m para garantizar la estabilidad de las operaciones.

### 3.6.6 Ángulo de talud de banco

Se lo calcula en función del coeficiente de Protodyakonov, fórmulas (1.2) y (1.3), que está relacionada a la resistencia a la compresión simple del material.

$$f = \frac{RCS [MPa]}{10} = \frac{19.33}{10} = 1.93$$

$$\phi = \tan^{-1}(1.93) = 62.61^\circ = 60^\circ$$

### 3.6.7 Ancho de berma

Analizado el resultado de la metodología propuesta por Protodyakonov (**Tabla 1.6**), se selecciona un ángulo de talud en receso de  $40^\circ$ , que garantiza la seguridad y estabilidad de la operación. Este resultado es uno de los parámetros necesarios para determinar el ancho de berma con la fórmula (1.4).

Por lo tanto;

$$W = 5(ctg40 - ctg60) = 3.07 \cong 3.1m$$

### 3.6.8 Ancho de vía

El ancho de vía es proporcional al ancho del volquete de mayor envergadura que circulará por ella para realizar las operaciones de transporte. Se ha determinado este parámetro analizando los volquetes que se encuentran en el mercado, siendo el de mayor dimensión el HINO 700 que tiene un ancho de 2.55 metros. En el **Anexo 10** se adjuntan las especificaciones técnicas de este camión.

Analizando la demanda que tendrán estas vías se proponen de un solo carril, esto permitirá optimizar costos por concepto de construcción y mantenimiento.

Con la fórmula (1.5) tenemos:

$$A = 2.55 * (0.5 + 1.5 * 1) = 5.1m$$

### 3.6.9 Ancho de plataforma de trabajo

El ancho de la plataforma de trabajo se estima en función al radio de giro de excavadora que se lo encuentra en las especificaciones técnicas del equipo, el ancho de vía, y la berma de seguridad. Por lo tanto, con la fórmula (1.6) tenemos:

$$T_{cat\ 320} = (2 * 5) + 5.1 + 3.1 = \mathbf{18.2m}$$

### 3.6.10 Profundidad de cantera

La profundidad de la cantera se la calcula en función a la cota máxima y la cota mínima a la que se va a explotar el yacimiento. Se distinguen dos sectores en el área de estudio en función a la topografía, el Noreste y Sur.

$$P_c = C_{max} - C_{min} \quad (3.2)$$

$P_c$  = Profundidad de cantera

$C_{max}$  = Cota máxima

$C_{min}$  = Cota mínima

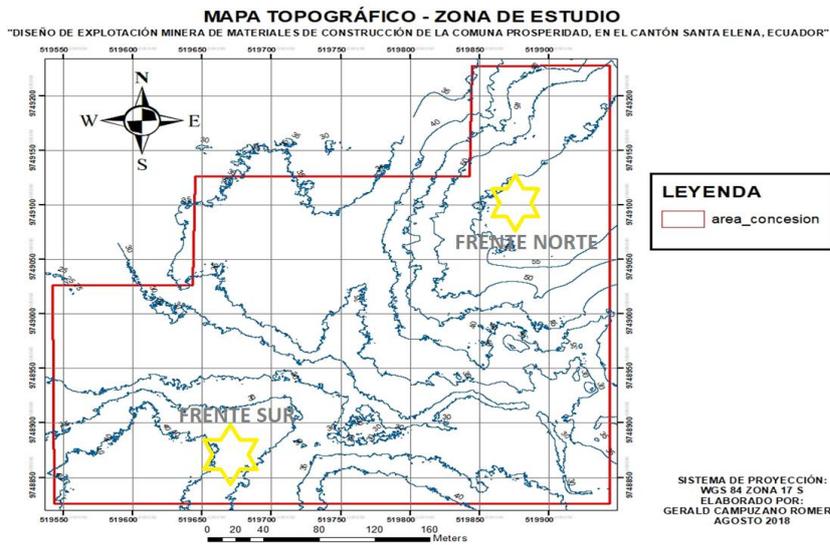
$$P_c \text{ sector } NE = C_{max} - C_{min} = 42 - 32 = \mathbf{10m}$$

$$h_c \text{ serctor } S = C_{max} - C_{min} = 57 - 32 = \mathbf{25m}$$

### 3.6.11 Dirección de explotación

El criterio predominante para determinar la dirección de explotación ha sido la cercanía de los frentes y las vías de acceso, de forma que, en la fase inicial de la explotación, las distancias de transporte y los volúmenes de inversión en relación a vías de acceso sean mínimos. Por lo antes expuesto se propone la siguiente dirección de explotación: de Suroeste al Noreste del área de estudio.

La profundidad de la cantera depende de la topografía de la zona de estudio, ya que se diseña dos frentes de trabajo (**Figura 3.27**). Por accesibilidad se empezará a explotar primero en el Frente Sur.



**Figura 3.27** Ubicación de frentes de trabajo (FRENTE NORTE Y SUR) en la zona de estudio.

Fuente: Campuzano, G, 2018

En general los parámetros para el diseño de los bancos se muestran en la **Tabla 3.56**.

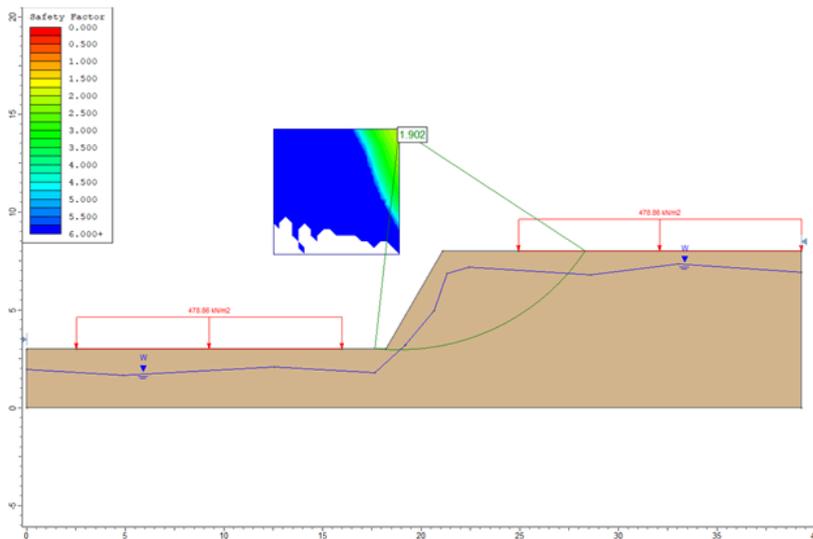
**Tabla 3.56** Parámetros del diseño de explotación propuesto.

DISEÑO DE TALUDES	
Altura del banco	5m
Ángulo de talud de banco	60°
Ancho de berma	3.1m
Ancho de vía	5.1m
Ancho de plataforma de trabajo	18.2m
Profundidad de cantera (Sur)	10m
Número de bancos (Sur)	2
Profundidad de cantera (Noreste)	25m
Número de bancos (Noreste)	5

Fuente: Campuzano, G, 2018

### 3.6.12 Estabilidad de taludes

De acuerdo al análisis de estabilidad de taludes se determinó que, para las condiciones de la explotación, el diseño propuesto es estable, con un factor de seguridad de 1.9 según Bishop simplificado, (*Figura 3.28*) y 1.67 según Janbu simplificado (*Figura 3.29*), que significa que para el diseño de explotación propuesto las condiciones de trabajo son seguras.



**Figura 3.28** Análisis de estabilidad con el método de Bishop simplificado.

Fuente: Campuzano, G, 2018

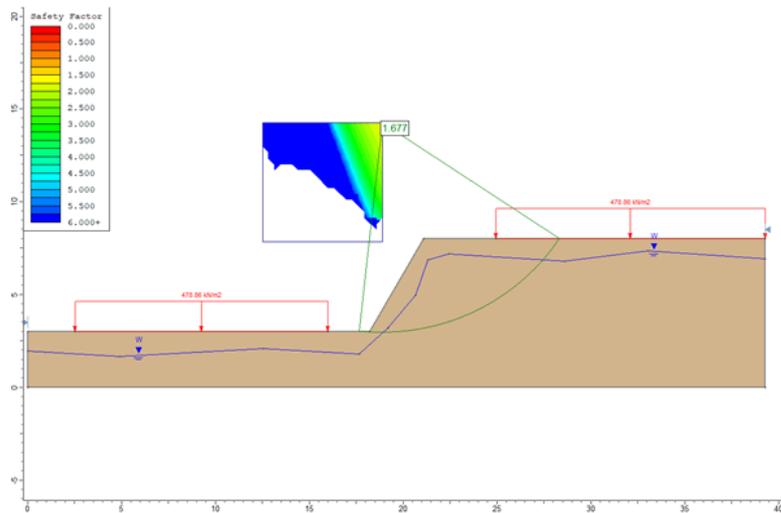


Figura 3.29 Análisis de estabilidad con el método de Janbu simplificado.

Fuente: Campuzano, G, 2018

### 3.6.13 Drenaje

En relación al análisis del drenaje se propuso que previo a las épocas lluviosa, correspondientes a los meses de enero, febrero, marzo y abril, se implementará un sistema de drenaje perimetral en dirección a la escorrentía superficial (**Figura 3.30**), además, durante la construcción de los bancos tanto temporales como permanentes, se propone una inclinación hacia adentro de las plataformas o bermas de seguridad de 1 a 2%, con la finalidad de controlar la erosión hídrica.

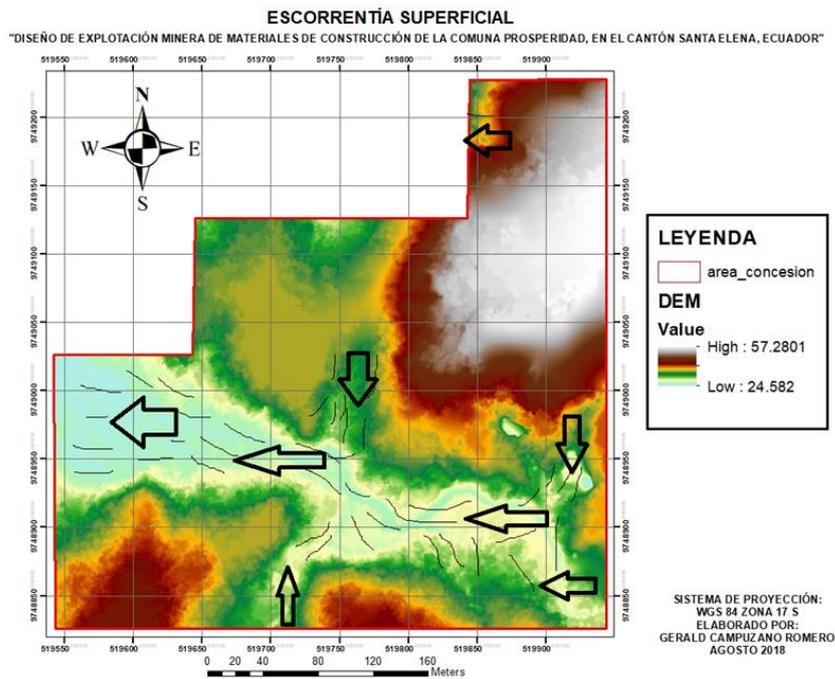


Figura 3.30 Modelo digital del terreno – escorrentía superficial.  
 Fuente: Campuzano. G, 2018

### 3.7 Parámetros ambientales

#### 3.7.1 Factores e Impactos ambientales que inciden en la actividad

En la siguiente tabla se simplifican los potenciales impactos ambientales de la actividad minera en la comuna Prosperidad:

**Tabla 3.57** Identificación de factores e impactos ambientales.

Componente		Factor ambiental	Impacto ambiental
Físico	Aire	Calidad de aire	Generación de polvo.
		Nivel sonoro	Generación de ruido
	Suelo	Calidad de suelo	Erosión del suelo.
	Agua	Aguas subterráneas	Alteración de la calidad del agua subterránea.
		Aguas superficiales	Alteración de la calidad del agua superficial.
Paisaje	Geomorfología	Alteración del paisaje natural.	
Biótico	Flora	Cobertura vegetal	Alteración producto del desbroce.
		Ecosistemas	Eliminación de la capa vegetal y hábitat.
	Fauna	Fauna	Migración de especies de la zona.
Socio-Económico	Uso de recursos	Abastecimiento de agua	Consumo de agua
		Energía eléctrica	Demanda de energía eléctrica
	Humano	Bienestar	Incremento del tráfico vial.
		Seguridad	Riesgos de accidentes a los trabajadores
		Empleo	Generación de fuentes de trabajo

Fuente: Campuzano, G, 2018

La identificación y evaluación de impactos tiene una gran importancia, pues solo a través de una correcta y detallada evaluación de éstos se puede definir los factores ambientales

que sufrirán efectos significativos, permitiendo a la vez especificar acciones concretas para minimizarlos.

Las medidas ambientales son parte de la gestión ambiental para planificar, definir y facilitar la aplicación de actividades destinadas a prevenir, mitigar o controlar los impactos ambientales y sociales generados por las actividades operativas de explotación minera de materiales de construcción de la comuna Prosperidad

Las medidas ambientales deberían estar orientadas a minimizar, prevenir y mitigar los impactos ambientales que se puedan presentar como consecuencia de la explotación minera, estas medidas deberán ser diseñadas de acuerdo con los resultados del análisis realizado. Para cumplir con la normativa vigente se deberá realizar los estudios ambientales para obtener el correspondiente permiso ambiental donde se determinaría el grado de afectación ambiental de la actividad, y plantear las medidas ambientales para el tratamiento de los impactos negativos y potencialización de los positivos.

### **3.8 Análisis económico**

#### **3.8.1 Tasa mínima de rendimiento (TMAR)**

La TMAR se determina por el método CAPM (Modelo de fijación de precios de activos de capital) que considera la rentabilidad del mercado y el riesgo país, de acuerdo a la fórmula (1.7).

Donde se estimó,

$k_i$  = rendimiento del activo i (TMAR)

$R_F$  = tasa de rendimiento libre de riesgo, medida comúnmente por el rendimiento del Tesoro de Estados Unidos, de acuerdo a la fórmula (1.8).

$$R_F = \frac{687(24 \text{ de agosto de } 2018)}{100} + 2.86 = 9.73$$

$b_i$  = coeficiente beta (del sector minero) 1.1

$k_m$  = rendimiento del mercado **10.78**

Por lo tanto, se obtuvo los siguientes resultados:

$$TMAR = 9.73 + (1.1 * (10.78 - 9.73)) = 10.89$$

### 3.8.2 Flujo de caja

En el análisis económico se consideran todos los costos con valores estimados con base en los costos de proyectos similares, con un alto grado de certidumbre que conllevan a un resultado fiable.

### 3.8.3 Inversión fija

La inversión fija corresponde a los costos referentes a; permisos y tasas (**Tabla 3.58**), infraestructura de mina (**Tabla 3.59**), construcción de vía de acceso (**Tabla 3.60**), equipos de protección personal y señalética (**Tabla 3.61**)

**Tabla 3.58** Costos referentes a la obtención de permisos y tasas.

OBTENCIÓN DE PERMISOS Y TASAS	
Descripción	Costo (\$)
<b>Concesión minera</b>	4632
- Tasas municipales 1RBU/hect. (RBU 2018: \$386)	
<b>Licencia ambiental</b>	3000
<b>TOTAL</b>	<b>7632</b>

Fuente: Campuzano, G, 2018

Tabla 3.59 Costos referentes a la implementación de infraestructura de mina.

INFRAESTRUCTURA DE MINA		
Descripción	Cantidad	Costo (\$)
Oficina	1	1000
Bodega	1	1000
Baño	1	1000
Comedor	1	500
Almacenamiento de desechos	1	500
<b>TOTAL</b>		<b>4000</b>

Fuente: Campuzano, G, 2018

### 3.8.4 Estimación de costos para construcción de vía de acceso

Rendimiento de tractor: 9.85 m<sup>3</sup>/h

Rendimiento de compactador: 284.2 m<sup>2</sup>/h

Longitud de la vía: 500m

Ancho de vía: 5.1m

Área de compactación:  $L * Av = 500 * 5.1 = 2550m^2$

Espesor promedio de capa vegetal: 0.5m

Volumen de capa vegetal:  $V = L * Av * e = 500 * 5.1 * 0.5 = 1275m^3$

Tiempo de extracción de capa vegetal:

$$\frac{\text{Volumen de capa vegetal}}{\text{Rendimiento de tractor}} = \frac{1275}{9.85} = 129.44 \text{ h}$$

Costo de alquiler de tractor D6T: \$45/h

Costo total de retiro de capa vegetal:  $129.44 \text{ h} * 45 \frac{\$}{h} = \$5824.8$

Tiempo de compactación:

$$\frac{\text{Área de compactación}}{\text{Rendimiento de compactador}} = \frac{2550}{284.2} = 8.97 \text{ h}$$

Costo de alquiler de compactador CS 533E: \$40/h

Costo total de compactación:

$$8.97 h * 40 \frac{\$}{h} = \$358.8$$

**Tabla 3.60** Costos referentes a la construcción de vías de acceso.

CONSTRUCCIÓN DE VÍA DE ACCESO	
Descripción	Costo (\$)
Costo por retiro de capa vegetal	5824.8
Costo por compactación	358.8
<b>TOTAL</b>	<b>6183.6</b>

Fuente: Campuzano, G, 2018

**Tabla 3.61** Costos referentes a EPP y señalética.

EPPs y SEÑALÉTICA			
Descripción	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
Casco	1	10	10
Barbiquejo	1	3	3
Protección visual	1	5	5
Guantes	1	4	4
Botas de caucho con punta de acero	1	20	20
Protección auditiva	1	5	5
Chaleco	1	5	5
Señalética			300
<b>TOTAL</b>			<b>352</b>

Fuente: Campuzano, G, 2018

### 3.8.5 Costos directos

Los costos directos corresponden a los costos referentes a; alquiler de maquinaria (**Tabla 3.62**) y mano de obra (**Tabla 3.63**)

**Tabla 3.62** Costos referentes a alquiler de maquinaria.

<b>ALQUILER DE MAQUINARIA (3h/día)</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Costo hora (\$)</b>	<b>Costo diario (\$)</b>	<b>Costo mensual (\$)</b>	<b>Costo anual (\$)</b>
<b>Excavadora (cazo 1m³)</b>	45	135	3240	<b>38880</b>

Fuente: Campuzano. G, 2018

**Tabla 3.63** Costos referentes a la mano de obra.

<b>MANO DE OBRA</b>			
<b>Personal</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Sueldo (\$/mes)</b>	<b>Sueldo (\$/año)</b>
<b>Ing. de Operaciones</b>	1	522.15	7310.1
<b>Trabajador de campo</b>	1	387.23	5421.22
<b>TOTAL</b>			<b>12731.32</b>

Fuente: Campuzano. G, 2018

### 3.8.6 Costos indirectos

Los costos indirectos corresponden a; pagos de regalías, patentes de conservación, informes de producción, administración, movilización e imprevistos (**Tabla 3.64**).

**Tabla 3.64** Costos indirectos.

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>		
<b>Regalías</b>	3% de costo de producción Precio: \$3 Producción anual: 28800m³	2592
<b>Patentes de conservación</b>	2%RBU/hectárea (12 hectáreas)	92.64
<b>Informes de producción</b>	2 informes/año Costo referencia: \$2000/informe	4000
<b>Administración</b>	2% de costos directos	1032.23
<b>Movilización</b>	1% de costos directos	516.11
<b>Imprevistos</b>	2% de costos directos	1032.23
<b>TOTAL</b>		<b>11857.21</b>

Fuente: Campuzano. G, 2018

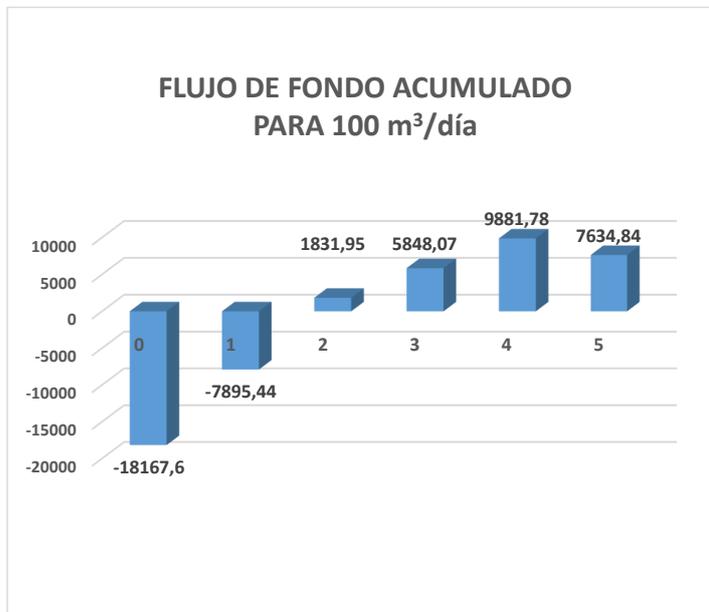
### 3.8.7 Análisis

Finalmente se obtiene el siguiente flujo de caja (**Tabla 3.65**), que fue realizado en una hoja de cálculo en Microsoft Office Excel, con la finalidad de obtener el VAN y TIR.

**Tabla 3.65** Flujo de caja del proyecto propuesto.

Flujo de Caja	AÑOS				
	1	2	3	4	5
<b>INVERSIÓN</b>					
Permisos	7632				
Infraestructura	4000				
Vía de acceso	6183.6				
EPP y señalética	352				
<b>INGRESOS</b>					
Venta de material	86400	86400	86400	86400	86400
<b>EGRESOS</b>					
Alquiler de maquinaria	38880.00	42768.00	47044.80	51749.28	56924.21
Mano de obra	12731.32	12731.32	12731.32	12731.32	12731.32
Seguridad social	1203.11	1203.11	1203.11	1203.11	1203.11
Regalías	2592	4320	4320	4320	4320
Patentes	92.64	92.64	92.64	92.64	92.64
Informes	4000.00	5680.00	5680.00	5680.00	5680.00
Monitoreo ambiental	1200.00	1320.00	1452.00	1597.20	1756.92
Auditoría ambiental	5000		5000		5000
Mantenimiento de vías	1000.00	1100.00	1210.00	1331.00	1464.10
Otros	2580.67	972.6	972.6	972.6	972.6
Total de egresos	18167.6	69279.74	70187.67	79677.15	90144.90
<b>UTILIDAD</b>	17120.26	16212.33	6693.53	6722.85	-3744.90
<b>IMPUESTOS</b>					
IR	4280.07	4053.08	1673.38	1680.71	-936.22
Utilidades	2568.04	2431.85	1004.03	1008.43	-561.73
Tot. Imp.	6848.10	6484.93	2677.41	2689.14	-1497.96
<b>UTILIDAD NETA</b>	<b>10272.16</b>	<b>9727.40</b>	<b>4016.12</b>	<b>4033.71</b>	<b>-2246.94</b>
<b>Flujo de caja</b>	<b>-18167.6</b>	<b>10272.16</b>	<b>9727.40</b>	<b>4033.71</b>	<b>-2246.94</b>
<b>VAN</b>	<b>\$3,587.17</b>				
<b>TIR</b>	<b>22%</b>				

Fuente: Campuzano. G, 2018



**Figura 3.31** Flujo de fondo acumulado para 100 m<sup>3</sup>/día  
Fuente: Campuzano. G, 2018

El gráfico de barras corresponde al flujo de fondo acumulado (**Figura 3.31**), en el que se observa la estimación de ganancias anuales, la inversión que asciende a \$18167.6, el plazo en el que se recupera la inversión y el año de mayor ganancia.

Se determina que el VAN es \$3587.17 y TIR del 22%, además que:

$$TIR > T_{MAR} = 22\% > 10.89\% \rightarrow \text{El proyecto es rentable}$$

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

- Partiendo del análisis del modelo geológico del yacimiento se estiman unas reservas aproximadas de 4.5 M de toneladas de material meteorizado.
- De acuerdo al análisis de los parámetros geométricos y geomecánicos, el sistema de explotación se realizará a cielo abierto por medio de banqueo (cantera) con arranque mecánico.
- Sobre la base del análisis de los resultados de los ensayos experimentales realizados en el laboratorio de suelos, se concluye que el material de la zona sur-oeste (M1) cumple con los requerimientos establecidos para el empleo en mejoramiento de la subrasante, y subbases en la construcción de vías, de acuerdo a la norma requerida por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador.
- Para los parámetros del diseño de explotación propuesto, se garantiza la estabilidad de taludes con un factor de seguridad de 1.9.
- A partir del análisis económico, se determina que para un ritmo de producción de 100 metros cúbicos por día y con un precio de venta del material estimado en \$3, el proyecto es económicamente rentable, con una Tasa Interna de Retorno de 22% y un Valor Actual Neto positivo de \$3587.17.

## 4.2 Recomendaciones

- Para estudios posteriores mejorar el índice de plasticidad de las muestras 2, 3 y 4 con arena granular o dosificación de cal, con la finalidad de mejorar la consistencia del suelo para obtener un índice de plasticidad óptimo de acuerdo a los requerimientos establecidos por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas para la construcción de vías.
- Realizar un estudio de mercado para estimar los potenciales clientes, de modo que se pueda establecer un ritmo de producción, parámetro necesario para el diseño y la planificación de las operaciones mineras.
- Realizar un levantamiento de información a detalle para la construcción de una línea base que servirán para el estudio de impacto ambiental necesario para la obtención de la licencia ambiental, que es el requisito fundamental para realizar las actividades mineras.

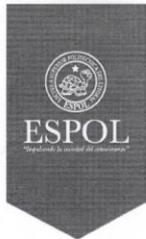
## BIBLIOGRAFÍA

- Almeida Aragón, Y. N. (2016). Diseño de liquidación de la cantera Blanca II, ubicada en la parroquia San Antonio de Pichincha. Quito, Ecuador.
- ARCOM. (16 de Mayo de 2014). Reglamento de seguridad y salud en el trabajo en el ámbito minero. Quito: Registro oficial 247.
- Baldock J, J. (1982). Mapa Geológico Nacional del Ecuador.
- Bustillo Revuelta, M., & Lopez Jimeno, C. (2000). *Recursos Minerales. Tipología, Prospección, Evaluación, Explotación, Mineralurgia, Impacto Ambiental*. Madrid: ETSI Minas UPM.
- CLIMATE-DATA.ORG. (2018). Obtenido de <https://es.climate-data.org/location/2976/>
- Crespo Villalaz, C. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones*. México: Limusa SA.
- Franklin, J. (1974). *Rock quality in relation of the quarrying and performance*. Sao Paulo: IAEG.
- Garmendia Salvador, A., Salvador Alcaide, A., Crespo Sánchez, C., & Garmendia Salvador, L. (2005). *Evaluación de impacto ambiental*. Madrid: Pearson Educación, S.A.
- Gitman, L. J., & Zutter, C. J. (2012). *Principios de administración financiera*. México: Pearson.
- González de Vallejo, L. I. (2004). *Ingeniería Geológica*. Madrid: Pearson Prentice Hall.
- Hernández Calderón, J. M., Barandiarán Gamarra, M. Á., Loayza Valdivia, J. A., Cuellar Bautista, J. E., Reynoso Zárate, A. F., & García Bendezú, S. (2017). *MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE LOS ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUA CON FINES DE RIEGO*. Lima: Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA.
- Herrera Herbert, J. (2007). *Diseño de Explotaciones de Cantera*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- INEN. (2010). *Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (Gravedad Específica) y absorción del árido grueso*. QUITO: NTE INEN 857:2010.
- ITGE. (1995). *Manual de Arranque, carga y transporte en minería a cielo abierto*. Madrid: ITGE.

- López Jimeno, C., & Bustillo Revuelta, M. (1997). *Manual de Evaluación y Diseño de Explotaciones Mineras*. Madrid: Entorno Gráfico, S.L.
- Maquinarias Pesadas. (2 de Septiembre de 2018). [www.maquinariaspesadas.org](http://www.maquinariaspesadas.org).  
Obtenido de <https://www.maquinariaspesadas.org/blog/2863-manual-rendimientos-maquinaria-pesada-calculos-produccion>
- MTOP, M. d. (2013). *Volumen No 3 Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes*. Quito.
- Pérez Strutz, C. (2011). *Modelamiento Geológico Estocástico con Simulación Geoestadística*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- Puente Iza, J. J. (Julio de 2016). Diseño de explotación de la cantera esperanza ubicada en la Parroquia Pintag. Quito, Pichincha, Ecuador: FIGEMPA.
- Quirós Rosado, E. (2014). *Introducción a la Fotogrametría y cartografía aplicadas a la Ingeniería Civil*. Cáceres: Universidad de Extremadura, Servicio de Publicaciones.
- Sapag Chain, N. (2011). *PROYECTOS DE INVERSIÓN, Formulación y Evaluación*. Santiago de Chile: Pearson Education.
- Sapag Chain, N., & Sapag Chain, R. (2008). *Preparación y Evaluación de proyectos, Quinta edición*. Bogotá: Mc Graw-Hill Interamericana.
- Terreros Caicedo, C. (2011). *Mecánica de suelos práctica 2da ed.* Guayaquil: Centro de difusión y publicaciones ESPOL.
- Terreros Caicedo, C. (2013). *Materiales de construcción 2da edición*. Guayaquil: Unidad de Publicaciones ESPOL.
- Velastegui Coronel, L. M., & Veloz Analuiza, C. E. (Febrero de 2007). Elaboración del plan de contingencias para las operaciones hidrocarburíferas desarrolladas en el campo Gustavo Galindo Velasco. Quito, Ecuador.
- Zúñiga Díaz, W. (2010). *Topografía, Geodesia y Cartografía*. Lima: Grupo Universitario.

# ANEXOS

**ANEXO 1. OFICIO DE INVITACIÓN A  
PRESENTACIÓN DE AVANCE DE  
PROYECTO INTEGRADOR A LA  
COMUNA PROSPERIDAD**



Guayaquil, 31 de julio de 2018

**Asunto:** Invitación a presentación de avance de Proyecto Integrador.

Señora  
Alexandra Roca Tigrero  
**Presidenta**  
**COMUNA PROSPERIDAD, SANTA ELENA**

Señora Presidenta

**GUAYAQUIL:**  
Campus "Gustavo Galindo"  
Km. 30.5 Vía Perimetral  
Casilla: 09-01-5863

**TELÉFONOS:**  
PBX: (593-4) 2269 269  
Teléfonos: 2851 094  
2854 560 - 2854 518  
2854 486

**Campus "Las Peñas"**  
Malecón 100 y Loja  
Peñas Administr. 2081.071

**QUITO:**  
Av. 6 de Diciembre N-33-55  
y Eloy Alfaro Edif. Torre  
Blanca, Piso NP2  
Casilla 17-01-1076

**TELÉFONOS:**  
PBX: (593-2) 2521 408  
2561 199 - 2527 986

[www.espol.edu.ec](http://www.espol.edu.ec)

Por este medio me dirijo a usted y por su intermedio a los pobladores de la Comuna Prosperidad que usted acertadamente preside, con la finalidad de extender la **invitación** a participar en la presentación del avance de resultados del Proyecto Integrador denominado "Diseño de explotación minera de materiales de construcción de la Comuna Prosperidad, en el cantón Santa Elena, Ecuador" realizado por el Señor estudiante de la carrera de Minas, Gerald José Campuzano Romero.

El evento académico tendrá lugar el día jueves **02 de agosto de 2018** a partir de las **14H00** en la Facultad de Ciencias de la Tierra del campus universitario Gustavo Galindo (Prosperina) ESPOL.

Por la atención favorable prestada a la presente le antelamos nuestros más sinceros agradecimientos.

Atentamente,

Dra. Silvia Loaiza Ambuludi, Ph.D.  
**Docente**  
**Materia Integradora de Ingeniería de Minas**

Página 1 de 1



**“DISEÑO DE EXPLOTACIÓN MINERA DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DE LA COMUNA PROSPERIDAD, EN EL CANTÓN SANTA ELENA, ECUADOR”**

*Presentación de avances del proyecto integrador de la carrera ingeniería de minas*

**Autor:** Gerald José Campuzano Romero

**Tutores:** Phd. Silvia Loayza, Msc. Esmilka Guerra

**Fecha:** 2 de agosto de 2018

**Nómina de asistentes**

Nombres completos	# Cédula	Entidad a la que representa
EDINEZ R. DRUZLGO	0919965194	COMUNA PROSPERIDAD
Richard Ramos O	091047324	COMUNA PROSPERIDAD
Anthony Brando O	0916281020	COMUNA PROSPERIDAD
EDWIN RAUL TOMALA TOMALA	0911783346	COMUNA PROSPERIDAD
Maric Hayat Romero Santos	0906116421	Comuna Prosperidad Parroquia San José de América - Santa Elena
Rodolfo Tomala Tomala	0905079505	Comuna Prosperidad
PEDRO VILLON CARBO	0901283484	SINDICATO COMUNA PROSPERIDAD
CARLOS RECID DE VILLO	090737423	AYUDANTE DE CANTO ESPOL
Nancy Leuba	0917455396	ESPOL
Galo Montenegro	0901965921	ESPOL
Silvia Loayza Ambolodi	1103567705	ESPOL

## **ANEXO 2. TABLAS DE DATOS PARA LA ESTIMACIÓN DE RESERVAS MEDIANTE EL MODELAMIENTO GEOLÓGICO**

## SURVEY

HOLEID	FROM	TO	AZIMUT	INCLINACIÓN	DEPTH
C1	0	1	0	90	1
C2	0	1.6	0	90	1.6
C3	0	2.18	0	90	2.18
C4	0	2.25	0	90	2.25
C5	0	1.6	0	90	1.6
C6	0	1.5	0	90	1.5
C7	0	1.4	0	90	1.4
C8	0	1	0	90	1
C9	0	3.2	0	90	3.2
C10	0	1.5	0	90	1.5
C11	0	1.25	0	90	1.25
C12	0	0.8	0	90	0.8
C13	0	1.3	0	90	1.3
C14	0	1.36	0	90	1.36
C15	0	6.3	0	90	6.3
C16	0	1.7	0	90	1.7
A1	0	20	0	90	20
A2	0	20	0	90	20
A3	0	6	0	90	6
A4	0	5	0	90	5
A5	0	2.3	0	90	2.3
A6	0	1.3	0	90	1.3

## COLLAR

Id	Datum	HOLEID	Este	Norte	Elevación	Profundidad
1	WGS84	C1	519929	9749091	57.3113629	1
2	WGS84	C2	519840	9749049	51.2337609	1.6
3	WGS84	C3	519805	9748998	44.0425555	2.18
4	WGS84	C4	519851	9748952	39.077854	2.25
5	WGS84	C5	519873	9748972	30.0612464	1.6
6	WGS84	C6	519841	9748940	35.1803927	1.5
7	WGS84	C7	519762	9748960	33.5339049	1.4
8	WGS84	C8	519599	9748849	42.1316902	1
9	WGS84	C9	519674	9748876	37.4142157	3.2
10	WGS84	C10	519629	9748923	32.9809828	1.5
11	WGS84	C11	519703	9749025	35.952877	1.25
12	WGS84	C12	519755	9748836	42.0430244	0.8
13	WGS84	C13	519865	9748866	33.0130144	1.3
14	WGS84	C14	519824	9748835	39.1159478	1.36
15	WGS84	C15	519724	9748895	32.9727543	6.3
16	WGS84	C16	519764	9749092	36.0905451	1.7
17	WGS84	A1	519884	9749161	50.9878726	20
18	WGS84	A2	519924	9749212	50.8737693	20
19	WGS84	A3	519724	9748968	36.0037345	6
20	WGS84	A4	519732	9748869	34.6581961	5
21	WGS84	A5	519701	9748898	35.9922819	2.3
22	WGS84	A6	519743	9748864	37.1404833	1.3

## LITHOLOGY

Id	HOLEID	FROM	TO	Lithology
1	C1	0	0.3	Capa vegetal
2	C1	0.3	1	Material meteorizado
3	C2	0	0.3	Capa vegetal
4	C2	0.3	0.9	Arcillas
5	C2	0.9	1.6	Material meteorizado
6	C3	0	0.45	Capa vegetal
7	C3	0.45	1.55	Arcillas
8	C3	1.55	2.18	Material meteorizado
9	C4	0	0.7	Capa vegetal
10	C4	0.7	1.7	Arcillas
11	C4	1.7	2.25	Material meteorizado
12	C5	0	0.7	Capa vegetal
13	C5	0.7	1.6	Arcillas
14	C6	0	0.6	Capa vegetal
15	C6	0.6	1.5	Arcillas
16	C7	0	0.4	Capa vegetal
17	C7	0.4	1.4	Material meteorizado
18	C8	0	0.3	Capa vegetal
19	C8	0.3	1	Material meteorizado
20	C9	0	0.7	Capa vegetal
21	C9	0.7	2.9	Arcillas
22	C9	2.9	3.2	Material meteorizado
23	C10	0	0.3	Capa vegetal
24	C10	0.3	1.5	Material meteorizado
25	C11	0	0.2	Capa vegetal

26	C11	0.2	1.25	Material meteorizado
27	C12	0	0.25	Capa vegetal
28	C12	0.25	0.8	Material meteorizado
29	C13	0	0.5	Capa vegetal
30	C13	0.5	1.3	Arcillas
31	C14	0	0.5	Capa vegetal
32	C14	0.5	1.36	Material meteorizado
33	C15	0	0.4	Capa vegetal
34	C15	0.4	6.3	Arcillas
35	C16	0	0.6	Capa vegetal
36	C16	0.6	1.7	Conglomerados
37	A1	0	0.3	Capa vegetal
38	A1	0.3	20	Gravas
39	A2	0	0.3	Capa vegetal
40	A2	0.3	20	Material meteorizado
41	A3	0	0.25	Capa vegetal
42	A3	0.25	6	Material meteorizado
43	A4	0	0.3	Capa vegetal
44	A4	0.3	5	Material meteorizado
45	A5	0	0.2	Capa vegetal
46	A5	0.2	2.3	Material meteorizado
47	A6	0	0.3	Capa vegetal
48	A6	0.3	1.3	Material meteorizado

**ANEXO 3. ESPECIFICACIONES DEL;  
TRACTOR CAT D6T, COMPACTADOR  
CAT CS 533E, RETROEXCAVADORA  
CAT 320D**

## Especificaciones del Tractor de Cadenas D6T

Motor		Transmisión	
Modelo de motor	Cat C9.3 ACERT	0,5 avance	2,7 km/h
Emisiones	Tier 4 Final de la EPA de EE. UU./fase IV de la UE/ Japón de 2014 (Tier 4 Final)	0,7 avance	3,3 km/h
		1,0 avance	3,7 km/h
		1,5 avance	4,7 km/h
Potencia del motor (máxima)		1,7 avance	5,8 km/h
SAE J1995	192 kW	2,0 avance	6,5 km/h
ISO 14396	190 kW	2,5 avance	8,2 km/h
ISO 14396 (DIN)	258 hp	2,7 avance	10,0 km/h
Potencia neta (nominal)		3,0 avance	11,3 km/h
ISO 9249/SAE J1349	154 kW	0,5 marcha atrás	3,5 km/h
ISO 9249/SAE J1349 (DIN)	210 hp	0,7 marcha atrás	4,2 km/h
Potencia neta (máxima)		1,0 marcha atrás	4,8 km/h
ISO 9249/SAE J1349	180 kW	1,5 marcha atrás	6,1 km/h
ISO 9249/SAE J1349 (DIN)	244 hp	1,7 marcha atrás	7,4 km/h
Calibre	115 mm	2,0 marcha atrás	8,3 km/h
Carrera	149 mm	2,5 marcha atrás	10,5 km/h
Cilindrada	9,3 l.	2,7 marcha atrás	12,7 km/h
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencia nominal a 2000 rev/min.</li> <li>• Potencia máxima a 1600 rev/min.</li> <li>• La potencia neta indicada es la potencia disponible en el volante del motor cuando el motor está equipado con ventilador a máxima velocidad, filtro de aire, silenciador y alternador.</li> <li>• El motor mantiene la potencia especificada hasta los 2286 m. Por encima de esta altitud, la potencia disminuye automáticamente.</li> <li>• Todos los motores diésel extravales certificados Tier 4 Interim y Final, fase IIIB y IV y de Japón de 2011 y 2014 (Tier 4 Interim y Tier 4 Final) deben utilizar solo combustible diésel con contenido muy bajo en azufre (ULSD, Ultra Low Sulfur Diesel), con 15 ppm (mg/kg) de azufre o menos. Se aceptan las mezclas de biodiésel hasta B20 (20 % de mezcla por volumen) cuando se mezclan con 15 ppm (mg/kg) de azufre o menos ULSD y cuando el biodiésel cumple las especificaciones ASTM D7467 (la mezcla de biodiésel existente debe cumplir las especificaciones de biodiésel Cat ASTM D6751 o EN 14214). Cat DEO-ULS<sup>TM</sup> o aceites que cumplen la especificación Cat ECF-3, API CJ-4 y ACEA E9 también son necesarios. Consulte el manual de funcionamiento y mantenimiento (OMM, Operation &amp; Maintenance Manual) para obtener más recomendaciones específicas sobre el combustible de la máquina.</li> <li>• El DEF (Diesel Exhaust Fluid, fluido de escape diésel) utilizado en sistemas Cat de reducción catalítica selectiva (SCR, Selective Catalytic Reduction) debe cumplir los requisitos indicados en la norma 22241 de la Organización Internacional de Normalización (ISO).</li> </ul>		3,0 marcha atrás	14,4 km/h
		Tracción en la barra de tiro	
		0,5 – 1,0 avance	382 kN
		1,5 – 2,0 avance	221 kN
		2,5 – 3,0 avance	119 kN
		2,5 – 3,0 avance	119 kN

## Especificaciones del Tractor de Cadenas D6T

### Tren de rodaje

Tipo de zapata	Servicio moderado
Anchura de las zapatas	
XL/XL VPAT	560 mm
XL para nivelación de precisión	610 mm
XW	760 mm
XW VPAT	710 mm
LGP	915 mm
LGP VPAT	790 mm
Zapatas/lateral	
XL/XW/XL VPAT	41
Nivelación de precisión XW VPAT/LGP/LGP VPAT/XL	45
Altura de la garra	65 mm
Paso	203 mm
Altura libre sobre el suelo	372 mm
Ancho de vía	
XL	1880 mm
XL VPAT	2134 mm
XL para nivelación de precisión	1880 mm
XW	2032 mm
XW VPAT/LGP/LGP VPAT	2286 mm
Cadena sobre el suelo	
XL/XW	2840 mm
XL para nivelación de precisión	3270 mm
XW VPAT/LGP	3250 mm
Superficie de contacto con el suelo (ISO 16754)	
XL	3,54 m <sup>2</sup>
XL para nivelación de precisión	4,53 m <sup>2</sup>
XW	4,81 m <sup>2</sup>
LGP	6,53 m <sup>2</sup>
XL VPAT	3,54 m <sup>2</sup>
XW VPAT	5,10 m <sup>2</sup>
LGP VPAT	5,60 m <sup>2</sup>
Presión sobre el suelo (ISO 16754)	
XL	58,1 kPa
XL para nivelación de precisión	44,9 kPa
XW	44,5 kPa
LGP	34,4 kPa
XL VPAT	65,5 kPa
XW VPAT	46,4 kPa
LGP VPAT	42,6 kPa
Rodillos superiores/lateral	
	1
Rodillos de la cadena/lateral	
XL/XW	7
Nivelación de precisión XW VPAT LGP/XL	
	8
Oscilación en la rueda loca delantera	
XL/XL VPAT	141 mm
XL para nivelación de precisión	163 mm
XW	137 mm
XW VPAT/LGP/LGP VPAT	163 mm

\* Todas las dimensiones anteriores se muestran con el tren de rodaje SystemOne.

### Capacidades de llenado de servicio

Depósito de combustible	411 L
Depósito de DEF	17,1 L
Sistema de refrigeración	51 L
Cárter del motor	24,6 L
Tren de potencia	148,0 L
Mandos finales (cada uno)	13,5 L
Bastidores de rodillos (cada uno)	25,0 L
Compartimento del eje de giro	5,0 L
Depósito hidráulico	65,5 L

### Controles hidráulicos: presiones

Presiones de funcionamiento máximas	
Sin VPAT	19 300 kPa
VPAT	21 550 kPa
Dirección	40 000 kPa
Presiones de seguridad	
Sin VPAT	21 700 kPa
VPAT	24 400 kPa

### Controles hidráulicos: bomba

Caudal de la bomba	
Ventilador	93 L/min
Implemento	205 L/min
Dirección	195 L/min
Caudal del cilindro de elevación	205 L/min
Caudal del cilindro de inclinación	110 L/min
Caudal del cilindro del ripper	205 L/min
Caudal del cilindro de ángulo: VPAT	190 L/min

## Especificaciones del Tractor de Cadenas D6T

Cabrestante	
Modelo de cabrestante	PA56
Accionamiento del cabrestante	Mecánico
Control	Mecánico
Peso	1203 kg
Capacidad de aceite	67 L
Longitud del tractor aumentada	
XL/XW	516 mm
LGP	365 mm
Diámetro del tambor	254 mm
Diámetro del cable	
Recomendado	22 mm
Opcional	25 mm
Capacidad del tambor	
22 mm	88 m
25 mm	67 m
Tamaño del anillo de refuerzo (D.E. x Longitud)	54 mm x 67 mm
Tambor vacío	
Tracción máxima del cable*	40 700 kg
Velocidad máxima del cable	39,6 m/min
Tambor lleno	
Tracción máxima del cable*	34 600 kg
Velocidad máxima del cable	68,3 m/min

\* La tracción máxima es inferior a la tracción calculada del cable a la máxima potencia de salida de toma de fuerza del tractor o a la resistencia a la rotura según catálogo del nuevo cable de acero IWRC IPS de tamaño máximo opcional.

Transmisión	
Tipo	Mecánico

Hojas	
Capacidad	
Hoja SU XL	5,31 m³
Hoja estrecha SU XL*	4,95 m³
Hoja A XL	3,93 m³
Hoja VPAT XL	4,73 m³
Hoja SU XW	5,05 m³
Hoja A XW	4,3 m³
Hoja VPAT XW	5,08 m³
Hoja S LGP	3,7 m³
Hoja A LGP	5,22 m³
Hoja VPAT LGP	5,08 m³
Anchura	
Hoja SU XL	3260 mm
Hoja estrecha SU XL*	2990 mm
Hoja A XL	4160 mm
Hoja VPAT XL	3880 mm
Hoja SU XW	3560 mm
Hoja A XW	4500 mm
Hoja VPAT XW	4160 mm
Hoja S LGP	4040 mm
Hoja A LGP	5070 mm
Hoja VPAT LGP	4160 mm

\* No disponible en todas las regiones.

Ripper	
Tipo	Paralelogramo fijo
Ángulo de rampa	26 grados
Separación entre alojamientos	1000 mm
Indicador de dientes	2000 mm
Sección de dientes	74 mm x 175 mm
Número de alojamientos	3
Anchura total del bastidor	2202 mm
Sección transversal del bastidor	219 mm x 304 mm
Espacio libre máximo elevado (bajo la punta)	514 mm
Penetración máxima	457 mm
Fuerza de penetración máxima	65,6 kN
Fuerza de palanca	116,5 kN
Peso	
Con un diente	1498 kg
Cada diente adicional	73 kg

## Especificaciones del Tractor de Cadenas D6T

Pesos	
Peso de funcionamiento	
XL A	21 306 kg
XL SU	20 985 kg
XL VPAT	23 663 kg
XL para nivelación de precisión	20 725 kg
XW A	22 191 kg
XW SU	21 788 kg
XW VPAT	24 118 kg
LGP S	22 902 kg
LGP A	24 020 kg
LGP VPAT	24 336 kg
Peso de embarque	
XL A/SU	17 753 kg
XL VPAT	21 394 kg
XL para nivelación de precisión	19 990 kg
XW A/SU	18 414 kg
XW VPAT	20 793 kg
LGP S/A	19 806 kg
LGP VPAT	22 009 kg

- El peso de funcionamiento incluye la hoja, los lubricantes, el refrigerante, el depósito de combustible lleno, las cadenas estándar, la cabina ROPS/FOPS (Falling Objects Protective Structure, estructura de protección contra la caída de objetos), la barra de tiro y el operador.
- El peso de embarque incluye los cilindros de elevación de las cuchillas (bastidor en C para VPAT), los lubricantes, el refrigerante, la cabina ROPS/FOPS, las cadenas estándar y un 10 % de la capacidad de combustible.

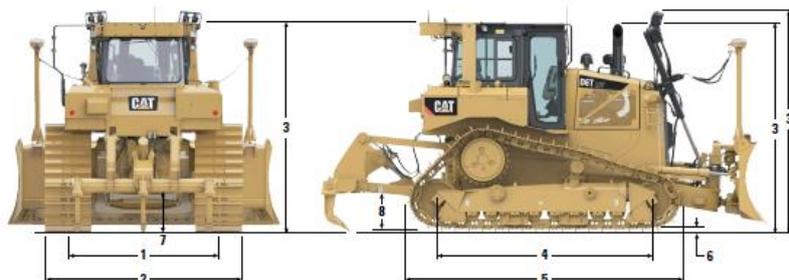
Normas	
ROPS/FOPS	La estructura ROPS cumple con las especificaciones exigidas por las normas ISO 3471:2008 y la estructura FOPS cumple los criterios de la norma ISO 3449:2005 Nivel II
Frenos	Los frenos cumplen la norma internacional ISO 10265:2008
Cabina	Cumple las normas correspondientes tal y como aparece a continuación

- El nivel de presión acústica dinámica en los oídos del operador es de 76 dB(A) cuando se usa el procedimiento "ISO 6396:2008" para medir el valor para una cabina cerrada. La medición se realizó al 70 % de la velocidad máxima del ventilador de refrigeración del motor. El nivel de ruido puede variar a diferentes velocidades del ventilador de refrigeración del motor. La medición se realizó con las puertas y ventanillas de la cabina cerradas. La cabina se ha instalado y mantenido correctamente.
- **Información sobre el nivel de ruido para máquinas en países de la Unión Europea y países que adoptan las "Directivas de la Unión Europea"**: La información que se ofrece a continuación solo se aplica a las configuraciones de máquinas con la marca "CE" en la placa de identificación del producto.
- El nivel de presión acústica dinámica en los oídos del operador es de 75 dB(A) cuando se usa el procedimiento "ISO 6396:2008" para medir el valor para una cabina cerrada. La medición se realizó con el ventilador de refrigeración del motor funcionando al 70 % de su velocidad máxima. El nivel de ruido puede variar a diferentes velocidades del ventilador de refrigeración del motor. La prueba se realizó con las puertas y ventanillas de la cabina cerradas. La cabina se ha instalado y mantenido correctamente.
- Se recomienda el uso de protectores de oídos cuando se trabaje durante periodos prolongados en una estación de trabajo o cabina abierta (en el caso de que no haya sido mantenida correctamente o esté abierta).
- El nivel de potencia acústica exterior declarado es de 111 dB(A) cuando el valor se mide de acuerdo con el nivel de potencia acústica con los procedimientos de prueba dinámica y las condiciones que se especifican en la norma "ISO 6395:2008". La medición se realizó al 70 % de la velocidad máxima del ventilador de refrigeración del motor. El nivel de ruido puede variar a distintas velocidades del ventilador de refrigeración del motor.
- La información sobre los niveles de vibración en toda la estructura se encuentra en el documento HEGQ3339 sobre reducción de vibraciones, disponible en su distribuidor de Caterpillar local.
- La vibración del brazo de esta máquina es inferior a 2,5 metros por segundo al cuadrado.

## Especificaciones del Tractor de Cadenas D6T

### Dimensiones

Todas las dimensiones son aproximadas.



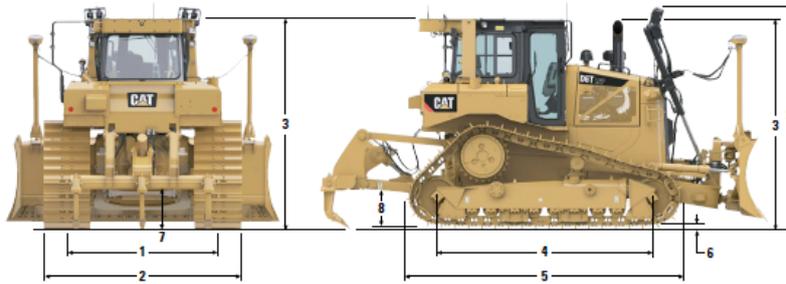
	XL	XL para nivelación de precisión	XW	LGP
<b>1</b> Ancho de vía	1880 mm	1880 mm	2032 mm	2286 mm
<b>2</b> Anchura del tractor				
Sobre muñones	2690 mm	2690 mm	2944 mm	3480 mm
Sin muñones (cadena estándar)	2590 mm	—	2792 mm	3201 mm
<b>3</b> Altura de la máquina desde la punta de la garra:				
ROPS	3185 mm	3185 mm	3185 mm	3235 mm
Grupo de alumbrado de gama alta	3341 mm	3341 mm	3341 mm	3097 mm
Altura hasta la parte superior de las protecciones (no se muestra)	3199 mm	3199 mm	3199 mm	3249 mm
<b>4</b> Longitud de la cadena sobre el suelo	2860 mm	3270 mm	2860 mm	3270 mm
<b>5</b> Longitud del tractor básico	4250 mm	4546 mm	4250 mm	4546 mm
Con los siguientes implementos añadir:				
Barra de tiro	218 mm	229 mm	218 mm	229 mm
Ripper de dientes múltiples (punta a nivel del suelo)	1395 mm	—	1395 mm	1259 mm
Cabrestante	570 mm	—	570 mm	435 mm
Hoja S	—	—	—	947 mm
Hoja SU/hoja estrecha SU	1068 mm	1070 mm	1068 mm	—
Hoja angular	1007 mm	—	1068 mm	1305 mm
Hoja VPAT	—	—	—	—
<b>6</b> Altura de la garra	65 mm	65 mm	65 mm	65 mm
<b>7</b> Altura libre sobre el suelo	372 mm	406 mm	372 mm	406 mm
Paso de cadena	203 mm	203 mm	203 mm	203 mm
Número de zapatas por lado	41	45	41	45
Número de rodillos por lado	7	8	7	8
Zapata estándar	560 mm	610 mm	760 mm	915 mm
Superficie de contacto con el suelo (cadena estándar): ISO 16754	3,54 m <sup>2</sup>	4,53 m <sup>2</sup>	4,81 m <sup>2</sup>	6,53 m <sup>2</sup>
Presión sobre el suelo: ISO 16754	58,1 kPa	44,9 kPa	44,5 kPa	34,4 kPa
<b>8</b> Altura de la barra de tiro	576 mm	626 mm	576 mm	626 mm
Desde la zapata apoyada en el suelo	511 mm	561 mm	511 mm	561 mm

XL y XW con hoja SU, LGP con hoja S sin componentes traseros a no ser que la norma ISO 16754 especifique o estime lo contrario.  
Nivelación de precisión XL con zapatas de 610 mm y hoja SU.

## Especificaciones del Tractor de Cadenas D6T

### Dimensiones

Todas las dimensiones son aproximadas.

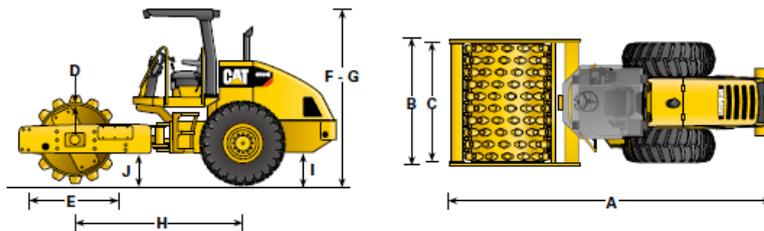


	XL VPAT	XW VPAT	LGP VPAT
<b>1</b> Ancho de vía	2134 mm	2286 mm	2286 mm
<b>2</b> Anchura del tractor			
Sobre muñones	—	—	—
Sin muñones (cadena estándar)	2717 mm	2996 mm	3143 mm
<b>3</b> Altura de la máquina desde la punta de la garra:			
ROPS	3185 mm	3235 mm	3235 mm
Grupo de alumbrado de gama alta	3308 mm	3358 mm	3358 mm
Altura hasta la parte superior de las protecciones (no se muestra)	3199 mm	3249 mm	3249 mm
<b>4</b> Longitud de la cadena sobre el suelo	2860 mm	3270 mm	3270 mm
<b>5</b> Longitud del tractor básico	4950 mm	5086 mm	5086 mm
Con los siguientes implementos añadir:			
Barra de tiro	218 mm	229 mm	229 mm
Ripper de dientes múltiples (punta a nivel del suelo)	1395 mm	1259 mm	1259 mm
Cabrestante	570 mm	435 mm	435 mm
Hoja S	—	—	—
Hoja SU	—	—	—
Hoja angular	—	—	—
Hoja VPAT	420 mm	420 mm	420 mm
<b>6</b> Altura de la garra	65 mm	65 mm	65 mm
<b>7</b> Altura libre sobre el suelo	372 mm	406 mm	406 mm
Paso de cadena	203 mm	203 mm	203 mm
Número de zapatas por lado	41	45	45
Número de rodillos por lado	7	8	8
Zapata estándar	560 mm	710 mm	785 mm
Superficie de contacto con el suelo (cadena estándar)*	3,54 m <sup>2</sup>	5,10 m <sup>2</sup>	5,60 m <sup>2</sup>
Presión sobre el suelo*	65,5 kPa	46,4 kPa	42,6 kPa
<b>8</b> Altura de la barra de tiro	576 mm	626 mm	626 mm
Desde la zapata apoyada en el suelo	511 mm	561 mm	561 mm

\*XL y XW con hoja SU, LGP con hoja S sin componentes traseros a no ser que la norma ISO 16754 especifique o estime lo contrario.

## Dimensiones

	CS533E		CP533E	
A Longitud total	5,51 m	18' 1"	5,51 m	18' 1"
B Ancho total	2,29 m	7' 6"	2,29 m	7' 6"
C Ancho del tambor	2,13 m	7'	2,13 m	7'
D Espesor del casco del tambor	25 mm	1"	25 mm	1"
E Diámetro del tambor	1.534 mm	60,4"	1.295 mm	51"
Diámetro del tambor (sobre pisones estándar)	—	—	1.549 mm	61"
F Altura hasta el techo ROPS/FOPS	3,06 m	10' 1"	3,07 m	10' 1"
G Altura hasta la cabina ROPS/FOPS	3,07 m	10' 1"	3,07 m	10' 1"
H Distancia entre ejes	2,90 m	9' 6"	2,90 m	9' 6"
I Espacio libre sobre el suelo	543 mm	21,4"	543 mm	21,4"
J Espacio libre vertical	521 mm	20,5"	521 mm	20,5"
Radio de giro interior	3,68 m	12' 1"	3,68 m	12' 1"
Radio de giro exterior	5,81 m	19' 1"	5,81 m	19' 1"



## Pesos de operación

Los pesos que se muestran son aproximados e incluyen lubricantes, refrigerante, tanques hidráulico y de combustible llenos y un operador de 80 kg (175 lb).

Pesos de la máquina	CS533E		CP533E*	
	con plataforma abierta	10.265 kg	22.635 lb	11.100 kg
con techo ROPS/FOPS	10.485 kg	23.120 lb	11.320 kg	24.960 lb
equipado con juego de estructura de pisones	11.910 kg	26.260 lb	—	—
con cabina ROPS/FOPS	10.840 kg	23.900 lb	11.530 kg	25.425 lb

### Peso en el tambor

con plataforma abierta	5.510 kg	12.150 lb	6.180 kg	13.630 lb
con techo ROPS/FOPS	5.570 kg	12.280 lb	6.240 kg	13.760 lb
equipado con juego de estructura de pisones	6.990 kg	15.415 lb	—	—
con cabina ROPS/FOPS	5.760 kg	12.700 lb	6.300 kg	13.890 lb

\*Añadir 30 kg (66 lbs) a todos los pesos indicados arriba para reflejar la opción de pisones rectangulares para el CP533E, que se indica en la página 9.

## Especificaciones de los compactadores CS-533E y CP-533E

Peso en orden de trabajo (con ROPS/FOPS)	CS533E		CP533E	
Máquina	10.485 kg	23.120 lb	11.320 kg	24.960 lb
en el tambor	5.570 kg	12.280 lb	6.240 kg	13.760 lb
Carga estática lineal (en el tambor)	26,1 kg/cm	146 lb/pulg.	—	—

### Dimensiones de la máquina

Longitud total	5,51 m	18' 1"	5,51 m	18' 1"
Ancho total	2,29 m	7' 6"	2,29 m	7' 6"
Altura total hasta el techo ROPS/FOPS	3,06 m	10' 1"	3,07 m	10' 1"
Distancia entre ejes	2,90 m	9' 6"	2,90 m	9' 6"
Espacio libre sobre el suelo	543 mm	21,4"	543 mm	21,4"
Espacio libre vertical	521 mm	20,5"	521 mm	20,5"
Radio de giro interior	3,68 m	12' 1"	3,68 m	12' 1"

### Dimensiones del tambor

Ancho del tambor	2,13 m	7'	2,13 m	7'
Espesor del casco del tambor	25 mm	1"	25 mm	1"
Diámetro del tambor	1.534 mm	60,4"	1.295 mm	51"
Diámetro del tambor (sobre pisonos estándar)	—	—	1.549 mm	61"
Número de pisonos	—	—	140	—
Altura de los pisonos	—	—	127 mm	5"
Área de la superficie del pison	—	—	89,4 cm <sup>2</sup>	13,9 pulg <sup>2</sup>

### Sistema vibratorio

Frecuencia				
Amplitud alta	31 Hz	1.860 vpm	31,9 Hz	1.914 vpm
Amplitud baja	34 Hz	2040 vpm	31,9 Hz	1.914 vpm
Amplitud nominal				
Alta	1,8 mm	0,071"	1,7 mm	0,067"
Baja	0,85 mm	0,033"	0,85 mm	0,033"
Alta (con juego de estructura de pison)	1,2 mm	0,047"	—	—
Baja (con juego de estructura de pison)	0,6 mm	0,024"	—	—

### Fuerza centrífuga

Máxima	234 kN	52.600 lb	266 kN	60.000 lb
Mínima	133 kN	30.000 lb	133 kN	30.000 lb
Máximo (con juego de estructura de pisonos)	234 kN	52.600 lb	—	—
Mínimo (con juego de estructura de pisonos)	133 kN	30.000 lb	—	—

### Tren de fuerza

Motor	3054C			
Potencia bruta	97 kW		130 hp	
Velocidades máximas				
Rango alto	12,0 km/h		7,5 mph	
Rango bajo	8,0 km/h		4,9 mph	
Eje (diferencial)	De patinaje limitado			
Tamaño del neumático	23,1" x 26", 8 lonas			

### Varios

Sistema eléctrico	24 VCC			
Ángulo de articulación	± 34°			
Ángulo de oscilación	± 15°			
Capacidad de combustible	200 litros	53 gal.		

### Equipos optativos

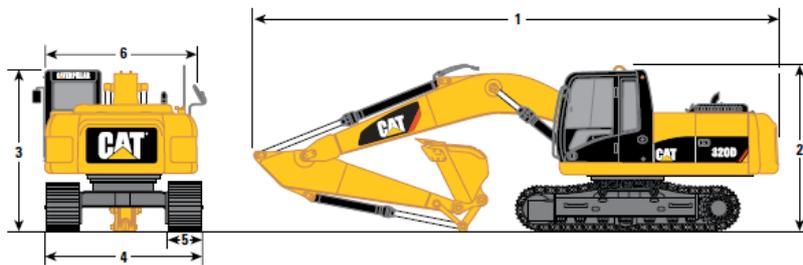
- Cabina ROPS/FOPS
- Aire acondicionado
- Cortina parasol enrollable
- Visera
- Espejos retrovisores interiores en la cabina
- Baliza giratoria
- Medidor de la frecuencia de vibración
- Raspadores de poliuretano para el tambor
- Juego de estructura de pisonos
- Raspador trasero de acero del tambor liso
- Cilindro de levantamiento de la plataforma de operador

## Especificaciones para 320D/320D L

Motor		Mecanismo de giro		Rendimiento acústico	
Modelo del motor	Cat® C6.6 ACERT™	Velocidad de giro	11,5 rpm	Rendimiento	
Potencia bruta – SAE J1995	111 kW	Par de giro	62 kN·m	• Es posible que se requiera protección para los oídos si se opera con una cabina y una estación del operador abiertas (cuando no se han realizado los procedimientos de mantenimiento correctamente o cuando se opera con las puertas y ventanas abiertas) durante periodos prolongados o en ambientes con altos niveles de ruido.	
Potencia neta – SAE J1349/ ISO 9249	103 kW	Mando		Normas	
Calibre	105 mm	Tracción máxima en la barra de tiro	206 kN	Frenos	
Carrera	127 mm	Velocidad máxima de desplazamiento	5,6 km/L	ISO 10265 2008	
Cilindrada	6,6 L	Sistema hidráulico			
<ul style="list-style-type: none"> <li>La potencia neta especificada es la potencia disponible al volante cuando el motor está equipado con ventilador, filtro de aire, silenciador y alternador.</li> <li>No se requiere reducción de potencia del motor hasta 3.000 m.</li> </ul>		Flujo máximo (2x) del sistema de implemento principal	205 L/min.		
Pesos		Presión máxima del equipo de desplazamiento	35.000 kPa		
Peso en orden de trabajo del tren de rodaje estándar	20.970 kg	Presión máxima de giro	35.000 kPa		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Pluma de alcance (HD), brazo R2.5 (HD), zapatas de cadena de 600 mm y cucharón de 1,0 m³</li> </ul>		Presión máxima del sistema piloto	25.000 kPa		
Peso en orden de trabajo del tren de rodaje largo	21.920 kg	Flujo máximo del sistema piloto	32,4 L/min		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Pluma de alcance (HD), brazo R2.9 (HD), zapatas de cadena de 700 mm y cucharón de 1,0 m³</li> </ul>		Presión máxima del sistema piloto	3.900 kPa		
Peso en orden de trabajo del tren de rodaje largo SLR	22.620 kg	Calibre del cilindro de la pluma	120 mm		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Zapatas de cadena de 700 mm y cucharón de 0,60 m³ (DC)</li> </ul>		Carrera del cilindro de la pluma	1.260 mm		
Capacidades de llenado de servicio		Calibre del cilindro del brazo	140 mm		
Capacidad del tanque de combustible	410 L	Carrera del cilindro del brazo	1.504 mm		
Sistema de enfriamiento	29 L	Calibre del cilindro del cucharón de la Familia B1	120 mm		
Aceite del motor	22 L	Carrera del cilindro del cucharón de la Familia B1	1.104 mm		
Mando de giro	8 L				
Mando final (cada uno)	8 L				
Sistema hidráulico (incluido el tanque)	260 L				
Tanque hidráulico	120 L				

## Dimensiones

Todas las dimensiones son aproximadas.

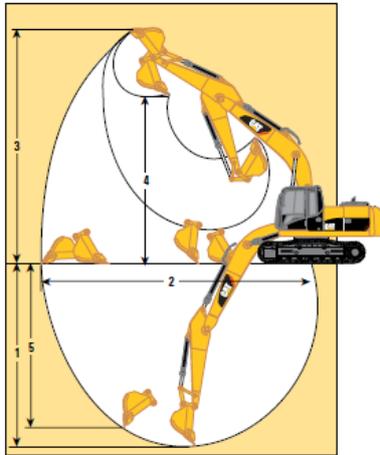


Opciones de pluma	320D Pluma de alcance (HD)	320D L Pluma de alcance (HD)
Brazo	R2.5 (HD)	R2.9 (HD)
Cucharón	1,0 m <sup>2</sup>	1,0 m <sup>2</sup>
Zapata	600 mm	700 mm
Tren de rodaje	STD	LC
Peso aproximado	20.970 kg	21.920 kg
1 Longitud total	9.460 mm	9.460 mm
2 Altura total	3.050 mm	3.050 mm
3 Altura de la cabina	2.950 mm	2.950 mm
4 Ancho total	2.800 mm	2.900 mm
5 Ancho de zapata de cadena	600 mm	700 mm
6 Ancho de la estructura superior	2.740 mm	2.740 mm

## Especificaciones para 320D/320D L

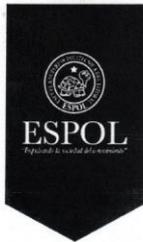
### Límites de alcance

Todas las dimensiones son aproximadas.



Opciones de pluma	Pluma de alcance	
	5,7 m (HD)	5,7 m (HD)
<b>Brazo</b>	2,9 m (HD)	2,5 m (HD)
<b>Cucharón</b>	1,0 m <sup>2</sup>	1,0 m <sup>2</sup>
1 Profundidad máxima de excavación	6.720 mm	6.300 mm
2 Alcance máximo a nivel del suelo	10.020 mm	9.630 mm
3 Altura máxima de corte	9.490 mm	9.290 mm
4 Altura máxima de carga	6.490 mm	6.290 mm
5 Excavación máxima (pared vertical)	6.060 mm	5.650 mm

**ANEXO 4. OFICIO DE SOLICITUD DE  
EXPEDIENTES DE CONCECIONES  
MINERAS AL GAD MUNICIPAL DEL  
CANTÓN SANTA ELENA**



Oficio No. 09-CM-FICT-ESPOL  
Guayaquil, 09 de agosto de 2018

**Asunto:** Solicitud de información de expedientes de concesiones mineras.

Señor Licenciado  
Dionicio Román Gonzabay Salinas  
**Alcalde**  
**GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN**  
**SANTA ELENA**

Señor Alcalde:

En primera instancia reciba un cordial saludo y mis felicitaciones por la excelente gestión realizada en su digno cargo como Alcalde del cantón Santa Elena. A su vez, conocedores de su alto espíritu de colaboración en la formación de profesionales de nuestro país, en calidad de Coordinadora de la carrera de Minas de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, me permito solicitar a usted muy respetuosamente se digne **autorizar** a quien corresponda la revisión de la información de expedientes de concesiones mineras por parte del estudiante **Gerald José Campuzano Romero** con C.I. 0703686709, con fines académicos, ya que actualmente se encuentra desarrollando su Tesis con el tema "Diseño de explotación minera de materiales de construcción de la Comuna Prosperidad, en el cantón Santa Elena, Ecuador".

Los expedientes necesarios para su revisión corresponden a las Concesiones de los Materiales de Construcción que se citan a continuación:

- SALADO 1, código 24-01-50-006
- CARMELA 1, código 24-01-50-005
- LOS CHOLITOS, código 790296
- RANCHO ALEGRE 3, código 700369
- RANCHO ALEGRE II, código 700202
- RANCHO ALEGRE 5, código 700318

Por la atención favorable prestada a la presente le antelo mis más sinceros agradecimientos.

Atentamente,

Dra. Silvia Catalina Loaiza Ambuludi, Ph.D.  
**Coordinadora**  
Carrera de Minas - ESPOL  
Correo: sloaiza@espol.edu.ec  
Teléfono: 0986191865

09-08-2018  
10H30

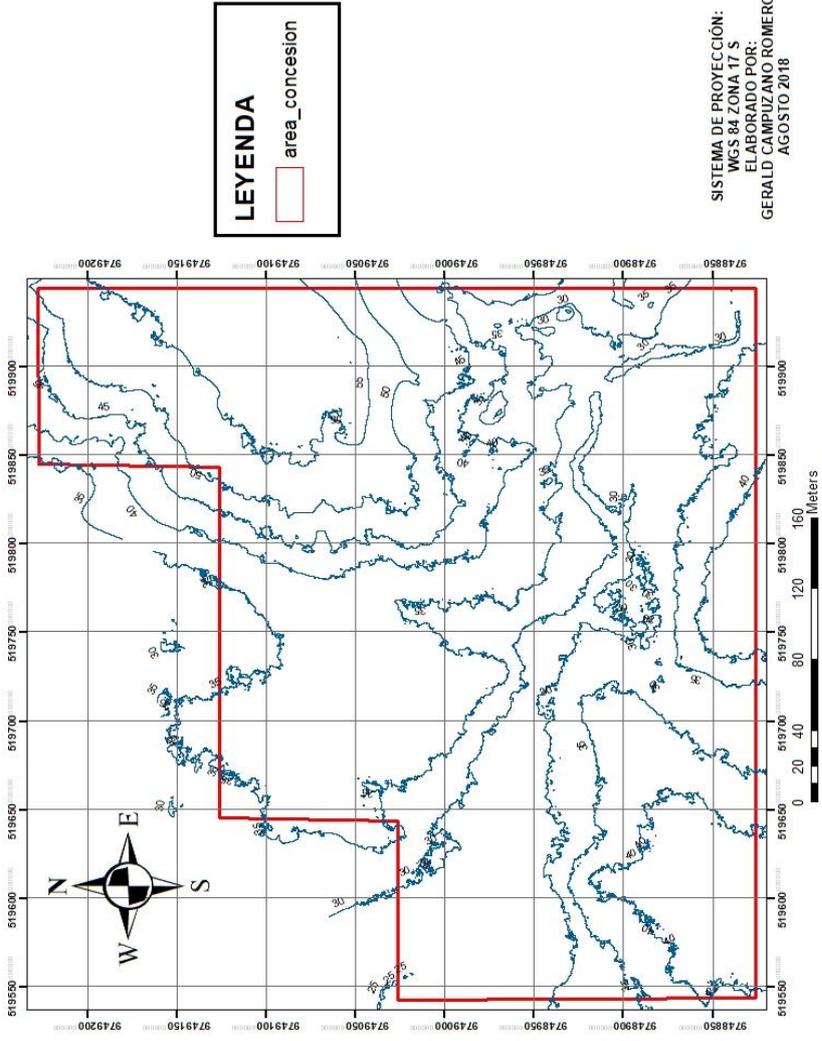
GADM DE SANTA ELENA  
RECIBIDO  
09 AGO 2018  
ALCALDIA  
Jennifer 10:33

Copia: Bióloga Gladys Santos, Dirección de Gestión Ambiental GAD Santa Elena  
Ingeniero Leopoldo Zumba, Unidad de Áridos y Pétreos GAD Santa Elena

Página 1 de 1

## **ANEXO 5. MAPA TOPOGRÁFICO**

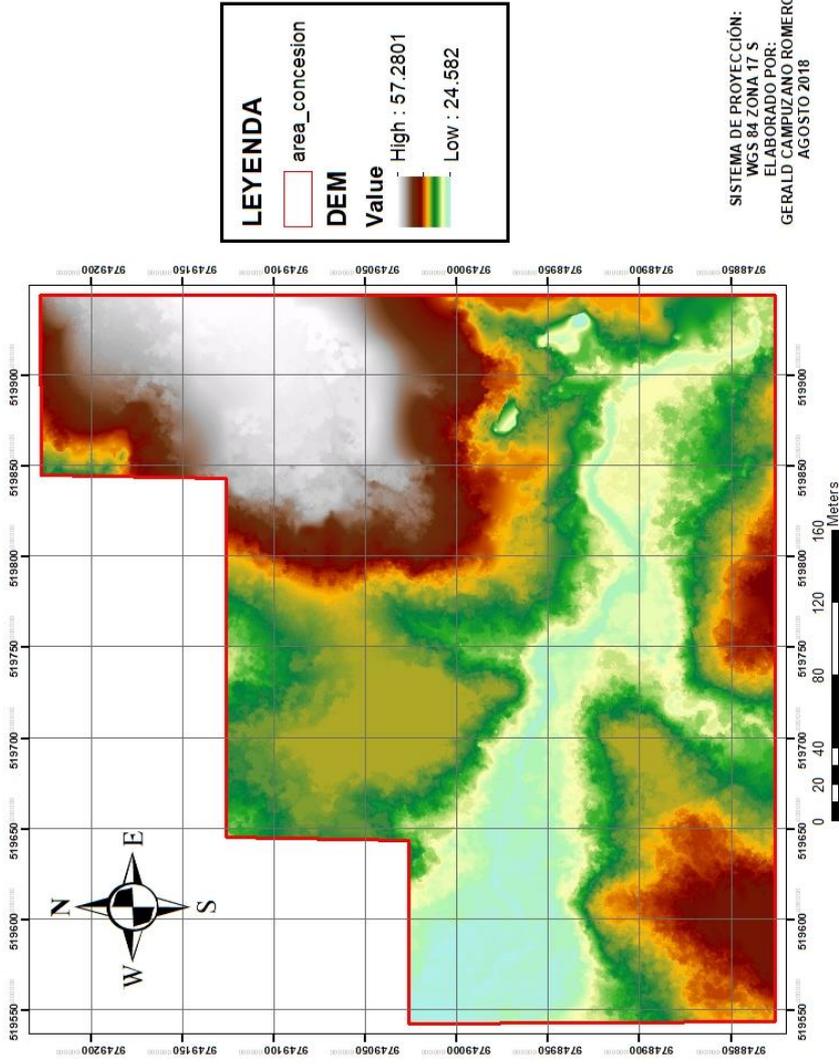
**MAPA TOPOGRÁFICO - ZONA DE ESTUDIO**  
 "DISEÑO DE EXPLOTACIÓN MINERA DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DE LA COMUNA PROSPERIDAD, EN EL CANTÓN SANTA ELENA, ECUADOR"



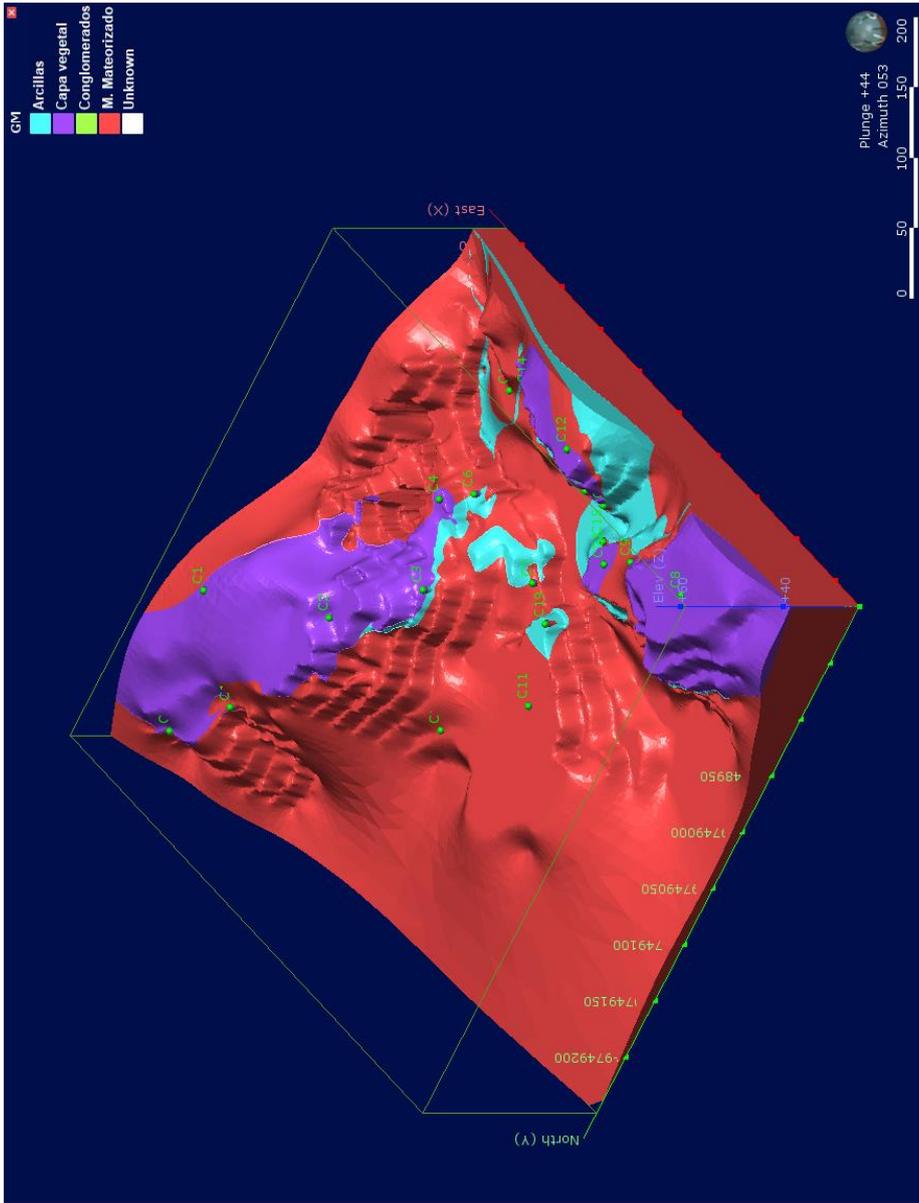
## **ANEXO 6. MAPA DEL MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES (DEM)**

# DEM - ZONA DE ESTUDIO

"DISEÑO DE EXPLOTACIÓN MINERA DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DE LA COMUNA PROSPERIDAD, EN EL CANTÓN SANTA ELENA, ECUADOR"



## **ANEXO 7. MAPA DEL MODELAMIENTO GEOLÓGICO**

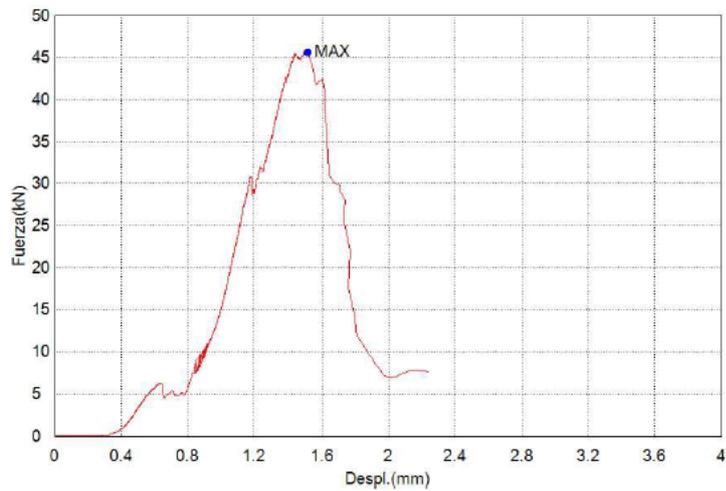


**ANEXO 8. REPORTE DE ENSAYO  
UNIAXIAL DE ROCA DE LA ZONA DE  
ESTUDIO**

Explotación Minera  
de Materiales de  
Construcción de la  
Comuna  
Prosperidad-Santa  
Elena

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	compresionrocaGerald. xtux	Nombre de metodo de ensayo	compesioroca.xmux
Fecha de informe	7/25/2018	Fecha de ensayo	7/25/2018
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	0.9kN/sec	Forma	Cilindrica
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre Parametros	Max_Fuerza Calc. at Entire Areas kN	Max_Tension Calc. at Entire Areas N/mm2	Max._Desplazamiento Calc. at Entire Areas mm
1_1	45.5808	19.3255	1.51313
Media	45.5808	19.3255	1.51313
Desviacion Estandar	--	--	--
Rango	0.00000	0.00000	0.00000



**ANEXO 9. ESTIMACIÓN DE COSTOS  
PARA RITMOS DE PRODUCCIÓN DE 400  
Y 800 METROS CÚBICOS POR DÍA**

**Para producción de 400m<sup>3</sup>/día:**

- **Inversión fija**

<b>OBTENCIÓN DE PERMISOS Y TASAS</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Costo (\$)</b>
<b>Concesión minera</b>	4632
- Tasas municipales 1RBU/hec. (RBU 2018: \$386)	
<b>Licencia ambiental</b>	3000
<b>TOTAL</b>	<b>7632</b>

<b>INFRAESTRUCTURA DE MINA</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo (\$)</b>
<b>Oficina</b>	1	1000
<b>Bodega</b>	1	1000
<b>Baño</b>	1	1000
<b>Comedor</b>	1	500
<b>Almacenamiento de desechos</b>	1	500
<b>TOTAL</b>		<b>4000</b>

<b>EPPs y SEÑALÉTICA</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario (\$)</b>	<b>Costo total (\$)</b>
Casco	1	10	10
Barbiquejo	1	3	3
Protección visual	1	5	5
Guantes	1	4	4
Botas de caucho con punta de acero	1	20	20
Protección auditiva	1	5	5
Chaleco	1	5	5
Señalética			300
<b>TOTAL</b>			<b>352</b>

- **Costos directos**

<b>ALQUILER DE MAQUINARIA (5h/día)</b>
--

Descripción	Costo hora (\$)	Costo diario (\$)	Costo mensual (\$)	Costo anual (\$)
Excavadora (cazo 1m <sup>3</sup> )	45	225	5400	64800

MANO DE OBRA			
Personal	Cantidad	Sueldo (\$/mes)	Sueldo (\$/año) (14 sueldos incluido décimos)
Ing. de Operaciones	1	522.15	7310.1
Trabajador de campo	1	387.23	5421.22
TOTAL			12731.32

- Costos indirectos

COSTOS INDIRECTOS		
Regalias	3% de costo de producción Precio referencial: \$6 Producción anual: 115200m <sup>3</sup>	20736
Patentes de conservación	2%RBU/hectárea (12 hectáreas)	92.64
Informes de producción	2 informes/año Costo referencia: \$2000/informe	4000
Administración	2% de costos directos	1550.63
Movilización	1% de costos directos	775.31
Imprevistos	2% de costos directos	1550.63
TOTAL		28705.21

- Costo unitario

$$\text{Costo unitario} = \frac{\text{Inversión} + \text{Costos directos} + \text{Costos indirectos}}{\frac{288 \text{ días}}{\text{año}} * \text{Producción diaria}}$$

$$= \frac{11984 + 77531.32 + 28705.21}{288 \times 400} = 1.03 \text{ $/m}^3$$

**Para producción de 800m<sup>3</sup>/día:**

- **Inversión fija**

<b>OBTENCIÓN DE PERMISOS Y TASAS</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Costo (\$)</b>
<b>Concesión minera</b> - Tasas municipales 1RBU/hec. (RBU 2018: \$386)	4632
<b>Licencia ambiental</b>	3000
<b>TOTAL</b>	<b>7632</b>

<b>INFRAESTRUCTURA DE MINA</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo (\$)</b>
<b>Oficina</b>	1	1000
<b>Bodega</b>	1	1000
<b>Baño</b>	1	1000
<b>Comedor</b>	1	500
<b>Almacenamiento de desechos</b>	1	500
<b>TOTAL</b>		<b>4000</b>

<b>EPPs y SEÑALÉTICA</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario (\$)</b>	<b>Costo total (\$)</b>
Casco	2	10	20
Barbiquejo	2	3	6
Protección visual	2	5	10
Guantes	2	4	8
Botas de caucho con punta de acero	2	20	40
Protección auditiva	2	5	10
Chaleco	2	5	10
Señalética			300
<b>TOTAL</b>			<b>404</b>

- **Costos directos**

ALQUILER DE MAQUINARIA (8h/día)				
Descripción	Costo hora (\$)	Costo diario (\$)	Costo mensual (\$)	Costo anual (\$)
Excavadora (cazo 1m <sup>3</sup> )	45	360	8640	103680

MANO DE OBRA			
Personal	Cantidad	Sueldo (\$/mes)	Sueldo (\$/año) (14 sueldos incluido décimos)
Ing. de Operaciones	1	522.15	7310.1
Trabajador de campo	2	774.46	21684.88
TOTAL			28994.98

- Costos indirectos

COSTOS INDIRECTOS		
Regalias	3% de costo de producción Precio referencial: \$6 Producción anual: 230400m <sup>3</sup>	41472
Patentes de conservación	2%RBU/hectárea (12 hectáreas)	92.64
Informes de producción	2 informes/año Costo referencia: \$2000/informe	4000
Administración	2% de costos directos	2653.50
Movilización	1% de costos directos	1326.75
Imprevistos	2% de costos directos	2653.50
TOTAL		52198.39

- Costo unitario

$$\begin{aligned}
 \text{Costo unitario} &= \frac{\text{Inversión} + \text{Costos directos} + \text{Costos indirectos}}{\frac{288 \text{ días}}{\text{año}} * \text{Producción diaria}} \\
 &= \frac{12036 + 132674.98 + 52198.39}{288 \times 800} = 0.86 \text{ $/m}^3
 \end{aligned}$$

**ANEXO 10. ESPECIFICACIONES DE  
HINO 700**



ZS1EPVA - 4041

MODELO	ZS1EPVA - 4041
Configuración	6x4
<b>CAPACIDADES</b>	
Capacidad carga eje delantero	7.000 Kg.
Capacidad carga eje posterior	20.000 Kg.
Peso bruto vehicular	27.000 Kg.
Peso vacío	9.850 Kg.
Capacidad de carga	17.150 Kg.
Neumáticos	12.00 R24-20
<b>MOTOR</b>	
Tipo	Diésel Turbo Intercooler
Sistema de inyección	Inyección electrónica en inel común con compensador
Norma de control de emisiones	Euro 3
Potencia máxima	410 HP @ 1.800 RPM
Torque máximo	1650kgM @ 1.100 RPM
Cilindraje	12.913 cm <sup>3</sup>

MODELO	ZS1EPVA - 4041
<b>EMBRAGUE</b>	Monodisco seco
<b>TRANSMISIÓN</b>	
Transmisión / Tipo	Manual (ZF16)
Número de velocidades	16 velocidades + 2 reversas
<b>EJES</b>	
Delantero	Tipo Viga Elliot "1" Inversa reforzada
Trasero	Tipo tandem enteramente flotante reforzada
<b>SUSPENSIÓN</b>	
Delantero	Ballestas semielípticas con amortiguadores
Trasero	Ballestas semielípticas con barra de torsión
Dirección	Hidráulica (Bolas recirculantes)
<b>FRENOS</b>	
De servicio	100% Aire
Auxiliares	Retardador al motor
Estacionamiento y emergencia	De resorte actuando sobre eje delantero y eje posterior delantero



FS1ELSD - 3341 / FS1ESSA-3348

MODELO	FS1ELSD - 3341	FS1ESSA-3348
Configuración	6x4	
<b>CAPACIDADES</b>		
Capacidad carga eje delantero	7.000 Kg.	7.000 Kg.
Capacidad carga eje posterior	20.000 Kg.	20.000 Kg.
Peso bruto vehicular	27.000 Kg.	27.000 Kg.
Peso vacío	8.705 Kg.	9.010 Kg.
Capacidad de carga	18.295 Kg.	17.990 Kg.
Neumáticos	295/80 R 22.5	
<b>MOTOR</b>		
Tipo	Diésel Turbo Intercooler	
Sistema de inyección	Inyección electrónica en inel común con compensador	
Norma de control de emisiones	Euro 3	
Potencia máxima	480 HP @ 1.800 RPM	
Torque máximo	220 KgM @ 1.100 RPM	190 KgM @ 1.100 RPM
Cilindraje	12.913 cm <sup>3</sup>	

MODELO	FS1ELSD - 3341	FS1ESSA-3348
<b>EMBRAGUE</b>	Monodisco seco	
<b>TRANSMISIÓN</b>		
Transmisión / Tipo	Manual (ZF16)	
Número de velocidades	16 velocidades + 2 reversas	
<b>EJES</b>		
Delantero	Tipo Viga Elliot "1" Inversa reforzada	
Trasero	Tipo tandem enteramente flotante reforzada	
<b>SUSPENSIÓN</b>		
Delantero	Ballestas semielípticas con amortiguadores y estabilizadores	
Trasero	Ballestas semielípticas	
Dirección	Hidráulica (Bolas recirculantes)	
<b>FRENOS</b>		
De servicio	100% Aire	
Auxiliares	Retardador al motor + Intarder III a la transmisión	
Estacionamiento y emergencia	De resorte actuando sobre eje delantero y eje posterior delantero	



SS1EKSA - 2848

MODELO	SS1EKSA - 2848
Configuración	6x4
<b>CAPACIDADES</b>	
Capacidad carga eje delantero	7.000 Kg.
Capacidad carga eje posterior	20.000 Kg.
Peso bruto vehicular	27.000 Kg.
Capacidad de arrastre	38.280 Kg.
P.B.V.C.	48.000 Kg.
Peso vacío	9.740 Kg.
Neumáticos	295/80 R 22.5
<b>MOTOR</b>	
Tipo	Diésel Turbo Intercooler
Sistema de inyección	Inyección electrónica en inel común con compensador
Potencia máxima	480 HP @ 1.800 RPM
Torque máximo	220 KgM @ 1.100 RPM
Cilindraje	12.913 cm <sup>3</sup>

MODELO	SS1EKSA - 2848
<b>EMBRAGUE</b>	Monodisco seco
<b>TRANSMISIÓN</b>	
Transmisión / Tipo	Manual (ZF16)
Número de velocidades	16 velocidades + 2 reversa
<b>EJES</b>	
Delantero	Tipo Viga Elliot "1" Inversa reforzada
Trasero	Tipo tandem enteramente flotante reforzada
<b>SUSPENSIÓN</b>	
Delantero	Ballestas semielípticas con amortiguadores y estabilizadores
Trasero	Ballestas semielípticas con amortiguadores delantero y trasero
Dirección	Hidráulica (Bolas recirculantes)
<b>FRENOS</b>	
De servicio	100% Aire
Sistema de control	Sistema ABS (Control Electrónico)
Auxiliares	Retardador al motor + Intarder III a la transmisión
Estacionamiento y emergencia	De resorte actuando sobre eje delantero y eje posterior delantero



\* Especificaciones técnicas y colores de vehículos pueden variar

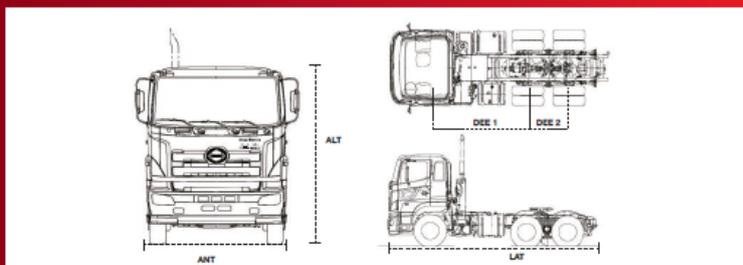
## DIMENSIONES



SERIE 700

DIMENSIONES	SS1EKSA - 2048	FS1ELSD - 3341	ZS1EPVA - 4041	FS1ESSA - 3348
LARGO TOTAL (LAT)	6.885 mm.	7.645 mm.	8.235 mm.	9.945 mm.
ALTO TOTAL (ALT)	3.000 mm.	3.030 mm.	3.745 mm.	3.695 mm.
ANCHO TOTAL (ANT)	2.550 mm.	2.490 mm.	2.555 mm.	2.490 mm.
DISTANCIA ENTRE EJES (DEE1 + DEE 2)	3.180 + 1.350 mm.	3.630 + 1.350 mm.	4.145 + 1.500 mm.	4.680 + 1.350 mm

## MODELOS SERIE 700



### REQUISITOS PARA CRÉDITOS DEUDOR GARANTE

- Copias de cédula y certificado de votación
- Copias de pago de impuestos prediales de bienes inmuebles
- Copias de matrícula de vehículos
- Para clientes de buses, certificado de pertenecer a Coop. de Transporte
- Copias del RUC y declaración de impuestos actualizadas

Grupo **Mavesa**



GUAYAQUIL Km. 3.5 Av. Juan Tanco Marungo Telf: 043711111 REPUESTOS HINO: Los Ríos y Huancavilca Telf: 042454442 QUITO NORTE Km. Sela y Medlo Av. Galo Plaza Lasso y Sebastián Moreno Telf: 02 2479783 - 02 2479784 QUITO SUR Guatón, Av. Pedro Y Maldonado y Cumbamba - Línea Fámea, Telf: 02 3081715 AMBATO Av. Bolívar Km. 5, sector Tamamoto Telf: 03 2405140 REPUESTOS HINO: Av. El Rey y Floreana Telf: 03 2821235 - 03 2421200 MOTOREO Km. 1.5 Av. Indoamérica Telf: 03 2445251. CUENCA Avenida España y Chapatonas - Alcabalas Telf: 07285207 - 07285303 - 072857979- 072852148 MACHALA Av. 25 de Junio Km. 1.5 vía a Pasaje Telf.: 043711111 SANTO DOMINGO: Vía Santo Domingo - Quevedo Km. 5.5 Telf.: 043711111

1800-MAVESA

www.grupomavesa.com.ec