



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
EXTENSIÓN MORONA SANTIAGO**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
CARRERA: INGENIERÍA GEOLOGÍA Y MINAS**

**“ANÁLISIS TÉCNICO DEL DEPÓSITO DE SÍLICE EN LA ZONA DE
SAIP DEL CANTÓN SUCÚA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO”**

Trabajo de titulación presentado previo a la Obtención del título de:
INGENIERO EN GEOLOGÍA Y MINAS

AUTORES:
RAÚL ALEXANDER LÓPEZ CAPA
JHOFRE REIMUNDO NARVÁEZ PESANTEZ

MACAS – ECUADOR

2016

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los abajo firmantes, miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación de los señores **LÓPEZ CAPA RAÚL ALEXANDER** y **NARVÁEZ PESANTEZ JHOFRE REIMUNDO**, estudiantes de la carrera Ingeniería Geología y Minas, Escuela de Agronomía, Facultad Recursos Naturales de la ESPOCH, Extensión Morona Santiago, una vez que hemos revisado y comprobado la culminación del Proyecto Técnico titulado **“ANÁLISIS TÉCNICO DEL DEPÓSITO DE SÍLICE EN LA ZONA DE SAIP DEL CANTÓN SUCÚA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO”** se APRUEBA el Informe del Trabajo de Titulación y certificamos que se encuentra apto para la Defensa Oral.

En la ciudad de Macas, a los 13 días del mes julio del 2016

Atentamente,

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **Raúl Alexander López Capa** y **Jhofre Reimundo Narváez Pesantez** somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este proyecto técnico de titulación y el patrimonio intelectual de este trabajo pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Macas, 13 de julio de 2016.

DEDICATORIA

El presente trabajo de Titulación nos gustaría dedicar a nuestros padres, amigos y familiares en general por estar siempre brindándonos su apoyo incondicional para poder concluir con éxitos nuestros estudios universitarios.

A nuestro director y asesor de tesis el Ing. Marco Mejía e Ing. Henry Minchala, a todos los docentes que durante nuestro periodo de estudios nos supieron guiar con sabiduría y de una manera muy especial a la prestigiosa ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL CHIMBORAZO EXT. MORONA SANTIAGO, por darnos la oportunidad de formarnos como Ingenieros en Geología y Minas.

AGRADECIMIENTO

Primeramente nos gustaría agradecer a Dios y a nuestros padres, por ser el pilar fundamental y brindarnos su apoyo incondicional con cariño, paciencia y amor.

Al Ing. Marco Mejía e Ing. Henry Minchala por su gran apoyo, seguimiento y la supervisión continúa de este trabajo de titulación.

A la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL CHIMBORAZO-EXT. MORONA SANTIAGO por darnos la oportunidad de prepararnos como profesionales.

A la ILUSTRE MUNICIPALIDAD DEL CANTÓN SUCÚA por proporcionarnos la información necesaria para el desarrollo de esta investigación.

Y de manera muy especial nos gustaría expresar nuestro más profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que han formado parte de nuestro camino hasta alcanzar el título profesional.

Muchas gracias a todos y el mayor de los éxitos.

CONTENIDO

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	II
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	III
CONTENIDO	VI
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	3
1. MARCO REFERENCIAL.....	4
1.1 ANTECEDENTES.....	4
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.3 JUSTIFICACIÓN	4
1.4 OBJETIVOS.....	5
1.4.1 <i>Objetivo general</i>	5
1.4.2 <i>Objetivo específico</i>	5
1.5 HIPÓTESIS..	5
1.6 ASPECTOS GENERALES.....	6
1.6.1 <i>Ubicación</i>	6
1.6.2 <i>Ubicación geográfica</i>	6
1.6.3 <i>Accesibilidad</i>	6
1.6.4 <i>Características del suelo</i>	8
1.6.5 <i>Características Meteorológicas</i>	9
1.6.5.1 <i>Temperatura promedio anual</i>	9
1.6.5.2 <i>Precipitación promedio anual</i>	9
1.6.5.3 <i>Humedad</i>	9
1.6.5.4 <i>Humedad relativa anual</i>	10
CAPÍTULO II.....	11
2. MARCO TEÓRICO.....	12
2.1 GEOLOGÍA REGIONAL	12

2.2 FORMACIONES GEOLÓGICAS.....	12
2.2.1 Formación Mera (QM).....	13
2.2.2 Formación Hollín (KH).....	13
2.2.3 Formación Chapiza (JKCH).....	14
2.2.4 Formación Santiago (Js).....	14
2.3 GEOMORFOLOGÍA REGIONAL.....	14
2.4 TECTÓNICA REGIONAL.....	15
CAPÍTULO III.....	19
3. MÉTODOS Y TÉCNICAS.....	20
3.1 METODOLOGÍA.....	20
3.2 LÍNEA BASE.....	21
3.3 TRABAJO DE CAMPO.....	22
3.3.1 Modelado de la zona de estudio.....	22
3.3.2 Geomorfología local.....	23
3.3.3 Geología local.....	23
3.3.4 Exploración.....	23
3.3.4.1 Selección de la malla de muestreo.....	23
3.3.4.2 Ejecución de la malla de muestreo.....	24
3.3.4.3 Registro geológico de los pozos.....	25
3.3.4.4 Muestreo de pozos.....	26
3.4 TRABAJO DE OFICINA.....	27
3.4.1 Análisis químico-mineralógico de la muestra.....	27
3.4.2 Perfiles geológicos.....	27
3.4.3 Forma del yacimiento.....	28
3.4.4 Extensión de yacimiento.....	28
3.4.5 Cálculo de reservas.....	28
3.4.5.1 Selección del método para el cálculo de reservas.....	28
3.4.5.2 Método de los perfiles o cortes.....	28

3.4.5.3 Cálculo del volumen.....	29
3.4.5.4 Cálculo de reservas.....	30
3.4.6 Determinación del sector de interés.....	30
3.4.7 Sistema de explotación.....	30
3.4.8 Elección del método de explotación.....	31
3.4.9 Diseño de explotación.....	31
3.4.9.1 Relación sobrecarga-mineral.....	32
3.4.9.2 Tiempo de vida.....	32
3.4.9.3 Ritmo de extracción.....	32
3.4.9.4 Profundidad de la cantera.....	32
3.4.9.5 Altura del banco.....	33
3.4.9.6 Ancho del tajo.....	34
3.4.9.7 Ángulo de cara del banco.....	35
3.4.9.8 Bermas.....	35
3.4.9.9 Vías y rampas.....	36
3.4.10 Cartografiado.....	37
3.4.11 Factibilidad técnica.....	37
3.4.11.1 Aspecto económico.....	37
3.4.11.2 Requerimiento de arena de cuarzo en el mercado.....	38
3.4.11.3 Ingeniería del proyecto.....	38
3.4.11.3.1 Trabajos básicos.....	38
3.4.11.3.2 Volúmenes de explotación.....	38
3.4.11.3.3 Datos del año base.....	38
3.4.12 Proceso de tratamiento.....	38
3.4.13 Especificaciones de la maquinaria a emplear.....	38
3.4.14 Diagrama de flujo de la extracción del mineral.....	39
3.4.15 Diagrama de flujo del tratamiento del mineral.....	39
CAPÍTULO IV.....	40

4. EXPLORACIÓN.	41
4.1 LÍNEA BASE.....	41
4.2 MODELADO DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	43
4.3 GEOMORFOLOGÍA LOCAL.....	44
4.4 GEOLOGÍA LOCAL.....	45
4.5 SELECCIÓN DE LA MALLA DE MUESTREO.....	49
4.6 EJECUCIÓN DE LA MALLA DE MUESTREO.....	49
4.7 REGISTRO GEOLÓGICO DE LOS POZOS.....	50
4.8 MUESTREO DE POZOS.....	54
4.9 ANÁLISIS QUÍMICO-MINERALÓGICO DE LA MUESTRA.....	55
4.10 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LABORATORIO.....	56
CAPÍTULO V	57
5. CÁLCULO DE RESERVAS	58
5.1 PERFILES GEOLÓGICOS.....	58
5.2 FORMA DEL YACIMIENTO.....	59
5.3 EXTENSIÓN DE YACIMIENTO.....	60
5.4 CÁLCULO DE RESERVAS.....	61
5.4.1 <i>Cálculo del volumen</i>	61
5.4.2 <i>Cálculo de reservas</i>	64
CAPÍTULO VI	70
6. DISEÑO DEL SISTEMA EXPLOTACIÓN.	71
6.1 DETERMINACIÓN DEL SECTOR DE INTERÉS.....	71
6.2 SISTEMA DE EXPLOTACIÓN.....	73
6.3 ELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN.....	74
6.4 PARÁMETROS OPERATIVOS DEL DISEÑO DE LOS BANCOS DE EXPLOTACIÓN.....	74
6.4.1 <i>Relación sobrecarga-mineral</i>	74
6.4.2 <i>Tiempo de vida</i>	75
6.4.3 <i>Ritmo de extracción</i>	75

6.4.4 Profundidad de la cantera.....	76
6.4.5 Altura del banco.....	77
6.4.6 Ancho del tajo.....	78
6.4.7 Ángulo de cara del banco.....	79
6.4.8 Bermas.....	79
6.4.9 Vías y rampas.....	80
6.5 CARTOGRAFIADO.....	81
6.5.1 Elaboración del modelado de la zona de estudio.....	81
6.5.2 Ubicación de las labores de muestreo.....	83
6.5.3 Elaboración del mapa geológico.....	83
6.5.4 Elaboración de cortes geológicos de toda el área de estudio.....	85
6.5.5 Elaboración de cortes geológicos del sector de interés.....	85
6.5.6 Elaboración del mapa con el diseño de exploración.....	86
CAPÍTULO VII.....	87
7. FACTIBILIDAD TÉCNICA.....	88
7.1 ASPECTO ECONÓMICO.....	88
7.2 REQUERIMIENTO DE ARENA DE CUARZO EN EL MERCADO.....	89
7.3 INGENIERÍA DEL PROYECTO.....	90
7.3.1 Trabajos básicos.....	90
7.3.2 Volúmenes de explotación.....	90
7.3.3 Datos del año base.....	90
7.4 PROCESO DE TRATAMIENTO.....	91
7.5 ESPECIFICACIONES DE LA MAQUINARIA A EMPLEAR.....	92
7.6 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA EXTRACCIÓN DEL MINERAL.....	100
7.7 DIAGRAMA DE FLUJO DEL TRATAMIENTO DEL MINERAL.....	101
CAPÍTULO VIII.....	102
8. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	103
8.1 LÍNEA BASE.....	103

8.2 MAPAS.....	103
8.3 GEOMORFOLOGÍA.....	103
8.4 GEOLOGÍA LOCAL.....	103
8.5 LABORES DE EXPLORACIÓN.....	104
8.6 FORMA DEL YACIMIENTO.....	104
8.7 RESERVAS.....	104
8.8 DISEÑO DE EXPLOTACIÓN.....	105
8.9 FACTIBILIDAD.....	105
8.10 PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL YACIMIENTO.....	106
8.11 COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	106
CAPÍTULO IX.....	107
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	108
9.1 CONCLUSIONES.....	108
9.2 RECOMENDACIONES.....	110
10. BIBLIOGRAFÍA.....	111
11. RESUMEN.....	115
12. ABSTRACT.....	116
13. ANEXOS.....	117

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Ubicación geográfica del sector de estudio.....	6
Tabla 2-1: Datos climatológicos estación (M1040) Macas San Isidro-PNS.	9
Tabla 1-3: Tabla para el registro geológico.	26
Tabla 2-3: Ángulos de talud para bancos en trabajo y en receso.....	35
Tabla 3-3: Dimensiones recomendadas para el diseño de banquetas.	36
Tabla 1-5: Cálculo del volumen de mineral de todo el yacimiento.	62
Tabla 2-5: Cálculo del volumen de sobrecarga de todo el yacimiento.	62
Tabla 3-5: Cálculo del volumen de mineral de la zona de interés.....	63
Tabla 4-5: Cálculo del volumen de sobrecarga de la zona de interés.....	64
Tabla 5-5: Cálculo de reservas probables de todo el yacimiento.	66
Tabla 6-5: Cálculo de la sobrecarga de todo el yacimiento.....	67
Tabla 7-5: Cálculo de reservas probadas de la zona de interés.	68
Tabla 8-5: Cálculo de la sobrecarga de la zona de interés.....	69
Tabla 1-6: Ubicación del sector de interés.....	72
Tabla 2-6: Proyección de explotación.	76
Tabla 3-6: Personal necesario para la mina.	76
Tabla 4-6: Ubicación de los pozos de muestreo	83
Tabla 5-6: Datos estructurales	84
Tabla 1-7: Requerimientos de arena de cuarzo en el país.....	89
Tabla 2-7: Proyección de explotación.	90
Tabla 3-7: Personal necesario para el proceso de tratamiento.....	92
Tabla 4-7: Excavadora 340D L serie 2.	93
Tabla 5-7: Retroexcavadora cargadora 420E IT.....	97
Tabla 6-7: Camión volquete articulado 250D II.....	99
Tabla 7-7: Trommel de lavado Trimán TLH.....	99
Tabla 8-7: Secador ALLGAIER G204.	99
Tabla 9-7: Molino de bolas.....	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Ubicación del sector de estudio.	6
Figura 2-1: Ruta Quito – Macas – Sucúa.....	7
Figura 3-1: Ruta Guayaquil – Cuenca – Limón – Sucúa.....	7
Figura 4-1: Ruta Guayaquil – Riobamba – Macas – Sucúa.....	7
Figura 5-1: Ruta terminal terrestre de Sucúa – Saip.....	8
Figura 6-1: Ruta terminal terrestre de Macas – Saip.....	8
Figura 1-2: Geología regional del cantón Sucúa	13
Figura 2-2: Modelo numérico de relieves (Savane©IRD) de la zona ecuatoriana y ubicación de la Superficie Mera-Upano.	16
Figura 3-2: Bloque morfo-tectónico 3D de la Cordillera del Cutucú.....	17
Figura 4-2: Modelado y secciones litológicas del valle del Upano	18
Figura 1-3: Cálculo de reservas por el método de perfiles	29
Figura 2-3: Diseño del tajo	34
Figura 1-5: Perfiles geológicos.....	58
Figura 2-5: Zona de interés.....	59
Figura 3-5: Perfiles de la zona de interés.....	59
Figura 4-5: Extensión del yacimiento.....	60
Figura 5-5: Cálculo del volumen de mineral y sobrecarga de toda la zona de estudio.	61
Figura 6-5: Cálculo de las reservas del mineral y la sobrecarga de toda la zona de estudio.....	65
Figura 7-5: Cálculo de las reservas del mineral y la sobrecarga de la zona de interés.	65
Figura 1-6: Afloramiento de la zona de interés.....	71
Figura 2-6: Fuente de agua.....	71

Figura 3-6: Vías.	72
Figura 4-6: Características de la arena de cuarzo.	72
Figura 7-6: Topografía de la zona de interés.	73
Figura 8-6: Altura de la cantera.	77
Figura 8-6: Altura del banco.	77
Figura 9-6: Alturas máximas y mínimas de corte de la excavadora.	78
Figura 10-6: Ancho del tajo.	79
Figura 11-6: Ángulo de talud del banco.	79
Figura 12-6: Ancho mínimo de la berma y la altura de la banquetta.	80
Figura 13-6: Ancho de la vía.	81
Figura 14-6: Ubicación de la zona mediante Google Earth.	81
Figura 15-6: Base de datos.	82
Figura 16-6: Modelado de curvas de nivel.	82
Figura 17-6: Modelado de mapas.	82
Figura 18-6: Visualización en 3D.	83
Figura 19-6: Afloramientos y proyecciones de la Formación Santiago.	84
Figura 20-6: Afloramientos y proyecciones de la Formación Hollín.	84
Figura 21-6: Perfiles de toda la zona de estudio.	85
Figura 22-6: Perfiles de la zona de interés.	85
Figura 1-7: Diagrama de flujo de la extracción del mineral.	100
Figura 2-7: Diagrama de flujo del tratamiento del mineral.	101

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1-4: Cortes de la vía al depósito de sílice.....	41
Fotografía 2-4: Cobertura vegetal.....	42
Fotografía 3-4: Asentamientos.....	42
Fotografía 4-4: Usos del suelo.....	43
Fotografía 5-4: Vías de acceso.....	43
Fotografía 6-4: Recolección de datos.....	44
Fotografía 7-4: Depósitos volcánicos.....	46
Fotografía 8-4: Depósitos coluviales.....	46
Fotografía 9-4: Depósitos de arcillas.....	47
Fotografía 10-4: Afloramiento de arena de cuarzo.....	47
Fotografía 11-4: Arena de cuarzo con materia orgánica.....	48
Fotografía 12-4: Arenisca tobacea brechoide.....	48
Fotografía 13-4: Afloramientos de la Formación Santiago.....	49
Fotografía 14-4: Pozo de muestreo.....	50
Fotografía 15-4: Descripción de la litología.....	50
Fotografía 16-4: Muestras recolectadas.....	54
Fotografía 17-4: Afloramiento de la Fm. Santiago y Fm. Hollín.....	55
Fotografía 18-4: Pozos de exploración.....	55

INTRODUCCIÓN.

En la actualidad por circunstancias productivas del país; se encuentra en preponderancia la producción nacional; propiciando el requerimiento de sílice como materia prima en la industria, generando un interés por la comunidad de Saip de valorar el material que se encuentra en la superficie de la jurisdicción de la misma, de tal manera que a petición escrita de su representante se procede a realizar el presente trabajo de titulación, con el tema “ANÁLISIS TÉCNICO DEL DEPÓSITO DE SÍLICE EN LA ZONA DE SAIP DEL CANTÓN SUCÚA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO”.

Este trabajo contará con una metodología para la recolección de información y a su vez de la presentación de resultados sobre la topografía, geología, reservas probables y probadas, con esto se podrá proponer un modelo de explotación acorde a estos factores.

En el primer capítulo se describe los aspectos generales del área de estudio, como es: Su ubicación, accesibilidad, características del suelo y características meteorológicas.

El segundo capítulo trata sobre el marco teórico; como la geología regional, las formaciones geológicas presentes, geomorfología y tectónica regional.

El capítulo tres contiene los métodos y las técnicas para la ejecución del proyecto, la cual se halla dividida en: Metodología, línea base, trabajo de campo y trabajo de oficina.

En el capítulo cuatro se indica los trabajos realizados durante la etapa de exploración y contiene la línea base, el modelado de la zona de estudio, la geomorfología y geología local, los trabajos de exploración, el análisis químico-mineralógico de la muestra e interpretación de sus resultados.

En el capítulo cinco se indican los perfiles geológicos, la forma y extensión de yacimiento y el cálculo de reservas.

El capítulo seis contiene la determinación del sector de interés, el sistema y método de explotación, los parámetros operativos del diseño de los bancos de explotación y el modelado de mapas temáticos.

El capítulo siete trata sobre la factibilidad técnica del yacimiento y se analizan parámetros como los requerimientos de sílice, aspectos económicos, la ingeniería del proyecto, los

procesos de tratamiento, la maquinaria y se realizan diagramas flujo de la extracción y el tratamiento del mineral.

El capítulo ocho recoge los resultados y análisis de todos los trabajos realizados en el campo y oficina.

En el capítulo nueve se expone las conclusiones y recomendaciones del trabajo realizado, conjuntamente con los anexos que respaldan el trabajo de titulación.

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1 ANTECEDENTES.

Dentro de la jurisdicción política del cantón Sucúa; provincia de Morona Santiago, exactamente en el sector de Saip se puede avistar indicios de la presencia de un depósito de sílice, el cual no ha sido estudiado a profundidad, desconociendo sus parámetros geológicos y técnicos mineros; los cuales podrían generar un interés importante.

La comunidad solicita que se realice un estudio preliminar a cerca del depósito de sílice y por esto que nos hemos planteado desarrollar el trabajo de titulación “ANÁLISIS TÉCNICO DEL DEPÓSITO DE SÍLICE EN LA ZONA DE SAIP DEL CANTÓN SUCÚA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO”.

El presente trabajo recoge el resultado de los estudios de exploración geológica minera, estimación volumétrica de mineral y propuesta de un diseño de extracción, la misma que servirá como información base dispuesta para la comunidad

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En la zona de Saip existen indicios de la presencia de un cuerpo mineralizado de sílice, el mismo que no ha sido aprovechado por la sociedad ya que los habitantes del sector debido a su situación económica y a la falta de conocimiento, no han dado la importancia debida a este mineral; el cual con su respectivo análisis se podría determinar su particularidad económica generando una posible cantera, la misma que crearía una alternativa de ingreso económico para las personas que habitan en dicho sector.

1.3 JUSTIFICACIÓN.

El trabajo de investigación que se propone está sustentado en brindar información técnica acerca del posible depósito de sílice, para ello se requiere conocer la ubicación y cuantificación del mineral.

1.4 OBJETIVOS.

1.4.1 Objetivo general.

Determinar la factibilidad técnica mediante la ejecución de exploración e identificación de reservas y proponer en función de las características del depósito un diseño de explotación.

1.4.2 Objetivo específico.

- Capturar la información necesaria que permita determinar las coordenadas rectangulares de los puntos de la zona de estudio utilizando como herramienta principal el GPS (Global Positioning Systems).
- Establecer la línea base que nos permita obtener información sobre las condiciones actuales de la zona estudio.
- Efectuar un muestreo de la zona de estudio mediante labores exploratorias.
- Determinar mediante ensayos químicos y físicos las características del mineral sílice.
- Estimar la reserva del mineral.
- Diseñar el sistema de explotación que mejor se ajuste a las condiciones del yacimiento de sílice.
- Recomendar una matriz del proceso de tratamiento del mineral sílice en cancha mina.

1.5 HIPÓTESIS.

¿El análisis técnico del depósito de sílice en el sector de Saip permitirá el conocimiento de la calidad, cantidad y la definición de reservas?

1.6 ASPECTOS GENERALES.

1.6.1 Ubicación.

El lugar de estudio se encuentra ubicada dentro de la jurisdicción política de la parroquia de Sucúa, comunidad de Saip; perteneciente al cantón Sucúa, provincia de Morona Santiago.

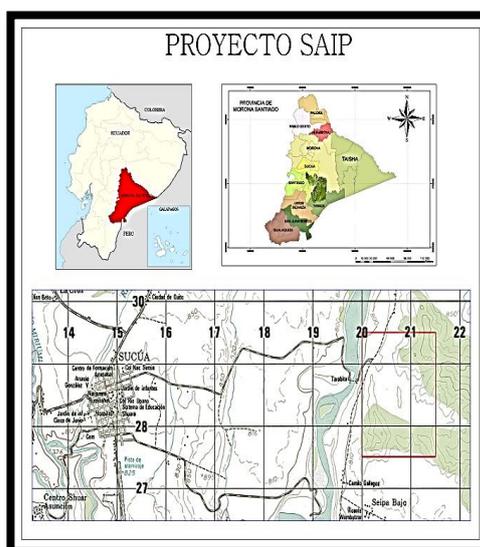


Figura 1-1: Ubicación del sector de estudio.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

1.6.2 Ubicación geográfica.

Su ubicación corresponde a la indicada en la siguiente tabla (Según el Datum PSAD56, proyección UTM, zona geográfica No. 17 Sur):

UBICACIÓN EN COORDENADAS UTM	PUNTOS	ESTE	NORTE
	Pp	820000	9729500
	P1	821500	9729500
	P2	821500	9727500
P3	820000	9727500	
SUPERFICIE			300 ha
TIPO DE MINERAL			Sílice

Tabla 1-1: Ubicación geográfica del sector de estudio
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

1.6.3 Accesibilidad.

Al lugar podemos llegar por vía terrestre de las siguientes maneras:

Trayecto Quito – Macas – Sucúa (339 km aproximadamente).



Figura 2-1: Ruta Quito – Macas – Sucúa.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

Trayecto Guayaquil – Cuenca – Limón – Sucúa (375 km aproximadamente).



Figura 3-1: Ruta Guayaquil – Cuenca – Limón – Sucúa.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

Trayecto Guayaquil – Riobamba – Macas – Sucúa (393 km aproximadamente).

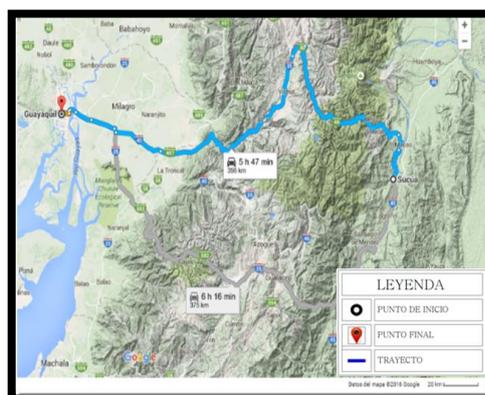


Figura 4-1: Ruta Guayaquil – Riobamba – Macas – Sucúa.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

En la ciudad de Sucúa desde el terminal terrestre tomamos la Av. Oriental y luego por la calle Pastor Bernal se recorren aproximadamente 7 km (vía alterna a Macas, ver Figura 5-1), y en la ciudad de Macas desde el terminal terrestre (ver Figura 6-1) nos dirigimos a la parroquia de Sevilla Don Bosco, atravesamos por la comunidad de San Luis de Ininkis y 25 km kilómetros aproximadamente más abajo se encuentra la zona de estudio.

Las vías de acceso son de primer y segundo orden en algunos tramos del recorrido.

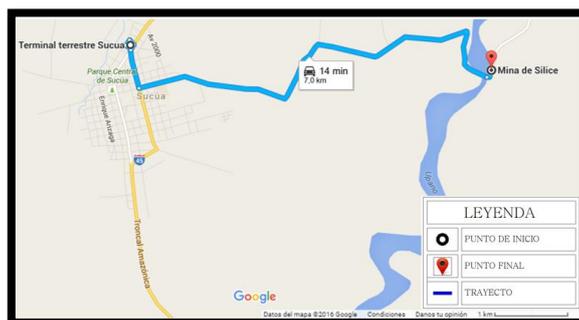


Figura 5-1: Ruta terminal terrestre de Sucúa – Saip.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)



Figura 6-1: Ruta terminal terrestre de Macas – Saip.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

1.6.4 Características del suelo.

En la zona de la cordillera Oriental se han desarrollado suelos negros en las vertientes bajas, limosos en la parte superior y oscuro amarillento en la profundidad con una capacidad de retención del 50% al 100%. Sobre esta misma fisiografía se pueden encontrar depósitos de ceniza volcánica antigua, a partir de las cuáles se ha desarrollado suelos negros limosos, muy suaves y esponjosos, que en profundidad se tornan de un color amarillo con una capacidad de retención de humedad del 100,00% al 200,00% (Abarca, 2005, pág. 18).

1.6.5 Características Meteorológicas.

1.6.5.1 Temperatura promedio anual.

Debido a las características de relieve del territorio, se presenta una variabilidad en cuanto a la temperatura media anual, en la zona baja del valle oriental la temperatura es de 26 °C (Gobierno Municipal del Canton Sucúa, 2014, pág. 20).

1.6.5.2 Precipitación promedio anual.

En el cantón la precipitación media anual es de 1.750 mm que es una de las características principales de la Amazonía, a más de la humedad con lluvias abundantes durante todo el año (Gobierno Municipal del Canton Sucúa, 2014, pág. 20).

Según el (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología de la República del Ecuador, 2012) los meses de mayor precipitación son enero, febrero, marzo, abril, mayo y junio; mientras que los de menor precipitación son julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre

Mes	Humedad Rel. %	Nubosidad Media (Octas)	Precipitación (mm)
Enero	85	5	337,1
Febrero	84	5	185,6
Marzo	83	5	376,6
Abril	83	5	301,3
Mayo	82	5	257,7
Junio	83	5	280,6
Julio	83	5	235,9
Agosto	81	3	201,7
Septiembre	81	4	153,9
Octubre	82	4	122,4
Noviembre	82	4	126,2
Diciembre	83	4	257,2
Prom. Anual	82	5	2836,2

Tabla 2-1: Datos climatológicos estación (M1040) Macas San Isidro-PNS.
Fuente: Anuario Meteorológico de INAMHI Nro. 52-2012.

1.6.5.3 Humedad.

La humedad está presente en toda la región amazónica, debido a esto el clima asociado a esta región se llama “cálido húmedo”. Es un factor indispensable en el mantenimiento y el

desarrollo del espacio amazónico puesto que forma parte del ciclo de precipitaciones (Gobierno Municipal del Canton Sucúa, 2014, pág. 22).

1.6.5.4 Humedad relativa anual.

En el territorio es de 82%, siendo la más elevada en el mes de enero (85%) y la más baja en los meses de agosto y septiembre (81%) (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología de la República del Ecuador, 2012).

Los vientos calientes, la humedad y la evapotranspiración constituyen tres factores fundamentales, que inciden en el tipo de clima del cantón. Razón por la cual la densa vegetación amazónica (Gobierno Municipal del Canton Sucúa, 2014, pág. 23).

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 GEOLOGÍA REGIONAL

La zona de estudio se halla entre la Cordillera Real (Oriental) y la cordillera sub-andina de Cutucú, que constituye la parte sur del pie de monte oriental de los Andes ecuatorianos.

La deformación sub-andina en Ecuador es compresiva o transgresiva y es controlada por corrimientos de basamento de alto ángulo. El pie de monte sub-andino está constituido por la culminación relativamente simple del antiforme Napo (Levantamiento Napo) en el Norte y la estructura compleja de la cordillera de Cutucú en el Sur, ambas separadas por la Depresión Pastaza, donde se desarrolló un abanico aluvial tropical y húmedo a gran escala (Bés de Berc et al., citado en (Baby, Rivadeneira, & Barragan, 2004, pág. 173)).

La cordillera de Cutucú está deformada significativamente por un complejo sistema de fallas inversas relacionado a la inversión de tipo transgresivo de un riff abortado triásico y jurásico orientado NNE-SSW (Baby et al., 1999; Christophoul, 1999; Díaz et al., citados en (Baby, Rivadeneira, & Barragan, 2004, pág. 173)).

Este sistema de riff desaparece en dirección noreste bajo los depósitos terciarios de la adyacente Cuenca Oriente de ante-país (Rivadeneira & Baby, citados en (Baby, Rivadeneira, & Barragan, 2004, pág. 173)).

El núcleo de la cordillera de Cutucú está constituido por la Formación Santiago, que corresponde al relleno sedimentario levantado a superficie del riff triásico-jurásico (Christophoul, 1999 citado en (Baby, Rivadeneira, & Barragan, 2004, pág. 173)).

Los marcadores geomorfológicos cuaternarios, como las terrazas aluviales del valle del río Upano en la parte trasera de la cordillera de Cutucú, están deformadas por fallas de corrimiento (Bés de Berc, 2003 citado en (Baby, Rivadeneira, & Barragan, 2004, pág. 173)).

2.2 FORMACIONES GEOLÓGICAS.

Dentro de nuestra área de estudio se encuentran las siguientes formaciones geológicas entre las que se describen de la más nueva a la más antigua:

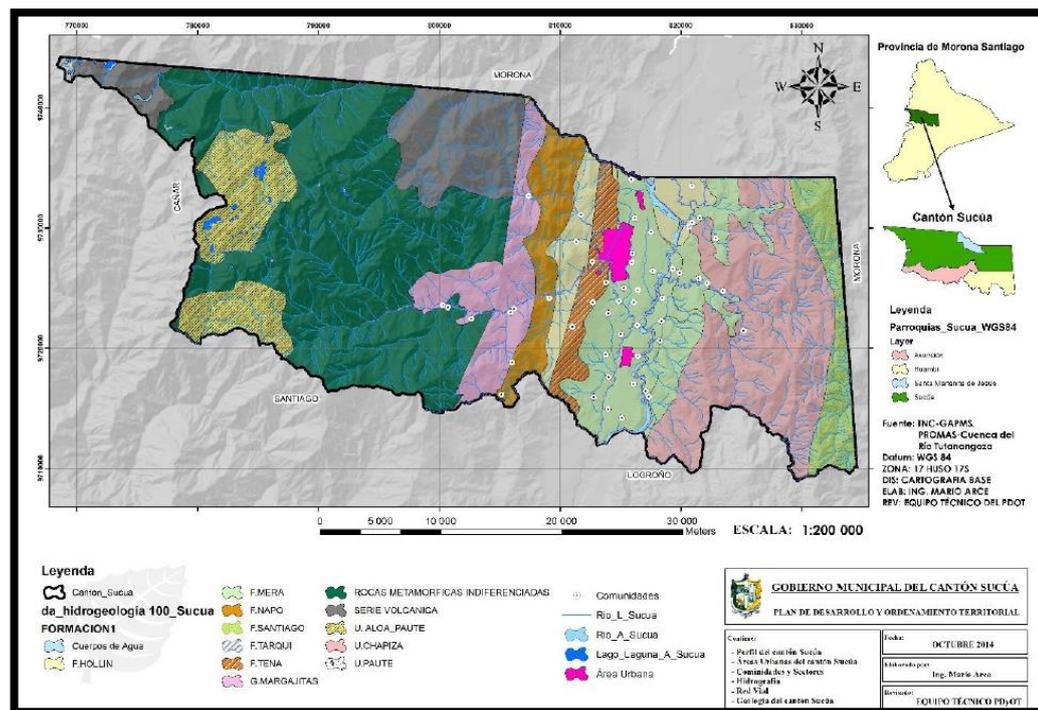


Figura 1-2: Geología regional del cantón Sucúa
Fuente: (Gobierno Municipal del Cantón Sucúa, 2014)

2.2.1 Formación Mera (QM).

Consiste de terrazas más jóvenes de depósitos compuestos por abanicos de piedemonte del Cuaternario, areniscas tabaceas y arcillas, las que post-datan al último periodo importante de fallamiento y levantamiento, y están menos disectadas que las terrazas remanentes de la Formación Mesa (Rotuno). Hacia el Este los sedimentos de las terrazas disminuyen en espesor, tamaño del grano y altitud, eventualmente gradan transicionalmente hacia el aluvión del Cuaternario parcialmente re trabajado de las cuencas de drenaje actuales (Baldock, 1982, pág. 25).

2.2.2 Formación Hollín (KH).

Compuesta por areniscas cuarzosas blancas de grano medio a grueso, compactas, de textura azucarada y de coloración blanca amarillenta. Las areniscas blancas presentan una clasificación que va de moderada a pobre, presentando una estratificación cruzada y en ocasiones vetillas de carbón. Se observa lutitas de color negro las que se presentan interestratificadas con las areniscas y tienen una potencia de 50cm, también contienen cierta cantidad de asfalto. En la faja sub-andina esta formación ha sido metamorfozada encontrándose cuarcitas donde se observa que el cemento se ha recrystalizado alrededor de

los granos de cuarzo. El espesor de la formación es de 80-240 m (Bristow y Hoffstetter, 1979)

2.2.3 Formación Chapiza (JKCH).

Se deposita en un ambiente continental y está expuesta únicamente al Sur del Ecuador, en donde descansa discordante sobre la Formación Santiago o sobre la Macuma. Comprende una sección de sedimentos clásticos (rocas fragmentarias) continentales sobrepuestos por depósitos clásticos y piroclásticos (Miembro Misahualli). El espesor de la secuencia varía de 600 a 4.500 m, encontrándose las facies volcánicas más predominantes hacia el norte. La formación ha sido subdividida en tres partes: La Chapiza inferior roja y gris, con un espesor máximo de 1.500 m, consiste de lutitas, areniscas y delgados horizontes de anhidrita, dolomita y yeso. La Chapiza superior o Miembro Misahualli, alcanza los 2.000 m en espesor y consiste de lutitas rojas, arenisca y conglomerados interestratificados con tobas violáceas, grises y verdes brechas tabaceas y basaltos (Baldock, 1982, pág. 19).

2.2.4 Formación Santiago (Js).

Una potente secuencia de calizas marinas del Jurásico inferior, con intercalaciones de lutitas, areniscas y piroclásticos forma gran parte de la Cordillera del Cutucú. Hacia el lado Este de su afloramiento la Santiago comprende una monótona secuencia de calizas silíceas grises, areniscas calcáreas y lutitas negras. Hacia el Oeste, la Formación empieza a ser más volcánica, con abundantes intercalaciones intraformacionales de brechas, tobas y mantos volcánicos. Es pobre en fósiles, pero los amonites (Arietites) hallados establecen una edad Sinemuriense (Liásico). Las calizas Santiago en el Oeste están directamente cubiertas por rocas indiferenciadas del Albiano grupo Cretácico Superior del Grupo Limón (equivalentes de las Formaciones Hollín, Napo y Tena) (Baldock, 1982, pág. 19).

2.3 GEOMORFOLOGÍA REGIONAL.

Para la descripción de la geomorfología se indica que la zona de Sucúa se extiende desde la cordillera Real, pasa por la llanura del valle del Upano hasta la cordillera del Cutucú. El relieve presente en el territorio es muy irregular excepto en la zona central donde se tiene una fisionomía homogénea, en la cual están los distintos asentamientos humanos (Gobierno Municipal del Canton Sucúa, 2014)

Se identifican tres unidades geomorfológicas en el sentido Oeste – Este:

- **Primera Unidad:** Corresponde al flanco oriental de la cordillera de los Andes donde existen vertientes irregulares, lagunas glaciares, las características de las vertientes es que son estrechas, forman valles profundos y profusas caídas de agua, presentan un control estructural por fallas y fracturas, asociados a control litológico (Gobierno Municipal del Canton Sucúa, 2014)
- **Segunda Unidad:** Los valles de los ríos Tutanangoza y Upano forman una extensa terraza de características fluvio glaciales, por este valle discurren los principales ríos como el Upano, formando valles amplios con márgenes verticales y el flujo es de características anastomosado (Gobierno Municipal del Canton Sucúa, 2014).
- **Tercera Unidad:** Constituida por el flanco occidental de la cordillera del Cutucú, corresponde a un relieve de lomas redondeadas donde los drenajes forman cauces profundos y estrechos, discurren formando cascadas y son frecuentes los flujos cársticos de agua subterránea (Gobierno Municipal del Canton Sucúa, 2014).

2.4 TECTÓNICA REGIONAL.

El sistema sub-andino constituye la parte aflorante de la Cuenca Oriente y permite observar el estilo de las deformaciones recientes. La zona sub-andina está estructurada por fallas inversas de orientación N-S a NNE-NNW. Las secciones de sísmica de reflexión muestran que estas fallas son generalmente de alto ángulo (Rivadeneira & Baby citados en (Baby, Rivadeneira, & Barragan, 2004, pág. 154)), y probablemente de escala cortical. La mayoría de esas fallas corresponden a antiguas fallas normales invertidas, que controlan la sedimentación triásica y jurásica (Díaz et al., citado (Baby, Rivadeneira, & Barragan, 2004)).

Todo el Oriente a profundidad es subyacente por rocas cristalinas arcaicas del Escudo Guayanes, sobre el cual se depositaron los sedimentos del Paleozoico y Mesozoico inferior de la plataforma epicontinental (Formaciones Pumbuiza, Macuma y Santiago, actualmente expuestas solo en la zona sub-andina), durante varias transgresiones marinas de diferente extensión. En el Mesozoico Superior (Chapiza) las condiciones continentales fueron sucedidas por una transgresión marina cretácica, durante la cual se depositaron sedimentos delgados (miogeosinclinal) (Hollín, Napo, Tena), sobre una amplia cuenca ante país (Pericratónica). Los sedimentos del Cenozoico llegan a un espesor de 1.500 a

2.000 metros en el extremo Este del Ecuador (Plataforma Tiputini) pero alcanzan un espesor de 2.500 a 4.000 metros, en una cuenca alargada Tras-Arco con rumbo Norte-Sur. La depresión es limitada al Oeste por el cinturón de pliegues volcados hacia el interior, del Tras-Arco (Back-Arc?) de la zona sub-andina la que fue sometida al levantamiento en el Terciario Superior (Levantamiento Napo y Cutucú) (Baldock, 1982).

La morfología sub-andina conduce a diferenciar, del norte al sur, tres unidades morfo-tectónicas: el levantamiento Napo, la depresión Pastaza y la Cordillera del Cutucú (ver Figura 2-2) (Baby, Rivadeneira, & Barragan, 2004).

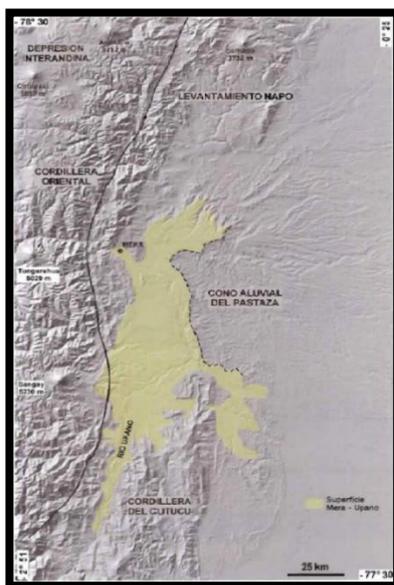


Figura 2-2: Modelo numérico de relieves (Savane©IRD) de la zona ecuatoriana y ubicación de la Superficie Mera-Upano.
Fuente: (Cuenca Oriente: geología y petróleo, 2004)

La Cordillera del Cutucú corresponde a una antiforma compleja desarrollada al frente de la Cordillera Oriental y deformada por la inversión de un riff de edad triásica a jurásica (Díaz y Legrand et al., citados en (Baby, Rivadeneira, & Barragan, 2004)). Entre la Cordillera Oriental y la Cordillera del Cutucú, se desarrolla el valle del Upano donde se acumularon gran parte de los depósitos volcánico-clásticos del volcán Sangay. (Baby, Rivadeneira, & Barragan, 2004).

El río Upano y el río Pastaza son los medios de transporte principales de los depósitos aluviales de la zona sub-andina. La superficie Mera-Upano se formó encima de los conos aluviales alimentados por esos dos ríos, y en gran parte por los sedimentos volcánico-clásticos producidos por los volcanes Tungurahua y Sangay (ver Figura 2-2). Esta

superficie de extensión regional corresponde a un nivel endurecido oxidado característico de las superficies de erosión sub-aérea llamadas “glacis” en francés (Baby, Rivadeneira, & Barragan, 2004)

En el valle del Upano, en la espalda de la cordillera de Cutucú (ver Figura 3-2), la Superficie Mera-Upano se desarrolló al tope de depósitos de lahares (ver Figura 4-2) que provienen de los colapsos sucesivos del volcán Sangay (Monzier et al., 1999 citado en (Baby, Rivadeneira, & Barragan, 2004, pág. 162)). Se calculó que en el valle del Upano se depositó alrededor de 60 km^3 de lahares (Bés de Berc, 2003 citado en (Baby, Rivadeneira, & Barragan, 2004, pág. 162)). La incisión del río Upano es más o menos de 100 m de profundidad, y alcanzó el substrato de los depósitos de lahar que corresponden a la Fm. Napo o a la Fm. Hollín de edad cretácica. Localmente sobre la superficie Mera-Upano, se encontró depósitos fluviales del antiguo cauce del río Upano (ver Figura 4-2) (Baby, Rivadeneira, & Barragan, 2004).

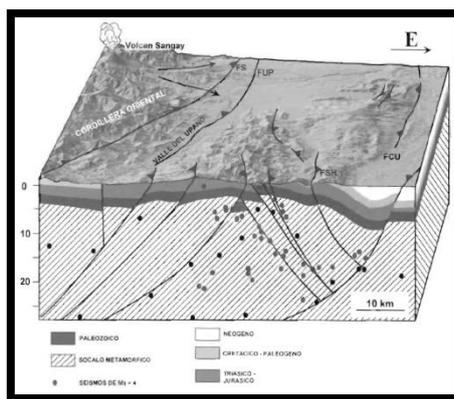


Figura 3-2: Bloque morfo-tectónico 3D de la Cordillera del Cutucú.
Fuente: (Cuenca Oriente: geología y petróleo, 2004)

Las siglas que se aprecian en el gráfico corresponden a: **FS:** Falla de corrimiento sub-andina; **FUP:** Falla Upano; **FSH:** Falla de retro-corrimento de Shaime; **FCU:** Falla de corrimiento del Cutucú.

Las dataciones Mera y del Upano muestran que la Superficie Mera-Upano empezó a formarse antes de 30920 ± 350 a. BP, y fue preservada por lo menos hasta 17920 ± 100 a. BP. Este periodo corresponde a la última gran glaciación puesta en evidencia por Claperton (1993) entre 32000 a. BP y 14000 a. BP. En la cuenca amazónica fue un periodo de clima frío y seco donde pudo desarrollarse una superficie de erosión tal como la de Mera-Upano (Baby, Rivadeneira, & Barragan, 2004).

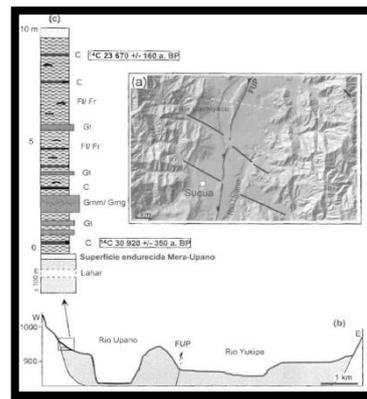


Figura 4-2: Modelado y secciones litológicas del valle del Upano
Fuente: (Cuenca Oriente: geología y petróleo, 2004)

En el gráfico podemos observar: a) Modelado numérico de relieves (Savane©IRD) del valle del Upano; b) sección litológica de los depósitos vulcano-sedimentario del valle del Upano; c) sección litológica de los depósitos fluviales que sellan la Superficie Mera Upano. Las siglas que se aprecian en el gráfico corresponden a: FS: Falla de corrimiento subandina; FUP: Falla Upano; FSH: Falla de retro-corrimiento de Shaime; FCU: Falla de corrimiento del Cutucú. Descripción de facies según la nomenclatura de Miall (1996).

CAPÍTULO III

3. MÉTODOS Y TÉCNICAS.

3.1 METODOLOGÍA.

Para lograr los objetivos de estudio, se acudió al empleo de la investigación científica, a través de técnicas como:

a. La investigación documental, según (Rivero, 2008) es la que se realiza apoyándose en fuentes de carácter documental, como la bibliográfica, hemerográfica y la archivista. Teniendo en cuenta esto, se pudo recopilar la siguiente información:

- Las características meteorológicas, el mapa de las formaciones geológicas y la geomorfología regional del Cantón Sucúa por parte del GAD Municipal del Cantón Sucúa.
- La geología y tectónica regional en Baby, P., Rivadeneira, M., & Barragan, R. (2004). Cuenca Oriente: geología y petróleo. Quito, Ecuador: Institut de Recherche pour le Développement (IRD).
- Las formaciones geológicas en Baldock, J. W. (1982). Boletín de la Explicación del Mapa Geológico de la Republica del Ecuador Escala 1:1000000. Quito.
- Estudios varios realizados por el INAMHI, ECORAE, MAGAP, entre otros, que ayudaron a corroborar entre si la información sobre la zona de interés.

b. La investigación de campo, de acuerdo a (Rivero, 2008) nos indica que este tipo de investigación se apoya en informaciones que provienen entre otras, de entrevistas, cuestionarios, encuestas y observaciones.

La mayor parte de la información que se recolectó en esta fase fue a través de:

- La observación de afloramientos.
- El levantamiento topográfico.
- La geología local.
- Los trabajos de exploración (recolección de muestras de roca y/o suelos a través de pozos y calicatas).

c. La investigación experimental, (Nekane & Vergara, 2002) nos indica que el diseño experimental típico se aplica en el laboratorio y posee dos características distintivas esenciales: (1) el control o manipulación activa de una o más variables independientes y (2) la utilización de una regla de asignación aleatoria para asignar a los sujetos a las condiciones de tratamiento.

Las muestras extraídas fueron enviadas, una al Laboratorio de Geotecnia y Estructuras de la facultad de Ingeniería para un análisis físico, y otra para el análisis químico al Centro de Servicios y Análisis de Minerales Metálicos y no Metálicos (CESEMIN), los dos laboratorios pertenecen a la Universidad de Cuenca.

Los ensayos físicos realizados a la muestra fueron:

- Análisis granulométrico.
- Peso específico.
- Absorción (arena).
- Peso volumétrico de la arena.

Los ensayos químicos realizados a la muestra fueron:

- Fusión con hidróxidos.
- Extracción ácida.
- Espectroscopia de absorción atómica.

d. Finalmente mediante la investigación descriptiva (señalar sus características y propiedades (Rivero, 2008)) y de correlación (saber cómo se puede comportar una variable conociendo el comportamiento de otras variables relacionadas (Díaz, 2009)) se analizó los resultados y se emitieron tablas para indicar la presencia y el volumen del mineral.

3.2 LÍNEA BASE.

Según (Escobar & Ramírez, 2003) nos indica que la línea base refleja la situación de la población objeto con las dimensiones o problemas que el proyecto pretende abordar.

Además nos indica que es el punto de partida de la intervención y, por lo general, recoge datos tanto de carácter agregado como de tipo específico sobre la población objeto.

De esta manera en este trabajo de titulación se tomará en cuenta los parámetros más relevantes como son los afloramientos, la cobertura vegetal, los poblados, el uso de suelos y las vías de acceso a nuestra zona de estudio.

3.3 TRABAJO DE CAMPO.

(Tupack, 2010) Nos indica que el trabajo de campo nos va a permitir descubrir en el terreno una serie de elementos importantes y que no fue posible determinar a través de la interpretación realizada mediante percepción remota.

Durante este proceso se levantará información sobre los tipos de contactos geológicos (medición de datos estructurales), la geomorfología local, se llevara a cabo la etapa de exploración (elección y ejecución de la malla de muestreo), la descripción de los afloramientos y pozos, columnas estratigráficas, se reconocerá la zona y se registrará la ubicación geográfica de todos los puntos de interés, como también de su relieve.

Los materiales necesarios para esta etapa son: mapa topográfico, libreta de campo, portaminas, borrador, esferos, marcador indeleble, cantimplora, machete, mochila, cinta adhesiva, brújula tipo Brunton, cámara fotográfica, GPS, lupas (10x y 20x), martillo de geólogo, ácido clorhídrico, imán, navaja, flexómetro (5 m), pala, recipiente plástico de 20 litros, costales, 2 m² de plástico, barra de hierro, bolsas para muestras, tamiz y cinta métrica (30 m).

3.3.1 Modelado de la zona de estudio.

El modelado se realizó mediante el uso de un GPS modelo 65sc Garmin, en las coordenadas UTM PSAD 56 y los datos estructurales fueron tomados con la ayuda de una brújula Brunton.

La modalidad del trabajo fue recorrer toda la zona tomando coordenadas del relieve, identificando fuentes de agua, drenajes, arroyos, vías, posibles lugares de muestreo, estructuras geológicas y zonas de contacto con su respectivo rumbo y buzamiento, entre otros.

3.3.2 Geomorfología local.

Según (Gutiérrez, 2004) la geomorfología estudia las formas del relieve terrestre y sus procesos de formación.

Se realizara una descripción preliminar de la zona de estudio con la ayuda de mapas del lugar, luego se verificara con la observación y la toma de notas en el campo, y en último lugar con el mapa topográfico se redactara la descripción final.

La descripción geomorfológica se la realizara antes de salir al campo, durante el reconocimiento de la zona de estudio y se cotejara luego con el mapa topográfico.

3.3.3 Geología local.

Para el proceso de la descripción de la geología local se recorrerá la zona de estudio y durante este transcurso se tomara nota de las unidades estructurales, tipo de rocas presentes, tipo de suelo, presencia de discontinuidades, pliegues, fallas, se realizaran columnas estratigráficas, medición de rumbos y buzamientos, y la descripción de afloramientos.

3.3.4 Exploración.

Las campañas de exploración tienen por objetivo fundamental determinar la presencia o ausencia de zonas mineralizadas y obtener una idea preliminar de qué ley y tamaño tienen dichas zonas (Bustillo & López, 1997).

Mediante este trabajo se intentara delimitar el depósito de sílice en la zona de estudio con la realización de pozos y el análisis de los afloramientos.

3.3.4.1 Selección de la malla de muestreo.

El tipo de muestreo seleccionado para aplicarlo en este trabajo es el muestreo aleatorio simple y la distancia entre punto de muestreo es de 500 metros. Se eligió este tipo de muestreo debido a la topografía del lugar, cursos de arroyos, la presencia de un área pantanosa y con conocimiento de los datos estructurales como rumbo y buzamiento que fueron tomados de los afloramientos avistados (F. Hollín y F. Santiago).

Para la medición de las estructuras con la ayuda de una brújula tipo Brunton, se selecciona el plano adecuado, luego colocamos el lateral de la brújula sobre el plano y la movemos o desplazamos hasta que quede en posición horizontal usando el nivel incorporado en la misma y sin dejar que la brújula pierda contacto con el estrato o plano a medir. Finalmente anotamos el ángulo que se forma entre el eje de la brújula y la aguja que indica el Norte (Ejemplo: N18°W).

Para medir el buzamiento colocamos el lateral de la brújula sobre la línea de mayor pendiente del plano y procedemos a medir el ángulo que se forma entre dicha línea y la horizontal con la ayuda del clinómetro (Ejemplo: 35°NE).

3.3.4.2 Ejecución de la malla de muestreo.

Se realizara la ubicación de los pozos de muestreo en el campo mediante la ayuda de un GPS modelo 65sc Garmin. Una vez identificado en punto se procederá inmediatamente a la realización del pozo con las siguientes dimensiones: 1,50 metros de largo, 0,90 metros de ancho y con una profundidad de 2 a 3 metros aproximadamente.

Una vez concluido, se llevará a cabo la descripción de la litología presente, la toma de una muestra y posteriormente al rellenado del pozo.

Se usara esta metodología para evitar inconvenientes con los dueños de los terrenos y así nos permitan ingresar a los otros puntos de muestreo.

El muestreo se efectuara mediante el método del ranurado continuo (Bustillo & López, 1997, pág. 104) para los pozos que presentaban más de una capa, se reunirá el material sobre un plástico extendido en la base del pozo, se recoge el material del piso con un recipiente plástico (20 litros), se recolectara aproximadamente dos kilogramos por pozo; luego este material será cuarteado y reducido el volumen a 500 gramos para el envío al laboratorio.

Él (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2010) nos indica que el cuarteo se debe realizar de la siguiente manera:

- Colocar la muestra original en una superficie firme, limpia y nivelada, donde no exista ni pérdida de material ni adición accidental de material extraño.

- Mezclar el material completamente volteando toda la muestra más de tres veces.
- Luego de la última vuelta, conformar con toda la muestra una pila cónica, depositando cada palada sobre la parte superior de la anterior.
- Con cuidado, aplanar la pila cónica hasta un espesor y un diámetro uniformes, presionando la punta con la pala para que cada cuarto resultante de la pila contenga la composición original del material. El diámetro puede ser aproximadamente cuatro a ocho veces el espesor.
- Dividir la masa aplanada en cuatro cuartos iguales con una pala o una paleta y retirar dos cuartos diagonalmente opuestos, incluyendo todo el material fino y limpiar los espacios vacíos.
- Mezclar sucesivamente y cuartear el material restante hasta reducir la muestra al tamaño deseado.

Para la descripción de la litología, se recolectara muestras de las paredes de las pozos de acuerdo a como va variando las características del mismo a profundidad, realizando así la definición de la variación estratigráfica dentro del pozo.

El muestreo en la superficie pantanosa se realizara mediante la búsqueda de lugares factibles, principalmente en cotas de mayor altura que nos permitan obtener la información necesaria para poder correlacionar los estratos. En estos lugares se cavara hasta donde el nivel freático nos lo permita.

El procedimiento será el mismo para todos los pozos a realizarse.

3.3.4.3 Registro geológico de los pozos.

Para el registro de los pozos y afloramientos se ha diseñado la siguiente tabla:



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

EXTENSIÓN MORONA SANTIAGO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

“ANÁLISIS TÉCNICO DEL DEPÓSITO DE SÍLICE EN LA ZONA DE SAIP DEL
CANTÓN SUCÚA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO”

REGISTRO GEOLÓGICO DE POZOS EXPLORATORIOS

REGISTRADO POR:		ALTURA:	
FECHA:		COORDENADAS	
UBICACIÓN:		ESTE	NORTE
ÁREA:			
CÓDIGO DEL POZO O AFLORAMIENTO:			
DIMENSIONES	LARGO (m)	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)
PERFIL DEL POZO		DESCRIPCIÓN	
		CAPA 1:	
		CAPA 2:	
		CAPA 3:	
		CAPA 4:	
		CAPA 5:	
		CAPA 6:	
		OBSERVACIONES	
		MUESTRA	

Tabla 1-3: Tabla para el registro geológico.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

3.3.4.4 Muestreo de pozos.

El muestreo de las labores de exploración se lo realizara de dos maneras, la primera mediante la toma de la muestra directamente del fondo del pozo; debido al inconveniente principal de saturación de agua que presente el suelo, y para la segunda mediante el método del ranurado continuo (Bustillo & López, 1997) en los pozos que presentaban dos o más capas de arena de cuarzo.

3.4 TRABAJO DE OFICINA.

Según nos indica (Tupack, 2010) este trabajo es el conjunto de actividades que se debe realizar al iniciar un proyecto de cartografía geológica y que son ineludibles e impredecibles como preparación previa al trabajo de campo.

Para llevar a cabo esta parte del trabajo se recopilara información existente sobre la cartografía, geología, y geografía, también se buscara bases para el trabajo como son los mapas topográficos, se hará un reconocimiento previo de la zona y se establecerán criterios para el levantamiento de información y muestreo de campo.

3.4.1 Análisis químico-mineralógico de la muestra.

El análisis físico de la muestra será realizado por el Laboratorio de Geotecnia y Estructuras de la facultad de Ingeniería, y el análisis químico por el Centro de Servicios y Análisis de Minerales Metálicos y no Metálicos (CESEMIN), los dos laboratorios pertenecen a la Universidad de Cuenca.

Los ensayos físicos que se realizaran a la muestra son los siguientes: análisis granulométrico, peso específico y absorción (arena), y peso volumétrico de la arena.

Los ensayos químicos que se realizaran a la muestra son los siguientes: fusión con hidróxidos, extracción ácida y espectroscopia de absorción atómica.

Los ensayos físicos y químicos realizados a la muestra se indican en el anexo D.

3.4.2 Perfiles geológicos.

Realizado el mapa topográfico se puede elaborar los perfiles geológicos, los mismos que son cortes transversales a la vista superior del mapa base, relacionando en el eje de las abscisas la distancia en metros y en el eje de las ordenadas la altura en metros sobre el nivel del mar.

Estos cortes nos ayudan a identificar las secuencias litológicas, el relieve y la forma de los estratos con sus respectivas potencias.

3.4.3 Forma del yacimiento.

De acuerdo al proceso geológico (endógeno, exógeno o metamórfico) que se ha dado en una región determinada, da origen y forma a un yacimiento mineral.

3.4.4 Extensión de yacimiento.

Hace referencia a toda el área que ocupa la mineralización y puede estar delimitada por estructuras geológicas (fallas, pliegues, diques, rocas encajantes, entre otros), cuencas sedimentarias e hidrográficas principalmente.

3.4.5 Cálculo de reservas.

Si bien las labores de muestreo y la determinación de la ley media ocupan un lugar muy importante en la evaluación de los recursos minerales, sin duda alguna la cubicación de las reservas, es la labor que adquiere un carácter más crítico, pues va a permitir avanzar con las características generales del yacimiento en cuanto a las toneladas de metal/mineral útil presentes, así como la morfología de los cuerpos mineralizados, lo que incidirá, posteriormente en el método minero a elegir. (Bustillo & López, 1997).

3.4.5.1 Selección del método para el cálculo de reservas.

El método elegido para realizar el cálculo de las reservas es uno de los métodos clásicos o geométricos conocido como método de los perfiles. Se ha elegido este método debido a que (Carras, 1987) nos indica que este método posee varias ventajas como la facilidad de aplicación, comunicación y entendimiento, y facilidad de adaptación a todo tipo de mineralización.

3.4.5.2 Método de los perfiles o cortes.

Se usa cuando se tienen cuerpos mineralizados de desarrollo irregular y que han sido estudiados mediante sondeos distribuidos regularmente de forma que permiten establecer cortes o perfiles en los que se basa el cálculo de reservas (ver Figura 1-3). El área de la sección del cuerpo mineralizado interceptada por cada perfil se puede calcular por varios métodos (Rodríguez, 2015).

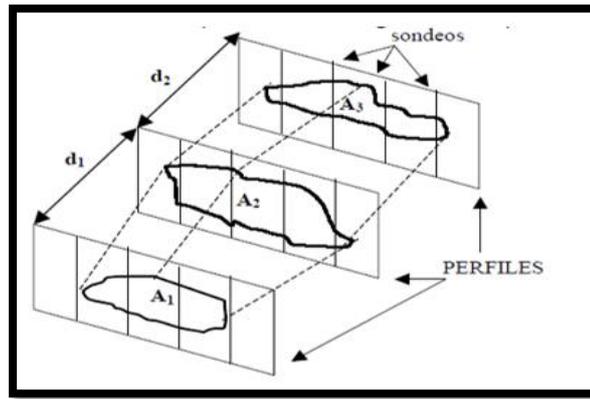


Figura 1-3: Cálculo de reservas por el método de perfiles
Fuente: (Rodríguez, 2015)

3.4.5.3 Cálculo del volumen.

De acuerdo a (Cruz, 2011) el volumen del bloque comprendido entre perfiles se puede obtener:

- Multiplicando el área de cada sección por la mitad de la distancia al perfil contiguo a cada lado (cada perfil genera un bloque):

$$V = \left(\frac{A1 * d1}{2} \right) + \left(\frac{A2 * d2}{2} \right) + \left(\frac{An * dn}{2} \right)$$

Dónde:

V: Volumen.

A: Área.

d: Distancia.

- Hallando el área media de dos perfiles consecutivos y multiplicando ésta por la distancia entre dichos perfiles. En este caso, los volúmenes de los extremos se calculan:

$$V1 = \left(\frac{A1 * d1}{2} \right)$$

- Una vez calculados los volúmenes de cada bloque, se hallan las densidades aparentes medias y las leyes medias para poder calcular el tonelaje de mineralización de cada bloque, siendo el tonelaje total de metal en el yacimiento, la suma de los tonelajes parciales.

3.4.5.4 Cálculo de reservas.

Para el cálculo de reservas se analizará las características que tiene el depósito, tales como la potencia vista de sílice, el buzamiento constante y la cobertura disponible.

Para el cálculo de las reservas se utiliza la fórmula:

$$RP = \left(\left(\frac{Sa + Sb}{2} \right) * h + \left(\frac{Sb + Sc}{2} \right) * h + \left(\frac{Sn + Sn}{2} \right) * hn \right) * d$$

Dónde:

RP: Reserva probada

S: Superficie del perfil

h: Distancia entre perfil

d: Densidad del mineral

3.4.6 Determinación del sector de interés.

Se estudiara la forma y la extensión del yacimiento, los perfiles geológicos de toda la zona de estudio y con este se podrá delimitar un sitio con mayor cantidad de mineral, que sea de fácil acceso, que posea fuentes de agua, la sobrecarga sea casi nula, entre otras.

3.4.7 Sistema de explotación.

Según el (Instituto Tecnológico GeoMinero de España, 1997) los factores que influyen en la selección del método de explotación es la geología, la geometría y distribución de las leyes del depósito, y a las propiedades geo mecánicas del mineral y estériles adyacentes.

De acuerdo con las condiciones técnico-mineras de la explotación, los yacimientos se clasifican en:

A. Favorables.

- Afloramiento de capas y depósitos superficiales mayores a los 10 m de potencia, con buzamiento favorables a la pendiente.
- Materiales sueltos (coluviones y aluviones) y rocas friables.

- Sobrecarga nula.
- Existencia de fuentes o corrientes de agua en la parte más alta del yacimiento.

B. Normales.

- Afloramiento en capas entre 10 y 15 metros de espesor con buzamiento horizontales.
- Rocas friables y baja compactación.
- Sobre carga de uno a dos metros.

C. Difíciles.

- Afloramientos pequeños o sin potencia con buzamiento en contra de la pendiente.
- Rocas de compactación muy sólida.
- Cundo existe mucha sobrecarga de material estéril.
- No tienen fuentes de agua cerca del yacimiento.

3.4.8 Elección del método de explotación.

Los métodos de explotación varían según como se presente el depósito mineral, los cuales podrían ser a cielo abierto o subterráneos.

Algunos de los parámetros a tener en cuenta para la elección son: espesor, tamaño y forma del depósito, la ubicación, las características geomecánicas de las rocas, presencia de agua, los datos estructurales (rumbo y buzamiento), inversión y factores ambientales.

3.4.9 Diseño de explotación.

A continuación se analizara detalladamente los diferentes parámetros operativos de diseño de los bancos de explotación.

3.4.9.1 Relación sobrecarga-mineral.

Es la relación máxima de estéril a mineral útil hasta la que puede extraerse una tonelada o metro cubico de este, manteniéndose un beneficio mínimo previamente fijado. Esto implica que cada unidad de mineral arrancado produce un beneficio igual o mayor al beneficio mínimo aceptable (Bustillo & López, 1997).

$$RI = \frac{VI(m^3)}{Ti(t)}$$

Dónde:

RI: Ratio limite económico.

VI: Volumen de estéril.

TI: Tonelaje de mineral.

3.4.9.2 Tiempo de vida.

Es el periodo en el que se realizan los procesos de extracción o beneficio del mineral. Está relacionada con la cantidad de reservas minerales, ritmo de explotación requerida y necesidades de la empresa.

$$Tvida = \frac{Qp * ke}{A(1 - R)}$$

Donde:

Reserva de mineral o material (**Qp**).

Coefficiente de extracción a cielo abierto (**Ke**).

Producción anual del mineral (**A**).

Coefficiente de dilución (**R**).

3.4.9.3 Ritmo de extracción.

Es el proceso mediante el cual se extrae el mineral de una plataforma de trabajo de acuerdo a una planificación.

3.4.9.4 Profundidad de la cantera.

Es la diferencia de cotas del yacimiento de estudio, las mismas que componen el nivel superior como el nivel inferior.

$$H = H_s - H_i$$

Dónde:

Cota de nivel superior (**H_s**).

Cota de nivel inferior (**H_i**).

3.4.9.5 Altura del banco.

La altura de los bancos se establece, en general, a partir de las dimensiones de los equipos de perforación, de los de carga y de las características del macizo rocoso (Bustillo & López, 1997).

La altura de los bancos va a depender de la disposición estructural o morfológica del yacimiento, el control de la dilución durante la extracción, el alcance de los equipos, etc. Estas alturas permiten utilizar los equipos de carga para sanear el frente y mantener unas condiciones de seguridad aceptables (Bustillo & López, 1997).

De acuerdo con (Bustillo & López, 1997) la selección de las alturas de bancos grandes presenta las siguientes ventajas:

Mayor rendimiento de la perforación, al reducirse los tiempos muertos de cambio de posición.

Mejora de los rendimientos de los equipos de carga, al reducirse los tiempos muertos por cambio de tajos, así como por desplazamiento del equipo dentro del mismo.

Menor número de bancos y, por tanto, mayor concentración y eficiencia de la maquinaria.

Infraestructura de acceso más económica por menor número de bancos.

Por otra parte (Bustillo & López, 1997) también expone las siguientes ventajas al escoger alturas pequeñas:

Mejores condiciones de seguridad para el personal y maquinaria, pues el alcance de las máquinas de carga permite un mejor saneo y limpieza de los frentes cuando es necesario.

El control de las desviaciones de los barrenos es más efectiva para las perforadoras de martillo en cabeza.

Mayor control sobre la fragmentación de la roca en voladura.

Mayor rapidez en la ejecución de rampas de acceso entre bancos.

Menores niveles de vibraciones y onda aérea, al ser las cargas operantes más pequeñas.

Mejores condiciones para la restauración y tratamiento de los taludes finales.

3.4.9.6 Ancho del tajo.

Se define como anchura mínima del banco de trabajos a la suma de los espacios necesarios para el movimiento de la maquinaria que trabaja en ellos simultáneamente (Bustillo & López, 1997).

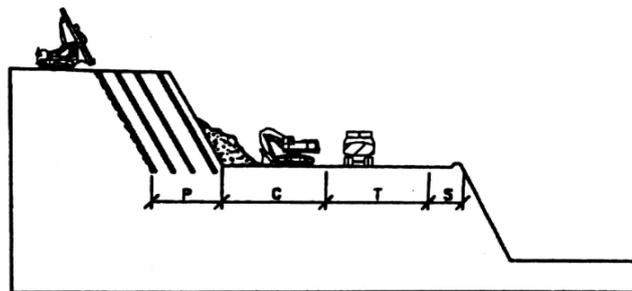


Figura 2-3: Diseño del tajo
Fuente: (Bustillo & López, 1997)

Como podemos observar en la Figura 2-3 y según nos (Bustillo & López, 1997), siempre será necesario dejar del orden de 5m como anchura de seguridad (S) hasta el borde del banco. En esta zona es posible construir banquetas de seguridad. Respecto al resto de medidas, la correspondiente a la perforación (P) será la que ocupe la máquina perforadora, la anchura correspondiente al transporte está ligado al diseño de las pistas (vía) y en relación con la zona de maniobras (C), pero en el caso de tener un solo equipo de carga en la mina; no será necesario dejar la anchura (T) correspondiente al transporte desde otro tajo. La maquinaria que realice la carga, su anchura desde el frente del tajo a la zona de seguridad debe ser, por lo menos, 1,5 veces la longitud de la cargadora.

$$\text{Ancho} = ((C * 1,5) + T + S)$$

Ancho de la excavadora (C).

Ancho del volquete (T).

Berma de seguridad (S).

3.4.9.7 Ángulo de cara del banco.

El ángulo de cara del banco se encuentra en función de factores como el tipo de material y la altura del banco, cuanto más coherente y más bajo sea el banco, más vertical puede ser la cara del mismo (Bustillo & López, 1997).

ROCAS	ANGULO DE TALUD PARA BANCOS DE TRABAJO CON ALTURA DE:		ANGULO DE TALUD PARA BANCOS EN RECESO CON ALTURA DE:	
	5 – 12 (m)	15 – 25 (m)	5 – 12 (m)	15 -25 (m)
Arcillas aceitosas, limoarcillas, grava, loes, suelo vegetal.	40 – 50	32 -45	30 – 40	25 – 35
Arcillas pesada, limoarcilla pesada, arcilla esquistosa, limoarcillas, grava gruesa; explotable sin perforación y voladura.	45 - 65	45 - 60	40 – 55	40 – 50
Idem; explotable con perforación y voladura.	55 – 65	58 – 60	40 – 55	40 – 50
Areniscas comunes, esquistos arcillosos, calizas resistentes, margas compactas, minerales de hierro, conglomerados finos.	65 – 75	60 – 70	60 – 65	55 – 60
Rocas graníticas y granitos altamente resistentes, areniscas y calizas, filones minerales de cuarzo, piritas, mármoles y dolomitas resistentes.	75 – 80	75 – 80	70 – 75	70 – 75
Cuarcitas, basaltos, granitos rocas cuarcíferas, areniscas resistentes y calizas.	Hasta 90	Hasta 90	80 – 85	80 – 85

Tabla 2-3: Ángulos de talud para bancos en trabajo y en receso.
Fuente: (Sosa, Kashpar, & Dolgushin, 2015)

3.4.9.8 Bermas.

Las bermas se utilizan como áreas de protección, al detener y almacenar los materiales que puedan desprenderse de los frentes de los bancos superiores, y también como plataformas de acceso, o incluso, transporte en el talud de una excavación (Bustillo & López, 1997).

Los criterios de diseño se indican en la siguiente tabla:

Altura del banco (m)	Zona de impacto (m)	Altura de banqueteta (m)	Anchura de banqueteta (m)	Anchura mínima de berma (m)
15	3,5	1,5	4	7,5
30	4,5	2	5,5	10
45	5	3	8	13

Tabla 3-3: Dimensiones recomendadas para el diseño de banquetetas.

Fuente: (Bustillo & López, 1997)

(Bustillo & López, 1997) Propone utilizar las siguientes fórmulas para calcular la anchura mínima de berma y la altura de banqueteta cuando tengamos alturas de bancos distintas a las indicadas en la Tabla 3-3.

$$\text{Ancho mínimo de berma} = 4,5 \text{ m} + 0,2 * H \text{ (altura de banco, m)}$$

$$\text{Altura de banqueteta} = 1 \text{ m} + 0,04 * H \text{ (altura de banco, m)}$$

3.4.9.9 Vías y rampas.

Las pistas son los caminos por los cuáles se realiza el transporte habitual de materiales dentro de la explotación. Aquí la circulación puede ser continua en los dos sentidos y a marcha rápida (Bustillo & López, 1997).

Según el (Servicio Nacional de Aprendizaje SENA Centro Nacional Minero, 2002) la pendiente recomendada para la construcción de rampas es del 8%, pendiente donde el vehículo de acarreo desarrolla su máxima potencia en una forma eficiente, con pendientes mayores el equipo comienza a perder eficiencia.

Las rampas se utilizan exclusivamente como acceso a los tajos de las máquinas que realizan el arranque, su utilización es mínima y a velocidades más lentas, sus pendientes no deben ser fuertes (no sobrepasar el 20%) y su anchura debe superar por lo menos, en dos metros el ancho de vía de la unidad más ancha que vaya a circular por ellas (Bustillo & López, 1997).

La anchura de las pistas es función de las dimensiones de los volquetes, de manera que sea suficiente para que la operación de transporte se lleve a cabo con continuidad y en condiciones de seguridad (Bustillo & López, 1997).

En cuanto al número de carriles en que ha de subdividirse la anchura total, las pistas mineras son diseñadas, generalmente, con sólo dos carriles, debido, por un lado, a la baja intensidad de tráfico y, por otro, a la escasa disponibilidad de espacio (Bustillo & López, 1997).

(Bustillo & López, 1997) Nos indica una fórmula que se aplica con frecuencia en Estados Unidos, para el dimensionamiento de la anchura de las pistas, y es la siguiente:

$$A = a \times (0,5 + 1,5 \times n)$$

Dónde:

A: Anchura total de la pista.

a: Anchura del vehículo de mayores dimensiones.

n: Número de carriles.

3.4.10 Cartografiado.

Se reunirá toda la información necesaria para el modelado de cada uno de los mapas mediante el uso de software como Google Earth, MapSource, Global Mapper, CAD y RecMin.

3.4.11 Factibilidad técnica.

La evaluación de los proyectos se basa en estudios y criterios que intentan asociar información geológica y datos de ingeniería (parámetros técnicos) con estimaciones preliminares de costes de ingresos (parámetros económicos) para efectuar un análisis preliminar de la viabilidad técnico-económica del proyecto (estudio de pre factibilidad) (Bustillo & López, 1997).

3.4.11.1 Aspecto económico.

Se revisara la aplicación que se da a las arenas de cuarzo, para lo cual se definirán los parámetros de calidad del óxido de hierro, sílice y otras impurezas que se necesita para la fabricación de vidrio y cerámica.

3.4.11.2 Requerimiento de arena de cuarzo en el mercado

A fin de cuantificar las reservas del mineral se efectuará un pequeño análisis de los requerimientos de materia prima (sílice) en el país.

3.4.11.3 Ingeniería del proyecto.

3.4.11.3.1 Trabajos básicos.

Según el (Servicio Nacional de Aprendizaje SENA Centro Nacional Minero, 2002) los trabajos que se realizan comúnmente en esta etapa es el descapote y la limpieza de la sobrecarga superficial, arranque; carga; transporte y trituración del mineral y del estéril.

3.4.11.3.2 Volúmenes de explotación.

De acuerdo a los requerimientos del mercado, reservas del mineral, sistema de explotación, capacidad de la planta de tratamiento, entre otros; se proyectará el volumen de extracción.

3.4.11.3.3 Datos del año base.

Es el tiempo en el cual se inicia la extracción y beneficio del mineral, se establecerá una fecha de partida, el número de meses y días laborables, y una vez finalizado se realizara una nueva proyección.

3.4.12 Proceso de tratamiento.

Se seleccionara elementos esenciales para planificar e incorporar una planta de tratamiento de arenas en el sector, debido a las condiciones con las que se cuenta en la zona, las cuales son aptas para todo el procedimiento; desde el desarrollo del mismo hasta el producto final.

3.4.13 Especificaciones de la maquinaria a emplear.

La maquinaria a emplearse está directamente relacionada con los requerimientos del mercado, las reservas de mineral, el sistema de explotación, el diseño de explotación, la inversión, entre otras.

3.4.14 Diagrama de flujo de la extracción del mineral.

El flujo de extracción de mineral es el conjunto de labores necesarias para explotar un yacimiento (Grupo Antofagasta Minerals, 2012).

3.4.15 Diagrama de flujo del tratamiento del mineral.

Se indicara de manera resumida y gráfica el proceso por el cual el mineral deberá ser tratado desde el stock de materia prima hasta los stocks de almacenamiento para su venta.

CAPÍTULO IV

4. EXPLORACIÓN.

4.1 LÍNEA BASE.

A continuación se describen los parámetros tomados en cuenta como línea base para el inicio de los trabajos en la zona de estudio.

- **Afloramientos:** Se puede avistar capas de arena de cuarzo, debido al corte de las vías que pasan sobre el depósito (ver Fotografía 1-4). La potencia de estos afloramientos varían desde 5 m hasta 80 m, la orientación es la misma siguiendo un rumbo NE, en cuanto al buzamiento se puede identificar que por lo general las capas de cuarzo se encuentran a un ángulo no mayor a 20NW. El depósito aflora en el margen izquierdo del río Upano y se encuentra depositado sobre una de arenisca tobacea de la formación Santiago.

La parte superior del depósito se encuentra erosionado por el agua principalmente, por la vegetación y la actividad del hombre. En algunos afloramientos se pueden identificar que la arena de cuarzo no ha sido erosionada debido a su grado de compactación y presentan ángulos de estabilidad con pendientes que se encuentran entre los 80 y 90 grados.

Por otra parte también podemos identificar la presencia de arcillas y limos en la zona de contacto con la cobertura vegetal. Las arcillas presentan una coloración que varía desde el amarillo a blanco, rojo y violeta.



Fotografía 1-4: Cortes de la vía al depósito de sílice.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

- **Cobertura vegetal:** El tipo de suelo que presenta la zona de estudio es de tipo limo arenoso en las áreas donde se hallan los asentamientos humanos y en lugares donde la actividad del hombre y a la erosión han eliminado la cobertura vegetal (senderos, algunas áreas con pastizales). Encontramos también un suelo de tipo arcilloso en los lugares

cercanos a fuentes de agua, zonas de bosque secundario y cultivos. La coloración del suelo varía de negro a café oscuro y café claro (ver Fotografía 2-4).

En general la capa de suelo no es muy potente, varía de 40 a 80 cm en función del relieve y en la parte pantanosa la presencia de suelo es muy pobre (menos de 5 cm).



Fotografía 2-4: Cobertura vegetal.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

Poblados: Se encuentran asentados junto a la vía y no es muy densa su concentración (ver Fotografía 3-4). Dentro de la zona de estudio habitan alrededor de 100 personas (entre niños, jóvenes, adultos y adultos mayores), el número de viviendas construidas son 30, de tipo choza, madera y mixta (madera y hormigón).

Las comunidades o mayores asentamientos se encuentran una al Norte de la zona de estudio (Tundaime) y otra al Sur (Saip).



Fotografía 3-4: Asentamientos.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

- **Uso de suelo:** Principalmente y en su gran mayoría es usado para pastizales, una pequeña parte para cultivos y el resto es bosque secundario producto del rebrote de vegetación nativa (ver Fotografía 4-4).

La gente del sector se dedica a cultivar yuca, maíz, guineo, papaya, papa china, plátano, caña, chonta, camote, árboles frutales (naranja, limón, toronja, mandarina, lima, zapote, caimito, guaba, frutipan), siembran pasto para la ganadería y se dedican a la extracción de árboles para madera.



Fotografía 4-4: Usos del suelo.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

- **Vías:** Cuenta con dos vías de acceso, una desde la ciudad de Macas con una distancia aproximada de 39 km y otra en la ciudad de Sucúa con una distancia aproximada de 6,9 km, las mismas que son de primer y segundo orden en algunos tramos.

El tramo de la vía que corta al depósito es de primer orden (ver Fotografía 5-4).



Fotografía 5-4: Vías de acceso.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

4.2 MODELADO DE LA ZONA DE ESTUDIO.

Esta etapa fue la más importante, debido a que no existe información oficial acerca de investigaciones anteriores realizadas en el sitio.

Al ser un campo nuevo de investigación en ese lugar no se encontró información local, si no solo a nivel regional e investigaciones realizadas en otros lugares del país.

Además fue muy importante contar con la autorización de los dueños de los terrenos, a quienes debíamos pedir su aprobación para el ingreso a las mismas, cada vez que fuese necesario y así evitar posibles inconvenientes

La zona de estudio para la exploración de sílice tiene una superficie de 300 ha, limitada por las coordenadas indicadas en la Tabla 1-1. Cabe indicar que a nuestra superficie de estudio se le incorporó 200.000 m², debido a que en esta zona existe la presencia de varios afloramientos importantes, de los cuales pudimos tomar datos estructurales para comprender la disposición y dirección del yacimiento.

Los datos obtenidos en el campo (ver Fotografía 6-4) se analizaron e interpolaron mediante el uso de software como: Google Earth, MapSource, Global Mapper, CAD y RecMin.



Fotografía 6-4: Recolección de datos.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

Una vez realizado el modelado de la zona de estudio se procedió a ubicar cada una de las labores de exploración, líneas de pozos, cortes geológicos, cálculos de reservas y la determinación de la zona de interés.

El mapa topográfico lo podemos apreciar en el Anexo A.

4.3 GEOMORFOLOGÍA LOCAL.

La zona de estudio presenta un sistema de drenaje de un solo eje lineal, que fluye en sentido EW con una distancia de 2.200 m, muestra un desnivel de 207 metros con una gradiente de 5,4° y recoge el exceso de escorrentía pluvial.

En la parte central del área, se observa una zona aplanada con una suave inclinación hacia el oeste; la misma que corresponde a una zona de pantano y se halla rodeada por pequeñas lomas

La zona se localiza en el sistema del Santiago, cuenca del Namangoza, sub cuenca del río Upano y los principales afluentes son drenajes realizados para desalojar el agua de la parte plana debido a que es una área pantanosa.

4.4 GEOLOGÍA LOCAL.

Para realizar el estudio geológico del área se efectuó primeramente un mapa topográfico preliminar a escala 1:3000 con el objetivo de tener mayor claridad en la relación topográfica de la zona.

Una vez concluido el levantamiento topográfico, se procedió a ubicar los tipos de litologías predominantes; dividiéndose inicialmente en formaciones, así se definió 3 tipos de litologías que estratigráficamente se clasifican en rocas arcillosas, depósitos coluviales y areniscas cuarzosas.

A fin de estructurar la descripción de los depósitos se efectuará la descripción a partir de los eventos más reciente en el aspecto general así:

- **Depósitos Cuaternarios recientes:** La zona se encuentra cubierta por material limo arcilloso que varía de color café claro a gris y rojizo con fragmento de rocas de origen volcánico (ver Fotografía 7-4).

Este depósito abarca un área no mayor a 19.645 m², ubicado en las coordenadas 816268,00E; 9729294,00N, no posee una potencia mayor a los 2 metros de profundidad, por la pendiente que presenta es posible que hayan sido erosionadas por las aguas de escorrentía; las mismas que son recolectadas por un arroyo principal ubicado a un costado de este depósito y recorre en sentido EW.



Fotografía 7-4: Depósitos volcánicos.
Elaborado por: (Narváez J, y López R, 2016)

También se puede observar rocas redondeadas y semi angulosas de composición polimíctica con matriz limo arcilloso, que corresponderían a un depósito coluvial (ver fotografía 8-4) y abarcan todo el valle que se forma entre las dos elevaciones (ver Anexo E) y se extiende hacia el Norte, paralelo al río Upano; con una superficie aproximada de 1'004.847 m².

Este valle es cortado por un arroyo principal que va en dirección EW, con un pequeño afluente secundario que va en dirección SN. El valle se encuentra inundado en la parte del margen izquierdo del arroyo principal que atraviesa esta planicie y recolecta sus aguas, el área inundada sería de 693.227 m² aproximadamente. El margen derecho se encuentra seco debido a la gradiente que presenta y a drenajes construidos en dirección EW.

Cabe indicar que dentro de la zona de estudio se incluye una parte del depósito aluvial del río Upano.



Fotografía 8-4: Depósitos coluviales.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

- **Rocas Arcillosas:** En el conjunto de rocas arcillosas de manera general predomina el color rojo, aunque se tiene igualmente arcillas de color amarillo y blanco (ver Fotografía 9-4).

Se los puede apreciar de mejor manera en los cortes de la vía, dispuestos entre la capa vegetal y la arenisca con una potencia promedio de 0,80 m, no es posible tomar datos estructurales de las arcillas.

Pero como referencia se ha tomado el dato estructural de la arenisca N10E/15NW, con coordenadas 820130,00E; 9728900,00N a una altura de 845 msnm.



Fotografía 9-4: Depósitos de arcillas.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

Estructuralmente se localizan formando pequeños depósitos que se hallan dentro de las arenas de la Formación Hollín en forma lenticular, que a nivel local no presenta ninguna orientación estructural preferencial.

- **Arenas de cuarzo:** Pertenecen a la Formación Hollín, se caracterizan por la presencia de areniscas cuarzosas de granulometría variable y aflora principalmente en la parte superior del puente del río Upano (ver Fotografía 10-4).



Fotografía 10-4: Afloramiento de arena de cuarzo.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

A este depósito según las características que presenta se lo puede dividir en tres secciones, la superior de granulometría entre fina y gruesa, presenta estratificación cruzada, la parte media se presenta como una secuencia rítmica de lutitas, limolitas y areniscas de color blanco, pardo o negro, igualmente se presenta estratificación cruzada en tanto que la disposición de las capas es variable desde laminación paralela hasta bancos (ver Fotografía 11-4), la parte inferior se caracteriza por un aglomerado arenoso con sus elementos irregulares y angulosos.



Fotografía 11-4: Arena de cuarzo con materia orgánica.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

La dirección del afloramiento es N15E, con un buzamiento de 20NW, con una potencia de 80 metros de altura aproximadamente y ubicado en las coordenadas 819970,00E; 9728817,00N, a una altura de 786 msnm.

- **Arenisca tabaceas brechoides:** Se observa en el margen izquierdo del río Upano, en los alrededores del puente (ver Fotografía 12-4), las rocas presentan un color que varía de gris claro a verdoso, es compacta, masiva, muy resistente al impacto con el martillo, poco fracturada, el tamaño de los líticos esta entre 0,001 a 0,02 mm.



Fotografía 12-4: Arenisca tobacea brechoide.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

Estas rocas corresponden a la Formación Santiago (ver Fotografía 13-4). Éste tipo de roca se pudo localizar en las coordenadas 821171,00E; 9729011,00N a una altura de 780 msnm, con datos estructurales de N4W/16SW y como referencia se tomó en cuenta el afloramiento que se encuentra en el margen izquierdo del río Upano, con coordenadas 8198446,00E; 9728749N y datos estructurales N16E/10NW, a 747 msnm.



Fotografía 13-4: Afloramientos de la Formación Santiago.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

Además se encontró la presencia de una falla normal en las coordenadas 820098,00E; 9729199,00N, con datos estructurales S50E/70SW a una altura de 852 msnm, y otra falla normal en las coordenadas 819761,00E; 9727994,00N, con datos estructurales N60E/65SW a una altura de 891 msnm.

4.5 SELECCIÓN DE LA MALLA DE MUESTREO.

No se realizó el muestreo de una manera sistemática debido a que los lugareños no nos permitían el acceso a todas a sus propiedades.

Los pozos poseen una profundidad de acuerdo a las condiciones del terreno (de 2 a 3 metros). Pero en general se podría decir que tenemos cuatro líneas de muestreo en dirección EW, cada una con tres pozos de muestreo. El muestreo se realizó tomando una parte del volumen de todo el mineral, de tal modo que sea representativo del total y se procedió a aplicar el método del cuarteo.

4.6 EJECUCIÓN DE LA MALLA DE MUESTREO.

El procedimiento descrito anteriormente fue el mismo para los demás pozos, dándonos como resultado la realización de 12 pozos, y la descripción de un afloramiento (ver Fotografía 14-4).



Fotografía 14-4: Pozo de muestreo.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

4.7 REGISTRO GEOLÓGICO DE LOS POZOS.

Como ya se indicó la metodología del trabajo para el muestreo, a continuación se presenta con mejor detalle la litología de los pozos (ver Fotografía 15-4).



Fotografía 15-4: Descripción de la litología.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

La descripción se la realiza desde la parte superior hasta la parte inferior o fondo del pozo, así tenemos los siguientes resultados:

a) Pozo A: Se encuentra ubicado en las coordenadas 820005E- 9729000N a un altura de 782 msnm, las dimensiones del pozo (1.50 x 0,90 x 2,00 m), este pozo presenta suelo vegetal de color café claro, arenoso, con una potencia de 0,10 m, arenisca de color crema con intercalaciones de color violeta y óxidos, con una potencia de 0,40 m, limo grisáceo con color violeta, con una potencia de 0,10 m, arenisca de color grisácea, con una potencia de 0,70 m, arcillas de color violeta, blanco y gris, con una potencia de 0,10 m, arenisca de color crema con intercalaciones de color violeta y óxidos, con una potencia de 0,60 m, esta capa continúa en profundidad y la muestra se toma del fondo del pozo.

b) Pozo B: Se encuentra ubicado en las coordenadas 820572E- 9729253N a un altura de 828 msnm, las dimensiones del pozo (1.50 x 0,90 x 2,55 m), este pozo presenta suelo vegetal color café oscuro con fragmentos de rocas semi redondeadas de 1 a 3 cm representando un 5% del total de la capa, con una potencia de 0,45m, material limo arenoso color café claro con fragmentos de roca semi redondeadas menores a 1cm representando un 10% del total de la capa, con una potencia de 0,30m, material limo arcilloso con una coloración que varía de café claro a oscuro y rojizo, presenta fragmentos de rocas semi redondeadas que varían de 1 a 4 cm que representan el 20% de la capa, con una potencia de 0,75m, esta capa presenta fragmentos de rocas semi redondeadas que varían de 20 a 35 cm, representan el 70% de la capa; siendo el 30% material arcilla limosa de coloración blanca y rojiza, con una potencia de 0,95m. Base del pozo, arenisca con presencia de limo color gris, con una potencia de 0,10m, se suspende la excavación por el alto nivel freático, la muestra se toma del fondo del pozo.

c) Pozo C: Se encuentra ubicado en las coordenadas 820157E- 9728823N a un altura de 938 msnm, las dimensiones del pozo (1.50 x 0,90 x 2,00 m), Capa vegetal, con una potencia de 0,20m, arenisca con óxidos, con una potencia de 0,40m, arenisca de color blanco con presencia de óxidos y arcillas, con una potencia de 1,20m, la capa 3 continúa en profundidad.

d) Pozo D: Se encuentra ubicado en las coordenadas 821145E- 9729343N a un altura de 950 msnm, las dimensiones del pozo (1.50 x 0,90 x 2,00 m), Capa vegetal, con una potencia de 0,30m, arenisca de color café oscuro con presencia de arcillas color blanco, con una potencia de 0,20m, arenisca de color café claro, con una potencia de 0,70m, areniscas de color violeta, con una potencia de 0,80m, la capa 4 continúa en profundidad.

e) Pozo E: Se encuentra ubicado en las coordenadas 820810E- 9728782N a un altura de 845 msnm, las dimensiones del pozo (1.50 x 0,90 x 2,00 m), Capa vegetal, con una potencia de 0,50m, material limo arenoso color café claro con fragmentos de roca semi redondeadas menores a 1cm representando un 10% del total de la capa, con una potencia de 0,25m, material limo arcilloso con una coloración que varía de café claro a oscuro, presenta fragmentos de rocas semi redondeadas que varían de 1 a 4 cm representando el 40% de la capa, con una potencia de 0,55m, esta capa presenta fragmentos de rocas semi redondeadas que varían de 20 a 35 cm, representan el 70% de la capa; siendo el 30%

material arcilla limosa de coloración blanca y rojiza, con una potencia de 1,40m, base del pozo, arenisca con presencia de óxidos y limo color gris saturado de agua, con una potencia de 0,10m, la excavación se suspende por el alto nivel freático. La muestra se toma del fondo del pozo.

f) Pozo F: Se encuentra ubicado en las coordenadas 821302E- 9728581N a un altura de 911 msnm, las dimensiones del pozo (1.50 x 0,90 x 2,75 m), capa vegetal, con una potencia de 0,20m, material limo arcilloso con una coloración rojiza, con una potencia de 0,95m, arcilla limosa que varía de coloración rojiza a violeta y amarilla con una potencia de 0,15m, arena limosa de coloración que varía entre amarilla y rojiza, con una potencia de 0,70m, areniscas con óxidos, con una potencia de 0,75m, la capa 5 continua en profundidad.

g) Pozo G: Se encuentra ubicado en las coordenadas 821395E- 9728203N a un altura de 953 msnm, las dimensiones del pozo (1.50 x 0,90 x 2,97 m), Capa vegetal, con una potencia de 0,60m, material limo arenoso color café claro con fragmentos de roca semi redondeadas menores a 1cm representando un 5% del total de la capa, con una potencia de 0,30m, material limo arcilloso con una coloración que varía de café claro a oscuro, presenta fragmentos de rocas semi redondeadas que varían de 1 a 6 cm representando el 50% de la capa, con una potencia de 0,60m, esta capa presenta fragmentos de rocas semi redondeadas que varían de 15 a 20 cm, representan el 70% de la capa; siendo el 30% material arcilla limosa de coloración blanca y rojiza, con una potencia de 1,37m, base del pozo, arenisca con presencia de óxidos y limo color gris saturado de agua, con una potencia de 0,10m, la excavación se suspende por el alto nivel freático.

h) Pozo H: Se encuentra ubicado en las coordenadas 820813E- 9728371N a un altura de 853 msnm, las dimensiones del pozo (1.50 x 0,90 x 3,00 m), capa vegetal, con una potencia de 0,40m, material limo arcilloso con una coloración rojiza, con una potencia de 0,80m, areniscas con óxidos y presencia de limo, con una potencia de 0,60m, arenisca con arcillas color crema, con una potencia de 1,20m, la capa 4 continua en profundidad.

i) Pozo I: Se encuentra ubicado en las coordenadas 821263E- 9727762N a un altura de 908 msnm, las dimensiones del pozo (1.50 x 0,90 x 1,00 m), capa vegetal, con una potencia de 0,30m, material arenoso con presencia de óxidos amarillos y violetas, con una

potencia de 0,40m, arenisca con presencia de óxidos, con una potencia de 0,50m, la capa 3 continua en profundidad.

j) Pozo J: Se encuentra ubicado en las coordenadas 820479E- 9728382N a un altura de 840 msnm, las dimensiones del pozo (1.50 x 0,90 x 3,60 m), Capa vegetal, con una potencia de 0,50m, material limo arenoso color café claro con fragmentos de roca semi redondeadas menores a 1cm representando un 10% del total de la capa, con una potencia de 0,40m, material limo arcilloso con una coloración que varía de café claro a oscuro, presenta fragmentos de rocas semi redondeadas que varían de 1 a 6 cm representando el 50% de la capa, con una potencia de 0,60m. esta capa presenta fragmentos de rocas semi redondeadas que varían de 15 a 20 cm, representan el 70% de la capa; siendo el 30% material arcilla limosa de coloración blanca y rojiza, con una potencia de 2,00m, base del pozo, arenisca con presencia de óxidos y arcilla saturada de agua, con una potencia de 0,10m, la excavación se suspende por el alto nivel freático.

k) Pozo K: Se encuentra ubicado en las coordenadas 820348E- 9727881N a un altura de 932 msnm, las dimensiones del pozo (1.50 x 0,90 x 0,70 m), capa vegetal, con una potencia de 0,10m, material arenoso color crema, con una potencia de 0,40m, Arenisca de color violeta, con una potencia de 0,20m, la capa 3 continua en profundidad.

l) Pozo L: Se encuentra ubicado en las coordenadas 820852E- 9727910N a un altura de 846 msnm, las dimensiones del pozo (1.50 x 0,90 x 2,60 m), capa vegetal, con una potencia de 0,40m, material limo arenoso color café claro con fragmentos de roca semi redondeadas menores a 1cm representando un 15% del total de la capa, con una potencia de 1,20m, esta capa presenta fragmentos de rocas semi redondeadas que varían de 18 a 30 cm, representan el 70% de la capa; siendo el 30% material arcilla limosa de coloración blanca y café, con una potencia de 0,90m, base del pozo, arenisca de color blanquecina con presencia de óxidos, con una potencia de 0,10m, la excavación se suspende por el alto nivel freático

m) Afloramiento M: Se encuentra ubicado en las coordenadas 820852E- 9727910N con una potencia de 50,50 m, arenisca con estratificación cruzada, el color predominante es el blanco amarillento, no muy compacta, con una potencia de 18,00m, arena arcillosa, presenta agrietamiento, su coloración varía entre: amarillo, violeta y gris, posee una potencia de 3,00m, arenisca compacta, con inter estratificación de lutitas de color negro y

presencia de óxidos de color café y violeta, presenta un grado bajo de recristalización y además se puede apreciar pequeñas incrustaciones redondeadas de asfalto, la potencia es de 2,50 m. También se puede observar arenisca tobacea brechoide con una coloración verdosa, posee fenocristales de color blanco y verde claro y una potencia de 11,00 m, los datos estructurales que se pudieron tomar son: Rumbo S16E, buzamiento 20NW, coordenadas 819954E-9728766N, y rumbo S15E, buzamiento 19NW, en las coordenadas 819954E-9728764N.

Todos los registros levantados en el campo se los puede apreciar de mejor manera en el Anexo C.

4.8 MUESTREO DE POZOS.

Para este proceso se tomó una muestra representativa de 500 gr., de cada punto muestreado, al ser 12 pozos exploratorios se reunió un total de 6000 gr (ver Fotografía 16-4).



Fotografía 16-4: Muestras recolectadas.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

De acuerdo a las características físicas, principalmente por su similar granulometría y presencia de óxidos, a la experiencia que posee y al conocimiento sobre este tipo de depósitos; nuestro director de trabajo de titulación recomienda hacer el método del cuarteo con todas las muestras recolectadas, es decir, de los 6000 gr., extraer dos muestras de 500 gr. cada una, para el análisis físico y químico en el laboratorio. Para esto las muestras fueron trituradas manualmente, mezcladas y separadas por el método de cuarteo.

Además este procedimiento redujo los costos a pagar por los análisis realizados por el laboratorio.

Es importante destacar la presencia de un afloramiento en el cual pudimos apreciar la secuencia estratigráfica de la Formación Hollín y también conocer que la Formación Santiago es la roca sobre la que se encuentra depositada la arena de cuarzo (ver Fotografía 17-4). De este afloramiento se pudo tomar varios datos estructurales que nos sirvió para tener una idea clara de la dirección del yacimiento y su buzamiento. Estos datos estructurales fueron verificados con mediciones en pequeños afloramientos a lo largo de las dos vías que cortan este depósito, encontrándose una variación muy pequeña tanto en rumbo como en buzamiento.



Fotografía 17-4: Afloramiento de la Fm. Santiago y Fm. Hollín.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

En los pozos de exploración no se pudo apreciar o tomar datos estructurales debido a que los sedimentos presentan una disposición horizontal, a la uniformidad de grano y estratificación cruzada en algunos pozos. La diferencia apreciable es por el tipo de coloración, grado de compactación y presencia de arcillas (ver Fotografía 18-4).



Fotografía 18-4: Pozos de exploración.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

4.9 ANÁLISIS QUÍMICO-MINERALÓGICO DE LA MUESTRA.

El análisis físico de la muestra se realizó por el Laboratorio de Geotecnia y Estructuras de la facultad de Ingeniería, y el análisis químico por el Centro de Servicios y Análisis de

Minerales Metálicos y no Metálicos (CESEMIN), los dos laboratorios pertenecen a la Universidad de Cuenca.

Los ensayos físicos que se realizaron a la muestra son los siguientes: análisis granulométrico, peso específico y absorción (arena), y peso volumétrico de la arena.

Los ensayos químicos que se realizaron a la muestra son los siguientes: fusión con hidróxidos, extracción ácida y espectroscopia de absorción atómica.

Los resultados de los ensayos físicos y químicos realizados a la muestra se indican en el anexo D.

4.10 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LABORATORIO.

De las pruebas físicas podemos decir que el mineral posee un diámetro efectivo de 0,12 mm, un coeficiente de uniformidad de 3,03 mm, un peso específico promedio cuando el mineral está seco de 2,62 g/cm³, el porcentaje de absorción de agua es de 0,46% y un peso volumétrico promedio de 1.405 Kg/m³.

En cuanto a las pruebas químicas tenemos como resultado que el 92,27% de la muestra es SiO₂ (Cuarzo), 4,12% de Al₂O₃ (Arcillas), 0,88% de Fe₂O₃ (óxidos) y en menores cantidades (0,17%) óxidos de magnesio, sodio y potasio. Además de las pérdidas al fuego de 1,14.

CAPÍTULO V

5. CÁLCULO DE RESERVAS

5.1 PERFILES GEOLÓGICOS.

Se realizó nueve perfiles que cortan toda la zona de estudio en dirección EW (ver Figura 1-5), la distancia entre línea de corte es de 250 metros, la altura tomada como punto base es la cota 747, debido a que, a partir de esta altura hasta la cota 969 se aprecia el depósito de sílice. Con estos perfiles se pudo calcular una reserva probable, correlacionar su litología, estructuras geológicas y definir una zona de interés (ver Anexo F).

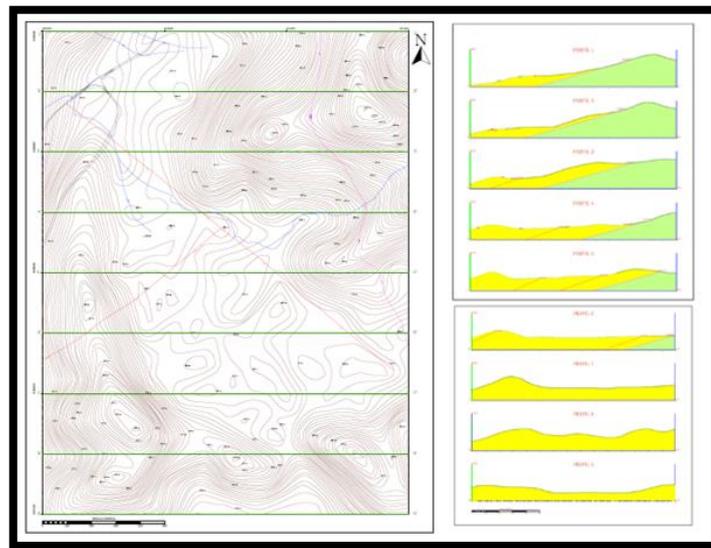


Figura 1-5: Perfiles geológicos.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

Al comprobar que el depósito es muy extenso, a las características del relieve y a la presencia de un depósito importante de mineral sobre la cota de la vía, se decide realizar unos nuevos cortes en una superficie pequeña para obtener un valor más real y poderlo considerar como reservas probadas y el lugar idóneo para una posible extracción del mineral (ver Figura 2-5, recuadro de color rojo).

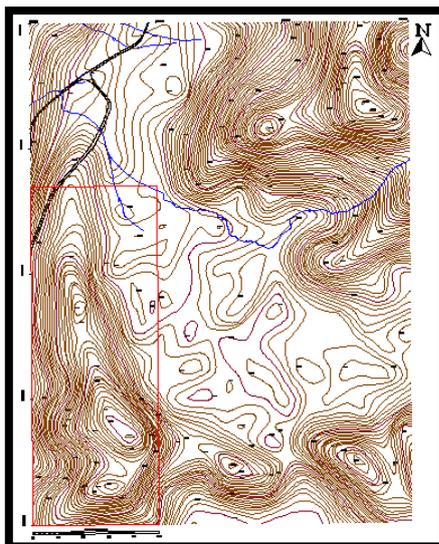


Figura 2-5: Zona de interés.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

Estos cortes se encuentran en una superficie de 676.000 m², a una distancia entre línea de 75 metros cada una, dando como resultado 19 cortes en dirección EW (ver Figura 3-5), la altura de referencia es la cota 795 (ver Anexo G).

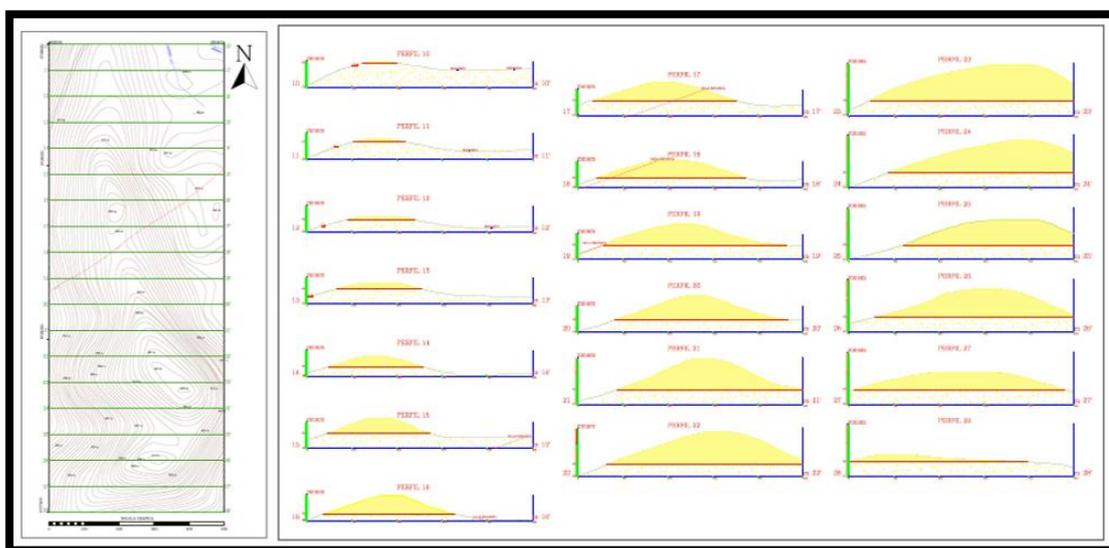


Figura 3-5: Perfiles de la zona de interés.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

5.2 FORMA DEL YACIMIENTO.

Según la clasificación genética de los yacimientos minerales propuesta por (Smirnov, 1976) divide a los depósitos en series (exógeno), grupos (sedimentario) y clases (mecánicos).

En la zona de estudio al tener un depósito de sílice podremos decir que el proceso que se ha dado es de tipo exógeno (serie) o superficial, mediante la sedimentación (grupo) de las arenas por procesos mecánicos (clase) como la erosión, transporte y sedimentación.

Este yacimiento posee esta forma debido a que los suelos al ser de propiedades ácidas recurren a adquirir este tipo de morfología ("media naranja"), además de estar cortado por dos fallas normales que van en sentido S50E/70SW (Coordenadas 820098,00E; 9729199,00N) y N60E/65SW (Coordenadas 819761,00E; 9727994,00N), posee un sistema de drenaje en sentido EW que lo atraviesa, un área pantanosa y al río Upano que pasa a un costado del depósito.

Las arenas de cuarzo se encuentran depositadas horizontalmente, de manera sucesiva formando capas, son de origen sedimentario y presentan características de la Formación Hollín. Se podría decir que el depósito es de tipo masivo, según la clasificación de (Smirnov, 1976) de acuerdo a la tectónica-formacional de los depósitos minerales.

5.3 EXTENSIÓN DE YACIMIENTO.

Al yacimiento se lo pudo delimitar por los afloramientos de la Formación Santiago (proyección de sus estructuras) y los pozos de exploración, de ahí que se define que el yacimiento posee una orientación NS paralela al río Upano, ocupando una superficie de 2'892.906 m² del total de la zona de estudio, incluido los 200.000 m² de ampliación para tener datos estructurales de referencia del afloramiento registrado (ver Figura 4-5).

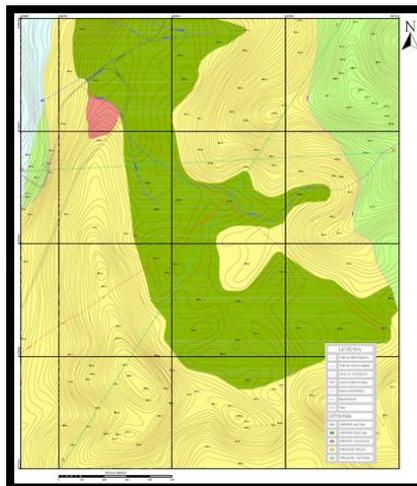


Figura 4-5: Extensión del yacimiento.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

Toda la información levantada de los trabajos de exploración se los ilustra en el Anexo E.

5.4 CÁLCULO DE RESERVAS.

5.4.1 Cálculo del volumen.

A continuación se indica un ejemplo del proceso para el cálculo de los volúmenes tanto de mineral como de estéril y en la Figura 5-5 se indica el cálculo en una tabla de Excel.

$$V = \left(\frac{A1 * d1}{2} \right) + \left(\frac{A2 * d2}{2} \right) + \left(\frac{An * dn}{2} \right)$$

$$V = \left(\frac{97133.483 \text{ m}^2 * 250 \text{ m}}{2} \right)$$

$$V = 12'141.685,38 \text{ m}^3$$

Dónde: **V:** Volumen. **A:** Área. **d:** Distancia.

CÁLCULO DE RESERVAS PROBABLES DE TODO EL YACIMIENTO							
PERFIL	CORTE	AREA MINERAL (m ²)	AREA SOBRECARGA (m ²)	VOLUMEN MINERAL (m ³)	VOLUMEN SOBRECARGA (m ³)	RESERVAS MINERAL (T)	SOBRECARGA (T)
0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	31811215,68	431609,77
1	1-1'	97133,48	2830,23	12141685,38	353778,50	45858735,74	860448,01
2	2-2'	42282,50	2812,05	5285313,00	351506,75	283354456,72	815528,37
3	3-3'	822921,94	2535,67	102865243,00	316959,13	299499125,97	803365,73
4	4-4'	91579,20	2732,30	11447400,50	341537,38	70159296,98	881948,88
5	5-5'	122847,66	3050,97	15330957,13	381371,38	83410154,94	1055851,59
6	6-6'	132039,84	3872,85	18504979,88	484080,75	98071031,15	1158047,14
7	7-7'	181306,82	3707,99	20183352,63	483498,88	114944672,75	848137,90
8	8-8'	189669,28	1853,57	23708659,88	231696,13	103066635,51	868055,93
9	9-9'	125038,01	3838,60	15629750,63	479825,13	40949946,64	585386,85
0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL		1784618,74	27234,03	223077342,00	3404254,00	1137114058	7874770

Figura 5-5: Cálculo del volumen de mineral y sobrecarga de toda la zona de estudio.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

En la Tabla 1-5 podemos apreciar el cálculo del volumen de mineral y en la Tabla 2-5 el cálculo del volumen de estéril o sobrecarga de todo el yacimiento.

PERFIL	CORTE	ÁREA MINERAL (m ²)	VOLUMEN MINERAL (m ³)
0	0	0,00	0,00
1	1-1'	97133,48	12141685,38
2	2-2'	42282,50	5285313,00
3	3-3'	822921,94	102865243,00
4	4-4'	91579,20	11447400,50
5	5-5'	122647,66	15330957,13
6	6-6'	132039,84	16504979,88
7	7-7'	161306,82	20163352,63
8	8-8'	189669,28	23708659,88
9	9-9'	125038,01	15629750,63
0	0	0,00	0,00
TOTAL		1'784.618,74	223'077.342,00

Tabla 1-5: Cálculo del volumen de mineral de todo el yacimiento.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

PERFIL	CORTE	ÁREA SOBRECARGA (m ²)	VOLUMEN SOBRECARGA (m ³)
0	0	0,00	0,00
1	1-1'	2830,23	353778,50
2	2-2'	2812,05	351506,75
3	3-3'	2535,67	316959,13
4	4-4'	2732,30	341537,38
5	5-5'	3050,97	381371,38
6	6-6'	3872,65	484080,75
7	7-7'	3707,99	463498,88
8	8-8'	1853,57	231696,13
9	9-9'	3838,60	479825,13
0	0	0,00	0,00
TOTAL		27.234,03	3'404.254,00

Tabla 2-5: Cálculo del volumen de sobrecarga de todo el yacimiento.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

En la Tabla 3-5 podemos apreciar el cálculo del volumen de mineral y en la Tabla 4-5 el cálculo del volumen de estéril de la zona de interés.

PERFIL	CORTE	AREA MINERAL (m²)	VOLUMEN MINERAL (m³)
0	0	0,00	0,00
10	10-10'	113,57	4258,84
11	11-11'	419,04	15714,00
12	12-12'	657,10	24641,33
13	13-13'	1584,09	59403,19
14	14-14'	3002,04	112576,43
15	15-15'	4600,22	172508,18
16	16-16'	6651,48	249430,46
17	17-17'	7499,36	281225,81
18	18-18'	8261,11	309791,59
19	19-19'	10156,11	380854,13
20	20-20'	10955,70	410838,86
21	21-21'	14752,78	553229,25
22	22-22'	19370,03	726376,13
23	23-23'	25793,77	967266,23
24	24-24'	20001,86	750069,79
25	25-25'	15473,53	580257,49
26	26-26'	16887,88	633295,58
27	27-27'	12076,35	452863,20
28	28-28'	2761,49	103556,03
0	0	0,00	0,00
TOTAL		181.017,51	6'788.156,48

Tabla 3-5: Cálculo del volumen de mineral de la zona de interés.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

PERFIL	CORTE	AREA SOBRECARGA (m ²)	VOLUMEN SOBRECARGA (m ³)
0	0	0,00	0,00
10	10-10'	43,55	1632,94
11	11-11'	55,65	2086,76
12	12-12'	65,85	2469,38
13	13-13'	104,46	3917,14
14	14-14'	147,69	5538,30
15	15-15'	144,13	5404,99
16	16-16'	166,46	6242,21
17	17-17'	228,59	8572,09
18	18-18'	170,13	6380,03
19	19-19'	166,51	6244,16
20	20-20'	238,05	8926,99
21	21-21'	204,80	7679,81
22	22-22'	322,42	12090,64
23	23-23'	213,89	8020,88
24	24-24'	235,01	8813,03
25	25-25'	318,30	11936,29
26	26-26'	276,82	10380,90
27	27-27'	353,96	13273,65
28	28-28'	297,32	11149,46
0	0	0,00	0,00
TOTAL		3.753,59	140.759,63

Tabla 4-5: Cálculo del volumen de sobrecarga de la zona de interés.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

5.4.2 Cálculo de reservas.

Para el cálculo de las reservas se utilizó la fórmula:

$$RP = \left(\left(\frac{Sa + Sb}{2} \right) * h + \left(\frac{Sb + Sc}{2} \right) * h + \left(\frac{Sn + Sn}{2} \right) * hn \right) * d$$

Dónde:

RP: Reserva probada

S: Superficie del perfil

h: Distancia entre perfil

d: Densidad del mineral

La distancia entre perfiles es de 250 metros para el cálculo de reservas probables (ver Figura 6-5), para las reservas probadas la distancia es de 75 metros y la densidad de la sobrecarga a utilizarse es de 1,22 T/m³ (ver Figura 7-5).

Para calcular las reservas probadas se estimó la densidad del mineral ínsitu del depósito, de esta manera se va a utilizar el resultado de los análisis realizados a la muestra por parte del Laboratorio de Geotecnia y Estructuras de la facultad de ingeniería de la Universidad de Cuenca, que sería el promedio del peso específico igual a 2.620 Kg/m³.

Calculation of mineral reserves and overburden for the entire study area. The formulas for the volume and reserve columns are highlighted in red boxes:

$$f_x = (((D4+D5)/2)*250)*2,62$$

$$f_x = (((E4+E5)/2)*250)*1,22$$

PERFIL	CORTE	AREA MINERAL (m ²)	AREA SOBRECARGA (m ²)	VOLUMEN MINERAL (m ³)	VOLUMEN SOBRECARGA (m ³)	RESERVAS MINERAL (T)	SOBRECARGA (T)
0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	31811215,88	431809,77
1	1-1'	97133,48	2830,23	12141685,38	353778,50	45658735,74	860448,01
2	2-2'	42282,50	2812,05	5285313,00	351508,75	283354458,72	815528,37
3	3-3'	822921,94	2535,87	102885243,00	318959,13	299499125,97	803395,73
4	4-4'	91579,20	2732,30	11447400,50	341537,38	70158298,89	881948,88
5	5-5'	122847,88	3050,97	15330957,13	381371,38	83410154,94	1055851,59
6	6-6'	132039,84	3872,85	18504979,88	484080,75	98071031,15	1158047,14
7	7-7'	181306,82	3707,99	20183352,83	483498,88	114944672,75	848137,90
8	8-8'	189689,28	1853,57	23708859,88	231898,13	103068835,51	888055,93
9	9-9'	125038,01	3838,80	15829750,83	479825,13	40949946,84	585388,85
0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL		1784818,74	27234,03	223077342,00	3404254,00	1137114058	7874770

Figura 6-5: Cálculo de las reservas del mineral y la sobrecarga de toda la zona de estudio. Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

Calculation of mineral reserves and overburden for the area of interest. The formulas for the volume and reserve columns are highlighted in red boxes:

$$f_x = (((D4+D5)/2)*75)*2,62$$

$$f_x = (((E4+E5)/2)*75)*1,22$$

PERFIL	CORTE	AREA MINERAL (m ²)	AREA SOBRECARGA (m ²)	VOLUMEN MINERAL (m ³)	VOLUMEN SOBRECARGA (m ³)	RESERVAS MINERAL (T)	SOBRECARGA (T)
0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	11158,15	192,18
10	10-10'	113,57	43,55	4258,84	1632,94	52328,83	458,03
11	11-11'	419,84	55,65	15714,00	2086,76	105730,95	5558,49
12	12-12'	657,10	65,85	24641,33	2469,38	220186,82	7791,56
13	13-13'	1584,89	184,46	59409,19	3917,14	450586,58	11535,83
14	14-14'	3082,04	147,59	112576,43	5538,30	746821,65	13350,81
15	15-15'	4680,22	144,13	172588,18	5404,99	1105479,23	14209,58
16	16-16'	6651,48	166,46	249430,46	6242,21	1390319,44	18073,45
17	17-17'	7499,36	228,59	281225,81	8572,09	1548465,59	18241,58
18	18-18'	8251,11	170,13	309791,59	6380,83	1809491,77	15401,51
19	19-19'	10156,11	168,51	380854,13	6244,16	2074235,83	18508,80
20	20-20'	10955,70	238,05	410838,86	8926,99	2525858,45	20288,30
21	21-21'	14752,78	284,80	553229,25	7679,81	3352568,08	24119,95
22	22-22'	19370,83	322,42	726376,13	12090,84	4437342,96	24536,05
23	23-23'	25793,77	213,89	967256,23	8029,88	4498420,35	2957,36
24	24-24'	20001,86	235,01	750069,79	8813,03	3485457,46	25314,16
25	25-25'	15473,53	318,30	580257,49	11936,29	3179509,02	27228,97
26	26-26'	16887,88	276,82	633295,58	10380,90	2845735,99	28858,55
27	27-27'	12076,35	353,96	452063,20	13273,85	1457018,37	29796,20
28	28-28'	2761,49	297,32	103558,83	11149,46	271316,79	13682,34
0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL		181017,51	3753,59	6788156,48	140759,63	35558782	341461

Figura 7-5: Cálculo de las reservas del mineral y la sobrecarga de la zona de interés. Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

Cálculo de la reserva probable de todo el yacimiento:

$$RP = \left(\left(\frac{0 \text{ m}^2 + 97.133,483 \text{ m}^2}{2} \right) * 250 \text{ m} \right) * 2,62 \text{ T/m}^3$$

$$RP = 31'811.215,68 \text{ T.}$$

PERFIL	CORTE	ÁREA MINERAL (m ²)	RESERVAS MINERAL (T)
0	0	0,00	31811215,68
1	1-1'	97133,48	45658735,74
2	2-2'	42282,50	283354456,72
3	3-3'	822921,94	299499125,97
4	4-4'	91579,20	70159296,98
5	5-5'	122647,66	83410154,94
6	6-6'	132039,84	96071031,15
7	7-7'	161306,82	114944672,75
8	8-8'	189669,28	103066635,51
9	9-9'	125038,01	40949946,64
0	0	0,00	0,00
TOTAL		1'784.618,74	1.137'114.056

Tabla 5-5: Cálculo de reservas probables de todo el yacimiento.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

Cálculo de la sobrecarga de todo el yacimiento:

$$RP = \left(\left(\frac{0 \text{ m}^2 + 2830,228 \text{ m}^2}{2} \right) * 250 \text{ m} \right) * 1,22 \text{ T/m}^3$$

$$RP = 431.609,77 \text{ T.}$$

PERFIL	CORTE	ÁREA SOBRECARGA (m ²)	SOBRECARGA (T)
0	0	0,00	431609,77
1	1-1'	2830,23	860448,01
2	2-2'	2812,05	815528,37
3	3-3'	2535,67	803365,73
4	4-4'	2732,30	881948,68
5	5-5'	3050,97	1055851,59
6	6-6'	3872,65	1156047,14
7	7-7'	3707,99	848137,90
8	8-8'	1853,57	868055,93
9	9-9'	3838,60	585386,65
0	0	0,00	0,00
TOTAL		27.234,03	7'874.770

Tabla 6-5: Cálculo de la sobrecarga de todo el yacimiento.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

Cálculo de la reserva probada de la zona de interés:

$$RP = \left(\left(\frac{0 \text{ m}^2 + 113,569 \text{ m}^2}{2} \right) * 75 \text{ m} \right) * 2,62 \text{ T/m}^3$$

$$RP = 11.158,154 \text{ T.}$$

PERFIL	CORTE	AREA MINERAL (m ²)	RESERVAS DE MINERAL (T)
0	0	0,00	11158,15
10	10-10'	113,57	52328,83
11	11-11'	419,04	105730,95
12	12-12'	657,10	220196,62
13	13-13'	1584,09	450586,58
14	14-14'	3002,04	746921,65
15	15-15'	4600,22	1105479,23
16	16-16'	6651,48	1390319,44
17	17-17'	7499,36	1548465,59
18	18-18'	8261,11	1809491,77
19	19-19'	10156,11	2074235,63
20	20-20'	10955,70	2525858,45
21	21-21'	14752,78	3352566,08
22	22-22'	19370,03	4437342,96
23	23-23'	25793,77	4499420,35
24	24-24'	20001,86	3485457,46
25	25-25'	15473,53	3179509,02
26	26-26'	16887,88	2845735,99
27	27-27'	12076,35	1457818,37
28	28-28'	2761,49	271316,79
0	0	0,00	0,00
TOTAL		181.017,51	35'558.782

Tabla 7-5: Cálculo de reservas probadas de la zona de interés.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

Cálculo de la sobrecarga de la zona de interés:

$$RP = \left(\left(\frac{0 \text{ m}^2 + 43,545 \text{ m}^2}{2} \right) * 75 \text{ m} \right) * 1,22 \text{ T/m}^3$$

$$RP = 1.992,184 \text{ T.}$$

PERFIL	CORTE	AREA SOBRECARGA (m ²)	SOBRECARGA (T)
0	0	0,00	1992,18
10	10-10'	43,55	4538,03
11	11-11'	55,65	5558,49
12	12-12'	65,85	7791,55
13	13-13'	104,46	11535,63
14	14-14'	147,69	13350,81
15	15-15'	144,13	14209,58
16	16-16'	166,46	18073,45
17	17-17'	228,59	18241,58
18	18-18'	170,13	15401,51
19	19-19'	166,51	18508,80
20	20-20'	238,05	20260,30
21	21-21'	204,80	24119,95
22	22-22'	322,42	24536,05
23	23-23'	213,89	20537,36
24	24-24'	235,01	25314,16
25	25-25'	318,30	27226,97
26	26-26'	276,82	28858,55
27	27-27'	353,96	29796,20
28	28-28'	297,32	13602,34
0	0	0,00	0,00
TOTAL		3.753,59	341.461

Tabla 8-5: Cálculo de la sobrecarga de la zona de interés.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

CAPÍTULO VI

6. DISEÑO DEL SISTEMA EXPLOTACIÓN.

6.1 DETERMINACIÓN DEL SECTOR DE INTERÉS.

Luego de analizar las características que presenta la zona de estudio se llegó a la conclusión, que el depósito seleccionado para una posible explotación tiene las siguientes características:

- Se dispone en capas con una potencia media desde el nivel de la carretera aproximada a los 80 m, donde se observa arena silícea (ver Figura 1-6).

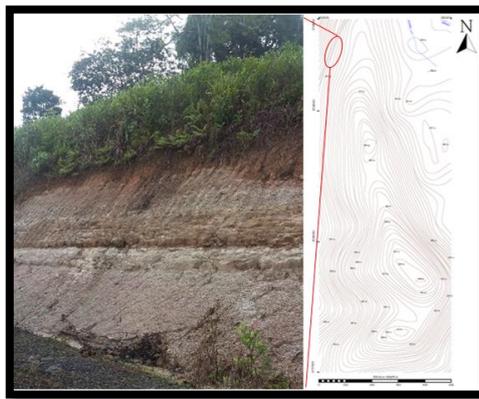


Figura 1-6: Afloramiento de la zona de interés.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

- Se tiene una pequeña fuente de agua en la parte alta del depósito y su caudal aumenta dependiendo la temporada de lluvia, fluye en dirección E-W (ver Figura 2-6).



Figura 2-6: Fuente de agua.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

- La zona tiene una vía de primer y segundo orden, y son utilizables durante todo el año (ver Figura 3-6).



Figura 3-6: Vías.

Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

- Se tiene buena uniformidad tanto en granulometría como en sus características químicas del yacimiento (ver Figura 4-6).



Figura 4-6: Características de la arena de cuarzo.

Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

Con las condiciones analizadas se procedió a seleccionar el área para la evaluación de las reservas (ver Figura 7-6), la misma que está delimitada por las coordenadas que se indica en la siguiente tabla:

UBICACIÓN EN COORDENADAS UTM	PUNTOS	ESTE	NORTE
	Pp	820000	9729000
	P1	820000	9729500
	P2	820500	9727500
P3	820500	9729000	
SUPERFICIE			67,6 Ha
TIPO DE MINERAL			Sílice

Tabla 1-6: Ubicación del sector de interés.

Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

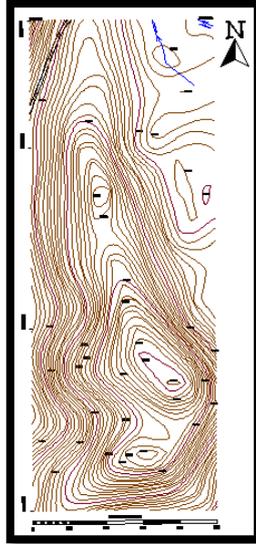


Figura 7-6: Topografía de la zona de interés.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

6.2 SISTEMA DE EXPLOTACIÓN.

El área seleccionada para realizar la explotación cumple con los siguientes parámetros:

- Cantidad de material necesario para alimentar a una planta con el material en estudio.
- Levantamiento geológico: buzamiento de las capas en dirección a la pendiente.
- Características topográficas del terreno que nos permitirá y facilitara el trabajo por bancos durante el tiempo que se esté extrayendo el mineral.
- Existencia de bancos que tengan secuencia con la apertura de la vía.
- El trazado de la vía y las características topográficas del terreno permitirá el banqueo por varios frentes y facilitara el acceso a los bancos.
- Se cuenta con una zona que no tiene mineral en la cual se utilizara como escombrera, por lo tanto esta zona tiene que ser baja.
- Posee facilidad para acceso de vehículos.
- Análisis de los aspectos técnicos del depósito, que son aquellos que inciden directamente en el costo de producción por tonelada de materia prima y están

representadas en este caso por las formas, dimensiones y disposiciones en el espacio de los cuerpos mineralizados, el tipo, propiedades físico-mecánicas del mineral, la potencia de sobrecarga y la presencia de agua superficial o subterránea.

6.3 ELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN.

La primera etapa de la explotación de la cantera se ha planificado para un lapso de tiempo de 5 años por cuanto se ha considerado factores como mercado, maquinaria e inversiones que en periodos más extensos pueden sufrir variaciones difíciles de corregir.

Teniendo en consideración el aspecto geológico, las características topográficas del depósito, el volumen de reserva, y las condiciones favorables de los aspectos técnicos del depósito, se define que el sistema de explotación a cielo abierto adecuado para este tipo de yacimiento será por baqueo descendente; este método consiste en el avance unidireccional de un módulo con un solo banco desde el que se efectúa el arranque del estéril que será depositado en la zona definida como escombrera para el almacenamiento de materia orgánica para su posterior reutilización al final del proceso de extracción.

6.4 PARÁMETROS OPERATIVOS DEL DISEÑO DE LOS BANCOS DE EXPLOTACIÓN.

A continuación los analizaremos detalladamente:

6.4.1 Relación sobrecarga-mineral.

Aplicando la fórmula propuesta por (Bustillo & López, 1997) se obtuvieron los siguientes datos.

$$RI = \frac{VI(m^3)}{Ti(t)}$$

$$RI = \frac{281.519,250 (m^3)}{35'558.782 (t)}$$

$$RI = 0,0079 m^3/T$$

Dónde:

RI: Ratio limite económico.

VI: Volumen de estéril = 281.519,250 m³

TI: Tonelaje de mineral = 35'558.782 T

Con los datos obtenidos en la Tabla 5-5 y la Tabla 6-5, el ratio límite para la superficie con reservas probadas corresponde a $0,0079 \text{ m}^3/\text{T}$.

6.4.2 Tiempo de vida.

Introduciendo los datos analizados anteriormente en el cálculo de reservas probadas se obtiene que:

$$\begin{aligned} T_{\text{vida}} &= \frac{Q_p * k_e}{A(1 - R)} \\ T_{\text{vida}} &= \frac{35'558.782 \text{ T} * 0,85}{202.788 \text{ T}(1-0)} \\ T_{\text{vida}} &= 149,05 \end{aligned}$$

Donde:

Reserva de mineral o material (**Qp**) = 35'558.782 T.

Coefficiente de extracción a cielo abierto (**Ke**) = 0,85

Producción anual del mineral (**A**) = 202.400 T.

Coefficiente de dilución (**R**) = 0 por ser un yacimiento masivo.

El tiempo de vida útil de la mina de 149,05 años, las condiciones pueden variar según los requerimientos de las empresas.

6.4.3 Ritmo de extracción.

Para cumplir con el volumen planteado para el año, se trazó el siguiente esquema de actividades para el primer año de explotación.

- Explotación intensa del yacimiento: Diez meses.
- Reparación, mantenimiento y programación de labores para el siguiente año: Un mes.
- Vacaciones del personal que trabaja en la explotación: Un mes.

De esta forma se ha diseñado el esquema para el primer año de labores; que sería un periodo de explotación de nueve meses, siendo un excelente ritmo de explotación.

DIARIO	MENSUAL	ANUAL
563,3T	16.900T	202.788T

Tabla 2-6: Proyección de explotación.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

Se efectuó la planificación para los trabajos con mes de treinta días a fin de nivelar el periodo considerando las festividades de fin de año y año nuevo.

El personal requerido para elaborar las tareas de explotación de la mina son los siguientes.

CARGO	Nº DE PERSONAS
Ing. en geología y minas	1
Jefe de mina	1
Mineros	4
Maquinista de excavadora	2
Maquinista de volquetes	1
Mecánico	1
TOTAL	10

Tabla 3-6: Personal necesario para la mina.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

6.4.4 Profundidad de la cantera.

Con los datos obtenidos del mapa topográfico y al tener un depósito de tipo montañoso (clasificación por el tipo de relieve original) nuestro talud final será en forma de meseta o planicie.

$$H = H_s - H_i$$

$$H = 930 \text{ m} - 849 \text{ m}$$

$$H = 81 \text{ m}$$

Dónde:

Cota de nivel superior (**H_s**) = 930 m

Cota de nivel inferior (**H_i**) = 849 m

La zona de interés posee un depósito de mineral con una altura de 81 metros (ver Figura 8-6).

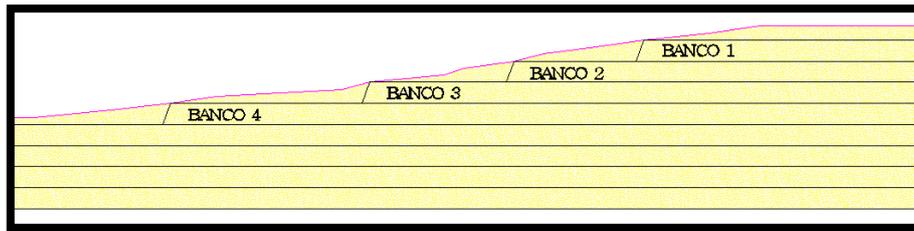


Figura 8-6: Altura de la cantera.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

6.4.5 Altura del banco.

La altura óptima del banco se la define en 9 metros (ver Figura 8-6), debido a que no se va a utilizar equipo de perforación, a las características geo mecánicas, disposición de los estratos y en sí; porque la máquina que se va a utilizar en el frente de explotación realizará el arranque mecánico del mineral y el cargado.

De esta manera de acuerdo a la topografía de nuestra superficie seleccionada para la explotación; tendríamos 8 bloques o bancos aproximadamente, todos ellos unidos por una vía.

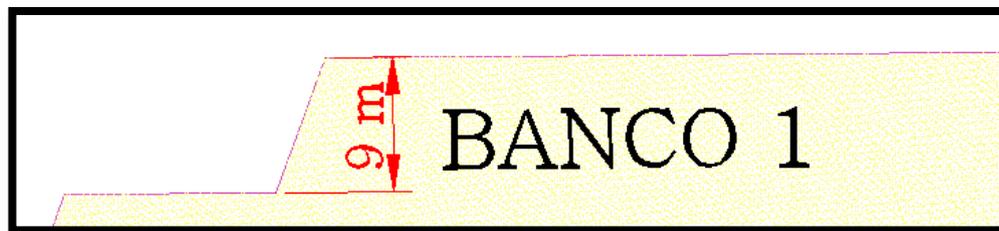


Figura 8-6: Altura del banco.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

De las ventajas para taludes pequeños expuestas por (Bustillo & López, 1997) y de acuerdo a la maquinaria a utilizarse tendríamos:

- Mejores condiciones de seguridad para el personal y maquinaria, pues el alcance de las máquinas de carga permite un mejor saneo y limpieza de los frentes cuando es necesario.
- Mayor control sobre la fragmentación de la roca en voladura y menores niveles de vibraciones y onda aérea, al ser las cargas operantes más pequeñas, solo en el caso de ser necesaria la utilización de explosivos.
- Mayor rapidez en la ejecución de rampas de acceso entre bancos.

- Mejores condiciones para la restauración y tratamiento de los taludes finales.

La máquina a utilizarse en el frente de trabajo es una excavadora CAT 340D (ver Figura 9-6), posee una altura máxima de corte de 10,55 m, la altura de máxima de carga de 7,27 m, una altura mínima de carga de 2,77 m y la profundidad máxima de excavación es de 7,32 m.

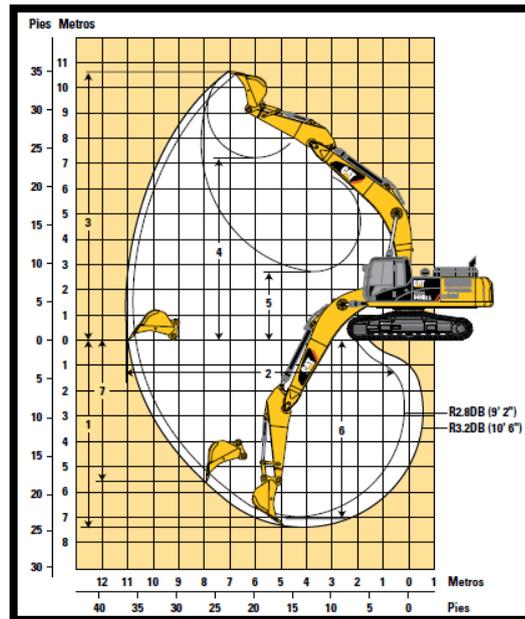


Figura 9-6: Alturas máximas y mínimas de corte de la excavadora.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

6.4.6 Ancho del tajo.

De la fórmula propuesta por (Bustillo & López, 1997) tenemos que:

$$\text{Ancho} = ((C * 1,5) + T + S)$$

$$\text{Ancho} = ((3,52 \text{ m} * 1,5) + 3,35 \text{ m} + 5 \text{ m}.$$

$$\text{Ancho} = 13,63 \text{ m}.$$

Ancho de la excavadora (C) = 3,52 metros

Ancho del volquete (T) = 3,35 metros

Berma de seguridad (S) = 5 metros

El ancho requerido del banco será de 14 metros (ver Figura 10-6).



Figura 10-6: Ancho del tajo.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

6.4.7 Ángulo de cara del banco.

El ángulo de talud para los bancos de trabajo con una altura de 9 metros de acuerdo a la Tabla 2-3, será de 70 grados (ver Figura 11-6). Debido a que se recomienda que la explotación inicie desde el bloque superior hasta los inferiores no se tendrá bancos en receso.

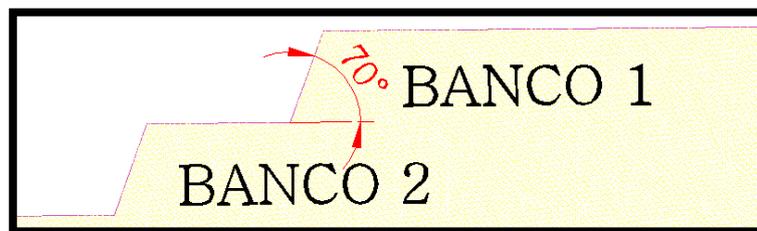


Figura 11-6: Ángulo de talud del banco.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

6.4.8 Bermas.

(Bustillo & López, 1997) Propone utilizar las siguientes fórmulas para calcular la anchura mínima de berma y la altura de banqueteta cuando tengamos alturas de bancos distintas a las indicadas en la Tabla 3-3.

$$\text{Ancho mínimo de berma} = 4,5 \text{ m} + 0,2 * H \text{ (altura de banco, m)}$$

$$\text{Ancho mínimo de berma} = 4,5 \text{ m} + 0,2 * 9 \text{ m.}$$

$$\text{Ancho mínimo de berma} = 8,1 \text{ m.}$$

$$\text{Altura de banqueteta} = 1 \text{ m} + 0,04 * H \text{ (altura de banco, m)}$$

$$\text{Altura de banqueteta} = 1 \text{ m} + 0,04 * 9 \text{ m.}$$

$$\text{Altura de banqueteta} = 0,36 \text{ m.}$$

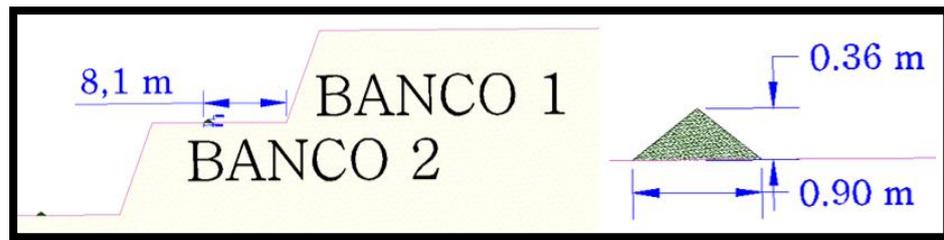


Figura 12-6: Ancho mínimo de la berma y la altura de la banqueta.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

6.4.9 Vías y rampas.

Según el (Servicio Nacional de Aprendizaje SENA Centro Nacional Minero, 2002) la pendiente recomendada para la construcción de rampas es del 8%, pendiente donde el vehículo de acarreo desarrolla su máxima potencia en una forma eficiente, con pendientes mayores el equipo comienza a perder eficiencia. Por lo tanto las vías se diseñaron con esa pendiente, la de acceso a la planta de tratamiento posee una longitud aproximada de 173,202 m; comprendida entre las cotas 831 y 843; con un desnivel de 12 m, y la vía que va hacia los frentes de explotación poseen una longitud aproximada de 1.243,372 m; comprendida entre las cotas 840 y 933; con un desnivel de 93 m.

(Bustillo & López, 1997) Nos indica una fórmula que se aplica con frecuencia en Estados Unidos, para el dimensionamiento de la anchura de las pistas, y es la siguiente:

$$A = a \times (0,5 + 1,5 \times n)$$

$$A = (3,52 \text{ m}) \times ((0,5 + 1,5) \times 2)$$

$$A = 14,08 \text{ m.}$$

Dónde:

A: Anchura total de la pista

a: Anchura del vehículo de mayores dimensiones = 3,52 metros

n: Número de carriles = 2

El ancho de la vía o pista será de 14 metros (ver Figura 13-6).

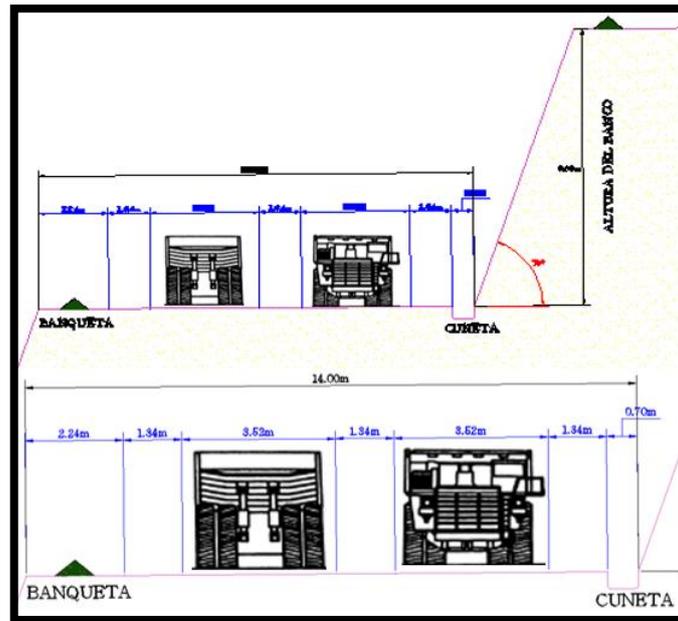


Figura 13-6: Ancho de la vía.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

El mapa con el diseño de explotación se indica en el anexo H.

6.5 CARTOGRAFIADO.

6.5.1 Elaboración del modelado de la zona de estudio.

Los datos obtenidos en el campo se analizar e interpolaron mediante el uso software como:

- Google Earth.

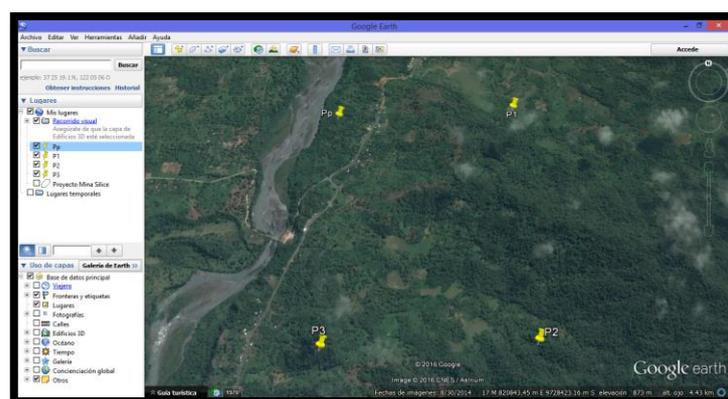


Figura 14-6: Ubicación de la zona mediante Google Earth.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

- MapSource.

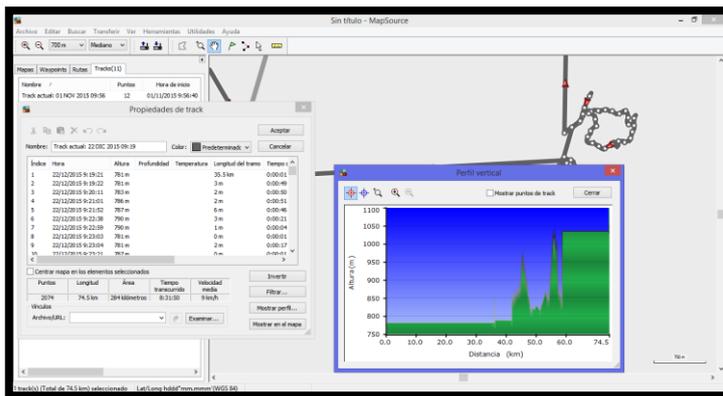


Figura 15-6: Base de datos.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

- Global Mapper.

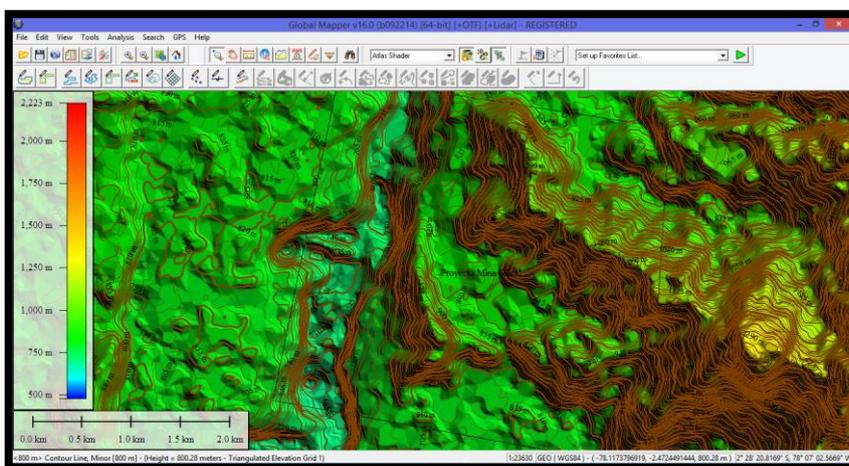


Figura 16-6: Modelado de curvas de nivel.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

- CAD.

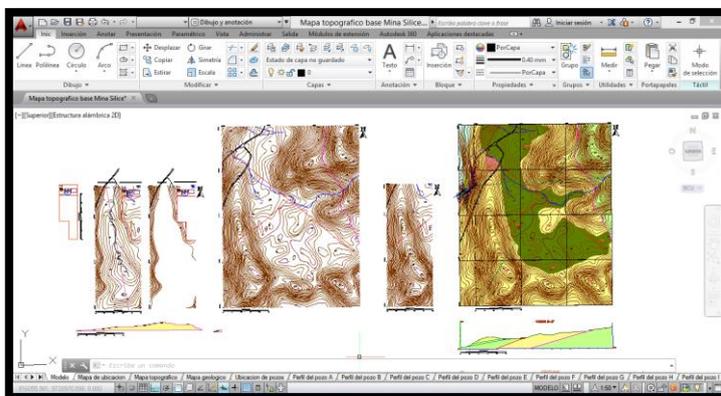


Figura 17-6: Modelado de mapas.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

- RecMin.

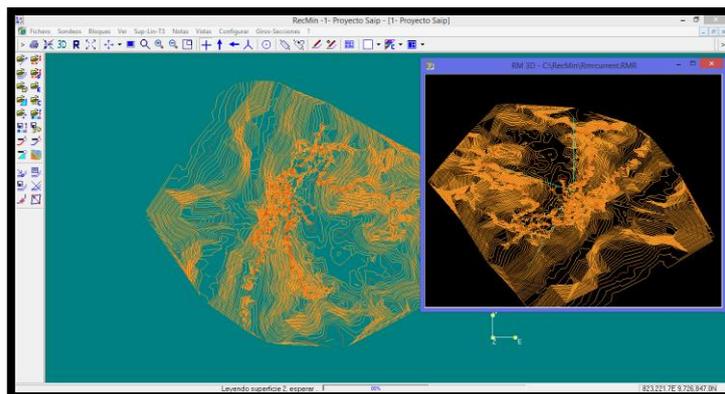


Figura 18-6: Visualización en 3D.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

El mapa topográfico lo podemos apreciar en el Anexo A.

6.5.2 Ubicación de las labores de muestreo.

Como lo podemos apreciar en el Anexo B, se indica los lugares en donde se realizaron las labores de exploración y en la Tabla 21-3 se muestra la ubicación geográfica de cada pozo.

POZO	COTA (m.s.n.m.)	CORDENADAS (E,N)	
A	782	820005	9729000
B	828	820572	9729253
C	938	820157	9728823
D	950	821145	9729343
E	845	820810	9728782
F	911	821302	9728581
G	953	821395	9728203
H	853	820813	9728371
I	908	821263	9727762
J	840	820479	9728382
K	932	820348	9727881
L	846	820852	9727910

Tabla 4-6: Ubicación de los pozos de muestreo.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

6.5.3 Elaboración del mapa geológico.

Una vez realizado el mapa topográfico final y con la información recopilada de los pozos de muestreo y los afloramientos (ver Tabla 5-6), se procedió a ubicar y proyectar las

estructuras de la Formación Santiago (ver Figura 19-6) y de la Formación Hollín (ver Figura 20-6).

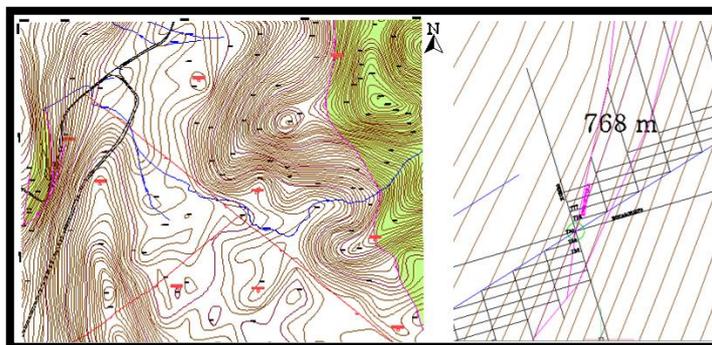


Figura 19-6: Afloramientos y proyecciones de la Formación Santiago.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

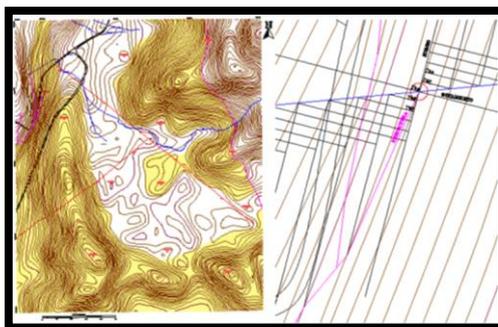


Figura 20-6: Afloramientos y proyecciones de la Formación Hollín.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

COORDENADAS		COTA (msnm)	RUMBO	BUZAMIENTO	ESTRUCTURA
ESTE	NORTE				
819970,00	9728817,00	786	N15E	20NW	Estrato F. Hollín
821171,00	9729011,00	780	N4W	16SW	Estrato F. Hollín
8198446,00	9728749,00	747	N16E	10NW	Roca F. Santiago
820098,00	9729199,00	852	S50E	70SW	Falla
819761,00	9727994,00	891	N60E	65SW	Falla

Tabla 5-6: Datos estructurales.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

Concluido el mapa geológico se procedió a realizar los cortes A-A' y B-B', los mismos que se indican en el Anexo E.

6.5.4 Elaboración de cortes geológicos de toda el área de estudio.

Se realizaron nueve cortes con el fin de obtener las reservas probables de todo el depósito de arena de cuarzo (ver Figura 21-6) y para definir una zona de interés para la posible explotación.

En el Anexo F lo podremos apreciar de una mejor manera.

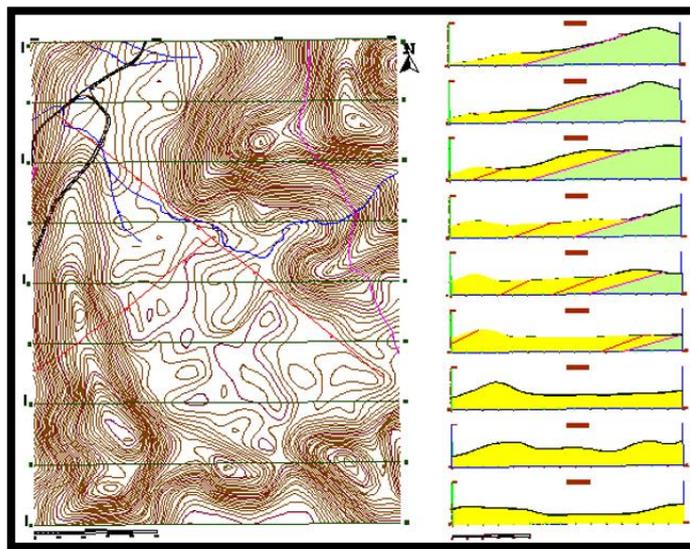


Figura 21-6: Perfiles de toda la zona de estudio.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

6.5.5 Elaboración de cortes geológicos del sector de interés.

En el Anexo G podemos apreciar los diecinueve cortes realizados en la zona de interés, los cuales nos ayudan a obtener las reservas probadas y así poder trabajar con datos más reales para proyectarnos a la explotación (ver Figura 22-6),.

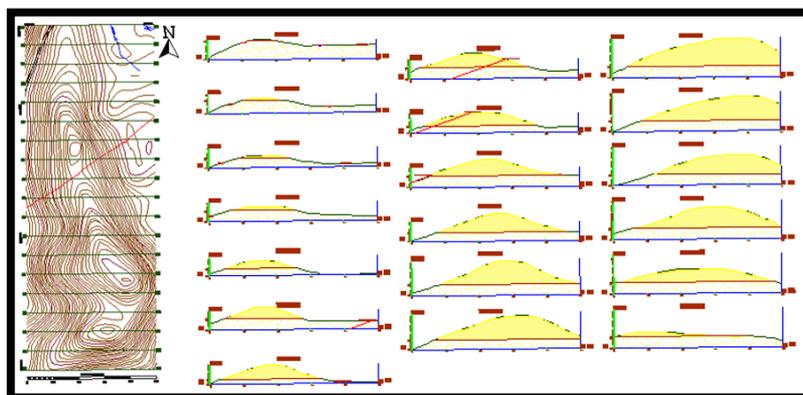


Figura 22-6: Perfiles de la zona de interés.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

6.5.6 Elaboración del mapa con el diseño de explotación.

Con las especificaciones técnicas analizadas en el diseño de explotación se realizó el modelado del mapa, indicando la planta de tratamiento y la escombrera, vías de acceso, el diseño de bancos descendentes, el talud final luego de ser extraído el mineral y el corte C-C'.

El mapa con el diseño de explotación lo podremos preciar en el anexo H.

CAPÍTULO VII

7. FACTIBILIDAD TÉCNICA.

7.1 ASPECTO ECONÓMICO.

El mineral aprovechable está constituido por las arenas cuarzosas predominante el material arenoso de color amarillo.

El principal uso que se dan a las arenas de estas características es para la fabricación de envases de vidrio. A fin de definir los parámetros de calidad, a continuación se efectúa una breve descripción de la calidad de materia prima.

a. Óxido de hierro (Fe_2O_3): El porcentaje de hierro que se permite en la industrialización de las arenas es variable de acuerdo al lugar, manejo y experiencia de los fabricantes del vidrio, por lo cual se indica que el porcentaje máximo permitido se define: Vidrio Común 0.1% Fe_2O_3 , vidrio Café 1 % Fe_2O_3 , vidrio Óptico 0.001% Fe_2O_3 y cerámica Blanca 0.1% Fe_2O_3 .

b. Sílice (SiO_2): En relación a este mineral existen varios parámetros entre los que se destacan:

▪ **Porcentaje de SiO_2 :** Se define de la siguiente manera: Vidrio 97% mínimo, vidrio óptico 99% mínimo y cerámica general 97% mínimo.

▪ **Granulometría:** Vidrio de tamaño uniforme entre 0.6 mm y 0.1mm, vidrio óptico: no definido, cerámica general: no definido.

c. Otras impurezas y sus límites:

▪ **Al_2O_3 :** Es el elemento que contacta la viscosidad del vidrio en el proceso, así como también le da fortaleza y rigidez, el límite máximo permitido es de 0.7%, aunque en casos especiales como la fibra de vidrio puede llegar al 15% del total.

▪ **CaO/MgO :** El calcio y el magnesio se hallan entre las principales materias primas, los porcentajes varían de acuerdo al tipo de vidrio que se quiera fabricar. En el caso del vidrio plano el porcentaje no es mayor que 0.1%.

- **TiO₂:** Por ser un buen colorante, es preferible que el porcentaje de este óxido sea reducido al mínimo en la mezcla; igualmente tiene una acción debilitadora de la red estructural por lo cual se recomienda porcentajes inferiores al 0.04%.
 - **ZrO₂:** Por características refractarias y opalescentes causan efectos aparentes en el vidrio, así como su presencia igualmente provoca debilitamiento de la estructura, el porcentaje límite se considera 0.008% o menos.
 - **Cr₂O₃:** Es colorante opacificante, estas características son visibles aun cuando la presencia del óxido se lo considera como trazas, así se limita su presencia a menos del 0.04%.
 - **Na₂O/K₂O:** Se considera dentro de los ingredientes en la preparación del vidrio, siendo el Na₂O el segundo ingrediente en importación; se lo utiliza por ser fundente y reductor de la viscosidad, lo que ocasiona una mejora en el mezclado y consecuentemente en las propiedades ópticas del vidrio.
- d. Otros:** Los minerales pesados que no se incluyen en el análisis en su todo no pueden superar el 0.015%.

7.2 REQUERIMIENTO DE ARENA DE CUARZO EN EL MERCADO

A fin de cuantificar las reservas del mineral se efectuó un pequeño análisis de los requerimientos de materia prima en el país.

USO	TIEMPO (años)	CANTIDAD (T)
Proyecto Vidrio Plano	5	540000
Cerámica en General	5	300000
Otros	5	40000
TOTAL		880000

Tabla 1-7: Requerimientos de arena de cuarzo en el país.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

Como se observa, el total de materia prima que se requiere como reserva se halla alrededor de 880.000 T a las que se debe sumar el 5% de pérdida en la explotación y un 10% en el lavado y mejoramiento con lo que se obtiene la necesidad de tener una reserva de 1'012.000 toneladas, equivalente a 386.260 m³ por un tiempo de 5 años.

7.3 INGENIERÍA DEL PROYECTO.

7.3.1 Trabajos básicos.

Se inicia con el desbroce de los árboles y la construcción de la vía de acceso a la planta de tratamiento; escombreras y frente de explotación, la misma que empatará con la vía de primer orden que cruza por el depósito de sílice a una distancia aproximada de 175 m. Se construirá a partir de la cota 849; la misma que servirá de nivel referencial para las futuras programaciones. Desde este punto se tratará de cortar los diferentes niveles con un corte de carretera en dirección NS.

Se levantará un sistema de drenaje, el cual estará ubicado a los costados de la vía y en los límites de la plataforma de trabajo, y conducirá el agua hacia una piscina recolectora.

El proceso de destape del yacimiento se lo realizará con una excavadora y el material resultante se lo transportará a la escombrera con la ayuda de un volquete. Este proceso será combinado con el de arranque de mineral debido a la alta pluviosidad de la zona.

7.3.2 Volúmenes de explotación.

Se han tomado de acuerdo a la proyección del mercado para los próximos cinco años.

AÑO		VOLUMEN (m ³)		
		Anual	Mensual	Diario
2017	1	58.050	6.450	215
2018	2	77.400	6.450	215
2019	3	77.400	6.450	215
2020	4	77.400	6.450	215
2021	5	77.400	6.450	215

Tabla 2-7: Proyección de explotación.

Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

7.3.3 Datos del año base.

Inicio del proyecto: Enero de 2017

Numero de meses/año: 9

Número de días laborables al mes: 20

Numero de meses posteriores al primer año de trabajo: 11 meses de 20 días laborables.

Se prevé un incremento debido al funcionamiento de una fábrica de vidrio.

7.4 PROCESO DE TRATAMIENTO.

A fin de efectuar la selección y purificación del mineral, considerando que no es económico la implementación de una explotación selectiva del depósito, se tiene planificado incorporar una planta de lavado y a su vez realizar una clasificación de acuerdo a la granulometría del mineral.

La planta de tratamiento se instalará cerca de la fuente de agua que pasa por el sector, debido a que se necesitará grandes cantidades del líquido para el proceso de lavado del mineral; además de ser una zona que posee muy buenas condiciones para la misma y constará de los siguientes elementos:

- Plataforma de almacenamiento de materia prima.
- Molino de bolas.
- Trommel de lavado.
- Secador.
- Depósito de agua.
- Piscinas de sedimentación.
- Bodegas terminales.
- Generador eléctrico.
- Para cumplir con excelencia el proceso se requiere la compra de malla para tamiz # 18, 30,50 y 140 de la serie ASTM.

Las personas requeridas para realizar estas labores se indican en la siguiente tabla:

CARGO	Nº DE PERSONAS
Jefe de planta	1
Mineros	4
TOTAL	5

Tabla 3-7: Personal necesario para el proceso de tratamiento.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

Para el desarrollo y planificación tanto en la planta de tratamiento como en el frente de explotación el Ing. Geólogo o Minero deberá ser el único responsable de los trabajos a realizarse en la cantera.

7.5 ESPECIFICACIONES DE LA MAQUINARIA A EMPLEAR.

La maquinaria a utilizarse es:

- Una excavadora 340D L serie 2.

Modelo	Excavadora 340D L serie 2
MOTOR	
Modelo del motor	Cat C9 con tecnología ACERT
Tipo	Inyección directa con turbocompresor y posenfriado
Potencia del motor (ISO 14396)	281 Hp
MECANISMO DE GIRO	
Velocidad de giro	8,98 rpm
MANDO	
Velocidad máxima de desplazamiento	4,85 km/h
Tracción máxima en la barra de tiro	300,5kN
CAPACIDADES DE LLENADO DE SERVICIO	
Capacidad del tanque de combustible	620 L
Sistema de enfriamiento	40 L
Aceite de motor	40 L
Mando de giro	19 L
Mando final (cada uno)	8 L
Sistema hidráulico (incluido el tanque)	410 L
Tanque hidráulico	175 L
DIMENSIONES	
Altura del embarque	3,59 m
Longitud del embarque	11,15 m
Radio de giro de la cola	3,5 m
Longitud de la cadena (tren de rodaje largo)	5,06 m
Espacio libre sobre el suelo	0,743 m
Ancho del transporte (tren de rodaje largo con zapatas de 700 mm)	3,29m

Altura de la cabina	3,42 m
Espacio libre del contrapeso	1,5 m
GAMAS DE TRABAJO (Tipo de brazo)	
Profundidad máxima de excavación	7,32 m
Alcance máximo a nivel del suelo	11,08 m
Altura máxima de corte	10,55 m
Altura máxima de carga	7,27 m
Altura mínima de carga	2,77 m
Profundidad máxima de corte con fondo de plano con 2.500 mm	7,03 m
Profundidad máxima de excavación vertical	5,71 m
Capacidad del cucharón – servicio pesado (HD)	2,69 m ³

Tabla 4-7: Excavadora 340D L serie 2.

Fuente: (Caterpillar, 2013)

- Una retroexcavadora cargadora 420E/420E IT.

Modelo	Retroexcavadora 420E/420E IT.	cargadora
CARGADOR		
Capacidad del cucharón – Uso general	0,96 m ³	
Ancho del cucharón – Uso general	2,262 m	
Altura de descarga a ángulo máximo– Inclinación sencilla	2,573 m	
Altura de descarga a ángulo máximo – IT con acoplador rápido	2,507 m	
Alcance de descarga a ángulo máximo – Inclinación sencilla	0,853 m	
Alcance máximo a ángulo máximo – IT con acoplador rápido	0,831 m	
Profundidad de excavación– Inclinación sencilla	0,106 m	
Profundidad de excavación – IT con acoplador rápido	0,147 m	
Capacidad de levantamiento a altura máxima – Inclinación sencilla	2.929 kg	
Capacidad de levantamiento a altura máxima – IT con acoplador rápido	3.164 kg	
Fuerza de desprendimiento del cucharón – Inclinación sencilla	45,6 kN	
Fuerza de desprendimiento del cucharón – IT con acoplador rápido	47,1 kN	
SISTEMA HIDRÁULICO		

Tipo de circuito Centro cerrado, detección	Tipo de circuito Centro cerrado, detección
Capacidad de la bomba (a 2.200 rpm)	163 L/min 43 gal/min
Presión del sistema– Retroexcavadora	24.900 kPa 3.611 lb/pulg ²
Presión del sistema– Cargador	22.800 kPa 3.307 lb/pulg ²
Tipo de bomba	Caudal variable y pistón axial
Tipo de dirección	Rueda delantera
Servodirección	Hidrostático, HMU
Cilindro, tracción en dos ruedas – Calibre	65 mm 2,6 pulg
Carrera	120 mm 4,7 pulg
Diámetro de la varilla	36 mm 1,4 pulg
Cilindro, de tracción en las cuatro ruedas – Calibre	65 mm 2,6 pulg
Carrera	120 mm 4,7 pulg
Diámetro de la varilla	36 mm 1,4 pulg
Sistema de frenos	Discos múltiples incorporados, sumergidos en aceite
TREN DE FUERZA	
Servomecánica, 1a. de avance	6 km/h
2a. de avance	9,6 km/h
3a. de avance	20 km/h
4a. de avance	40 km/h
Servomecánica, 1a. de retroceso	6 km/h
2a. de retroceso	9,6 km/h
3a. de retroceso	20 km/h
4a. de retroceso	40 km/h
Automática (opt.), 1a. de avance	5,9 km/h
2a. de avance	9,5 km/h
3a. de avance	20 km/h
4a. de avance	27 km/h
5a. de avance	41 km/h
2a. de avance	9,5 km/h
Automática (opt.), 1a. de retroceso	5,9 km/h
2a. de retroceso	13 km/h
3a. de retroceso	27 km/h
ESPECIFICACIONES DE OPERACIÓN	
Círculo de giro: externo, ruedas delanteras	8,18 m
Círculo de giro: externo, cucharón de carga más ancho	10,97 m
ISO 5010.	
Tracción en 2 ruedas, tracción en las cuatro ruedas (rueda interior sin freno).	
Sistema de enfriamiento	5,4 gal
Tanque de combustible	45 gal

Aceite de motor con filtro	2 gal
Transmisión servomecánica de tracción en dos ruedas con convertidor de par	4,9 gal
Transmisión servomecánica de tracción en las cuatro ruedas con convertidor de par	4,9 gal
Transmisión automática de tracción en las cuatro ruedas con convertidor de par	5 gal
Eje trasero	4,4 gal
Eje delantero de tracción en las cuatro ruedas	2,9 gal
Eje delantero, planetarios	0,2 gal
Sistema hidráulico	25,1 gal
Tanque hidráulico	10 gal
CAPACIDAD DE LOS EJES	
Eje delantero estático con tracción en dos ruedas	22.964 kg
Dinámico	9.186 kg
Eje delantero estático con tracción en las cuatro ruedas	22.964 kg
Dinámico	9.186 kg
Eje trasero, estático	22.964 kg
Dinámico	9.186 kg
Oscilación del eje	10 grados
Los ejes de tracción en las cuatro ruedas (4WD) y de tracción en dos ruedas (2WD) están montados en péndulo y sellados y lubricados permanentemente por lo que no requieren mantenimiento diario. También dispone de un cilindro de dirección de acción doble con ángulo de dirección de 52° para lograr una mayor maniobrabilidad.	
NEUMÁTICOS	
Opciones indicadas como una combinación de neumáticos delanteros/traseros:	
<ul style="list-style-type: none"> • 11L-16 (12 telas) F-3/19.5L-24 (12 telas) R4 ATU • 12.5/80-18 NHS (12 telas) 1-3 Súper Tracción/19.5L-24 (12 telas) R4 ATU • 12.5/80-18 NHS (12 telas) 1-3 Súper Tracción/21L-24 (16 telas) R4 ATU • 340/80R 18 XMCL/500/70R 24 XMCL • 340/80R 18 XMCL/19.5L-R24 (12 telas) R4 ATU 	
FRENOS	
Características:	
<ul style="list-style-type: none"> • Los frenos cumplen con las normas siguientes: Requisitos SAE J1473 e ISO 3450. • Autoajustables, completamente cerrados y sellados. • Los pedales del freno se pueden trabar durante el desplazamiento por carretera. • Los frenos de estacionamiento/secundarios son independientes del sistema de freno de servicio. El freno de estacionamiento se conecta mecánicamente por medio de una palanca de mano ajustable ubicada en la consola derecha. 	
DIMENSIONES DE LA MÁQUINA	
Longitud total (cargador en el suelo)	7,245 m
Longitud total de transporte	7,343 24 m

Altura total de transporte (brazo estándar)	3,577 11 m		
Altura total de transporte (brazo extensible)	3,631 11 m		
Ancho total	2,438 8 m		
Altura hasta la parte superior de la cabina/techo	2,819 9 m		
Altura hasta la parte superior del tubo de escape	2,754 9 m		
Altura hasta el pasador de bisagra del cargador (transporte)	0,365 m		
Espacio libre sobre el suelo (mínimo)	0,320 m		
Línea central del eje trasero hasta la parrilla delantera	2,704 m		
Entrevía de ruedas delanteras	1,880 6 m		
Entrevía de ruedas traseras	1,727 5 m		
Distancia entre ejes – Tracción en dos ruedas/cuatro ruedas	2,200 7 m		
DIMENSIONES Y RENDIMIENTO DEL CUCHARÓN DEL CARGADOR			
Capacidad (SAE)	0,96 m ³		
Ancho total del cucharón	2,262		
Capacidad de levantamiento a altura máxima	3.164 kg		
Fuerza de desprendimiento	47,1 kN		
Altura máxima del pasador de bisagra	3,329 m		
Ángulo de descarga a altura máxima	45°		
Altura de descarga a ángulo máximo	2,507		
Alcance de descarga a ángulo máximo	0,831		
Plegado máximo del cucharón a nivel del suelo	40°		
Profundidad de excavación	0,147		
Ángulo máximo de nivelación	108°		
Ancho de la cuchilla de la hoja topadora	N/A		
Parrilla hasta la cuchilla del cucharón, posición de acarreo	1,607 m		
Altura máxima de operación	4,260 m		
Apertura máxima de la mandíbula	N/A		
Fuerza de sujeción de la mandíbula del cucharón	434 kg		
DIMENSIONES Y RENDIMIENTO DE LA RETROEXCAVADORA			
	Brazo estándar	Brazo retraído	Brazo Extendido
Profundidad de excavación, SAE (máx.)	4,360 m	4,402 mm	5.456 mm
Profundidad de excavación, fondo plano de 0,610	4,321 m	4,363 m	5,420 m
Alcance desde la línea central del eje trasero a nivel del suelo	6,721 m	6,760 m	7,769 m

Alcance desde el pivote de rotación a nivel del suelo	5,618 m	5,657 m	6,666 m
Altura máxima de operación	5,523 m	5,555 m	6,302 m
Altura de carga	3,636 m	3,577 m	4,145 m
Alcance de carga	1,768 m	1,868 m	2,771 m
Arco de rotación	180°	180°	180°
Rotación de cucharón °	205°	204°	204°
Distancia entre estabilizadores, posición de operación (central)	3,310 m	3,310 m	3,310 m
Distancia entre estabilizadores, posición de operación (exterior)	3,770 m	3,770 m	3,770 m
Distancia entre estabilizadores, posición de transporte	2,322 m	2,322 m	2,322 m
Fuerza de excavación del cucharón	61,7 kN	60,9 kN	60,9 kN
Fuerza de excavación del brazo	43,0 kN	42,8 kN 9.616 lb	31,2 kN

Tabla 5-7: Retroexcavadora cargadora 420E IT.

Fuente: (Caterpillar, 2008)

- Un camión volquete articulado 250D II.

Fabricante y modelo	John Deere Power Tech Plus 6090
MOTOR 250D-II	
Potencia	198 kW
Peso de trabajo vacío	18314 kg
Peso de trabajo cargado	41536 kg
Capacidad de colmada	13,8 m ³
Carga útil nominal	23222 kg
Configuración	6 cilindros en línea
Válvulas por cilindro	4
Cilindrada	9,0 I
Potencia neta máxima (ISO 9249)	198 kW
Par motor neto máximo a 1200-1400rpm (ISO9249)	1070 Nm
Aspiración	Turboalimentada con enfriador de aire de carga
Sistema de combustible	Riel común de presión alta, filtro de 10 y 2 micrones con separadores de agua
Sistema auxiliar de arranque en frío	Éter
Suspensión	
Delantera	Cuatro brazos anteriores con montajes de caucho y brazo transversales libres de mantenimiento, sostenidos por puntales

	llenos de nitrógeno/aceite.	
Trasera	Balanzas pivotantes igualadora de carga con bloques de suspensión de caucho laminado, cada eje se acopla al chasis por medio de cuatro brazos con bujes de caucho intercambiables.	
CAJA 250D-II		
Tipo	Reforzada con nervaduras para servicio severo	
CAPACIDAD		
Al ras	10,5 m ³	
Colmada a relación SAE 2:1	13,8	
Con compuerta trasera opcional	14,5 m ³	
Colmada a relación SAE 1:1	16,9 m ³	
Ángulo de vaciado máximo	70°	
Calefactor	Caja con conductos para calefacción por gases de escape	
NEUMÁTICOS/ RUEDAS		
Tipo y tamaño	Radiales para movimiento de tierras 23.5R25	
Presión máxima sobre el suelo (eje intermedio con carga)	137 kPa (19,9 psi)	
CAPACIDADES DE LLENADO		
Tanque de combustible	340,0 L (90,0 gal)	
Aceite del motor con filtro	25,5 L (6,7 gal)	
Enfriamiento del motor	32,9 L (8,7 gal)	
Aceite de la transmisión (llenado)	21,8 L (5,8 gal)	
Aceite de caja de transferencia	4,7 L (5,0 gal)	
Depósito hidráulico	79,0 L (20,8 gal)	
Aceite de eje (por eje)	22,0 L (5,8 gal)	
Mandos finales	4,0 L (4,2 gal)	
PESOS OPERACIONALES 250D-II		
Con equipo estándar	<i>Vacío</i>	<i>Cargado</i>
Delantero	10 151 kg	171 kg
Intermedio	4086 kg	251 kg
Trasero	4077 kg	115 kg
Total	18 314 kg	41 536 kg
Carga útil nominal	23 222 kg	27 326 kg
DIMENSIONES DE TRANSPORTE 250D-II 300D-II		
Altura total	3,58 m	
Largo total	9,50 m	
Ancho total		
Espejos plegados	2,82 m	
Caja de volquete	2,76 m	

Compuerta trasera instalada	3,23 m
	Radiales para movimiento de tierras 23.R25
Ancho sobre neumáticos	2,82 m
Ancho de compuerta trasera	3,23 m

Tabla 6-7: Camión volquete articulado 250D II.

Fuente: (John Deere, 2016)

- Un trommel de lavado Triman TLH.

Modelo	Longitud A mm	Diámetro D mm	Potencia C.V	Grupo Ruedas Motrices	Grupo Ruedas Portantes	N # Ruedas	Producción m ³ /h
TLT-30	3.500	1.500	15	2	2	8	30

Tabla 7-7: Trommel de lavado Triman TLH.

Fuente: (Triman Minerals, 1985)

- Un secador ALLGAIER G204.

DESCRIPCION	VALORES
Marca	ALLGAIER
Capacidad de Molienda	30 T
Modelo	MOZER TT140/13 A SO
Humedad inicial	15%
Humedad final	4%
Temperatura de gases	130 – 150 °C
Temperatura de material	66 – 75 °C
Potencia del motor	37 Kw
Voltaje de alimentación	460 Voltios
Corriente nominal del motor	59 A

Tabla 8-7: Secador ALLGAIER G204.

Fuente: (Unión Cementera Nacional, 2016)

- Un molino de bolas.

MOLINO DE BOLAS						
Características:						
1. Función estable y buena calidad a prueba de fricción.						
2. Productos con granularidad uniforme.						
3. Poca inversión y mucho ahorro energético.						
4. Fácil operación y uso con seguridad.						
Modelo	Velocidad del barril r/min	Peso de Bolas	Tamaño de alimentación (mm)	Producción (t/h)	Potencia (kw)	Peso(T)
Φ2600×13000	19.8	39	≤25	27-30	1000	150

Tabla 9-7: Molino de bolas.

Fuente: (Shanghai Zenith Company, 2016)

Sus especificaciones técnicas lo podremos apreciar de una mejor manera el en anexo I.

7.6 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA EXTRACCIÓN DEL MINERAL.

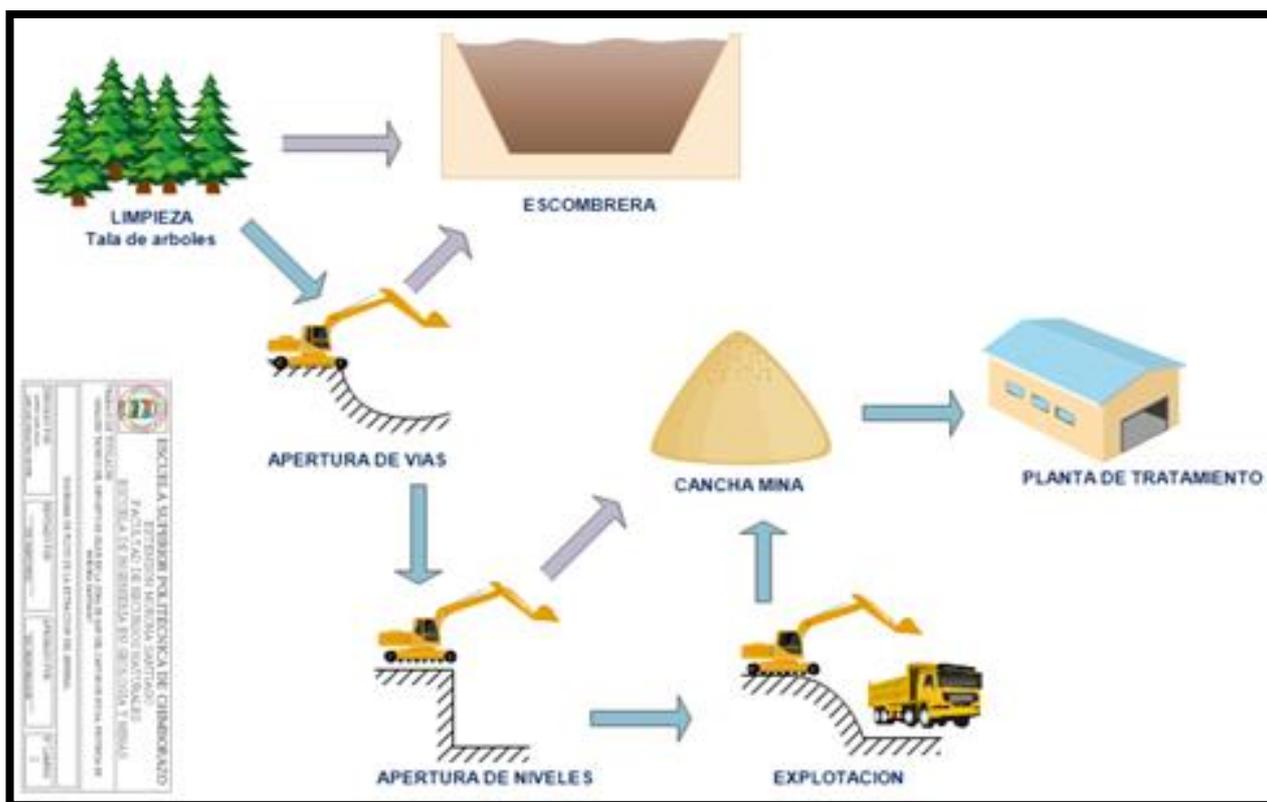


Figura 1-7: Diagrama de flujo de la extracción del mineral.

Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

7.7 DIAGRAMA DE FLUJO DEL TRATAMIENTO DEL MINERAL.

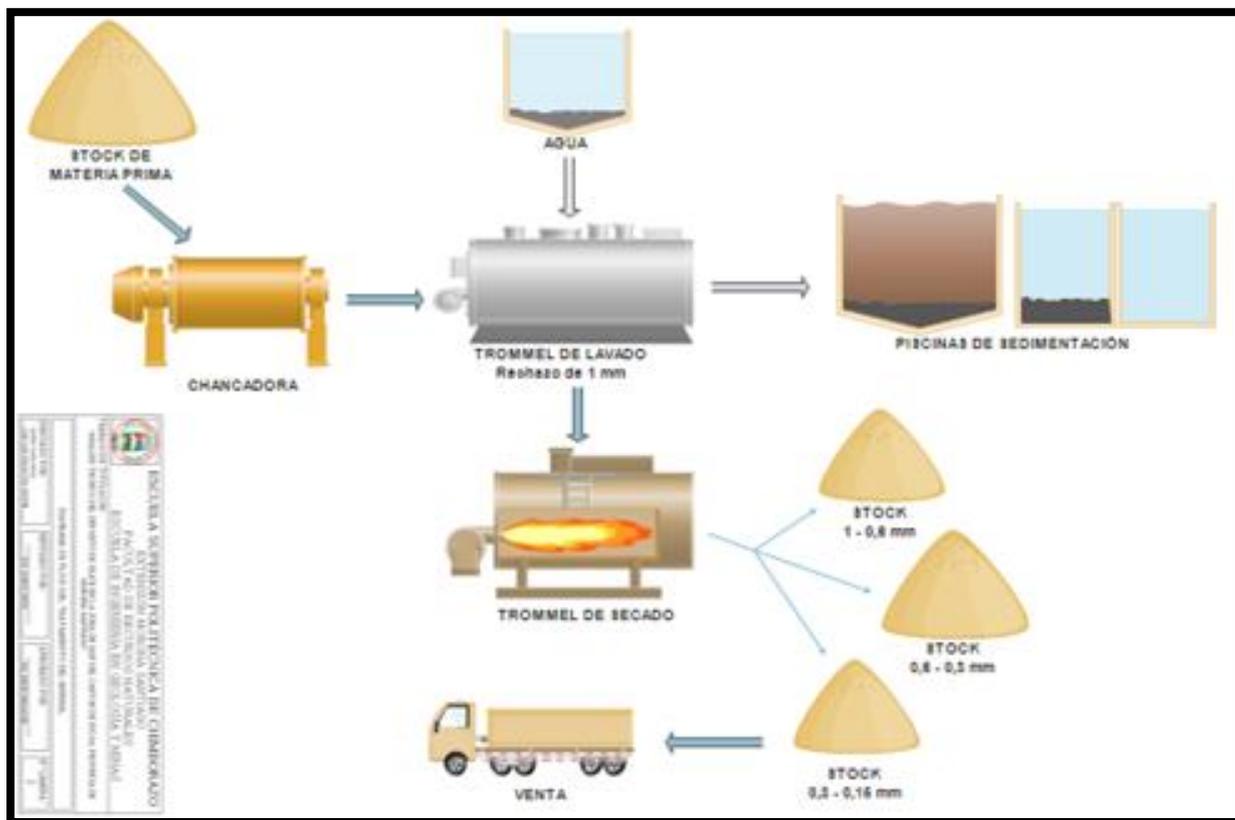


Figura 2-7: Diagrama de flujo del tratamiento del mineral.
Elaborado por: (Narváez, J. y López, R. 2016)

CAPÍTULO VIII

8. RESULTADOS Y ANÁLISIS

8.1 LÍNEA BASE.

La zona de estudio presenta afloramientos donde se puede avistar capas de arena de cuarzo, debido al corte de las vías que atraviesa el depósito, la cobertura vegetal es de tipo limo arenoso, arcilloso y sílice, la población se encuentra asentada junto a la vía y no es muy densa su concentración, el suelo es usado principalmente para pastizales, una pequeña parte para cultivos y el resto es bosque secundario producto del rebrote de vegetación nativa. Posee además dos vías de acceso, una desde la ciudad de Macas y otra en la ciudad de Sucúa, las mismas que son de primer y segundo orden en algunos tramos.

8.2 MAPAS.

El cartografiado se realizó mediante el uso de software como: Google Earth (ubicación de la zona de estudio), MapSource (descarga de base de datos geográficos), Global Mapper (modelado de las curvas de nivel), CAD (modelado de la carta topográfica, mapa geológico, mapa de ubicación de pozos de exploración, mapa del cálculo de reservas probadas y probables, y el mapa con la propuesta de diseño de explotación) y RecMin (modelado en 3D del relieve). Todos los mapas los podemos apreciar en la sección de Anexos, en el anexo A (Mapa topográfico), B (Mapa de ubicación de las labores de exploración), E (Mapa geológico), F (Mapa con las reservas probables), G (Mapa con las reservas probadas) y H (Mapa con el diseño de explotación).

8.3 GEOMORFOLOGÍA.

La zona de estudio presenta un sistema de drenaje de un solo eje lineal, que fluye en sentido EW con una distancia de 2.200 m, muestra un desnivel de 207 metros con una gradiente de 5,4° y recoge el exceso de escorrentía pluvial. En la parte central del área, se observa una zona aplanada con una suave inclinación hacia el Oeste; la misma que corresponde a una zona de pantano y se halla rodeada por pequeñas lomas

8.4 GEOLOGÍA LOCAL.

La litología predominante corresponde a la Formación Hollín, constituidas principalmente por areniscas cuarzosas y a la Formación Santiago compuesta por areniscas tobáceas. Dentro de estas formaciones se pudo apreciar un depósito de origen volcánico compuesto

de material limo arcilloso que varía de color; desde el café claro a gris y rojizo con fragmentos de rocas de origen volcánico, cubre un área aproximada de 19.645 m² y una potencia no mayor de 2 metros de profundidad. Además existe un depósito coluvial compuesto por rocas redondeadas y semi angulosas de composición polimíctica con una matriz limo arcillosa, posee una potencia aproximada de 3 metros de profundidad, abarca todo el valle que se forma entre las dos elevaciones del área de estudio; con una superficie aproximada de 1'004.847 m² de las cuales 693.227 m² se halla inundada. También podemos apreciar la presencia de pequeños depósitos de arcillas dispuestas entre la capa vegetal y la arenisca, su coloración varía de rojo a amarillo y blanco con una potencia promedio de 0,80 m.

8.5 LABORES DE EXPLORACIÓN.

El muestreo de las labores de exploración se lo realizó mediante la toma de la muestra directamente del fondo del pozo y mediante el método del ranurado continuo, de esta manera se efectuó 12 pozos; reuniendo una muestra representativa de 500 gr de cada uno, dando un total de 6000 gr. A esta muestra global se le efectuó el método del cuarteo y se le extrajo dos muestras de 500 gr, una para el análisis físico y otra para el análisis químico en el laboratorio.

De las campañas de exploración en los pozos no se pudo tomar datos estructurales debido a que los sedimentos presentan una disposición horizontal, a la uniformidad de grano y estratificación cruzada en algunos pozos. La diferencia apreciable es por el tipo de coloración, grado de compactación y presencia de arcillas.

Los datos estructurales con los que se trabajó fueron tomados en los afloramientos de la Formación Hollín y Santiago.

8.6 FORMA DEL YACIMIENTO.

El yacimiento es de tipo masivo.

8.7 RESERVAS.

Del estudio realizado, se pudo identificar un depósito que tiene un total de reservas probadas de mineral equivalentes a 35'558.782 toneladas dentro de un área de 67,6 ha.

8.8 DISEÑO DE EXPLOTACIÓN.

En un área de 67,6 ha; que posee una reserva probada de Sílice de 35'558.782 T, con una relación mineral/estéril de 0,0079 m³/T, y según las características que presenta el depósito se ha elegido un sistema de explotación por bancos descendentes con las siguientes características:

- Profundidad de la cantera: 81 m.
- Altura del banco: 9 m, lo que equivaldría a 10 bancos.
- Ancho del tajo: 14 m.
- Ángulo de cara del banco: 70°.
- Bermas: Ancho mínimo 8,1 m con una altura de 0,36 m.
- Pistas y rampas: Con una pendiente de 8% se trazó dos vías, una de 173,2 m; con un desnivel de 12 m y otra de 1.243, 4 m; con un desnivel de 93 m. Las dos con un ancho de pista de 14 m.
- Ritmo de extracción: Explotando 563,3 toneladas diarias se puede trabajar durante un periodo de 149,05 años.

8.9 FACTIBILIDAD.

Realizado los estudios técnicos y de cálculos del depósito de sílice en la zona de Saip, se puede decir que la extracción del mineral es factible debido a que:

- Se ha delimitado una zona de interés que cubre un área de 67,6 ha y cuenta con reservas probadas de 35'558.782 toneladas de mineral, material más que suficiente y necesario para trabajar durante 149,05 años explotando 563,30 toneladas diarias.
- Además de poseer dos vías de acceso (de primer y segundo orden en algunos tramos).
- Se tiene una buena uniformidad granulométrica (diámetro efectivo 0,12 mm).
- Una concentración de sílice del 92,27%.
- La potencia del yacimiento es de 80 metros aproximadamente.

- Existen vertientes de agua que pueden ser utilizadas en una planta de tratamiento en caso de realizarse la extracción del mineral.
- La capa de sobrecarga es casi nula (de 0,40 a 3,00 m aproximadamente).
- La topografía del lugar permite el banqueo por varios frentes.
- Cuenta con un área plana donde se puede instalar la planta de tratamiento y escombrera.
- Las personas del sector desean aprovechar de este depósito mineral.

8.10 PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL YACIMIENTO.

Las propiedades físicas que el mineral posee son: Un diámetro efectivo de 0,12 mm, un coeficiente de uniformidad de 3,03 mm, un peso específico promedio cuando el mineral está seco de 2,62 g/cm³, el porcentaje de absorción de agua es de 0,46% y un peso volumétrico promedio de 1.405 Kg/m³.

Las propiedades químicas que el mineral posee son: El 92,27% de la muestra es SiO₂ (Cuarzo), 4,12% de Al₂O₃ (Arcillas), 0,88% de Fe₂O₃ (óxidos) y en menores cantidades (0,17%) óxidos de magnesio, sodio y potasio. Además de las pérdidas al fuego de 1,14.

8.11 COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS.

Hipótesis.

¿El análisis técnico del depósito de sílice en el sector de Saip permitirá el conocimiento de la calidad, cantidad y la definición de reservas?

Comprobación.

Al realizar los estudios de campo, de escritorio y laboratorio se pudo demostrar que en la zona de Saip existe un depósito con 1.137'114.056 toneladas de reservas probables y una parte de este depósito posee 35'558.782 toneladas de reservas probadas con una pureza del sílice de 92,27%, el mismo que mediante un proceso de tratamiento se podría aumentar para que sea industrialmente aceptable (99.9% de pureza).

CAPÍTULO IX

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

9.1 CONCLUSIONES.

- Al levantar la línea base se obtuvo información sobre los afloramientos, cobertura vegetal, población, usos del suelo y vías de acceso. Actividad que nos ayudó a familiarizarnos con la zona de estudio, previo al inicio de nuestras actividades.
- Se obtuvo la información en los planos X (Este), Y (Norte) y Z (Altura) utilizando un GPS modelo 65sc Garmin configurado en el sistema de coordenadas UTM PSAD 56, información que nos sirvió para dibujar curvas de nivel cada 3 metros de distancia y posteriormente modelar la zona de estudio.
- Se realizó un muestreo mediante labores geológicas de las cuales se obtuvo como resultado: 12 muestras en pozos exploratorios y un mapeo estructural en un afloramiento.
- Una muestra representativa se envió a los laboratorios de la Universidad de Cuenca para que se realicen los ensayos físicos (análisis granulométrico, peso específico y absorción (arena), y peso volumétrico de la arena) y químicos (fusión con hidróxidos, extracción ácida y espectroscopia de absorción atómica) obteniéndose como resultado que: Las propiedades físicas que el mineral posee son: Un diámetro efectivo de 0,12 mm., un coeficiente de uniformidad de 3,03 mm, un peso específico promedio cuando el mineral está seco de 2,62 g/cm³., el porcentaje de absorción de agua es de 0,46% y un peso volumétrico promedio de 1.405 Kg/m³. Las propiedades químicas que el mineral posee son: El 92,27% de la muestra es SiO₂ (Cuarzo), 4,12% de Al₂O₃ (Arcillas), 0,88% de Fe₂O₃ (óxidos) y en menores cantidades (0,17%) óxidos de magnesio, sodio y potasio. Además de las pérdidas al fuego de 1,14.
- Luego de realizar las labores exploratorias y un análisis del mineral se pudo calcular 1.137'114.056 toneladas de reservas probables de mineral sílice en todo el yacimiento y se delimitó un sector específico de interés que abarca un área de 67,6 ha., en el cual se calculó reservas probadas de 35'558.782 toneladas de mineral sílice.

- Analizando las características topográficas y geomorfológicas del sector de estudio, se determinó que el yacimiento debe ser explotado a cielo abierto, debido a que es un yacimiento de tipo masivo, con sobrecarga muy escasa (de 0,40 a 3 m.). La explotación del yacimiento se debe realizar por bancos descendentes, con la siguientes características: La cantera tiene una profundidad de 81 m., por lo que los bancos deben tener una altura de 9 m., lo que equivale a 10 bancos aproximadamente, con un ancho de tajo de 14 m.; ángulo de cara del banco de 70°; bermas de 8,1 m. como ancho mínimo y 0,36 m. de altura; las pistas (vías) y rampas con pendiente de 8% y un ancho de pista de 14 m.

- Una vez realizado un análisis del proceso de tratamiento del mineral se concluye que: La materia prima en stock debe pasar a la etapa de chancado con el fin de reducir su tamaño, posterior a esta etapa el material pasa a ser lavado en un trommel; adicionando la cantidad adecuada de agua, pasa a la etapa de secado y finalmente estoqueamos el mineral.

- Realizado los estudios técnicos y de cálculos del depósito de sílice en la zona de Saip, se puede decir que la extracción del mineral es factible debido a que: Se ha delimitado una zona de interés que cubre un área de 67,6 ha. y cuenta con reservas probadas de 35'558.782 toneladas de mineral, material más que suficiente y necesario para trabajar durante 149,05 años explotando 563,30 toneladas diarias. Además posee dos vías de acceso (de primer y segundo orden en algunos tramos), se tiene una buena uniformidad granulométrica (diámetro efectivo 0,12 mm), la concentración de sílice del 92,27%, la potencia del yacimiento es de 81 metros aproximadamente, existen vertientes de agua que pueden ser utilizadas en una planta de tratamiento en caso de realizarse la extracción del mineral, la capa de sobrecarga es casi nula (de 0,40 a 3,00 m aproximadamente), la topografía del lugar permite el banqueo por varios frentes, cuenta con un área plana donde se puede instalar la planta de tratamiento y escombrera, y las personas del sector desean aprovechar de este depósito mineral.

9.2 RECOMENDACIONES.

- La malla usada en esta investigación debe ser mejorada de acuerdo a la fisiografía del sector para obtener mejores resultados, por lo que se recomienda sectorizar el área de trabajo y realizar un nuevo estudio a menor escala.
- Durante la etapa de exploración no se logró llegar al basamento sobre el que está depositado las arenas de sílice, por lo que recomendamos realizar sondeos que logren cumplir dicho objetivo.
- Desarrollar trabajos técnicos de exploración avanzada que nos permitan obtener mayor información respecto a las reservas del depósito de sílice y en base a estos diseñar un proyecto minero-productivo rentable para pequeña minería.
- Para toda actividad geológica-minera es indispensable llevar a cabo una etapa de socialización con el objetivo de evitar conflictos sociales.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Abarca, P. (2005). *Sucúa, una nueva alternativa para el desarrollo agro-turístico en la región amazónica ecuatoriana*. Recuperado el 18 de junio de 2016, de http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/1762/1/27200_1.pdf
- Baby, P., Rivadeneira, M., & Barragan, R. (2004). *Cuenca Oriente: geología y petróleo* (1a octubre 2004 ed.). Quito - Ecuador: Institut de Recherche pour le Développement (IRD). Recuperado el 22 de enero de 2016, de http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/doc34-08/010036207.pdf
- Baldock, J. W. (1982). *Boletín de la Explicación del Mapa Geológico de la República del Ecuador Escala 1:1000000*. Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos, División general de Geología y Minas. Quito.
- Bustillo, M., & López, C. (1997). *Manual de Evaluación y Diseño de Explotaciones Mineras*. Madrid: Gráficas Arias Montano.
- Caterpillar. (2008). *Retroexcavadoras Cargadoras 420E/420E IT*. Recuperado el 08 de diciembre de 2015, de http://www.jaaps.eu/images//cat/420e/09-2008_es.pdf
- Caterpillar. (2013). *Excavadora Hidráulica 340D L serie 2*. Recuperado el 14 de junio de 2016, de <http://s7d2.scene7.com/is/content/Caterpillar/C10579488>
- Díaz, V. (2009). *Metodología de la investigación científica y bioestadística: para médicos, odontólogos y estudiantes de ciencias de la salud*. Recuperado el 27 de abril de 2016, de Metodología de la investigación científica: <https://books.google.com.ec/books?id=ZPVtPpdFdGMC&pg=PA182&dq=conceptos+de+investigacion+de+correlacion&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiCxIGBkpnNAhUEKx4KHVsTC5cQ6AEIjAB#v=onepage&q=conceptos%20de%20investigacion%20de%20correlacion&f=false>
- Escobar, G., & Ramírez, E. (2003). *Marco conceptual para la elaboración de un instrumento de Línea de Base de acceso a recursos naturales de poblaciones rurales*. RIMISP/FOS. Recuperado el 28 de febrero de 2016, de <http://www.rimisp.org/wp-content/uploads/2013/11/0241-000877-marcoconceptual.pdf>
- Gobierno Municipal del Cantón Sucúa. (2014). *Plan de desarrollo y ordenamiento Territorial Sucúa*. Recuperado el 19 de noviembre de 2015, de <http://app.sni.gob.ec/visorseguimiento/DescargaGAD/data/sigadplusdiagnostico/14>

60000880001_Diagnostico_Componentes_PDyOT_Sucua_2015_10-03-2015_10-38-29.pdf

Grupo Antofagasta Minerals. (2012). *Etapas del proceso productivo de una mina*. Recuperado el 23 de marzo de 2016, de <http://www.sonami.cl/files/presentaciones/519/01.-%20Etapas%20del%20Proceso%20Productivo%20de%20una%20Mina.pdf>

Gutiérrez, J. (junio de 2004). *Guía teórica de geomorfología*. Recuperado el 25 de junio de 2016, de <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/jgutie/materias/Geomorfologia/Geomorfolog%EDaGu%EDa.pdf>

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (Diciembre de 2010). *Norma Técnica Ecuatoriana 2 566:2010*. Recuperado el 12 de julio de 2016, de Áridos, reducción de muestras a tamaño de ensayo: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2566.2010.pdf>

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología de la República del Ecuador. (2012). *Anuario meteorológico Nro. 52-2012*. Recuperado el 18 de enero de 2016, de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202012.pdf>

Instituto Tecnológico GeoMinero de España. (1997). *Manual de evaluación técnico-económica de proyectos mineros de inversión*. (IGME, Ed.) Recuperado el 03 de febrero de 2016, de http://info.igme.es/SidPDF%5C067000%5C513%5C67513_0001.pdf

John Deere. (2016). *Camiones y volquetes articulados serie D II*. Recuperado el 23 de mayo de 2016, de https://www.deere.com/en_US/docs/construction/articulated_dump_trucks/DKADADTIIES.pdf

Nekane, B., & Vergara, A. (2002). *Diseños de investigación experimental en psicología: modelos y análisis de datos mediante el SPSS 10.0*. Recuperado el 14 de abril de 2016, de <https://books.google.com.ec/books?id=F6g6mEqC8CIC&pg=PA8&dq=conceptos+de+investigacion+experimental+o+de+laboratorio&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiBzOX2iJnNAhUHgx4KHZbkA1oQ6AEIHDA#v=onepage&q=conceptos%20de%20investigacion%20experimental%20o%20de%20laboratorio&>

- Rascón, A. (2007). *Metodología para la elaboración de la línea base y para la implementación del monitoreo biofísico y socioambiental de la cogestión de cuencas en América Central*. Recuperado el 17 de enero de 2016, de <http://unciencia.ambientalex.info/infoCT/Metelalinbasimpmonbiosoccogcueamece ncr.pdf>
- Rivero, D. S. (2008). *Metodología de la investigación*. Recuperado el 05 de mayo de 2016, de <http://rdigital.unicv.edu.cv/bitstream/123456789/106/3/Libro%20metodologia%20i nvestigacion%20este.pdf>
- Rodriguez, E. (24 de Diciembre de 2015). *Descubrir Compartir Presente*. Recuperado el 02 de enero de 2016, de <http://www.docfoc.com/metodo-de-perfiles>
- Sapag, N. (2007). *Proyectos de Inversión Formulación y Evaluación*. (M. Castillo, Ed.) México: Pearson Educación de México S.A. de C.V.,. Recuperado el 20 de mayo de 2016, de <https://books.google.com.ec/books?id=pIS1QnFYt5IC&pg=PT28&dq=prefactibilidad ad+y+factibilidad&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjL3sOpsuLNAhVGIB4KHSWIA OgQ6AEIGjAA#v=onepage&q=prefactibilidad%20y%20factibilidad&f=false>
- Servicio Nacional de Aprendizaje SENA Centro Nacional Minero. (2002). *Infraestructura minera a cielo abierto*. Recuperado el 08 de marzo de 2016, de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/infraestructura%20y%20servicios%20a%20la %20mina.%20pdf.pdf>
- Shanghái Zenith Company. (2016). *Molino de bolas*. Recuperado el 07 de abril de 2016, de http://equitec.com.co/files/maquinaria/molinos_de_bolas.pdf
- Sosa, G., Kashpar, L., & Dolgushin, V. (2015). *Tecnología de la explotación de minerales*. Recuperado el 29 de diciembre de 2016, de [Explotación de yacimientos: http://www.pcinteligencia.com/cigmipa/images/metodologiacieloabierto.pdf](http://www.pcinteligencia.com/cigmipa/images/metodologiacieloabierto.pdf)
- Triman Minerals. (1985). *Tromel de Lavado Trimán*. Recuperado el 10 de marzo de 2016, de <http://toyama-maquinaria.com/cms/upload/plantilla/pdf/triman/Maquinasdelavado/TROMEL%20 DE%20LAVADO%20TLT.pdf>
- Tupack, O. (junio de 2010). *Criterios mínimos para el Trabajo geológico de campo*. Recuperado el 07 de abril de 2016, de <http://www.monografias.com/trabajos->

pdf4/criterios-minimos-trabajo-geologico-campo/criterios-minimos-trabajo-geologico-campo.pdf

Unión Cementera Nacional. (2016). *Secador G204*. Recuperado el 21 de enero de 2016, de <http://www.industriaguapan.com.ec/noticia/proyecto-secador-de-puzolana-inicia-operacion/5>

11. RESUMEN

La presente investigación propone: determinar la factibilidad técnica mediante la ejecución de exploración e identificación de reservas y proponer en función de las características del depósito un diseño de explotación; ubicado en la provincia de Morona Santiago, cantón Sucúa, comunidad de Saip. Se empleó investigación científica, a través de técnicas como investigación documental, de campo, experimental, descriptiva y de correlación. Los parámetros a considerar para la línea base fueron los afloramientos, la cobertura vegetal, la población, el uso del suelo y vías de acceso. De la etapa de exploración se obtuvieron doce muestras que fueron sometidas a un proceso de cuarteo, obteniendo dos muestras de 500 gr., para ser enviadas a realizar pruebas físicas y químicas en laboratorio. Con la información topográfica, geológica y los trabajos de exploración se determinó que el yacimiento es de tipo masivo. Dentro de toda la zona de estudio existe un sitio de interés de 67,6 ha., con reservas probadas de mineral equivalentes a 35'558.782 toneladas, posee vías de acceso de primer y segundo orden, el diámetro efectivo del mineral es de 0,12 mm., con una concentración de 92,27%, la potencia del yacimiento es de 80 metros con una capa de sobrecarga que varía de 0,40 a 3 metros aproximadamente, posee vertientes de agua, la topografía permite el banqueo por varios frentes y la instalación de una planta de tratamiento y escombrera. El sistema de explotación que se ha considerado es a cielo abierto por bancos descendentes.

Palabras clave: Sílice, bancos descendentes, exploración minera, explotación minera.

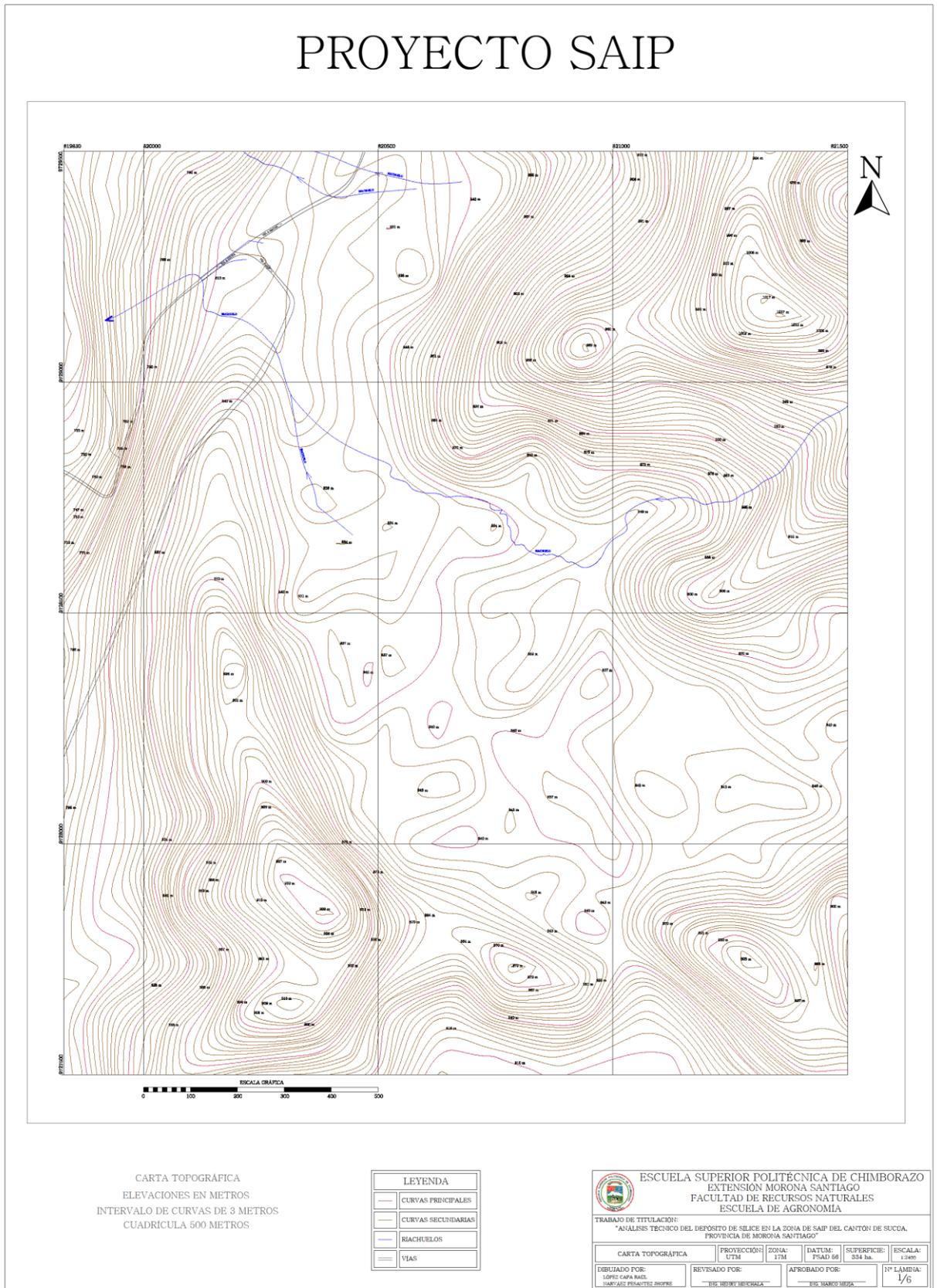
12. ABSTRACT

The purpose of the present research is to determine the technical feasibility by performing exploration and identification of mineral reserves. It proposes an exploitation design taking into account the characteristics of the land located in the province of Morona Santiago, Sucúa County, Comunidad Saip. It applied scientific research through techniques such as: documentary research, field, experimental, descriptive and correlation research. At a time the parameters considered as axis of the present work were outcrops, vegetation cover, population, land use and access roads. Within the exploration stage obtained twelve samples that were subjected to a process of quartering, obtaining two samples of 500 gr to be analyzed through physical and chemical tests. With topographical, geological information and exploration work determined that the field is of massive type, besides in the study area exist a site of interest with 67.6 ha of proven mineral reserves equivalent to 35'558.782 tons, with first and second order access roads. The effective diameter of the mineral is 0, 12 mm. with a concentration of 92.27% and the power field has 80 meters with a layer from 0.40 to 3 meters approximately. The field contains water springs, and its topography allows operates on several fronts, also the installation of a treatment plant and waste dump. The mining system has been considered as outdoor work through "bancos descendentes".

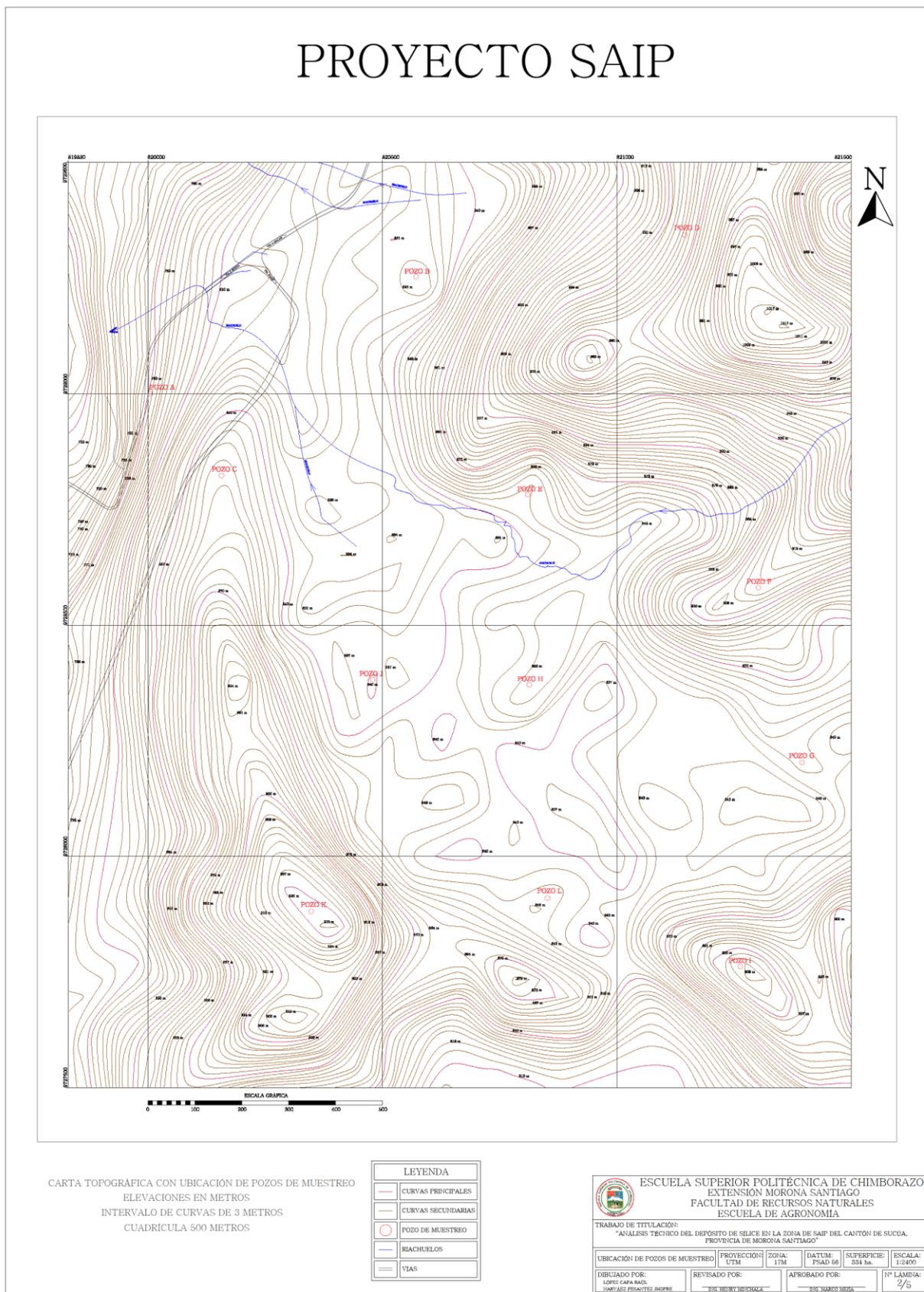
Keywords: Silica, "bancos descendentes", mining exploration, mining activity.

13. ANEXOS

A. MAPA TOPOGRÁFICO DEL AREA DE ESTUDIO.



B. MAPA DE UBICACIÓN DE POZOS DE MUESTREO.



C. REGISTROS GEOLÓGICOS DE LOS POZOS DE EXPLORACIÓN.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

EXTENSIÓN MORONA SANTIAGO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

“ANÁLISIS TÉCNICO DEL DEPÓSITO DE SÍLICE EN LA ZONA DE SAIP DEL
CANTÓN SUCÚA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO”

REGISTRO GEOLÓGICO DE POZOS EXPLORATORIOS

REGISTRADO POR:	López R., Narváez J.	ALTURA:	782 msnm
FECHA:	18-01-2016	COORDENADAS	
UBICACIÓN:	Sucúa	ESTE	NORTE
ÁREA:	Saip	820005	9729000
CÓDIGO DEL POZO:	A		
DIMENSIONES	LARGO (m)	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)
	1,50	0,90	2,00
PERFIL DEL POZO		DESCRIPCIÓN	
		CAPA 1: Suelo vegetal de color café claro, arenoso, con una potencia de 0,10m.	
		CAPA 2: Arenisca de color crema con intercalaciones de color violeta y óxidos, con una potencia de 0,40m.	
		CAPA 3: Limo grisáceo con color violeta, con una potencia de 0,10m.	
		CAPA 4: Arenisca de color grisácea, con una potencia de 0,70m.	
		CAPA 5: Arcillas de color violeta, blanco y gris, con una potencia de 0,10m.	
		CAPA 6: Arenisca de color crema con intercalaciones de color violeta y óxidos, con una potencia de 0,60m.	
		OBSERVACIONES	
		La capa 6 continúa en profundidad. La muestra se toma del fondo del pozo.	
		MUESTRA	



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

EXTENSIÓN MORONA SANTIAGO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

“ANÁLISIS TÉCNICO DEL DEPÓSITO DE SÍLICE EN LA ZONA DE SAIP DEL
CANTÓN SUCÚA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO”

REGISTRO GEOLÓGICO DE POZOS EXPLORATORIOS

REGISTRADO POR:	López R., Narváez J.	ALTURA:	828 msnm
FECHA:	20-01-2016	COORDENADAS	
UBICACIÓN:	Sucúa	ESTE	NORTE
ÁREA:	Saip	820572	9729253
CÓDIGO DEL POZO:	B		
DIMENSIONES	LARGO (m)	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)
	1,50	0,90	2,55
PERFIL DEL POZO		DESCRIPCIÓN	
		<p>CAPA 1: Capa vegetal color café oscuro con fragmentos de rocas semi redondeadas de 1 a 3 cm representando un 5% del total de la capa, con una potencia de 0,45m.</p>	
		<p>CAPA 2: Material limo arenoso color café claro con fragmentos de roca semi redondeadas menores a 1cm representando un 10% del total de la capa, con una potencia de 0,30m.</p>	
		<p>CAPA 3: Material limo arcilloso con una coloración que varía de café claro a oscuro y rojizo, presenta fragmentos de rocas semi redondeadas que varían de 1 a 4 cm que representan el 20% de la capa, con una potencia de 0,75m.</p>	
		<p>CAPA 4: Esta capa presenta fragmentos de rocas semi redondeadas que varían de 20 a 35 cm, representan el 70% de la capa; siendo el 30% material arcilla limosa de coloración blanca y rojiza, con una potencia de 0,95m.</p>	
		<p>CAPA 5: Base del pozo, arenisca con presencia de limo color gris, con una potencia de 0,10m.</p>	
		<p>CAPA 6:</p>	
OBSERVACIONES			
Se suspende la excavación por el alto nivel freático. La muestra se toma del fondo del pozo.			
MUESTRA			



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

EXTENSIÓN MORONA SANTIAGO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

“ANÁLISIS TÉCNICO DEL DEPÓSITO DE SÍLICE EN LA ZONA DE SAIP DEL
CANTÓN SUCÚA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO”

REGISTRO GEOLÓGICO DE POZOS EXPLORATORIOS

REGISTRADO POR:	López R., Narváez J.	ALTURA:	938 msnm
FECHA:	22-01-2016	COORDENADAS	
UBICACIÓN:	Sucúa	ESTE	NORTE
ÁREA:	Saip	820157	9728823
CÓDIGO DEL POZO:	C		
DIMENSIONES	LARGO (m)	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)
	1,50	0,90	2,00
PERFIL DEL POZO		DESCRIPCIÓN	
		CAPA 1: Capa vegetal, con una potencia de 0,20m.	
		CAPA 2: Arenisca con óxidos, con una potencia de 0,40m.	
		CAPA 3: Arenisca de color blanco con presencia de óxidos y arcillas, con una potencia de 1,20m.	
		CAPA 4:	
		CAPA 5:	
		CAPA 6:	
		OBSERVACIONES	
		La capa 3 continúa en profundidad.	
		MUESTRA	



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

EXTENSIÓN MORONA SANTIAGO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

“ANÁLISIS TÉCNICO DEL DEPÓSITO DE SÍLICE EN LA ZONA DE SAIP DEL
CANTÓN SUCÚA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO”

REGISTRO GEOLÓGICO DE POZOS EXPLORATORIOS

REGISTRADO POR:	López R., Narváez J.	ALTURA:	950 msnm
FECHA:	24-01-2016	COORDENADAS	
UBICACIÓN:	Sucúa	ESTE	NORTE
ÁREA:	Saip	821145	9729343
CÓDIGO DEL POZO:	D		
DIMENSIONES	LARGO (m)	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)
	1,50	0,90	2,00
PERFIL DEL POZO		DESCRIPCIÓN	
		CAPA 1: Capa vegetal, con una potencia de 0,30m.	
		CAPA 2: Arenisca de color café oscuro con presencia de arcillas color blanco, con una potencia de 0,20m.	
		CAPA 3: Arenisca de color café claro, con una potencia de 0,70m.	
		CAPA 4: Areniscas de color violeta, con una potencia de 0,80m.	
		CAPA 5:	
		CAPA 6:	
		OBSERVACIONES	
		La capa 4 continúa en profundidad.	
		MUESTRA	



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

EXTENSIÓN MORONA SANTIAGO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

“ANÁLISIS TÉCNICO DEL DEPÓSITO DE SÍLICE EN LA ZONA DE SAIP DEL
CANTÓN SUCÚA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO”

REGISTRO GEOLÓGICO DE POZOS EXPLORATORIOS

REGISTRADO POR:	López R., Narváez J.	ALTURA:	845 msnm
FECHA:	26-01-2016	COORDENADAS	
UBICACIÓN:	Sucúa	ESTE	NORTE
ÁREA:	Saip	820810	9728782
CÓDIGO DEL POZO:	E		
DIMENSIONES	LARGO (m)	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)
	1,50	0,90	2,00
PERFIL DEL POZO		DESCRIPCIÓN	
		CAPA 1: Capa vegetal, con una potencia de 0,50m.	
		CAPA 2: Material limo arenoso color café claro con fragmentos de roca semi redondeadas menores a 1cm representando un 10% del total de la capa, con una potencia de 0,25m.	
		CAPA 3: Material limo arcilloso con una coloración que varía de café claro a oscuro, presenta fragmentos de rocas semi redondeadas que varían de 1 a 4 cm representando el 40% de la capa, con una potencia de 0,55m.	
		CAPA 4: Esta capa presenta fragmentos de rocas semi redondeadas que varían de 20 a 35 cm, representan el 70% de la capa; siendo el 30% material arcilla limosa de coloración blanca y rojiza, con una potencia de 1,40m.	
		CAPA 5: Base del pozo, arenisca con presencia de óxidos y limo color gris saturado de agua, con una potencia de 0,10m	
		CAPA 6:	
OBSERVACIONES			
La excavación se suspende por el alto nivel freático. La muestra se toma del fondo del pozo.			
MUESTRA			



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

EXTENSIÓN MORONA SANTIAGO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

“ANÁLISIS TÉCNICO DEL DEPÓSITO DE SÍLICE EN LA ZONA DE SAIP DEL
CANTÓN SUCÚA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO”

REGISTRO GEOLÓGICO DE POZOS EXPLORATORIOS

REGISTRADO POR:	López R., Narváez J.	ALTURA:	911 msnm
FECHA:	28-01-2016	COORDENADAS	
UBICACIÓN:	Sucúa	ESTE	ESTE
ÁREA:	Saip	821302	9728581
CÓDIGO DEL POZO:	F		
DIMENSIONES	LARGO (m)	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)
	1,50	0,90	2,75
PERFIL DEL POZO		DESCRIPCIÓN	
		CAPA 1: Capa vegetal, con una potencia de 0,20m.	
		CAPA 2: Material limo arcilloso con una coloración rojiza, con una potencia de 0,95m.	
		CAPA 3: Arcilla limosa que varía de coloración rojiza a violeta y amarilla con una potencia de 0,15m.	
		CAPA 4: Arena limosa de coloración que varía entre amarilla y rojiza, con una potencia de 0,70m.	
		CAPA 5: Areniscas con óxidos, con una potencia de 0,75m.	
		CAPA 6:	
		OBSERVACIONES	
		La capa 5 continúa en profundidad.	
		MUESTRA	



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

EXTENSIÓN MORONA SANTIAGO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

“ANÁLISIS TÉCNICO DEL DEPÓSITO DE SÍLICE EN LA ZONA DE SAIP DEL
CANTÓN SUCÚA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO”

REGISTRO GEOLÓGICO DE POZOS EXPLORATORIOS

REGISTRADO POR:	López R., Narváez J.	ALTURA:	953 msnm
FECHA:	30-01-2016	COORDENADAS	
UBICACIÓN:	Sucúa	ESTE	NORTE
ÁREA:	Saip	821395	9728203
CÓDIGO DEL POZO:	G		
DIMENSIONES	LARGO (m)	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)
	1,50	0,90	2,97
PERFIL DEL POZO		DESCRIPCIÓN	
		CAPA 1: Capa vegetal, con una potencia de 0,60m.	
		CAPA 2: Material limo arenoso color café claro con fragmentos de roca semi redondeadas menores a 1cm representando un 5% del total de la capa, con una potencia de 0,30m.	
		CAPA 3: Material limo arcilloso con una coloración que varía de café claro a oscuro, presenta fragmentos de rocas semi redondeadas que varían de 1 a 6 cm representando el 50% de la capa, con una potencia de 0,60m.	
		CAPA 4: Esta capa presenta fragmentos de rocas semi redondeadas que varían de 15 a 20 cm, representan el 70% de la capa; siendo el 30% material arcilla limosa de coloración blanca y rojiza, con una potencia de 1,37m.	
		CAPA 5: Base del pozo, arenisca con presencia de óxidos y limo color gris saturado de agua, con una potencia de 0,10m.	
		CAPA 6:	
OBSERVACIONES			
La excavación se suspende por el alto nivel freático.			
MUESTRA			



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

EXTENSIÓN MORONA SANTIAGO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

“EXPLORACIÓN INICIAL, DISEÑO DE EXPLOTACIÓN Y USO DEL SÍLICE EN LA ZONA
DE SAIP DEL CANTÓN SUCÚA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO”

REGISTRO GEOLÓGICO DE POZOS EXPLORATORIOS

REGISTRADO POR:	López R., Narváez J.	ALTURA:	853 msnm
FECHA:	05-02-2016	COORDENADAS	
UBICACIÓN:	Sucúa	ESTE	NORTE
ÁREA:	Saip	820813	9728371
CÓDIGO DEL POZO:	H		
DIMENSIONES	LARGO (m)	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)
	1,50	0,90	3,00
PERFIL DEL POZO		DESCRIPCIÓN	
		CAPA 1: Capa vegetal, con una potencia de 0,40m.	
		CAPA 2: Material limo arcilloso con una coloración rojiza, con una potencia de 0,80m.	
		CAPA 3: Areniscas con óxidos y presencia de limo, con una potencia de 0,60m.	
		CAPA 4: Arenisca con arcillas color crema, con una potencia de 1,20m.	
		CAPA 5:	
		CAPA 6:	
		OBSERVACIONES	
		La capa 4 continúa en profundidad.	
		MUESTRA	



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

EXTENSIÓN MORONA SANTIAGO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

“ANÁLISIS TÉCNICO DEL DEPÓSITO DE SÍLICE EN LA ZONA DE SAIP DEL
CANTÓN SUCÚA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO”

REGISTRO GEOLÓGICO DE POZOS EXPLORATORIOS

REGISTRADO POR:	López R., Narváez J.	ALTURA:	908 msnm
FECHA:	08-02-2016	COORDENADAS	
UBICACIÓN:	Sucúa	ESTE	NORTE
ÁREA:	Saip	821263	9727762
CÓDIGO DEL POZO:	I		
DIMENSIONES	LARGO (m)	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)
	1,50	0,90	1,20
PERFIL DEL POZO		DESCRIPCIÓN	
		CAPA 1: Capa vegetal, con una potencia de 0,30m.	
		CAPA 2: Material arenoso con presencia de óxidos amarillos y violetas, con una potencia de 0,40m.	
		CAPA 3: Arenisca con presencia de óxidos, con una potencia de 0,50m.	
		CAPA 4:	
		CAPA 5:	
		CAPA 6:	
		OBSERVACIONES	
		La capa 3 continúa en profundidad.	
		MUESTRA	



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

EXTENSIÓN MORONA SANTIAGO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

“ANÁLISIS TÉCNICO DEL DEPÓSITO DE SÍLICE EN LA ZONA DE SAIP DEL
CANTÓN SUCÚA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO”

REGISTRO GEOLÓGICO DE POZOS EXPLORATORIOS

REGISTRADO POR:	López R., Narváez J.	ALTURA:	840 msnm
FECHA:	10-02-2016	COORDENADAS	
UBICACIÓN:	Sucúa	ESTE	NORTE
ÁREA:	Saip	820479	9728382
CÓDIGO DEL POZO:	J		
DIMENSIONES	LARGO (m)	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)
	1,50	0,90	3,60
PERFIL DEL POZO		DESCRIPCIÓN	
		<p>CAPA 1: Capa vegetal, con una potencia de 0,50m.</p>	
		<p>CAPA 2: Material limo arenoso color café claro con fragmentos de roca semi redondeadas menores a 1cm representando un 10% del total de la capa, con una potencia de 0,40m.</p>	
		<p>CAPA 3: Material limo arcilloso con una coloración que varía de café claro a oscuro, presenta fragmentos de rocas semi redondeadas que varían de 1 a 6 cm representando el 50% de la capa, con una potencia de 0,60m.</p>	
		<p>CAPA 4: Esta capa presenta fragmentos de rocas semi redondeadas que varían de 15 a 20 cm, representan el 70% de la capa; siendo el 30% material arcilla limosa de coloración blanca y rojiza, con una potencia de 2,00m.</p>	
		<p>CAPA 5: Base del pozo, arenisca con presencia de óxidos y arcilla saturada de agua, con una potencia de 0,10m.</p>	
		<p>CAPA 6:</p>	
OBSERVACIONES			
La excavación se suspende por el alto nivel freático.			
MUESTRA			



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

EXTENSIÓN MORONA SANTIAGO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

“ANÁLISIS TÉCNICO DEL DEPÓSITO DE SÍLICE EN LA ZONA DE SAIP DEL
CANTÓN SUCÚA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO”

REGISTRO GEOLÓGICO DE POZOS EXPLORATORIOS

REGISTRADO POR:	López R., Narváez J.	ALTURA:	932 msnm
FECHA:	12-02-2016	COORDENADAS	
UBICACIÓN:	Sucúa	ESTE	NORTE
ÁREA:	Saip	820348	9727881
CÓDIGO DEL POZO:	K		
DIMENSIONES	LARGO (m)	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)
	1,50	0,90	0,70
PERFIL DEL POZO		DESCRIPCIÓN	
		CAPA 1: Capa vegetal, con una potencia de 0,10m.	
		CAPA 2: Material arenoso color crema, con una potencia de 0,40m.	
		CAPA 3: Arenisca de color violeta, con una potencia de 0,20m.	
		CAPA 4:	
		CAPA 5:	
		CAPA 6:	
		OBSERVACIONES	
		La capa 3 continúa en profundidad.	
		MUESTRA	



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

EXTENSIÓN MORONA SANTIAGO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

“ANÁLISIS TÉCNICO DEL DEPÓSITO DE SÍLICE EN LA ZONA DE SAIP DEL
CANTÓN SUCÚA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO”

REGISTRO GEOLÓGICO DE POZOS EXPLORATORIOS

REGISTRADO POR:	López R., Narváez J.	ALTURA:	846 msnm
FECHA:	15-02-2016	COORDENADAS	
UBICACIÓN:	Sucúa	ESTE	NORTE
ÁREA:	Saip	820852	9727910
CÓDIGO DEL POZO:	L		
DIMENSIONES	LARGO (m)	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)
	1,50	0,90	2,60
PERFIL DEL POZO		DESCRIPCIÓN	
		CAPA 1: Capa vegetal, con una potencia de 0,40m.	
		CAPA 2: Material limo arenoso color café claro con fragmentos de roca semi redondeadas menores a 1cm representando un 15% del total de la capa, con una potencia de 1,20m.	
		CAPA 3: Esta capa presenta fragmentos de rocas semi redondeadas que varían de 18 a 30 cm, representan el 70% de la capa; siendo el 30% material arcilla limosa de coloración blanca y café, con una potencia de 0,90m.	
		CAPA 4: Base del pozo, arenisca de color blanquecina con presencia de óxidos, con una potencia de 0,10m.	
		CAPA 5:	
		CAPA 6:	
		OBSERVACIONES	
		La excavación se suspende por el alto nivel freático.	
		MUESTRA	



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

EXTENSIÓN MORONA SANTIAGO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

“ANÁLISIS TÉCNICO DEL DEPÓSITO DE SÍLICE EN LA ZONA DE SAIP DEL
CANTÓN SUCÚA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO”

REGISTRO GEOLÓGICO DE POZOS EXPLORATORIOS

REGISTRADO POR:	López R., Narváez J.	ALTURA:	846 msnm
FECHA:	17-02-2016	COORDENADAS	
UBICACIÓN:	Sucúa	ESTE	NORTE
ÁREA:	Saip	820852	9727910
CÓDIGO DEL AFLORAMIENTO:	M		
DIMENSIONES	LARGO (m)	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)
	--	0,90	50,50
PERFIL DEL AFLORAMIENTO			
DESCRIPCIÓN			
CAPA 1: Arenisca con estratificación cruzada, el color predominante es el blanco amarillento, no muy compacta, con una potencia de 18,00m.			
CAPA 2: Arenisca compacta, presenta oxidación predominante de color amarillento, con una potencia de 16,00m.			
CAPA 3: Arena arcillosa, presenta agrietamiento, su coloración varía entre: amarillo, violeta y gris, posee una potencia de 3,00m.			
CAPA 4: Arenisca compacta, con inter estratificación de lutitas de color negro y presencia de óxidos de color café y violeta, presenta un grado bajo de recristalización y además se puede apreciar pequeñas incrustaciones redondeadas de asfalto. Potencia 2,50m.			
CAPA 5: Arenisca tobacea brechoide con una coloración verdosa, posee fenocristales de color blanco y verde claro y una potencia de 11,00m.			
CAPA 6:			
OBSERVACIONES			
Los datos estructurales que se pudieron tomar son: Capa 5: Rumbo S16E, buzamiento 20NW, coordenadas 819954E; 9728766N. Capa 3: Rumbo S15E, buzamiento 19NW, coordenadas 819954E; 9728764N.			
MUESTRA			

D. ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS DE LA MUESTRA EN EL LABORATORIO.

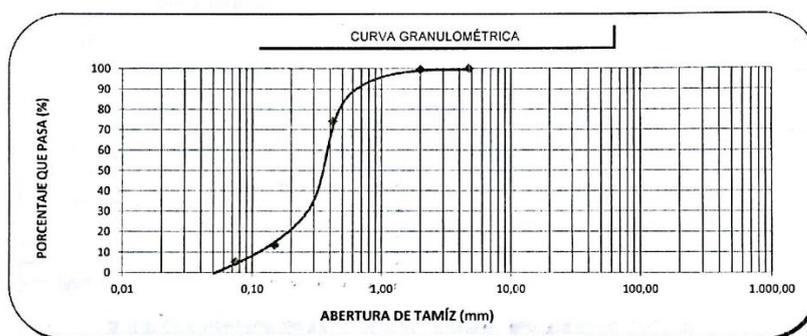


Fundada en 1867
UNIVERSIDAD DE CUENCA

LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ESTRUCTURAS FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext:2354

PROYECTO:	SAIP					
UBICACIÓN:	Sucua					
SOLICITADO POR:	Sr. Jhoñe Narváez					
DESCRIPCIÓN DE MUESTRA:	Muestra 1					
FECHA:	23/03/2016					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO						
TAMÍZ #.	ABERTURA mm.	PESO RETEN. g	P. RET. ACUM. g	% RETENIDO	% PASA	% ESPECIF.
N.4	4.75	0,00	0,00	0,00	100,00	
N.10	2,00	2,30	2,30	0,46	99,54	
N.40	0,42	127,47	129,77	25,95	74,05	
N.100	0,149	303,27	433,04	86,61	13,39	
N.200	0,074	40,66	473,70	94,74	5,26	
PASA #200		1,48				
TOTAL						

PESO ANTES ENSAYO = _____ g PESO ANTES LAVADO (seco) = 500,00 g
PESO DESPUÉS ENSAYO = _____ g PESO DESPUÉS LAVADO = 475,18 g



Datos de la Gráfica		
D10=	0,12	mm
D30=	0,22	mm
D60=	0,36	mm

Coefficiente de Uniformidad = $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$

Coefficiente de Curvatura = $C_c = \frac{D_{30}^2}{(D_{60} * D_{10})}$

RESULTADOS		
Diámetro Efectivo		
D 10=	0,12	mm
Coefficiente de Uniformidad		
Cu=	3,03	mm
Coefficiente de Curvatura		
Cc=	1,18	mm

Ing. Gerardo Arbito
Jefe Laboratorio de Geotécnica y Estructuras

Lab. Stalin Cabrera R.
Laboratorio de Geotécnica y Estructuras



Fundada en 1867
UNIVERSIDAD DE CUENCA

LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ESTRUCTURAS FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext:2354

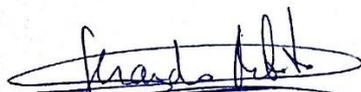
PROYECTO:	SAIP
UBICACIÓN:	Sucua
SOLICITADO POR:	Sr. Jhofre Narváez
PROCEDENCIA DEL MAT:	Muestra 1
FECHA:	23/03/2016
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	
<small>ASTM D-422-63</small>	

CÁLCULO DE LOS DATOS PARA LOS COEFICIENTES

CÁLCULO DEL DIÁMETRO EFECTIVO (D10) por medio de Interpolaciones							
Material que pasa (%)			Aertura del tamiz (mm)				
Porcentaje = 10%=	Y=	10	%	Diámetro Efectivo=D10	X=	0,12	mm
Porcentaje < 10%=	Y1=	5,26	%	Aertura tamiz < 10%=	X1=	0,074	mm
Porcentaje > 10%=	Y2=	13,39	%	Aertura tamiz > 10%=	X2=	0,149	mm

CÁLCULO DEL (D30) por medio de Interpolaciones							
Material que pasa (%)			Aertura del tamiz (mm)				
Porcentaje = 30%=	Y=	30	%	Cálculo del=D30	X=	0,22	mm
Porcentaje < 30%=	Y1=	13,39	%	Aertura tamiz < 30%=	X1=	0,149	mm
Porcentaje > 30%=	Y2=	74,05	%	Aertura tamiz > 30%=	X2=	0,42	mm

CÁLCULO DEL (D60) por medio de Interpolaciones							
Material que pasa (%)			Aertura del tamiz (mm)				
Porcentaje = 60%=	Y=	60	%	Cálculo del=D60	X=	0,36	mm
Porcentaje < 60%=	Y1=	13,39	%	Aertura tamiz < 60%=	X1=	0,149	mm
Porcentaje > 60%=	Y2=	74,05	%	Aertura tamiz > 60%=	X2=	0,42	mm


Ing. Gerardo Arbito
 Jefe Laboratorio de Geotécnia y Estructuras


Lab. Stalin Cabrera B.
 Laboratorio de Geotécnia y Estructuras



Fundada en 1867
UNIVERSIDAD DE CUENCA

LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ESTRUCTURAS FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext:2354

PROYECTO:	SAIP
UBICACIÓN:	Sucua
SOLICITADO POR:	Sr. Jhoñe Narváez
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	Muestra 1
FECHA:	23/03/2016
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN (ARENA)	
ASTM C127 C128	

EJECUCIÓN DEL ENSAYO				
Nomenclatura		Unidades		Valores
		#	1	2
f=	Matraz			
Wss=	Peso del Material Superficie Saturada Seca	g	285,47	
Wfsw=	Peso del Matraz + Agua + Material a 1°C	g	846,44	
T°C=	Temperatura a Grados Centígrados	°C	20	
Wfw=	Peso del Matraz + Agua a 1°C (curva de calibración)	g	669,29	
Ws=	Peso del Material Seco	g	284,16	
rw1=	Peso Especifico del agua	T°C	20	g/cm³
rw2=	Peso Especifico del agua	T°C		g/cm³
				1,00E+00

Datos del Ensayo

CALCULOS DE LAS MUESTRAS #: f1 y f2

$$\text{Peso Especifico Seco: } = \frac{W_s + \gamma_w}{W_{ss} + W_{fw} - W_{fsw}} = \frac{f1 \ 2,62 \ g/cm^3}{f2 \ g/cm^3} = 2,62 \ g/cm^3$$

$$\text{Peso Especifico Superficie Saturada Seca: } = \frac{W_s + \gamma_w}{W_{ss} + W_{fw} - W_{fsw}} = \frac{f1 \ 2,64 \ g/cm^3}{f2 \ g/cm^3} = 2,64 \ g/cm^3$$

$$\text{Peso Especifico Aparente: } = \frac{W_s + \gamma_w}{W_s + W_{fw} - W_{fsw}} = \frac{f1 \ 2,66 \ g/cm^3}{f2 \ g/cm^3} = 2,66 \ g/cm^3$$

$$\text{Porcentaje de Absorción de Agua: } = \frac{W_{ss} - W_s}{W_s} * 100 = \frac{f1 \ 0,46 \ g/cm^3}{f2 \ g/cm^3} = 0,46 \ %$$

RESULTADOS		
Promedio Peso Especifico Seco		
Ss=Gs=	2,62	g/cm³

Ing. Gerardo Arbito
Jefe Laboratorio de Geotécnia y Estructuras

Lab. Stalin Cabrera R.
Laboratorio de Geotécnia y Estructuras



Fundada en 1867

UNIVERSIDAD DE CUENCA

LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ESTRUCTURAS FACULTAD DE INGENIERÍA

laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec

Teléfono: 405-1000 Ext:2354

PROYECTO:	SAIP
UBICACIÓN:	Sucua
SOLICITADO POR:	Sr. Jhofre Narváez
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	Muestra 1
FECHA:	23/03/2016
PESO VOLUMÉTRICO DE LA ARENA	

Volumen del Molde (cm³) 1000

Peso del Molde (g) 592,00

DATOS DEL ENSAYO				
MÉTODO DE ENSAYO	PESO DEL MOLDE + LA MUESTRA	PESO DEL MATERIAL	PESO VOLUMÉTRICO	PROMEDIO PESO VOLUMÉTRICO
	g	g	Kg/m ³	Kg/m ³
SUELTO	1987,0	1395,0	1395	1405
	1996,0	1404,0	1404	
	2008,0	1416,0	1416	

Observaciones: _____


 Ing. Gerardo Arbito
 Jefe Laboratorio de Geotécnica y Estructuras


 Lab. Esteban Cabrera R.
 Laboratorio de Geotécnica y Estructuras

 CESEMIN Centro de Servicios y Análisis de Minerales Metálicos y No Metálicos UNIVERSIDAD DE CUENCA	REPORTE DE RESULTADOS ANÁLISIS	RMN-1035 Hoja 1 de 1
--	---	-------------------------

CLIENTE Jhofre Narváez

MUESTRAS: 1 MUESTRA

FECHA: 2016-03-07

ANÁLISIS QUÍMICO

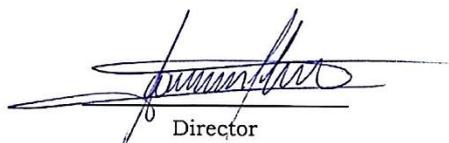
%ÓXIDO	Sílice Proyecto SAIP
SiO ₂	92,27
Al ₂ O ₃	4,12
Fe ₂ O ₃	0,88
CaO	ND.
MgO	0,01
Na ₂ O	0,11
K ₂ O	0,05
Pérdidas al Fuego	1,14

OBSERVACIONES:

- Método: Fusión con Hidróxidos.
Extracción Ácida
Espectroscopía de Absorción Atómica.
- El CESEMIN no realiza el muestreo, los análisis se efectúan sobre la muestra entregada por el Cliente. Los datos sobre la muestra, incluido el nombre, fueron proporcionados por el Cliente y son de su entera responsabilidad.
- ND: No detectado



Responsable análisis



Director

cc. archivo

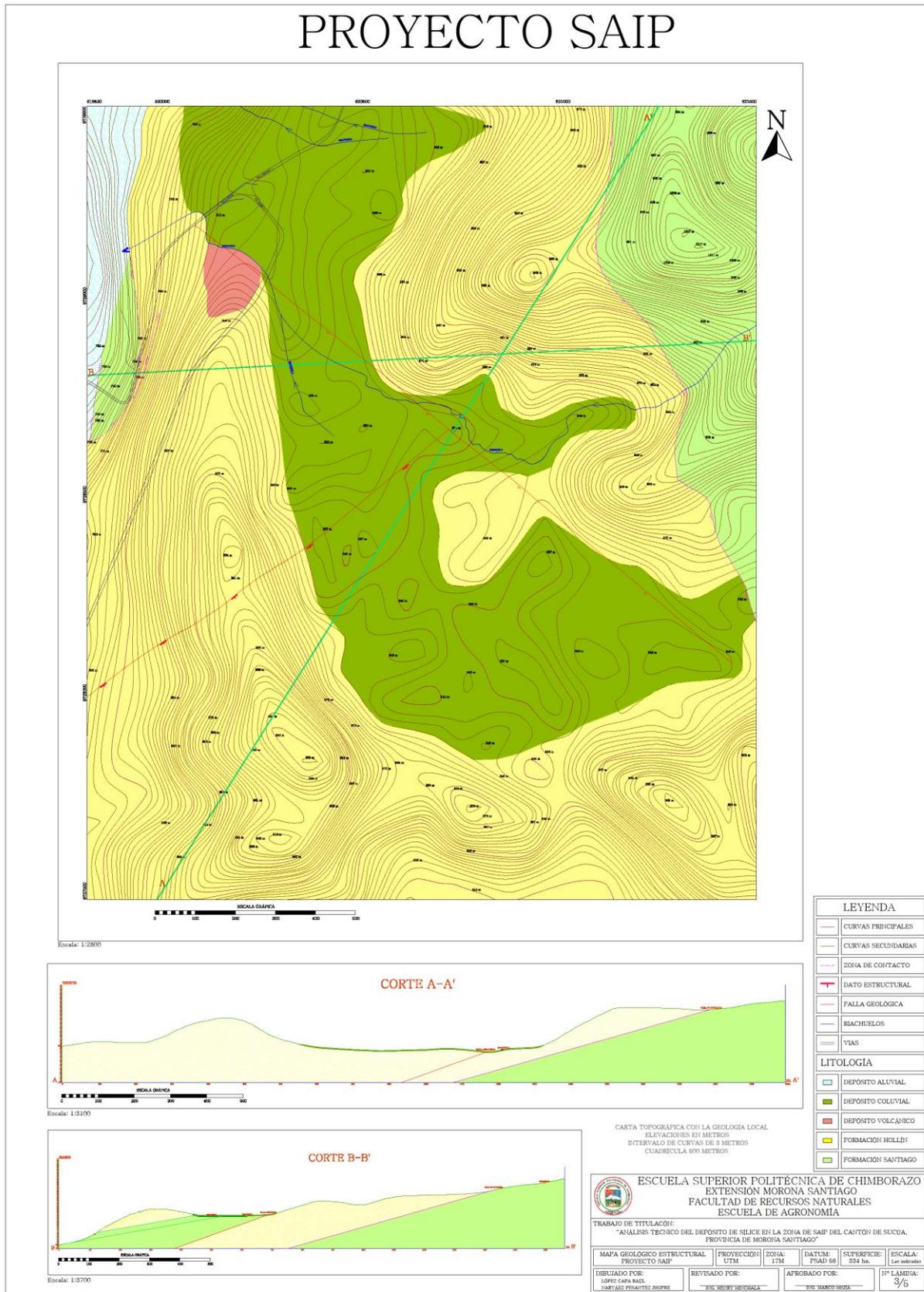
Notas: Este informe sólo afecta a los objetos sometidos a ensayo.
Este informe no deberá reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del CESEMIN.
El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo, los análisis se efectúan sobre la muestra entregada por el cliente.
Los datos sobre la muestra, incluido el nombre, son proporcionados por el Cliente y son de su entera responsabilidad.

FMC2302-02

Universidad de Cuenca, sector Balzafrn- Telefax: (07) 4089561 Email: cesemin@ucuenca.edu.ec
Cuenca - Ecuador
<http://rai.ucuenca.edu.ec/cesemin/>

E. MAPA GEOLÓGICO ESTRUCTURAL.

PROYECTO SAIP



LEYENDA	
	CURVAS PRINCIPALES
	CURVAS SECUNDARIAS
	ZONA DE CONTACTO
	DATO ESTRUCTURAL
	FALLA GEOLOGICA
	RIACHUELOS
	VIAS
LITOLOGIA	
	DEPOSITO ALUVIAL
	DEPOSITO COLUVIAL
	DEPOSITO VOLCANICO
	FORMACION HOLLEN'
	FORMACION SANTIAGO

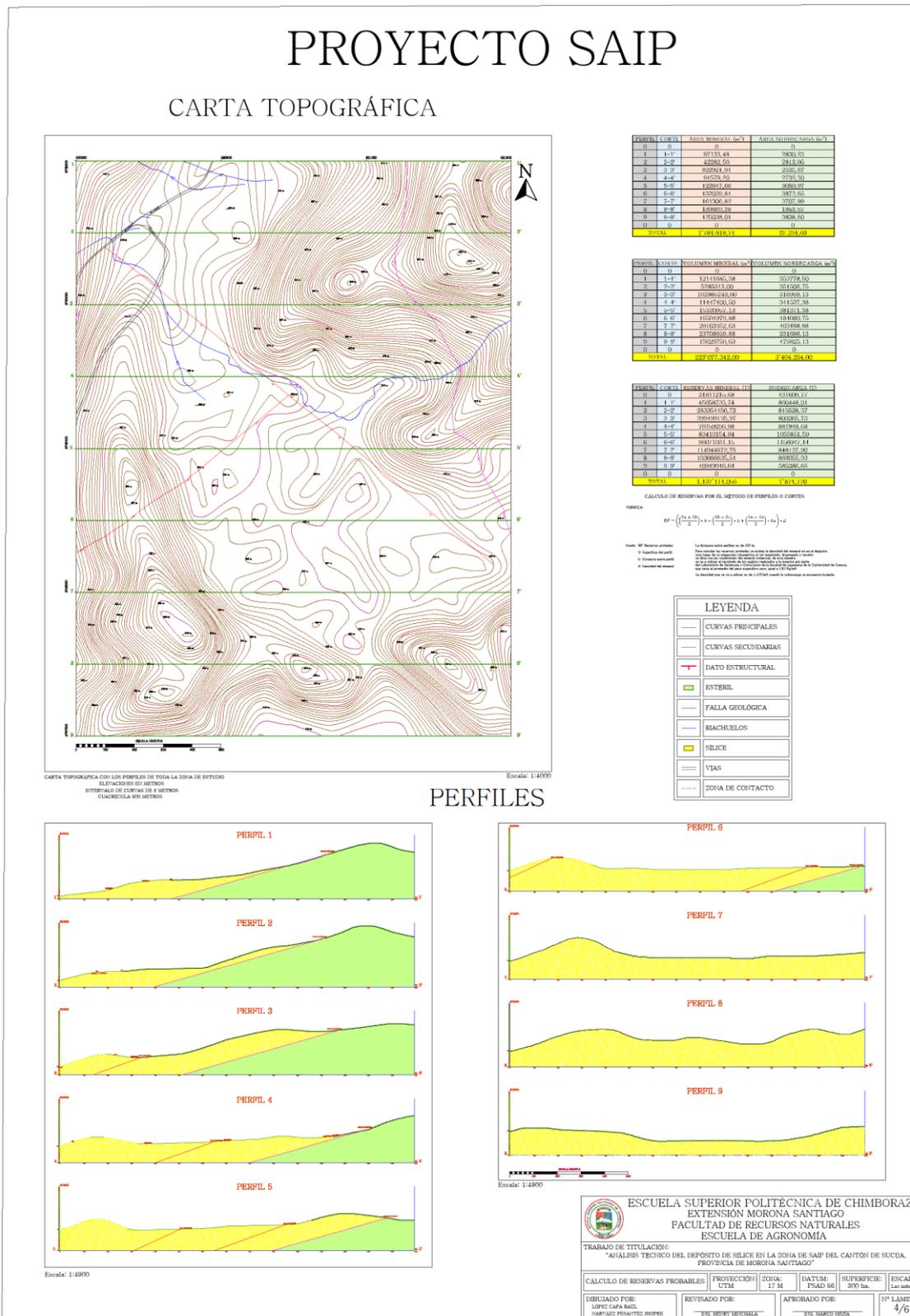
CARTA TOPOGRAFICA CON LA GEOLOGIA LOCAL
 ELEVACIONES EN METROS
 INTERVALO DE CURVAS DE 5 METROS
 CUADRICULA 500 METROS

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
 EXTENSION MORONA SANTIAGO
 FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
 ESCUELA DE AGRONOMIA

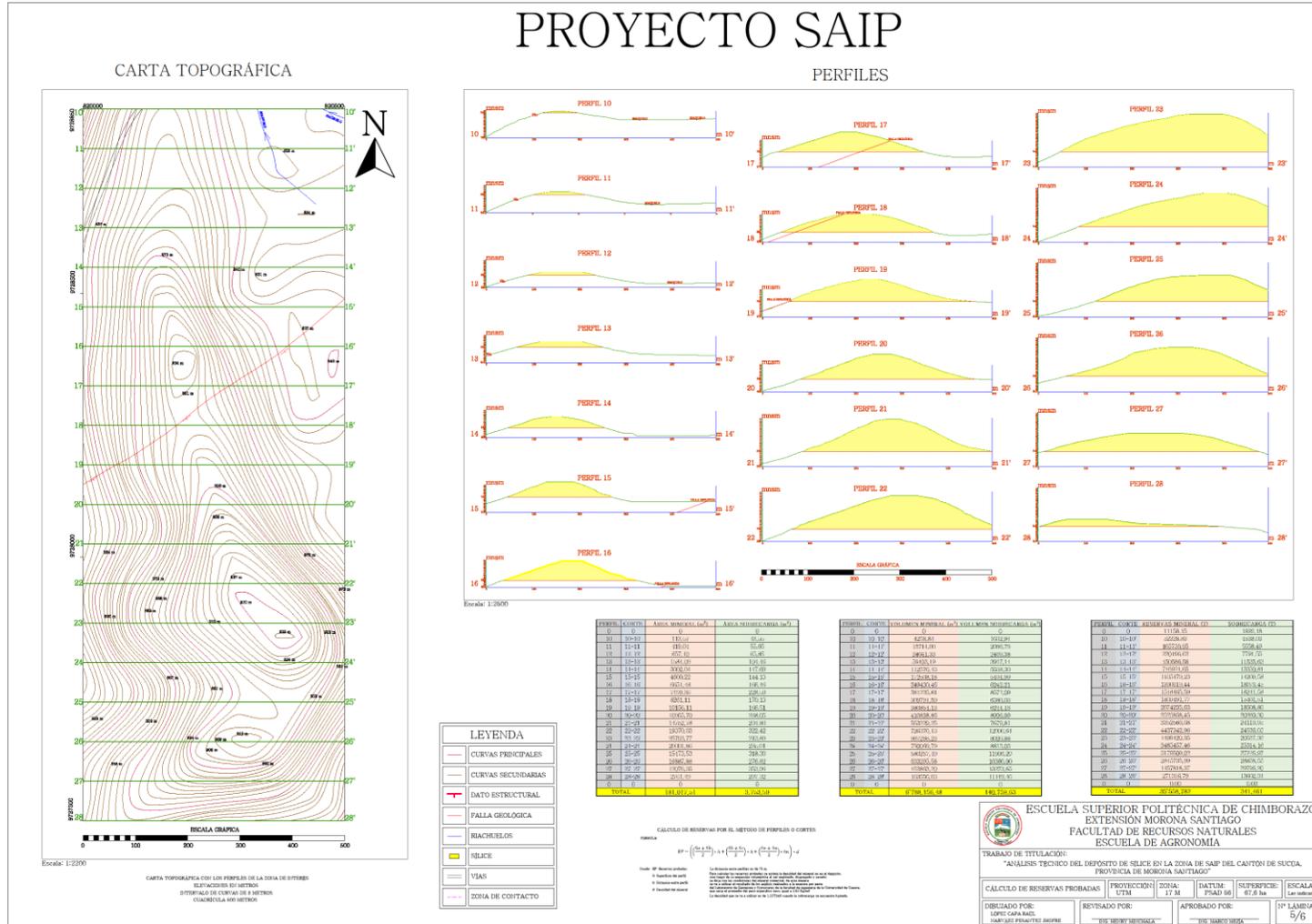
TRABAJO DE TITULACION:
 "ANÁLISIS TÉCNICO DEL DEPÓSITO DE SILICE EN LA ZONA DE SAIP DEL CANTÓN DE SUCCA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO"

MAPA GEOLOGICO ESTRUCTURAL PROYECTO SAIP	PROYECCION: UTM	ZONA: 17M	DATUM: PSAD 56	SUPERFICIE: 554 ha.	ESCALA: Los indicados
DIBUJADO POR: DIPRE CAPI MAEL SARVADE PERRUTTE PROPER	REVISADO POR: "DIP. NERUVY BERRIGALLA"	AFROBADO POR: "DIP. MARCO MORA"	N° LÁMINA: 3/5		

F. MAPA DE CÁLCULO DE RESERVAS PROBABLES.



G. MAPA DE CÁLCULO DE RESERVAS PROBADAS.



H. DISEÑO DE EXPLOTACIÓN.

PROYECTO SAIP

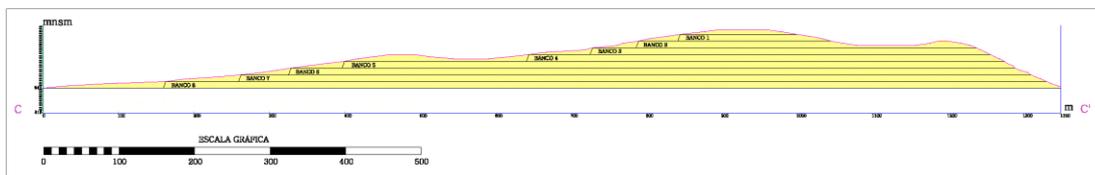
CARTA TOPOGRÁFICA



CARTA TOPOGRÁFICA CON EL DISEÑO DE EXPLOTACIÓN
 REPRESENTACIÓN EN METROS
 INTERVALO DE CURVAS DE 5 METROS
 COTA MEDIA 400 METROS

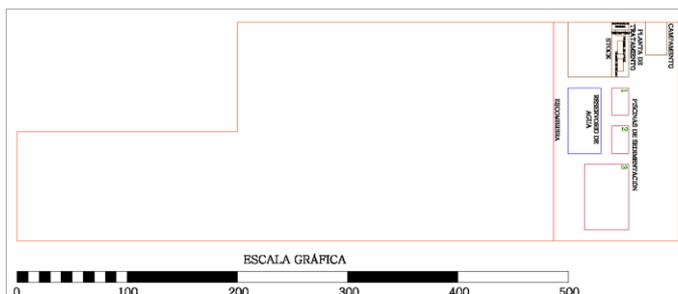
Escala: 1:2000

BANCOS



Escala: 1:1000

ESCOMBRERA Y PLANTA DE TRATAMIENTO



Escala: 1:1000

LEYENDA	
	CURVAS PRINCIPALES
	CURVAS SECUNDARIAS
	RIACHUELOS
	VÍAS

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
 EXTENSION MORONA SANTIAGO
 FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
 ESCUELA DE AGRONOMÍA

TRABAJO DE TITULACIÓN:
 "ANÁLISIS TÉCNICO DEL DEPÓSITO DE SILEX EN LA ZONA DE SAIP DEL CANTÓN DE SUCCA,
 PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO"

DISEÑO DE EXPLOTACIÓN	PROYECCIÓN: UTM	ZONA: 17 M	DATUM: PSAD 56	SUPERFICIE: 67,5 ha	ESCALA: Los indicados
DEBUIJADO POR: LÓPEZ GARA RAÚL SARAYÁ FERNÁNDEZ ZORBE	REVISADO POR: "SIG" SIBURY MICHÉLA	AFROBADO POR: "SIG" SANCHEZ SERA	N° LÁMINA: 6/6		

I. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA MAQUINARIA.

J. PETICIÓN ESCRITA DEL DIRIGENTE DEL SECTOR.