



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

**“DISEÑO DE EXPLOTACIÓN MINERA DEL YACIMIENTO SAN RAFAEL Y
PROPUESTA DE ELABORACIÓN DE BALDOSAS HIDRÁULICAS, SANTA
ELENA”**

PROYECTO DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO EN MINAS

Presentado por:

DIEGO RUBÉN BARROS NÚÑEZ

**GUAYAQUIL – ECUADOR
2018**

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a mis padres por el apoyo incondicional a lo largo de mi carrera, ellos fueron el soporte y motor para conseguir mi objetivo.

Diego Rubén Barros Núñez

Con formato

Con formato: Color de fuente: Fondo 1

Con formato: Color de fuente: Fondo 1

AGRADECIMIENTO

Mis más sinceros agradecimientos a la “Asociación de mineros artesanales San Rafael” por permitirme desarrollar el proyecto. A mi tutor Eduardo Recalde por su ayuda y colaboración a lo largo del desarrollo del proyecto.

A mis amigos que colaboraron en diferentes oportunidades: Allan, Gisse, Pablo, Carlos O. Carlos C.

Diego Rubén Barros Núñez

Con formato: Color de fuente: Fondo 1

Con formato: Color de fuente: Fondo 1

|

|

|

TRIBUNAL DEL PROYECTO

Ph.D. Eduardo Luis Recalde Chiluza
TUTOR DE MATERIA INTEGRADORA

M.Sc. Samantha Tamara Jiménez Oyola
CO-TUTOR DE MATERIA INTEGRADORA

Ph.D. Silvia Catalina Loaiza Ambuludi
MIEMBRO EVALUADOR

Con formato: Color de fuente: Fondo 1

Con formato: Color de fuente: Fondo 1

|

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma, a la Escuela Superior Politécnica del Litoral"

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL)

Diego Rubén Barros Núñez

Con formato: Color de fuente: Fondo 1

Con formato: Color de fuente: Fondo 1

RESUMEN

La explotación del yacimiento San Rafael, ubicado en la provincia de Santa Elena, parroquia Chanduy, es una actividad que se ha venido desarrollando desde hace 50 años, sin embargo, desde sus inicios y hasta la actualidad la explotación se ha desarrollado de manera desordenada, sin establecer una planificación en el laboreo y careciendo de criterios técnicos, por lo cual no ha sido posible definir un horizonte temporal de las reservas explotables.

El desarrollo de este proyecto busca proponer un método de explotación considerando criterios geométricos, geotécnicos, operativos y ambientales. De esta manera se pretende organizar y tecnificar las labores de explotación en la gravera, definiendo los años de vida útil de las reservas de material explotable, volúmenes de explotación, así como también determinar los años de vida de la mina.

Se realizaron los cálculos de volumen de material y se definieron dos frentes de explotación, el frente norte tiene un volumen de 355 832.4 m³ mientras que frente sur tiene 260 390.0 m³. Se tiene previsto explotar el yacimiento en 3 fases: la fase I comprende 7 años, la Fase II 13 años y la fase III, en 20 años teniendo una vida de la mina de 40 años. Con los parámetros de explotación

Con formato: Color de fuente: Fondo 1

Con formato: Color de fuente: Fondo 1

determinados se encontraron factores de seguridad de 2.5 para los trabajos de explotación y 4 para el diseño final de la explotación.

Adicionalmente con los materiales que se explotan en la gravera se determinó la factibilidad técnica para la elaboración de un prototipo de baldosas hidráulicas, las cuales cumplieron con la resistencia a la flexión exigida por la norma NTE-INEN 3128.

PALABRAS CLAVE: Gravera – Explotación – Reservas - Baldosas – Factibilidad técnica

Con formato: Color de fuente: Fondo 1

Con formato: Color de fuente: Fondo 1

ÍNDICE GENERAL

<u>DEDICATORIA</u>	<u>II</u>
<u>AGRADECIMIENTO</u>	<u>III</u>
<u>TRIBUNAL DEL PROYECTO</u>	<u>IV</u>
<u>DECLARACIÓN EXPRESA</u>	<u>V</u>
<u>RESUMEN</u>	<u>VI</u>
<u>ÍNDICE GENERAL</u>	<u>VIII</u>
<u>ABREVIATURAS</u>	<u>XVIXIII</u>
<u>SIMBOLOGÍA</u>	<u>XVIIIXIV</u>
<u>ÍNDICE DE FIGURAS</u>	<u>XVIIIIXV</u>
<u>ÍNDICE DE TABLAS</u>	<u>XXIXXVII</u>
<u>CAPÍTULO 1</u>	<u>1918</u>
<u>INTRODUCCIÓN</u>	<u>1918</u>
<u>1.1 Antecedentes</u>	<u>2049</u>
<u>1.2 Planteamiento del problema</u>	<u>2049</u>
<u>1.3 Justificación del problema</u>	<u>2120</u>
<u>1.4 Objetivos</u>	<u>2224</u>

Con formato: Color de fuente: Fondo 1

Con formato: Color de fuente: Fondo 1

1.4.1 Objetivo general	2224
1.4.2 Objetivos específicos	2224
1.5 Diseño metodológico	2322
CAPÍTULO 2	2826
DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	2826
2.1 Ubicación del área de estudio	2927
2.2 Condiciones meteorológicas	3028
2.3 Análisis demográfico	3334
2.4 Topografía	3533
2.5 Flora y fauna	3634
2.5.1 Flora	3634
2.5.2 Fauna	3734
2.5 Geología regional	3835
2.6 Geología local	4037
2.7 Geo hidrología	4138
2.8 Generalidades de la operación minera	4139
2.9 Elementos de orientación del yacimiento	4239
2.9.1 Orientación	4239
2.9.2 Composición	4340

Con formato: Color de fuente: Fondo 1

Con formato: Color de fuente: Fondo 1

2.9.3 Propiedades físico-mecánicas	4340
2.9.4 Granulometría	4340
2.9.5 Propiedades fisicoquímicas	4642
2.9.6 Propiedades geo mecánicas	4643
CAPÍTULO 3	4944
DISEÑO MINERO	4944
3.1 Cálculo de reservas	5045
3.2 Método de explotación	5754
3.3 Consideraciones de diseño	5852
3.3.1 Criterios geométricos	5953
3.3.2 Criterios geotécnicos	6456
3.3.3 Criterios operativos	6759
3.3.3.1 Maquinaria minera	7062
3.3.3.1 Rendimiento de la excavación	7264
3.3.3.2 Rendimiento en el transporte	7466
3.3.3.3 Cálculo de la productividad	7768
3.3.3.4 Clasificación de los materiales	7870
3.3.4 Criterios ambientales	8072
3.3.4.1 Drenaje	8375
3.4 Planificación	8984
3.5 Diseño final	9788

Con formato: Color de fuente: Fondo 1

Con formato: Color de fuente: Fondo 1

CAPÍTULO 4	9190
PROPUESTA DE VALOR	9190
4.1 Baldosas hidráulicas	9294
4.2 Procesos de fabricación	9493
4.3 Ensayos de laboratorio	9695
4.3.1 Análisis granulométrico	9695
4.3.2 Gravedad específica y absorción	9695
4.3.3 Ensayo de absorción	9796
4.3.4 Peso volumétrico	9796
4.3.5 Determinación a la flexión	9897
4.4 Experimentación	9998
4.4.1 Granulometría	9998
4.4.2 Peso volumétrico	105402
4.4.3 Gravedad específica y absorción	108405
4.5 Elaboración de baldosas	109406
4.5 Análisis granulométrico	113409
CAPÍTULO 5	116412
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	116412
CONCLUSIONES	117443
RECOMENDACIONES	119445

Con formato: Color de fuente: Fondo 1

Con formato: Color de fuente: Fondo 1

ANEXOS

BIBLIOGRAFIA

DEDICATORIA _____i

Con formato: Color de fuente: Fondo 1

Con formato: Color de fuente: Fondo 1

ABREVIATURAS

Con formato: Español (Ecuador)

ASTM	American Society of Testing Materials
msnm	Metros sobre el nivel del mar
INEN	Servicio Ecuatoriano de Normalización
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censo
INAMHI	Instituto de Nacional de Meteorología e Hidrología
UTM	Universal Transverse Mercator
S-W	Sur-Oeste
N-W	Nor-Oeste

Con formato: Color de fuente: Fondo 1

Con formato: Color de fuente: Fondo 1

SIMBOLOGÍA

%	Porcentaje
m	Metros
Ha	Hectáreas
m ³	Metros cúbicos
m ²	Metros cuadrados
°C	Grados centígrados
mm	Milímetros
cm	Centímetros
MPa	Mega pascales
h	Horas
s	Segundos
min	Minutos
g	Gramos
#	Número
Km ²	Kilómetro cuadrado
t	Toneladas
Km	Kilómetro

Con formato: Color de fuente: Fondo 1

Con formato: Color de fuente: Fondo 1

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Esquema del diseño metodológico.	246
Figura 2. 1 Ubicación de la concesión minera San Rafael.	2940
Figura 2. 2 Distribución de la temperatura temporal de la temperatura año 2012 en la Estación M1170.	3142
Figura 2. 3 Precipitaciones 2008-2012 de Estación M1170.	3243
Figura 2. 4 Precipitación media mensual (para el año 2012) de la Estación M1170.	3343
Figura 2. 5 Distribución por edad de la población de la comunidad Chanduy. 35	35
Figura 2. 6 Mapa topográfico se la concesión minera "San Rafael".	3646
Figura 2. 7 Distribución granulométrica del material en el yacimiento. 462524	462524
Figura 2. 8 Ángulos de fricción usados en proyectos de ingeniería.	4726
Figura 3. 1 Método de los perfiles para el cálculo de reservas.	5028
Figura 3. 2 Secciones del yacimiento "San Rafael" visto en planta.	5229
Figura 3. 3 Vista lateral de la sección SNR 100.	5230
Figura 3. 4 Diagrama del método de explotación por descubiertas.	5835
Figura 3. 5 Mapa de usos del suelo.	6238
Figura 3. 6 Mapa de la distribución de la infraestructura de sobre mina. 643839	643839
Figura 3. 7 Situaciones de la línea de saturación.	654044
Figura 3. 8 Ábaco para el cálculo de falla circular, condición #2.	664142
Figura 3. 9 Diagrama del método de explotación.	704546

Con formato: Color de fuente: Fondo 1

Con formato: Color de fuente: Fondo 1

Figura 3. 10 Criba vibratoria de tres pantallas Xuanshi.....	806666
Figura 3. 11 Diagrama de cuneta de sección triangular.....	866162
Figura 3. 12 Diagrama y dirección del drenaje.....	876263
Figura 3. 13 Perfiles frente norte y sur, ubicación de cunetas de drenaje.....	86634
Figura 3. 14 Segmentación del yacimiento en bloques.....	906566
Figura 3. 15 Diagrama de explotación terminada la fase I.	916667
Figura 3. 16 Diagrama de explotación terminada la fase II.	936769
Figura 3. 17 Diagrama de explotación terminada la fase III.	946870
Figura 3. 18 Cronograma de explotación en función de los años que toma explotar cada bloque.....	96701
Figura 3. 19 Diseño final de explotación de la gravera San Rafael	97711
Figura 4. 1 Esquema del ensayo de flexión.	99808
Figura 4. 2 Curva granulométrica para la Arena.	1008210
Figura 4. 3 Curva granulométrica para la Piedra #1.....	1028311
Figura 4. 4 Curva granulométrica para la Piedra #3.....	1038412
Figura 4. 5 Curva granulométrica para la Piedra #2.....	1058513
Figura 4. 6 Antes y después del lavado de los materiales.	1119119

Con formato: Color de fuente: Fondo 1

Con formato: Color de fuente: Fondo 1

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I Ubicación en coordenadas UTM área minera San Rafael.....	3044
Tabla II Número de habitantes en el año 2010, parroquia Chanduy	3314
Tabla III Formaciones geológicas que atraviesan la parroquia Chanduy .	3818
Tabla IV Productos que se comercializan por parte de la Asociación ..	442423
Tabla V Cálculo de volúmenes de gravas, suelo y capa vegetal.....	5334
Tabla VI Porcentaje de demanda con respecto al 100% vendible.....	5434
Tabla VII Distribución porcentual del material en el yacimiento.....	5532
Tabla VIII Coeficiente de contracción y esponjamiento	5532
Tabla IX Reservas en función del tipo de material que se comercializa y su vida útil	5633
Tabla X Características físico-mecánicas del yacimiento "San Rafael"	643940
Tabla XI Parámetros operativos	704546
Tabla XII Matriz de valoración de equipos en función del tipo de trabajo	724748
Tabla XIII Eficiencia operativa en función de la organización de los trabajos	730
Tabla XIV Factor de llenado según el equipo de carga y el tipo de material a cargar	734849
Tabla XV Características de la criba vibratoria.....	795354
Tabla XVI Medidas de mitigación de impactos.	825758
Tabla XVII Coeficiente de escorrentía método racional (para sectores rurales).....	856064

Con formato: Color de fuente: Fondo 1

Con formato: Color de fuente: Fondo 1

Tabla XVIII Dimensiones mínimas de cuneta triangular típica.	
Tabla XIX Detalles de la producción correspondiente a la fase I.	916607
Tabla XX Detalles de la producción correspondiente a la fase II.	926769
Tabla XXI Cantidad de años que toma explotar cada bloque.....	956974
Tabla XXII Cantidad de años que toma explotar cada bloque.....	97744
Tabla XXIII Pesos retenidos en la granulometría para la Arena.....	100819
Tabla XXIV Pesos retenidos en la granulometría para la Piedra #1 ...	1018240
Tabla XXV Pesos retenidos en la granulometría para la Piedra #3....	1038344
Tabla XXVI Pesos retenidos en la granulometría para la Piedra #2...	1048442
Tabla XXVII Datos del recipiente.....	1058543
Tabla XXVIII Peso volumétrico suelto (arena fina)	1068644
Tabla XXIX Peso volumétrico varillado (arena fina)	1068644
Tabla XXX Peso volumétrico suelto (arena media)	1078745
Tabla XXXI Peso volumétrico varillado (arena media)	1078745
Tabla XXXII Parámetros para la determinación de la resistencia a la flexión	1109048
Tabla XXXIII Dosificación para la elaboración de baldosas Etapa I. ...	1109048
Tabla XXXIV Resultados rotura y flexión para baldosas Etapa I.	1119048
Tabla XXXV Dosificación para la elaboración de baldosas, etapa II. .	1129220
Tabla XXXVI Análisis de rotura y flexión para baldosas hidráulicas etapa II.	1139220

Con formato: Color de fuente: Fondo 1

Con formato: Color de fuente: Fondo 1

|

XIX



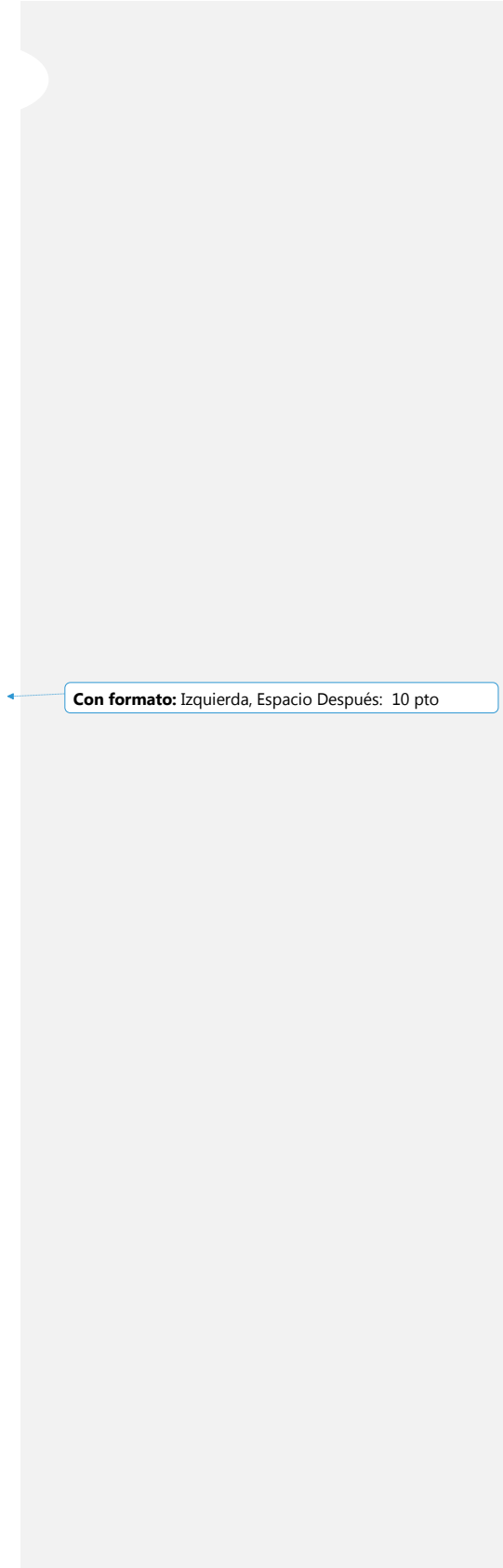
Con formato: Color de fuente: Fondo 1

Con formato: Color de fuente: Fondo 1

|

|

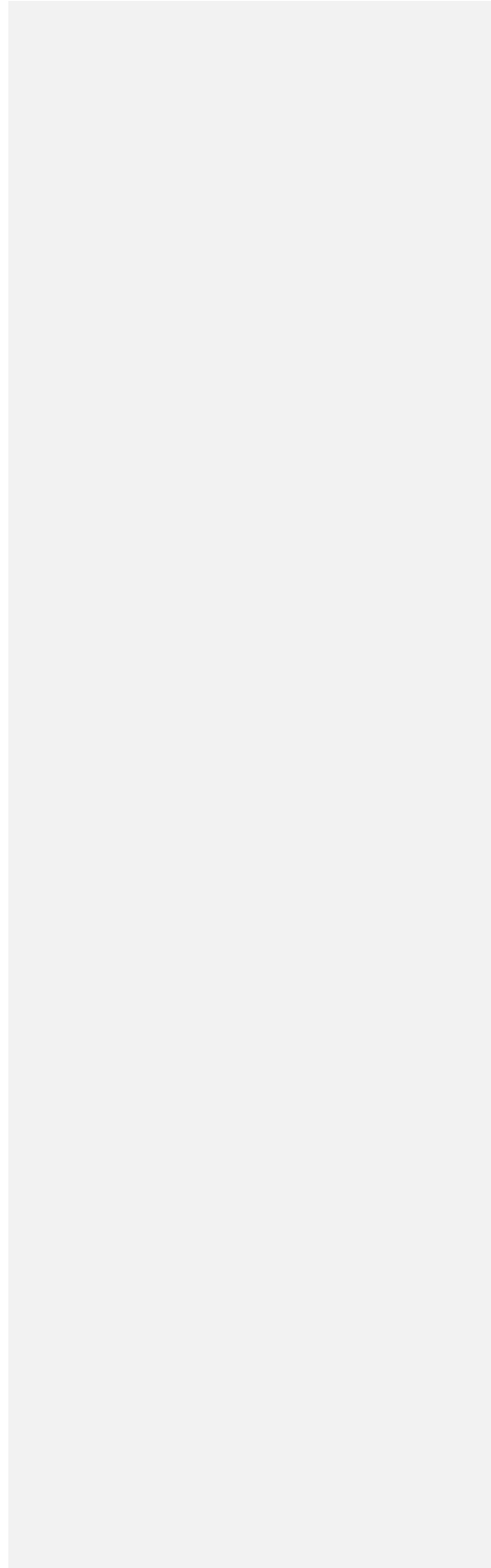
|



← **Con formato:** Izquierda, Espacio Después: 10 pto

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN



1.1 Antecedentes

La comuna San Rafael está ubicada en la provincia de Santa Elena, cuenta en la actualidad con 2 300 habitantes. Una de las fuentes más importantes de ingresos para sus habitantes es la explotación de la gravera perteneciente a dicha comunidad. (Asencio, 2013)

La actividad minera se remonta al año 1965 con la explotación y comercio de grava, materiales que se emplean en los acabados de la construcción. Posteriormente, el 29 de septiembre de 1999 se conforma la “Asociación de Mineros Artesanales San Rafael” con 38 socios.

En la actualidad, la asociación continúa con las labores de explotación y comercialización de: piedra base, arenas, ripio, grava clasificada, arena sílice y cascajo, siendo esta una actividad que genera trabajo para el 60% de la población de la comuna.

1.2 Planteamiento del problema

La explotación del yacimiento ubicado en la comuna San Rafael, provincia de Santa Elena, es una actividad que se ha venido realizando desde hace de 50 años de manera artesanal. Los encargados de esta actividad han sido habitantes del sector y es un oficio que se ha transmitido durante dos generaciones. (Asencio, 2013)

Con formato: Sangría: Izquierda: 0,63 cm

En la actualidad la “Asociación de Mineros Artesanales San Rafael” continúa con las labores de explotación, sin embargo, desde sus inicios y hasta la actualidad la explotación se ha desarrollado de manera desordenada, sin establecer una planificación en el laboreo y careciendo de criterios técnicos, por lo cual no es posible definir un horizonte temporal de las reservas explotables. Además, la clasificación granulométrica de los materiales se realiza de manera artesanal con zarandas improvisadas por los mismos habitantes de la comunidad, lo cual da origen a la generación de polvo y con ello consecuencias perjudiciales en la salud, puesto que no se trabaja con equipo de protección personal.

A pesar de la alta demanda de materiales y el crecimiento del sector de la construcción en los últimos años, los mineros de San Rafael se enfrentan a una explotación desordenada con alto riesgo de lesiones y enfermedades laborales, sin conocer sus reservas ni contar con una planificación adecuada de sus operaciones.

1.3 Justificación del problema

El desarrollo de este proyecto busca proponer un método de explotación para la gravera de la asociación de artesanos San Rafael, de esta manera se pretende organizar y tecnificar las labores de explotación en la gravera las cuales hasta la actualidad se han desarrollado de manera artesanal. De

este modo definir los años de vida útil de las reservas de material explotable del yacimiento, definiendo volúmenes de explotación, así como también determinando los años de vida de la mina.

Adicionalmente, se busca analizar la factibilidad técnica para la elaboración de baldosas hidráulicas con los materiales que se explotan a escala de laboratorio y que a futuro se conviertan en una nueva posible fuente de ingresos para la Asociación. Por lo tanto, este proyecto busca contribuir a desarrollar una minería sustentable, proporcionando alternativas a las técnicas de explotación que actualmente se ejecutan en la gravera.

1.4 Objetivos

1.4.1_ Objetivo general

Diseñar un sistema de explotación para el aprovechamiento de la gravera San Rafael, teniendo como producto un prototipo de baldosas hidráulicas.

1.4.2 Objetivos específicos

- Calcular reservas del material explotable mediante el método de los perfiles.
- Diseñar un método de explotación para organizar las labores existentes en la gravera San Rafael.

- Realizar la caracterización mecánica de los materiales del sector con ensayos en laboratorio.
- Determinar la factibilidad técnica mediante la elaboración de un prototipo de baldosas hidráulicas.

1.5 Diseño metodológico

El diseño metodológico se ha dividido en tres fases: revisión bibliográfica; obtención de datos; tratamiento y análisis de datos. A continuación, se presenta un flujograma de la metodología.

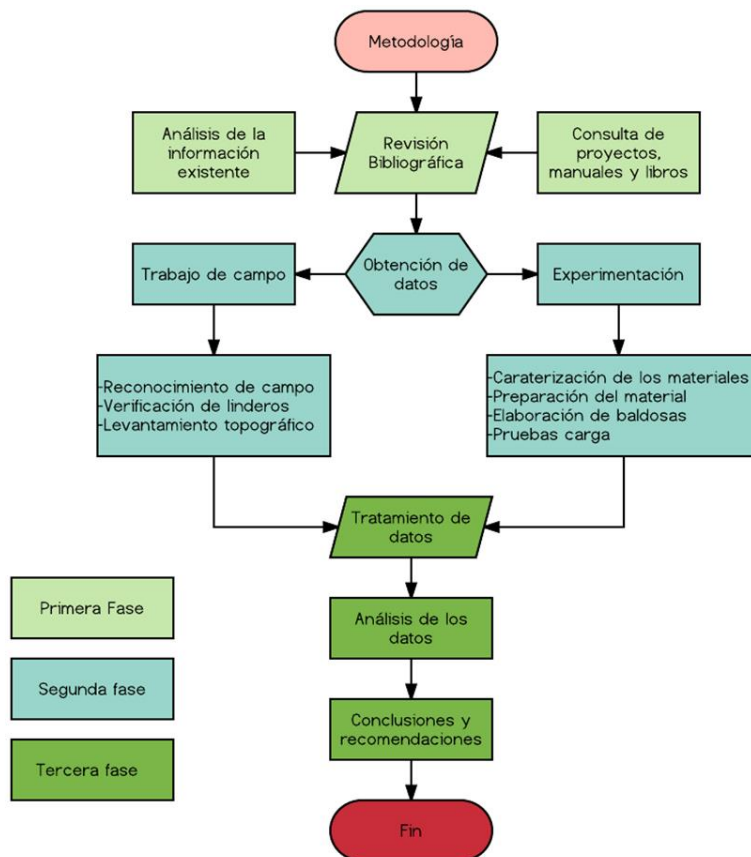


Figura 1. 1 Esquema del diseño metodológico.
Fuente: Barros, D., 2017

En la fase de obtención de datos se han dividido en trabajo de campo y experimentación.

- Para el trabajo de campo se realizará un reconocimiento del área de concesión minera y verificación de linderos, para esta actividad se empleará

GPS diferencial marca TRIMBLE modelo R8S. Con el mismo equipo se procederá hacer el levantamiento topográfico de las 28 hectáreas de la mina. Finalmente se tomarán muestras de material para realizar la elaboración de los prototipos de baldosas.

- En la experimentación se realizará una caracterización del material y análisis granulométrico para seleccionar los tamaños más idóneos para la fabricación de baldosas. El material se someterá a ensayos para determinar: peso volumétrico, gravedad específica y absorción. Una vez obtenidos los primeros prototipos se procederá a verificar si cumplen con la norma Técnica Ecuatoriana NTE-INEN 3128, aplicado para determinar la resistencia a la flexión.

Para el tratamiento de los datos de campo se empleará el software AutoCad Civil 3D versión 2018, con este se realizará el plano topográfico de la mina y el cálculo de reservas por el método de perfiles. Con esta información se diseñará el método de explotación para el yacimiento.

En el procesamiento de los datos experimentales se comprobará cuáles de los prototipos cumplen las normas INEN y se procederá registrar las proporciones empleadas en la elaboración para establecer una receta para elaborar posteriores prototipos.

En el análisis de datos se establecerá la factibilidad técnica y económica de la elaboración de baldosas y se analizará la viabilidad del método definido.

DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

2.1 Ubicación del área de estudio

San Rafael es una comunidad ubicada en la Provincia de Santa Elena, en el cantón del mismo nombre, parroquia Chanduy, su asentamiento se encuentra en la zona sureste de la provincia, con límites; al norte con la comuna El Azúcar, al sur con las comunas Chanduy y Engunga, al este con la comuna Zapotal y al oeste con la comuna Manantial de Chanduy.

Con formato: Sangría: Izquierda: 0,89 cm

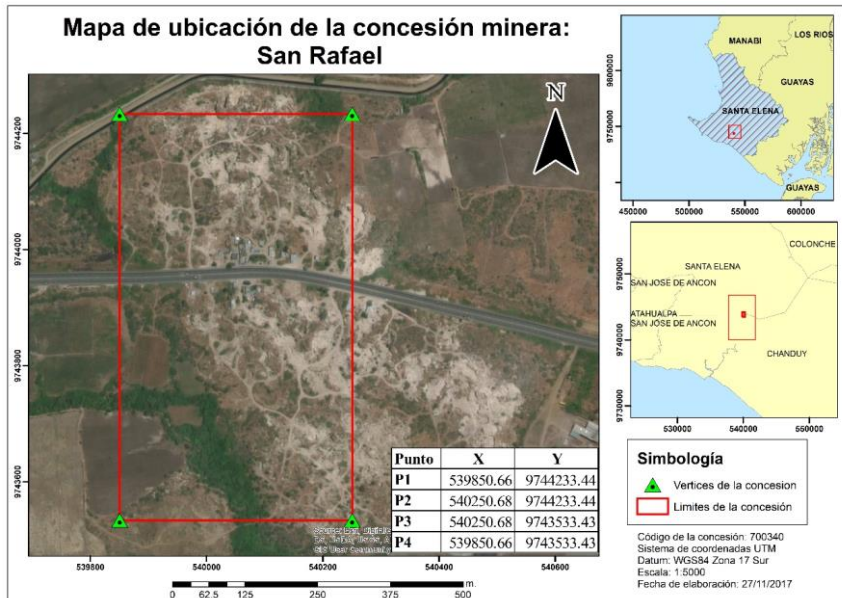


Figura 2. 1 Ubicación de la concesión minera San Rafael.

Fuente: [Barros, D., 2017](#) Barros, 2017

La superficie que cubre el área de la concesión es de 28 Ha. y tiene la forma de un polígono regular, cuyos vértices están determinados por las coordenadas UTM, que se adjuntan en la **Tabla I**.

Tabla I Ubicación en coordenadas UTM
área minera San Rafael

Concesión Minera San Rafael		
Vértices	Coordenadas X	Coordenadas Y
P.P	540 500	9 744 600
1	540 500	9 743 900
2	540 100	9 743 900
3	540 100	9 744 600

Fuente: Catastro Minero 2017

2.2 Condiciones meteorológicas

Según el mapa de estaciones meteorológicas del INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología), la estación más cercana al área de la concesión minera “San Rafael” es la codificada como: M1170 (Santa Elena-Universidad), la cual está ubicada a una distancia aproximada de 28 Km. De ella se tomarán como referencia los valores para de precipitación y temperaturas para hacer el análisis de las condiciones meteorológicas para la zona de interés.

El clima en zona de estudio se presenta árido o desértico debido a un ramo de la corriente de Humboldt que atraviesa la provincia, una

Con formato: Sangría: Izquierda: 1,25 cm

variación entre tropical húmedo y tropical seco. La temperatura media anual varía entre 21 y 27 °C, llegando a temperaturas máximas de 33 °C en la estación invierno y las mínimas de 19 °C para los meses de julio a noviembre. (GESTIONADMI CIA. Ltda., 2015).

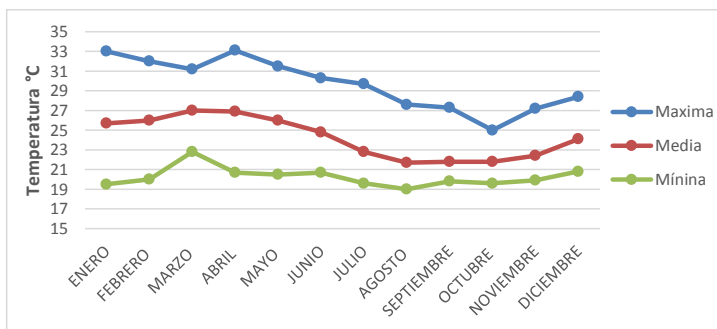


Figura 2. 2 Distribución temporal de la temperatura año 2012 en la Estación M1170.

Fuente: Barros, D., 2017

ENAMHI no reporta datos de precipitación actuales de la estación meteorológica de la cual se han tabulado los datos, sin embargo, se analizarán los datos presentados desde el 2008 hasta el 2012, el cual es el último reportado. En la ~~Figura 2.3~~~~Figura 2.3~~~~Figura 2.3~~, se presenta un gráfico de barras de precipitaciones medias mensuales para los años antes mencionados, los meses con mayores precipitaciones coinciden con la época lluviosa en los meses de diciembre-abril, para los cuales se estimaron medias de 220-80 mm de agua; mientras que en la época

seca en los meses de mayo-diciembre se estima una media de 30-40 mm de agua.

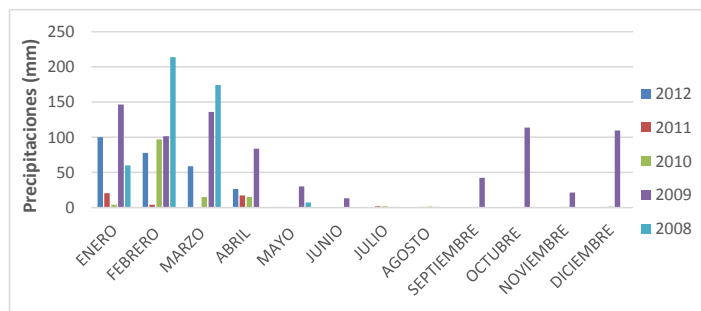


Figura 2. 3 Precipitaciones 2008-2012 de Estación M1170.
Fuente: Barros, 2017

Se adjunta en la

~~Figura 2.4~~~~Figura 2.4~~~~Figura 2.4~~ los valores promedio para el último año (2012) del cual se reportan datos para la estación meteorológica analizada. De ella se tiene presencia de precipitaciones en los meses de enero-abril, en promedio 70 mm de agua, mientras que para el resto del año prácticamente no se reportan precipitaciones. Se asume que el mismo comportamiento se tendrá en la misma área de interés dado la cercanía y la relación geográfica con respecto al lugar donde está ubicada la estación meteorológica.

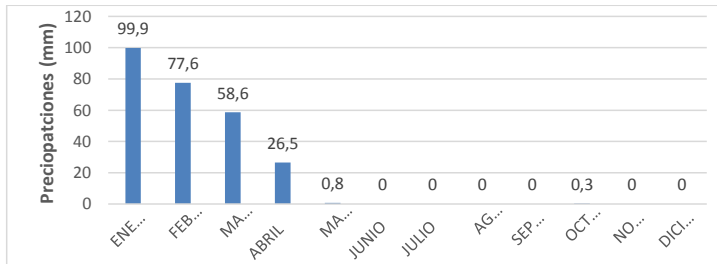


Figura 2. 4 Precipitación media mensual para el año 2012 de la Estación M1170.

Fuente: Barros, 2017

2.3 Análisis demográfico

La comuna “San Rafael”, está asentada dentro de la parroquia Chanduy por ello se analizarán los datos demográficos de dicha parroquia. Según el censo de población del año 2010, la parroquia Chanduy para el mismo año tuvo la siguiente población:

Tabla II Número de habitantes en el año 2010, parroquia Chanduy

<u>Parroquia</u>	<u># Habitantes</u>
<u>Chanduy</u>	<u>16 363</u>

Fuente: INEC, 2010

De acuerdo con las proyecciones del INEC dicha cantidad de habitantes se asienta en 767 km² de extensión territorial. La parroquia presenta un

Con formato: Sangría: Izquierda: 0,89 cm

Con formato: Izquierda

Con formato: Posición: Horizontal: 9,05 cm, Con relación a: Página, Vertical: 18,28 cm, Con relación a: Página

Tabla con formato

Con formato: Posición: Horizontal: 9,05 cm, Con relación a: Página, Vertical: 18,28 cm, Con relación a: Página

Con formato: Sangría: Izquierda: 1,25 cm

gran movimiento migratorio el cual es muy representativo en la época de temporada pesquera en la comuna del Puerto Chanduy, no se ha considerado dado que no se tiene un registro migratorio de este fenómeno. (GESTIONADMINIA. Ltda., 2015)

La población de la parroquia Chanduy se encuentra distribuida por edades según el siguiente gráfico.



Figura 2. 5 Distribución por edad de la población de la comunidad Chanduy.

Fuente: INEC, 2010

Del 100% de la población:

- El 35% corresponde a niños, niñas y adolescentes de hasta 15 años.
- El 58% corresponde a adolescentes, jóvenes y adultos entre 15 y 64 años.
- El 7% restante corresponde a adultos mayores de 65 años en adelante.

Se puede concluir entonces que predomina la población de entre 15 y 64 años, es decir la parroquia está constituida en su mayoría por población

joven y adulta, la cual se puede considerar como posible fuerza laboral para el desarrollo del proyecto. (GESTIONADMI CIA. Ltda., 2015)

2.4 Topografía

La topografía de la concesión es irregular con pequeñas elevaciones y se encuentra dividida por la carretera principal Guayaquil-Salinas. En la parte sur del yacimiento la cota más baja se registra en los 34 msnm mientras que la cota más alta está en 46 msnm. En el norte de la concesión la cota más baja está en los 38 msnm por otro lado la parte más alta no supera los 48 msnm.

Con formato: Sangría: Izquierda: 0,89 cm

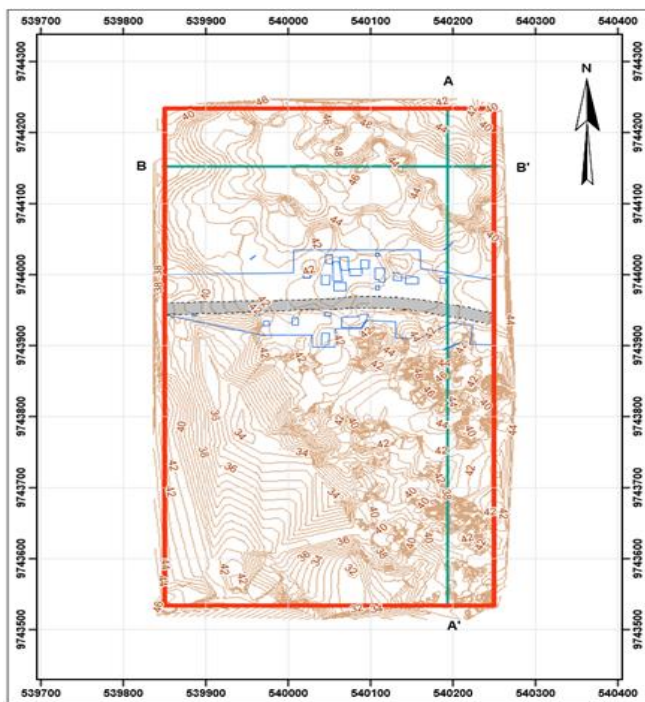


Figura 2. 6 Mapa topográfico de la concesión minera "San Rafael".
Fuente: Barros, 2018

2.5 Flora y fauna

2.5.1 Flora

El paisaje predominante en la concesión corresponde a vegetación seca y espinosa, con presencia de cactus y algarrobo. La vegetación herbácea en algunas partes es densa llegando a existir presencia de pastos. A pesar de que el territorio de la comuna se han desarrollado actividades extractivas extensivas aún se conservan restos de vegetación en buen estado, en los que se puede encontrar maderas finas como el guayacán, el laurel y el bálsamo.

La vegetación arbustiva está representada por las euforbiáceas, bitneriáceas, rubiáceas, leguminosas, râmneas, malváceas, y mimosas. Entre los árboles frutales encontramos mangos, ciruelos y cerezos.

2.5.2 Fauna

Entre la fauna representativa, se destacan los mamíferos como: tigrillos, monos, osos hormigueros, armadillos, venados, y cuchuchos. Se pueden encontrar también ardillas, murciélagos,

zorros, conejo de monte, oso mielero. Existe también presencia de roedores como la rata parda común y otras especies de ratones y algunas variedades de murciélago como el *desdomuns rotundus*.

Las aves destacadas que se pueden mencionar son aves rapaces, búhos, urracas, garrapateros, bujío, brujo, gavilanes, lechuzas, azulejo. Entre los reptiles se destacan las iguanas, lagartijas como *tropidurus occidentales*, salamanquesas o *gecos* como *phyllodactylus sp.*, y víboras. Entre los anfibios se encuentran los sapos (*bufomarinus*). En las áreas costeras podemos encontrar la langosta azul (*phulisrus gracilis*), y los cangrejos (*cuides occidentales* y *calappa convesa*).

2.5 Geología regional

La parroquia Chanduy está conformada por diferentes formaciones geológicas en las cuales podemos encontrar suelo rocoso, arenoso y arcilloso. Los materiales que componen el suelo se agrupan en una serie de conjuntos lito estratigráficos las cuales se agrupan en las siguientes formaciones que se presentan en la [Tabla III](#)~~Tabla III~~~~Tabla III~~.

Tabla III Formaciones geológicas que atraviesan la parroquia Chanduy

Formaciones Geológicas	Descripción
Formación Chanduy	<p>La formación Chanduy ocupa la parte media del complejo Azúcar, localmente discordante sobre la F. Estancia y de espesores variables, que llegan a los 700-800 metros. Está formada fundamentalmente por conglomerados poligénicos masivos y areniscas bastas, con algunos niveles de limonitas y lutitas. Contienen a veces elementos resedimentados de la F. Estancia.</p> <p>Exposiciones esporádicas en la península de Santa Elena son consideradas olistolitos. La formación comprende principalmente rocas ígneas básicas.</p>
Formación Piñón	<p>Exposiciones esporádicas en la península de Santa Elena son olistolitos. Tiene un espesor de 3000 m en el sur y se adelgaza progresivamente al norte. Formada principalmente de areniscas volcánicas brechosas de color verde oscuro.</p>
Formación Guayaquil	<p>Exposiciones esporádicas en la península de Santa Elena son consideradas olistolitos. Está constituido por capas estratégicas de 0.2-0.4 m de espesor de lutitas silíceas, lutitas tobáceas, chert nodular bandeado, tobas, areniscas y lutitas fisiles de color verde.</p>
Formación Azúcar	<p>(Paleoseno-Ecoseno medio): Afloran en la parte suroeste de la Provincia. Corresponden a una secuencia dominante sedimentaria. Está constituida por un complejo detrítico de facies marinas, discordantes sobre la formación anterior, muy tectonizada e integrada por tres unidades o formaciones menores que reciben los nombres de Estancia, Chanduy, Engabao.</p>

Con formato: Centrado

Tabla con formato

Grupo Ancón	Afloran en la parte oeste de la Provincia. Compuesta por turbiditas y lutitas. Miembro Zapotal Descansa sobre un complejo Olistostrómico de Santa Elena y está sobrepuesto por el Miembro Dos Bocas. Forma una secuencia de abajo hacia arriba, consta de un conglomerado basal, areniscas y lutitas. El espesor máximo sobrepasa los 1 000m.
Formación Tablazo	Nombre aplicado a las terrazas marinas del Perú, usado por extensión en el Ecuador. Se reconocen 3 tablazos en la Costa. El tablazo medio, al que pertenece Santa Elena, contiene fósiles que sugieren unas facies algo salobres. En la parte correspondiente a los cerros de Chongón Colonche y a la Cuenca de Progreso el rumbo de las estructuras es NW-SE. El levantamiento de la Cuenca por orogénesis andina no fue acompañado en este sector por plegamiento ni callamiento, pero la base de la Formación Borbón descansa regularmente desde 180 m en el oeste hasta 120 m., 12 Km. más al este los sedimentos de la Formación Borbón.

Fuente: (GESTIONADMI CIA. Ltda., 2015)

2.6 Geología local

La cuenca Progreso es donde se asienta la comuna San Rafael, está limitada al norte por la cordillera Chongón-Colonche, al oeste y al sur por el Horts de Playas Azúcar y abierta al este sobre la zona baja del delta de Las Guayas.

Una parte de la zona de San Rafael forma parte de un depósito de material detrítico que se encuentra ubicado sobre la formación Tablazos, ésta se encuentra tanto en la baja cuenca del Guayas como a lo largo de la línea de la costa. (Becerra, 2003)

El yacimiento de la concesión está formado por gravas arenosas poco consolidadas de origen sedimentario, con intercalaciones de arcillas. El material se deposita por estratos los cuales tienen conglomerados de diferente granulometría, la potencia promedio del estrato de interés es de aproximadamente 4 metros.

2.7 Geo hidrología

La concesión "San Rafael" está conformada por arenas y gravas que tienen permeabilidad muy alta, ideal para acumulación de aguas de precipitación. Además, se tiene aportes de ríos intermitentes que forman una cuenca de tamaño importante, sumado a esto se tiene que las colinas de Zapotal alimentan con agua de precipitación al sector de estudio. Sin embargo, durante la explotación de la gravera en el periodo de verano no se tiene indicios del nivel freático importante, el cual si es apreciable en la época lluviosa.

2.8 Generalidades de la operación minera

El material que se va a explotar son gravas y arenas poco consolidadas con diferentes granulometrías, distribuidas en las 28 Ha. que posee la concesión minera. Se tiene identificadas dos zonas de explotación, puesto que la concesión minera está atravesada por la carretera Guayaquil-Salinas, tal como se aprecia en la [Figura 2.6](#) [Figura 2.6](#) [Figura 2.6](#). En la parte norte se tiene previsto llegar con la explotación hasta la cota 39 msnm, mientras que en la parte sur hasta la cota 38 msnm.

Actualmente la comunidad presenta una producción de 1 600 sacos mensuales, dicha producción en metros cúbicos corresponde a 12 m³/día, distribuidos en varios frentes, esta producción está definida en base a la demanda que actualmente tiene el material en la industria de la construcción. Una vez realizado el cálculo de volúmenes de material de interés, en base a las características del depósito se definirá el método de explotación y sus parámetros geotécnicos y operativos.

2.9 Elementos de orientación del yacimiento

2.9.1 Orientación

El yacimiento, se puede catalogar como sub horizontal, los estratos se hallan dispuestos de manera sub horizontal, por lo que presentan ángulo de buzamiento cercano a cero.

El yacimiento puede ser observado en un 70% de la concesión, que se extiende al este, el cual presenta una potencia promedio de 3.98 m, una cobertura de capa vegetal de 30 cm y una capa de estéril de 80 cm aproximadamente. (Becerra, 2003).

2.9.2 Composición

El yacimiento está compuesto por granulometrías que van desde 0.12 mm hasta 32 mm, correspondiente a arenas finas, arenas gruesas, gravilla y grava media. (Becerra, 2003)

2.9.3 Propiedades físico-mecánicas

El yacimiento está compuesto por arenas y gravas poco consolidadas, las cuales se consideran poco competentes debido a que poseen una cohesión aproximada de 0,5 Kg/cm², por lo que hay que conservar un ángulo de talud final con inclinación cercano al ángulo de reposo del material (35°).

2.9.4 Granulometría

El análisis granulométrico consiste en separar partículas de suelo o materia no consolidada por rangos, empleando mallas o tamices con aberturas de diferente dimensión. El proceso se lleva a cabo mediante agitación mecánica, la separación de las partículas en

porciones se pesa y se expresan en porcentajes que representan una parte del total de la masa que se está analizando. Agrupándolos de esta manera por rangos de tamaño. (Díaz, 2015).

En la gravera San Rafael, el material extraído es clasificado granulométricamente en nueve tamaños y los cuales los comuneros han denominado como: piedra #7, piedra #6, piedra #5, piedra #4, piedra #3, piedra #2, piedra #1, arena y polvo; los cuales se comercializan en pequeños sacos en la comunidad. En la siguiente tabla se presentan el tamaño característico de cada producto y su respectiva aplicación.

donde se determina la distribución porcentual de cada material dentro del yacimiento, dichos valores se presentan más adelante tabulados en la ~~¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.~~ Tabla V. En la gráfica se muestra el porcentaje de pasante respecto al tamaño de las partículas.

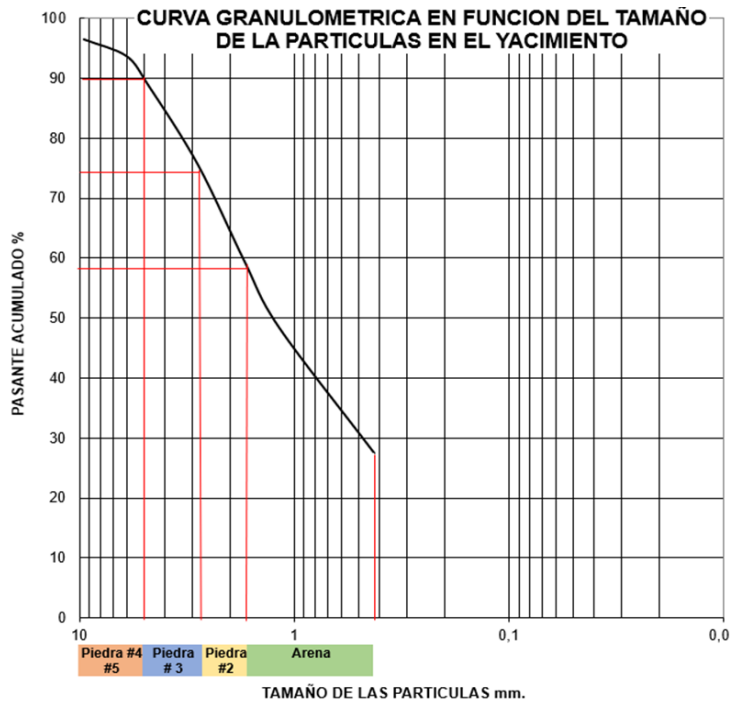
Tabla IV Productos que se comercializan por parte de la Asociación

Nombre comercial	D ₈₀ (mm)	Aplicaciones
Polvo	0,1	Fundición
Arena	0,5	Fundición y filtros
Piedra #1	1,2	Abrasivo
Piedra #2	1,8	Acabados de pisos, paredes y bancos ornamentales
Piedra #3	2,8	Acabados de pisos
Piedra #4	5,0	Recubrimientos de pozos

Tabla con formato

Piedra #5	5,9	Recubrimientos y peceras
-----------	-----	--------------------------

Fuente: Becerra, 2003



Fuente: [Barros, D., 2017](#) [Barros, 2018](#)

2.9.5 Propiedades fisicoquímicas

-El material presenta un porcentaje de desgaste de 19.58%, determinado por el ensayo de abrasión los ángeles. La densidad aparente de la grava corresponde a 2.65 t/m³. Mientras que la resistencia que presentan los agregados a los efectos de la

meteorización es buena, determinado por la resistencia que tiene el material a ser desintegrado por sulfato de sodio. (Becerra, 2003).

Los agregados como gravas y arenas que presentan poca cohesión son considerados incompetentes desde el punto de vista geomecánico. En la **Figura 2.8** se presenta el ángulo de fricción interna para algunos materiales, para este caso es de 35° aproximadamente, según la característica del material. El ángulo de fricción interna coincide con el de reposo cuando los materiales presentan poca cohesión por lo tanto será aproximadamente 35° . (GEOSUPPORT, 2011)

Clasificación	Ángulos de fricción							
	Ángulo de talud natural		Para la resistencia residual		Para la resistencia máxima			
	β ($^\circ$)	Talud (vert. a hor.)	ϕ_{res} ($^\circ$)	$\tan \phi_{res}$	Compacidad media		Compacta	
				ϕ ($^\circ$)	$\tan \phi$	ϕ ($^\circ$)	$\tan \phi$	
Limo (no plástico)	26	1: 2	26	0.488	28	0.532	30	0.577
	a		a		a		a	
Arena uniforme fina	30	1: 1.75	30	0.577	32	0.625	34	0.675
	a		a		a		a	
Arena uniforme fina a media	26	1: 2	26	0.488	30	0.577	32	0.675
	a		a		a		a	
Arena bien graduada	30	1: 1.75	30	0.577	34	0.675	36	0.726
	a		a		a		a	
Arena y grava	30	1: 1.75	30	0.577	34	0.675	38	0.839
	a		a		a		a	
	34	1: 1.50	34	0.675	40	0.839	46	1.030
	a		a		a		a	
	32	1: 1.60	32	0.625	36	0.726	40	0.900
	a		a		a		a	
	36	1: 1.40	36	0.726	42	0.900	48	1.110

Figura 2. 8 Ángulos de fricción usados en proyectos de ingeniería.
Fuente: Geosupport, 2011

DISEÑO MINERO

3.1 Cálculo de reservas

Para el cálculo de reservas se emplea el método geométrico, para ello fue necesario realizar una actualización topográfica de la concesión. Con esto se dibujan perfiles verticales equidistantes a lo largo de la superficie del terreno con el fin de obtener áreas parciales del yacimiento, que al multiplicarse por la distancia de separación entre estos se obtiene el volumen buscado.

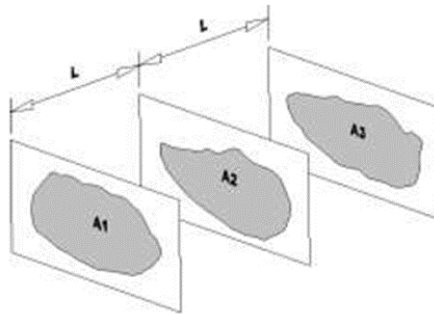


Figura 3. 1 Método de los perfiles para el cálculo de reservas
Fuente: López, 1997

Matemáticamente se puede expresar de la siguiente manera:

$$V = \frac{A_i + A_{(i+1)}}{2} * D$$

(3.1)

Con formato: Derecha

Dónde:

V = Volumen entre secciones

A_i = Área de la sección i

$A_{(i+1)}$ = Área de la sección i+1

D = Distancia entre secciones

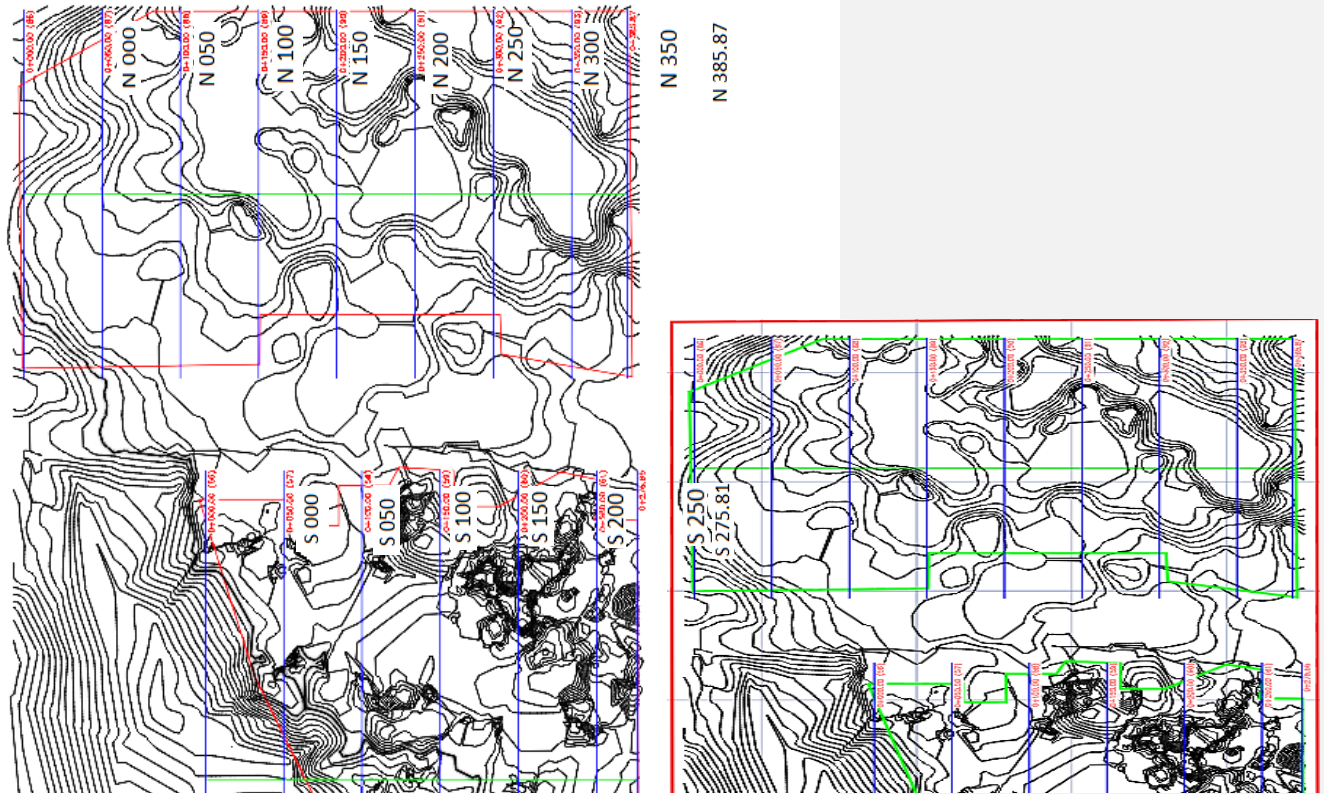


Figura 3.2 Perfiles Secciones de los frentes norte y sur del yacimiento "San Rafael" visto en planta

Fuente: Barros, D., 2017 Barros, 2018

Figura 3.3 Vista lateral de la sección SNR 100

Fuente: Barros, D., 2017 Barros, 2018

Para el modelado de la superficie y el trazo de los perfiles se empleó el software AutoCad Civil 3D 2018, se elaboraron 10 perfiles para el norte del yacimiento y 7 perfiles para el sur, separados 50 m. Para el cálculo del volumen de la capa vegetal se consideró una potencia promedio de 0.3 m, mientras que

para el volumen de estéril se consideró una potencia promedio de 0.8 m. todos los perfiles se presentan en los anexos de este documento.

Para los posteriores cálculos se mantendrán las unidades de volumen (m³) por tratarse de una gravera y por los volúmenes bajos de producción. Con estas consideraciones se resumen los cálculos de volúmenes en la [Tabla V;Error!](#)
[No se encuentra el origen de la referencia.Tabla V.](#)

Con formato: Fuente: Negrita

Con el cálculo de las reservas se procederá a calcular la cantidad de reservas disponibles en función de su granulometría y de la demanda, así se determinará los años que se tiene previsto de cada material.

Tabla V Cálculo de volúmenes de gravas, suelo y capa vegetal

PERFIL	DIST (m)	AREA (m ²)			VOLUMEN (m ³)		
		CAPA VEGETAL	SUELO	GRAVAS	CAPA VEGETAL	SUELO	GRAVAS
N 0+000	50	0	0	249	8428	3070	21782
N 0+050	50	34	123	622	2322	6944	38069
N 0+100	50	59	155	901	2377	6358	52635
N 0+150	50	36	99	1205	1306	6421	57718
N 0+200	50	16	157	1104	1520	7863	51543
N 0+250	50	44	157	958	2336	7855	49199
N 0+300	50	49	157	1010	1763	5607	55342
N 0+350	50	22	67	1203	986	2519	29544
N 0+385	35	35	77	485			
S 0+000	50	4	10	43	1175	7773	11929
S 0+050	50	43	301	434	1955	9924	27812
S 0+100	50	35	96	678	9604	11313	45571
S 0+150	50	349	356	1145	9209	10523	65616
S 0+200	50	19	65	1480	1168	3455	72677
S 0+250	50	27	73	1427	796	2285	36785
S 0+275	25	36	109	1516			

			VOLUMEN TOTAL (m ³)	37360	91912	616222
--	--	--	------------------------------------	-------	-------	--------

Fuente: [Barros, D., 2017](#)

[Barros, 2018](#)

Con formato: Centrado

Con formato: Centrado

Tabla VI Porcentaje de demanda con respecto al 100% vendible

Material	Demanda respecto a la venta (%)
Piedra #5 y #4	10%
Piedra #3	50%
Piedra #2	5%
Arenas	35%

Fuente: [Barros, D., 2017](#)[Barros, 2018](#)

Tabla con formato

Con la demanda del material, asumiendo un 5% de pérdidas y con el coeficiente de contracción del material del 90% tomado de la [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. **Tabla VIII**](#) para este tipo de materiales, se determinó las reservas de materiales según su tipo de granulometría en el yacimiento, resumida en la [Tabla VII ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. **Tabla VII**](#), con estos valores se procedió a terminar la cantidad de años que está disponible cada material según su demanda en el mercado.

Con formato: Fuente: Negrita

Tabla VII Distribución porcentual del material en el yacimiento

Material	Distribución del material en el yacimiento (%)
Piedra # 5 y 4	10%
Piedra # 3	17%
Piedra # 2	13%
Arenas	50%

Fuente: [Barros, D., 2017](#)[Barros, 2018](#)

Tabla con formato

Tabla VIII Coeficiente de contracción y esponjamiento

MATERIAL	ESPONJAMIENTO 1 + e (m ³ S)	CONTRACCIÓN 1 - e (m ³ C)
Arena y grava limpia seca	1,07 a 1,15	0,93 a 0,87
Tierra y grava limpia mojada	1,09 a 1,18	0,92 a 0,85
Capa vegetal	1,11 a 1,20	0,90 a 0,84
Tierra común	1,20	0,84
Marga arenosa	1,18	0,83
Marga arcillosa	1,25	0,80
Tierra margosa	1,20	0,84
Lodo	1,24 a 1,35	0,81 a 0,74
Arcilla con arena y grava	1,30 a 1,45	0,77 a 0,69

Fuente: [Barros, D., 2017](#)[Barros, 2018](#)

En la ~~Tabla IX~~~~Tabla IX~~~~Tabla IX~~, se resumen las reservas en m³ de cada material y el número de años que tiene disponible cada material según la demanda actual y un incremento de 10% anual en la producción. La producción actual corresponde a 12 m³/día, el cual ha sido determinado con el material ya listo para su comercialización por este motivo se ha considerado un coeficiente de contracción del material de 0.90 para los cálculos de las reservas.

Con formato: Fuente: (Predeterminada) Arial, 12 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminada) Arial, 12 pto

Tabla IX Reservas en función del tipo de material que se comercializa y su vida útil.

Tipo de material	Piedra 5, 4 (10%)	Piedra 3 (17%)	Piedra 2 (13%)	fino 50%
Reservas	61622,2	104757,8	80108,9	369733,5
Reservas+pérdidas+contracción	52687	89568	68493	364927
Tiempo de vida (años)	29	19	38	36
Producción año 1	346	1728	173	1210

Fuente: [Barros, D., 2017](#) [Barros, 2018](#)

Para el cálculo de los años disponibles para cada material, se dedujo una fórmula considerando las reservas totales con sus pérdidas y asumiendo un aumento en la producción del 10% anual:

$$n = \frac{\ln\left(1 + \frac{Rp * (\Delta - 1)}{P1}\right)}{\ln\Delta} \quad (3.2)$$

Donde:

n= Número de años

Rp= Reservas totales de cada producto

Δ = Razón de incremento anual en la producción (10%)

P1= Producción para el año 1 en cada material.

A continuación, se procederá a calcular los años disponibles para el material de mayor demanda y con ello se validará la fórmula presentada.

$$n = \frac{\ln\left(1 + \frac{104757,8 * (1,1 - 1)}{1728}\right)}{\ln 1,1}$$

$$n = 19$$

Lo cual equivalen a 19 años en producción hasta antes que se agoten las reservas del material conocido como piedra #3. De la misma forma se procede para el resto de los materiales, sus años ya están tabulados en la [Tabla IX](#) de esta sección.

3.2 Método de explotación

De acuerdo con las características del yacimiento, por tratarse de una gravera seca, con poca potencia y puesto que los estratos se encuentran depositados de manera sub horizontal, el método que más se adapta es el *strip mining* o descubiertas, también conocido como minería de transferencia. (Herbert, 2006)

De acuerdo Hartman (1996), este método de explotación es aplicable para yacimientos sedimentarios, de poco espesor ubicados a profundidades menores a 50 m. Una de las ventajas que este método ofrece, es el vertido del estéril dentro del espacio dejado por el material de interés explotado, reduciendo de esta manera los impactos ambientales causadas por la actividad minera.

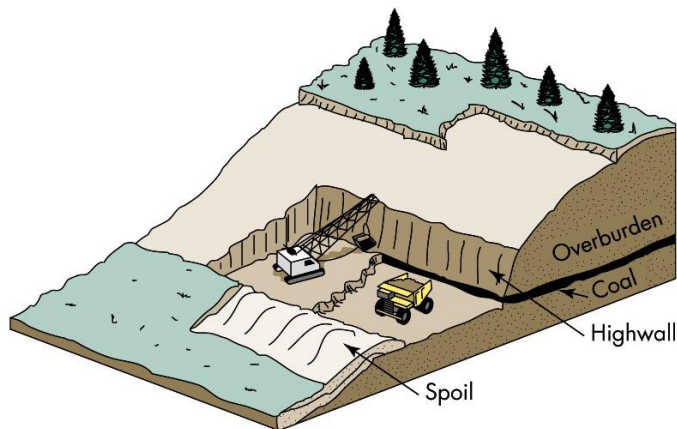


Figura 3. 4 Diagrama del método de explotación por descubiertas.

Fuente: The Claude Harvey, [2013](#).

3.3 Consideraciones de diseño

Para el correcto diseño de una explotación a cielo abierto se debe realizar un estudio geológico de la zona de interés, así como determinar las características litológicas que permitan conocer las propiedades naturales que presenta el depósito y en base a eso definir los criterios para la

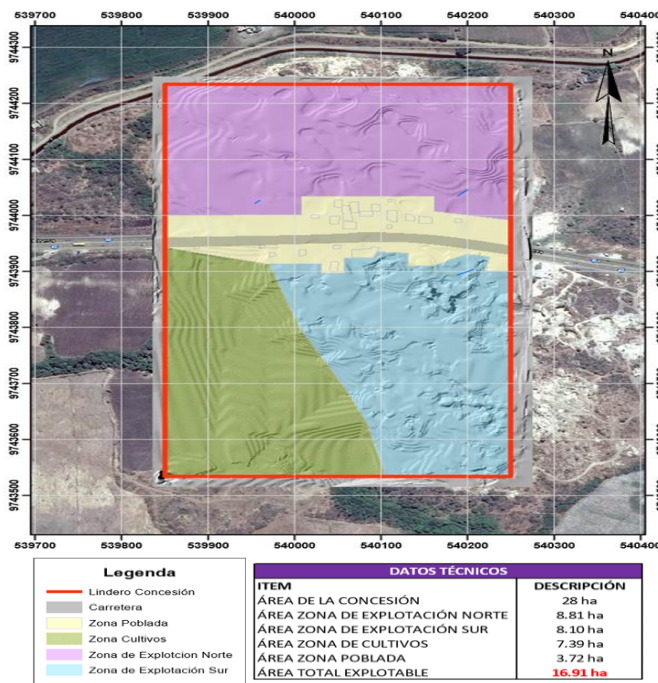
explotación como: geométricos, geotécnicos, operativos y ambientales.
(Jimeno, 1997)

Según Jimeno (1997), los criterios geométricos están en función de la estructura y morfología del yacimiento, límites de la propiedad, pendientes del terreno y ubicación espacial de las instalaciones de sobre mina.

El yacimiento no presenta altas elevaciones, presenta alturas que fluctúan desde la cota más baja que está en los 36 msnm y la cota más alta que es 45 msnm.

Las dimensiones del frente longitudinalmente es de 400 m y 280 m de ancho en el frente sur mientras que para la parte norte se tiene 240 m de longitud y 380 m de ancho. Para la infraestructura de sobre mina, se han considerado dos vías de entradas en cada frente de explotación, dos centros de acopio para grava, uno para cada frente, un espacio físico para labores menores de mantenimiento de los equipos y la oficina de la asociación la cual en la actualidad ya cuenta con una infraestructura física construida. Para la ubicación de la infraestructura descrita se tomó en consideración construcciones ya existentes y la facilidad para llegar hasta ellas por

carretera como es el caso de los centros de acopio que los ubicó cerca de la vía principal para facilitar la carga para los casos en los que el producto se venda a granel.



Fuente: Barros, D., 2018 Barros, 2018.

Con formato: Descripción, Izquierda, Sangría: Izquierda: 1 cm

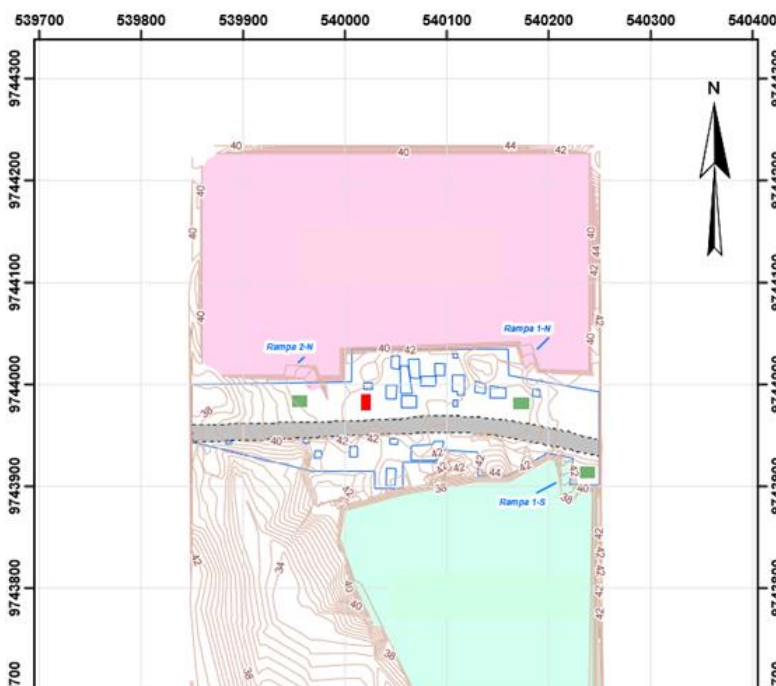




Figura 3. 6 Mapa de la distribución de la infraestructura de sobre mina.

Fuente: [Barros, D., 2018](#) ~~Barros, 2018~~.

3.3.2 Criterios geotécnicos

El yacimiento está conformado por gravas arenosas poco consolidadas, prácticamente depositados de forma horizontal. Las

características físico-mecánicas más relevantes detallan en la siguiente tabla:

Tabla X Características físico-mecánicas del yacimiento "San Rafael"

Densidad aparente	2.65 t/m ³
Cohesión	< 0.5 kg/cm ²
Ángulo de rozamiento interno	35°
Resistencia a la compresión simple	0.2-6 MN/m ²

Fuente: Becerra, 2003

Por el tipo de material que existe en el depósito y en función de la topografía se definieron los parámetros para el talud final de la explotación, se tiene un ángulo de talud 35° y la altura máxima de 4 m. estos tipos de yacimientos se encuentran susceptibles a fallas del tipo circular, por ello para analizar la estabilidad del talud se aplicará el método de Hoek & Bray, para el cual se emplean ábacos en función del tipo de saturación al que está expuesto el talud.

Tabla con formato

CONDICIÓN DE AGUAS	ABACO N°
TALUD SECO	1
NIVEL FREÁTICO SUPERFICIAL A 3h DETRAS DEL PIE DEL TALUD	2
NIVEL FREÁTICO SUPERFICIAL A 4h DETRAS DEL PIE DEL TALUD	3
NIVEL FREÁTICO SUPERFICIAL A 2h DETRAS DEL PIE DEL TALUD	4

Figura 3.7 Situaciones de la línea de saturación
Fuente: Hoek & Bray, 1977

Para este caso la condición del agua en el talud se consideró de 2, luego se selecciona la curva correspondiente a este tipo de condición para el talud. Se procede a realizar el cálculo del valor adimensional que se empleará en la **Figura 3.8** ~~Figura 3.8~~ ~~Figura 3.8~~, con la siguiente ecuación:

$$\frac{c}{\gamma * H * \tan \phi} \quad (3.3)$$

$$\frac{4.92}{2.65 * 4 * \tan 35^\circ} = 0.66$$

Donde:

c= cohesión del material (4.92 t/m²)

γ = densidad del material (2.65 t/m³)

ϕ = ángulo de fricción interna (35°)

H= altura del talud (5 m)

Con formato: Fuente: 14 pto

Con formato: Fuente: 14 pto

Con formato: Derecha

Con formato: Fuente: 14 pto

Con formato: Fuente: 14 pto

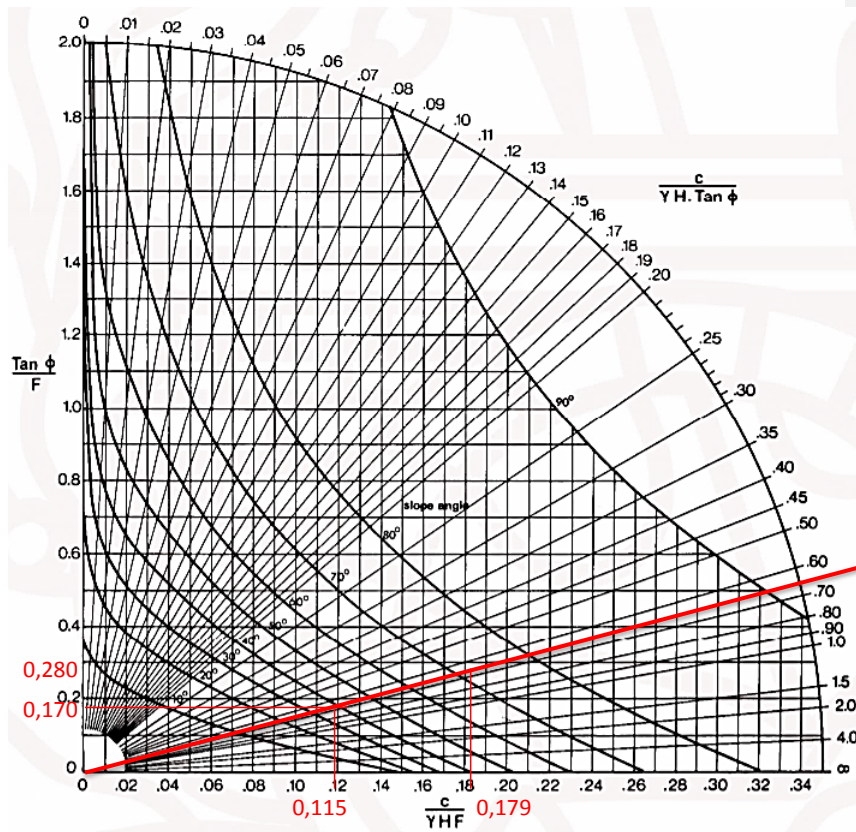


Figura 3. 88 Ábaco para el cálculo de falla circular, condición #2
Fuente: Hoek y Bray, 1977

El intercepto con el ángulo de talud de 35° que se ha definido para el límite final de explotación, se calcula el factor de seguridad con cualquiera de las dos expresiones, para este estudio se calcula con las dos ecuaciones.

$$\frac{4.92}{2.65 * 4 * F} = 0.115 \rightarrow F = 4.03$$

$$\frac{\tan 35}{F} = 0.170 \rightarrow F = 4.11$$

En cualquiera de los dos casos se tiene un factor de seguridad mayor a 3, esto quiere decir que la sumatoria esfuerzos resistentes al cortante del talud son mayores a la sumatoria de los esfuerzos cortantes por ello el talud es completamente competente.

Para el talud de trabajo se ha definido un ángulo de talud de 70°, los cálculos del factor de seguridad para este caso está entre 2.5 y 2.59, al igual que el caso anterior no se tendría problemas de estabilidad con estos taludes, el cálculo se detalla a continuación:

$$\frac{4.92}{2.65 * 4 * F} = 0.179 \rightarrow F = 2.5$$

$$\frac{\tan 35}{F} = 0.280 \rightarrow F = 2.59$$

3.3.3 Criterios operativos

El método de explotación seleccionado consiste en la minería de transferencia, en donde se avanza con un banco único y se va depositando el estéril en el tajo que ya ha sido explotado.

El tipo de explotación se realizará con arranque mecánico y para esto se empleará una retroexcavadora Jhon Deere modelo 310L, con capacidad del cazo excavador de 0.18 m³ y una capacidad de cazo cargador de 0.86 m³.

Se ha establecido la meta de aumentar la producción un 10% cada año, dada la producción actual, el equipo tendrá la capacidad de realizar las labores de explotación y transporte.

La explotación de la gravera se concentrará en el frente sur, empezando desde la parte de atrás, avanzando hacia la carretera principal, llegando hasta la cota 37 msnm. Con el fin de que las labores sean cubiertas por la altura del banco y así mantener ocultas las labores, se sembrará árboles cerca de la carretera con el fin de crear una pantalla natural y así disminuir el impacto visual.

En la parte norte el avance será de la misma forma que en el sur: desde el lindero posterior de la concesión, acercándose hasta la carretera principal, llegando a profundizar hasta la cota 39 msnm.

Después de retirada la capa vegetal y la capa de estéril, las labores de explotación se desarrollarán con un talud único que tendrá en promedio

una altura de 4 metros, con un ángulo igual al de reposo de los materiales, garantizando así su estabilidad.

El ancho de la plataforma de trabajo está determinado por el radio de giro que para el caso de estudio es de 4.25 m, el espacio necesario para que la máquina pueda operar igual 7.24 m y una distancia de seguridad que se establece en 1 m, finalmente el ancho de la plataforma queda definido por 12.49 m. El ancho de la vía está determinado por la siguiente expresión:

$$A = a * (0.5 + 1.5n) \quad (3.4)$$

$$A = 2.18 * (0.5 + 1.5 * (2)) = 7.63 \text{ m}$$

Donde:

A: ancho de la vía en metros

a: anchura del vehículo en metros

n: número de carriles deseados

Se encontró, mediante la expresión anterior, que el ancho de la vía debe ser de 7.63 m, para facilidad del diseño de establecerá un ancho de vía de 8 m. Los criterios operativos de resumen en la siguiente tabla:

Tabla XI Parámetros operativos

Altura de banco	5 m
Ancho de banco de trabajo	12.49
Angulo de talud final	35°
Ancho de vía	8 m
Fondo de explotación Norte	39 msnm
Fondo de explotación Sur	37 msnm

Fuente: [Barros, D., 2017](#)[Barros, 2018](#)

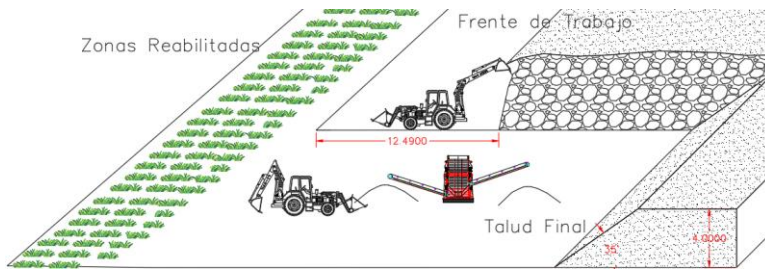


Figura 3. 9 Diagrama del método de explotación

Fuente: [Barros, D., 2018](#)[Barros, 2018](#)

Con formato: Interlineado: sencillo

Con formato: Fuente: Sin Negrita

3.3.3.1 Maquinaria minera

Se tiene una producción diaria de 12 m³, el material que se explota son gravas arenosas poco consolidadas. Según la producción que se tiene se seleccionará una retroexcavadora cargadora, de marca Jhon Deere 310 L, con capacidad del caso para la excavadora de 0.18 m³ y capacidad del brazo cargador es de 0.86 m³ con chasis montado sobre neumáticos. Hay que mencionar que con el mismo equipo se procederá al retiro de la capa vegetal y el estéril, para estas labores y las de conformación de taludes, se destinarán 2

horas diarias puesto que en los primeros años el equipo está sobre dimensionado.

Se analizará mediante una matriz de valoración la selección del equipo retroexcavador frente a sus competidores: excavadora montado sobre orugas y el cargador frontal. El criterio aplicado para la selección está en función del tipo de trabajo que se va a realizar.

La valoración corresponde a la aplicabilidad que tiene el equipo para el tipo de trabajo que se está analizando, así se tiene entonces que: "X" corresponde a posible, "XX" recomendado y "-" no recomendado. Del análisis se tiene que la mejor valoración es 19 y corresponde al retroexcavador, el cual por sus características es el que mejor se adapta a las condiciones del terreno existentes.

Tipo de obra	Equipo		
	Excavadora	Retro excavadora	Cargadora frontal
a) Canteras			
Frentes medios	X	XX	XX
Frentes altos	XX	X	XX
b) Minas			
Movimiento de estéril	X	XX	XX
Movimiento de carbón	XX	-	XX
c) Arranque selectivo			
Capas horizontales	X	XX	XX
Capas inclinadas	XX	X	X
Materiales muy blandos	XX	XX	-
d) Obras públicas			
Excavación bajo agua	XX	XX	-
Canales y Zanjas	XX	XX	-
Graveras	XX	XX	-
Carreteras	X	XX	XX
Túneles	-	X	XX

Tabla con formato

Fuente: Manual de arranque carga y transporte en minería a cielo abierto, [1995](#).

Con formato: Sangría: Primera línea: 0,75 cm, Interlineado: sencillo

3.3.3.4-2 Rendimiento de la excavación

Con la producción requerida y el equipo seleccionado se procederá a realizar los cálculos de rendimientos en la excavación en el frente de trabajo.

Rendimiento en el frente de explotación:

$$R_p = \frac{60 \cdot C_c \cdot E \cdot F1}{T_c} \quad (3.5)$$

Dónde:

C_c = Capacidad del cucharón = 0.18 m³ del catálogo

E = Factor de eficiencia operativa ([Tabla XIII](#): ~~Tabla XIII~~ ~~Tabla XIII~~).

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Derecha

Con formato: Fuente: 14 pto

Con formato: Fuente: 14 pto

Con formato: Fuente: 14 pto

Con formato: Fuente: 14 pto

Con formato: Fuente: 14 pto

Con formato: Fuente: 14 pto

Con formato: Fuente: 14 pto

Con formato: Fuente: 14 pto

Con formato: Fuente: 14 pto

Con formato: Fuente: 14 pto

Con formato: Fuente: 14 pto

Con formato: Interlineado: 1,5 líneas

Con formato: Fuente: (Predeterminada) Arial, 12 pto

Con formato: Fuente: (Predeterminada) Arial, 12 pto

F1 = Factor de llenado del cucharón (**Tabla XIV**~~Tabla XIV~~~~Tabla XIV~~).
Para el cálculo del rendimiento de la excavación es necesario el uso de tablas para determinar algunos factores que están definidos según las condiciones del terreno.

Tabla XIII Eficiencia operativa en función de la organización de los trabajos

Condiciones de trabajo	Calidad de la organización			
	Excelente	Buena	Regular	Deficiente
Excelentes	0,83	0,8	0,77	0,77
Buenas	0,76	0,73	0,7	0,64
Regulares	0,72	0,69	0,66	0,6
Malas	0,63	0,61	0,59	0,54

Fuente: Manual de cálculos de maquinaria pesada, 2009.

$$R_p = \frac{60 * 0,18m^3 * 0,60 * 0,95}{0,45min}$$

$$R_p = 14,59 m^3/h$$

Tabla XIV Factor de llenado según el equipo de carga y el tipo de material a cargar

Estado del material a cargar	Equipo de carga		
	Pala de ruedas	Excavadora	Dragalina
Fácilmente excavable	0,95 – 1,00	0,95 – 1,00	0,95 – 1,00
Excavabilidad media	0,80 – 0,95	0,85 – 0,95	0,85 – 0,95
Difícilmente excavable	0,50 – 0,80	0,75 – 0,85	0,70 – 0,80

Fuente: Manual de cálculos de maquinaria pesada, 2009.

Tabla con formato

Con formato: Sangría: Primera línea: 1,75 cm, Interlineado: sencillo

Tabla con formato

Con formato: Sangría: Primera línea: 1,25 cm, Derecha: 1,35 cm, Interlineado: sencillo

m³/día, se tiene que la producción diaria es de 12 m³ el primer año, eso quiere decir que para los primeros años el equipo va a trabajar 1 h/día y se cumplirá con la producción sin embargo con el mismo equipo se acarreará el material al centro de acopio y para ello también se efectúan los cálculos de rendimientos.

Adicionalmente con el mismo equipo se realizarán los trabajos de remoción de capa vegetal y estéril además de las labores auxiliares se destinarán 2 horas diarias.

3.3.3.2 Rendimiento en el transporte

Para el transporte el equipo seleccionado cuenta con un cazo de capacidad 0.86 m³. Para los cálculos es necesario precisar algunas características de las condiciones de terreno, así como las condiciones del transporte. Se tiene una distancia de transporte hasta el punto más alejado, de 400 m, la velocidad de transporte cargado es de 10 Km/h mientras que para el recorrido vacío la velocidad es de 20 Km/h. Para calcular el tiempo de ciclo se tiene la siguiente ecuación:

$$T_{cc} = T_c + T_{vc} + T_d + T_{vv} \quad (3.6)$$

Con formato: Derecha

Donde:

Tc: Tiempo de carga.

Tvc: Tiempo de viaje cargado.

Td: Tiempo de descarga.

Tvv: tiempo de viaje vacío

Para determinar el tiempo de ciclo es necesario primero determinar el tiempo de viaje cargado y el tiempo de viaje vacío. En tiempo de viaje cargado, además del viaje considera las maniobras de posicionamiento en la plataforma de descarga. Entonces tenemos:

$$T_{cv} = \left(\frac{d}{v_{ll}} + md \right) K_f = \left(\frac{0.4 \text{ km}}{10 \frac{\text{km}}{\text{h}}} + 0.0027h \right) 1.15 = 0.0491 \text{ h} \quad (3.7)$$

$$\approx 2.95 \text{ min}$$

Donde:

d: Distancia la carga hasta la descarga = 0.4 km.

VII: Velocidad de desplazamiento lleno = 10 km/h

md: Tiempo de maniobra de descarga = 10 s = 0.0027h

Kf: Coeficiente de fluctuaciones de velocidad y otros = 1.15.

El tiempo de viaje vacío, este tiempo incluye, además del viaje las maniobras de posicionamiento en la plataforma de carga.

$$T_{cv} = \left(\frac{d}{Vv} + mc \right) Kf = \left(\frac{0.4 \text{ km}}{20 \frac{\text{km}}{\text{h}}} + 0.00271 \text{ h} \right) 1.15 = 0.0261 \text{ h}$$

$$\approx \mathbf{1.57 \text{ min}}$$

Donde:

Vv: velocidad de viaje vacío = 20 km/h

mc: Maniobra de posicionamiento en la plataforma de carga $s \approx 0.0027 \text{ h}$

Calculando en tiempo de ciclo entonces tenemos:

$$T_{cc} = T_c + T_{vc} + T_d + T_{vv} \quad (3.8)$$

$$T_{cc} = 20 \text{ s} + 117 \text{ s} + 10 \text{ s} + 94 = 241 \text{ s} \approx \mathbf{4 \text{ min}}$$

Con formato: Derecha

3.3.3.3 Cálculo de la productividad

Existen 3 tipos de productividad: técnica, teórica y de explotación. Para este trabajo se calcularán las 3, haciendo las consideraciones necesarias para el equipo de arranque, carga y transporte, que en nuestro caso de estudio es el mismo equipo, dadas las características del material que se está explotando y las distancias de transporte.

Productividad teórica (Qt)

$$Q_t = \frac{3600 E_c}{T_{cc}} = \frac{3600 \cdot 0.86}{241} = 12.84 \text{ m}^3/\text{h} \quad (3.9)$$

Donde:

Ec: Capacidad nominal del camión.

Productividad técnica del transporte (Qtec)

$$Q_{tec} = Q_t * K_u * K_{llc} * T_t \quad (3.10)$$

$$Q_{tec} = 12.84 * 0.66 * 0.9 * 6 = 45.761 \text{ m}^3/\text{h}$$

Donde:

Ku: Coeficiente de utilización del equipo de transporte.

Kllc: Coeficiente de llenado del camión.

Tt: Tiempo de turno.

Productividad de explotación (Qe)

$$Q_e = Q_{tec} K_n \quad (3.11)$$

$$Q_e = 45.761 * 0.85 = 38.89 \text{ m}^3/\text{h}$$

Donde:

Kn: Tiempos improductivos no tecnológicos.

Con formato: Fuente: 14 pto

Con formato: Fuente: 14 pto

Con formato: Fuente: 14 pto

Con formato: Derecha

Con formato: Fuente: 14 pto

Con formato: Fuente: 14 pto

Con formato: Fuente: 14 pto

Con formato: Fuente: 14 pto

Con formato: Fuente: 14 pto

Con formato: Fuente: 14 pto

Con formato: Fuente: 14 pto

Con formato: Derecha

Con formato: Derecha

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

Con formato: Centrado

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

3.3.3.4 Clasificación de los materiales

Se necesita clasificar 4 tipos de granulometría: piedra # 4 y 5 (>5 mm), piedra # 3 (5-2.8 mm), piedra # 2 (2.8-1.8 mm) y arenas (<1.8mm). Comercialmente se pueden encontrar cribas vibratorias con tres pantallas que entregan 3 productos y un pasante que para nuestro caso sería la arena.

Para la selección de la criba vibratoria, se buscó un fabricante y en el catálogo de productos seleccionamos la que se permita obtener los 4 tipos de productos y que tenga la capacidad de procesar la producción diaria. Las características de dicha criba se pueden encontrar en la siguiente tabla:

Modelo	Dimensión de zaranda(mm)	Cantidad de pantalla	Malla de criba (mm)	Máx. tamaño de alimentación (mm)	Capacidad de tratamiento (t/h)	Potencia de Motor (kW)	Frecuencia de vibrar (r/min)	Doble vibración(mm)
2YZS1237	3700×1200	2	3-100	120	10-80	11	750-950	5-9
3YZS1237	3700×1200	3	3-100	120	10-80	11	750-950	5-9
2YZS1548	4800×1500	2	3-100	250	30-200	15	750-950	5-9
3YZS1548	4800×1500	3	3-100	250	30-200	15	750-950	5-9
2YZS1848	4800×1800	2	3-100	300	50-250	18.5	750-950	5-9
3YZS1848	4800×1800	3	3-100	300	50-250	18.5	750-950	5-9

Fuente: Liming heavy industry, [2013](#).

Se ha planificado hacer la clasificación en el frente de la extracción con la misma retroexcavadora que se realiza el arranque. Se tiene planificado, en vez de apilar o almacenar el material, depositarlo sobre la criba para continuar con la clasificación del material, una vez finalizado este proceso se procederá al transporte de los productos hasta el centro de acopio donde se procederá a su empacado.

Se adaptará la criba, de tal manera que sea fácil su traslado hasta los frentes de explotación, para ello se montará sobre un chasis con llantas para que se pueda acoplar a la retroexcavadora y de esta manera se pueda mover por los frentes donde se esté trabajando.

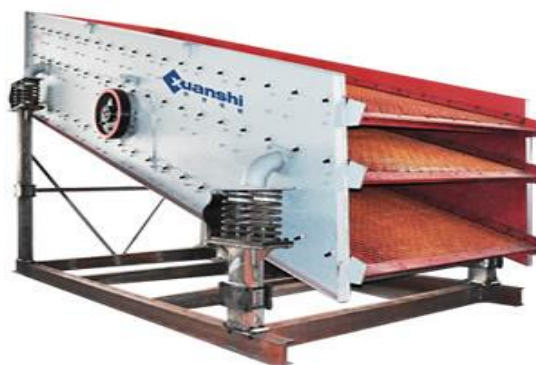


Figura 3. 10 Criba vibratoria de tres pantallas Xuanshi.
Fuente: Xsm Crusher, [2013](#).

3.3.4 Criterios ambientales

Dentro de las actividades de explotación en el yacimiento se debe realizar un control de impactos sobre los siguientes factores:

- **Aire.** La emisión de polvo y partículas sólidas son originadas por el arranque y la clasificación del material, las cuales causan contaminación en el aire y la atmósfera. La poca cohesión del material, la presencia de arcillas y arenas de diferente tamaño contribuye a este tipo de problema por lo que es necesario tomar ciertas medidas que se mencionarán más adelante.
- **Paisaje.** Por tratarse de una explotación a cielo abierto, es inevitable el impacto visual que se genera, de tal manera que las medidas tomadas en torno a este tema están enfocadas a disminuir su impacto en el entorno.
- **Suelo.** Aunque el suelo en las condiciones actuales no es apto para el cultivo debido a las actividades extractivas que se vienen

realizando hace algunos años, lo que se busca es dejar lo más adecuado posible para que un futuro se puedan plantar algunas variedades de árboles propias del sector.

- **Flora y fauna.** Actualmente la presencia de flora y fauna en la concesión es muy limitada causada por las labores que ahí se realizan desde varios años como ya se lo había mencionado anteriormente. Una vez finalizada las labores de explotación según el cronograma programado para cada fase se irán rehabilitando las zonas de explotación con las especies que se van retirando de los frentes conforme se avance en la explotación, puesto que en el método de explotación se lo había considerado de esta forma. Con estas medidas busca dejar las condiciones que inicialmente tenía el sector para atraer nuevamente la fauna que originalmente habitaba en el sector y que por la minería migró.

Para disminuir los impactos señalados anteriormente se deben tomar algunas medidas de mitigación las cuales se detallan en la siguiente tabla:

Tabla XVI Medidas de mitigación de impactos.

	Impactos	Medidas de mitigación
Sobre el aire	Polvo	Riego de los frentes de explotación
		Empacado y apilado inmediato de los materiales

		Cubrir con membranas plásticas los materiales en stock
Sobre el paisaje	Impacto visual	Pantalla natural con siembra de arboles
		Mantener labores bajo la cota promedio del terreno empezando la explotación desde los linderos externos de la concesión
Sobre el suelo	Infertilidad del suelo	Rehabilitación de frentes en el menor tiempo
		Mantener condiciones adecuadas para el almacenaje temporal de la capa vegetal
Sobre flora y fauna	Migración de especies	Rehabilitar con especies circundantes y con las retiradas del yacimiento
		Evitar trabajos en frentes rehabilitados para el asentamiento de la fauna

Fuente: [Barros, D., 2018](#) Barros-20018

En lo que respecta al agua no se tiene un impacto mayor debido a que no se manejan ningún tipo de químicos, ni procesos industriales dentro del yacimiento.

3.3.4.1 Drenaje

En la concesión minera se registran periodos de precipitaciones importantes en la época lluviosa que va desde los meses de enero a mayo, para los cuales se calculará el caudal de escorrentía empleado la fórmula racional para sectores rurales. Este método es apropiado cuando la zona de trabajo de superficie no supera las 1000 ha. (Ministerio de transporte y comunicaciones, 2008).

$$Q = \frac{C * I * A}{360} \quad (3.12)$$

Donde:

Q= Caudal máximo en m³/s

C: coeficiente de escorrentía

I: Intensidad de la precipitación considerado en mm/h

A: Área de influencia en ha

Se tiene dos frentes de trabajo, por lo tanto, se tienen dos áreas de influencia: área norte con 8.23 ha y el área sur con 8.08 ha. por tratarse de áreas similares y estar sometidos al mismo radio de influencia se calculará el caudal para el área norte por tratarse de una mayor superficie.

Para intensidad de precipitación se tomó como referencia los valores máximos de la precipitación de los meses de la época lluviosa correspondiente a los meses de enero a mayo, obteniendo en promedio para dichos meses un valor de 0.20 mm/h.

Para el coeficiente de escorrentía se tomó el valor de la tabla correspondiente a las características del terreno en cual pertenece a 0.35, valor adimensional. Con estos valores se procedió a calcular de la siguiente manera:

$$Q = \frac{0.40 \cdot 0.20 \cdot 8.23}{360} = 0.0018 \text{m}^3/\text{s}$$

El único aporte de agua dentro del yacimiento es producto de las precipitaciones, el caudal encontrado no representa problemas por importantes de escorrentía superficial, sin embargo, se conservará una pendiente del 0.5% en el fondo de la explotación en los dos frentes de tal manera que el agua recogida producto de las precipitaciones, si fuera es caso, fluye naturalmente hasta encontrar su cauce natural al intersecarse con la topografía del terreno.

Tabla XVII Coeficiente de escorrentía método racional para sectores rurales.

COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIADA > 50%	ALTA > 20%	MEDIA > 5%	SUAVE > 1%	DESPRECIABLE < 1%
Sin vegetación	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Cultivos	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
Hierba, grama	Impermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	Permeable	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Bosques, densa vegetación	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

Fuente: Manual de hidrología e hidráulica, 2008

Como medida preventiva se construirán cunetas perimetrales en los taludes para evitar la saturación del talud producto de las

precipitaciones y también en los límites de la concesión donde se estima se depositará la escorrentía que se recoja por la pendiente del 0.5% que se mantendrá en el fondo de los dos frentes de explotación, con el fin de favorecer el drenaje natural del agua en la temporada lluviosa y dirigirlos a su cauce natural.

La cuneta tendrá sección trapezoidal, construidas con una base de grava de esta explotación. El yacimiento se encuentra en una región seca (< 400 mm/año). Puesto que las cunetas solo se usarán en ciertos meses del año, es importante que sean habilitadas días previos a los meses que se tiene previsto empiecen las precipitaciones.

Tabla XVIII Dimensiones mínimas de cuneta triangular típica.

REGION	PROFUNDIDAD (d) mts.	ANCHO (a) mts.
Seca (<400mm/año)	0.20	0.50
Lluviosa (De 400 a <1600mm/año)	0.30	0.75
Muy lluviosa (De 1600 a <3000mm/año)	0.40	1.20
Muy lluviosa (>3000mm/año)	0.30*	1.20

Fuente: [Ministerio de transporte y comunicaciones, 2008.](#)

Para las dimensiones de las cunetas tendrán las siguientes dimensiones: ancho 0.5 m y profundidad 0.2 m tomando como referencia las dimensiones de una cuneta triangular, en este caso se la adaptarán esas dimensiones de tal forma que la sección sea trapezoidal.

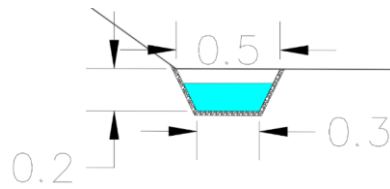
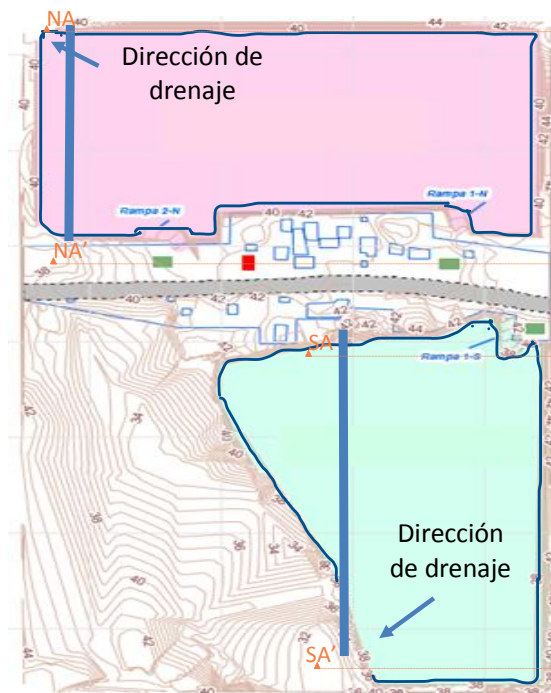


Figura 3. 11 Diagrama de cuneta de sección triangular.

Fuente: [Barros, D., 2018](#)



Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Con formato: Fuente: 12 pto

Figura 3. 12 Diagrama y dirección del drenaje.
Fuente: [Barros, D., 2018](#)[Barros, 2018](#).

En el caso del frente sur el terreno natural corta con la cota de final del frente, permitiendo que el agua pueda seguir su cauce y ser drenado de forma natural. Para favorecer el drenaje el fondo de la explotación mantiene una pendiente del 0.5% en sentido NS. Para el frente norte de la misma forma que en el sur se mantiene una pendiente del 0.5% pero en sentido SN, de tal manera que ayude a la circulación del agua por la dirección que se muestra en este

frente, desde el punto señalado como salida de drenaje se evacuará el agua por medio de una tubería PVC de sección circular de 5 metros de longitud, el cual permite que la escorrentía recogida pueda llegar hasta una quebrada que pasa por el costado oeste de la concesión. En la figura 3.13 se muestra la sección de los dos frentes de explotación y sus respectivas cunetas

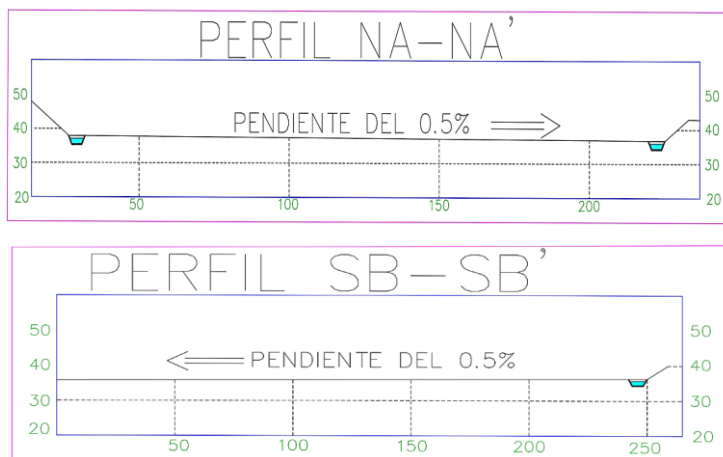


Figura 3. 13 Perfiles frente norte y sur, ubicación de cunetas de drenaje.

Fuente: [Barros, D., 2018](#)

3.4 Planificación

Para la planificación de la explotación se consideró trabajar en los dos frentes. En el frente norte se trabajarán los meses de la época lluviosa comprendidos en los meses de enero a mayo debido a que en este frente tiene la cota del fondo de la explotación en 39 msnm con lo cual significa una ventaja para evitar posibles problemas por escorrentía superficial. Mientras que los trabajos en el frente sur se llevarán a cabo en los meses de junio a diciembre donde la cota del fondo de la explotación llega a los 37 msnm y por tratarse de la temporada seca del año no se tendrá problemas de drenaje.

Es importante recalcar que las labores empezarán S-N atravesando el frente norte hasta llegar al lindero de la concesión, en cambio en el frente sur las labores empezarán en sentido N-S hasta llegar al límite de la concesión, esto con el fin de conformar una vía estable, que permita llegar a los frentes de trabajo continuando con la extracción.

Una vez en los linderos de la concesión el avance se realizará horizontalmente en sentido E-W atacando el banco de frente, tal como se muestra en la figura 3.9 donde se explica el esquema de explotación.

El yacimiento se la ha dividido en 8 bloques y se los va a explotar en tres fases la cuales se explican más adelante.

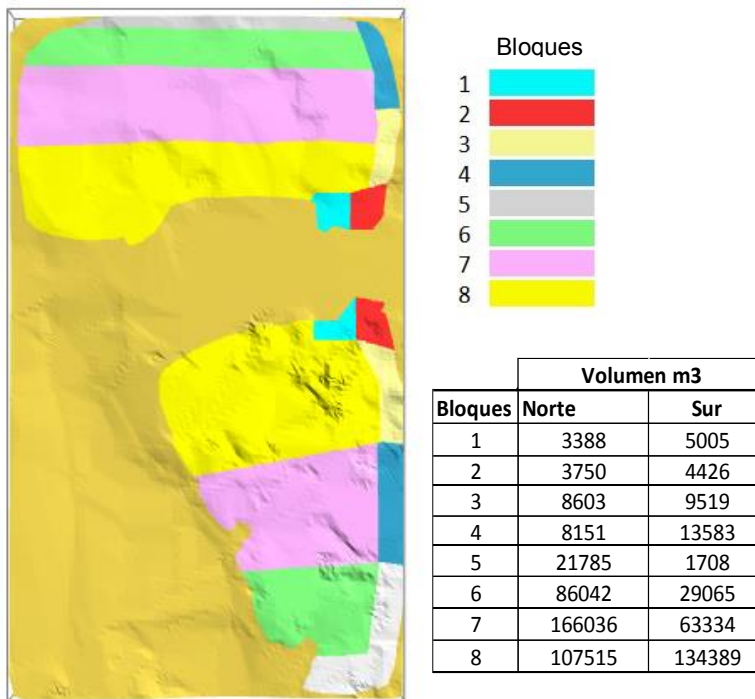


Figura 3. ~~141414~~ Segmentación del yacimiento en bloques.
Fuente: [Barros, D., 2018](#) ~~Barros 2018~~

Fase I

Está comprendida por 3 primeros bloques que corresponden a los 7 primeros años de producción, donde se extraerán en promedio 4600 m³ anuales y se extraen alrededor de 34 500 m³ de material.

Tabla XIX Detalles de la producción correspondiente a la fase I.

Producción	Volumen (m ³) según el tipo de material				total
	Piedra 5, 4	Piedra 3	Piedra 2	fino	
año 1	346	1728	173	1210	3456
año 2	380	1901	190	1331	3802
año 3	418	2091	209	1464	4182
año 4	460	2300	230	1610	4600
año 5	506	2530	253	1771	5060
año 6	557	2783	278	1948	5566
año 7	612	3061	306	2143	6123

Fuente: [Barros, D., 2018](#) [Barros, 2008](#)

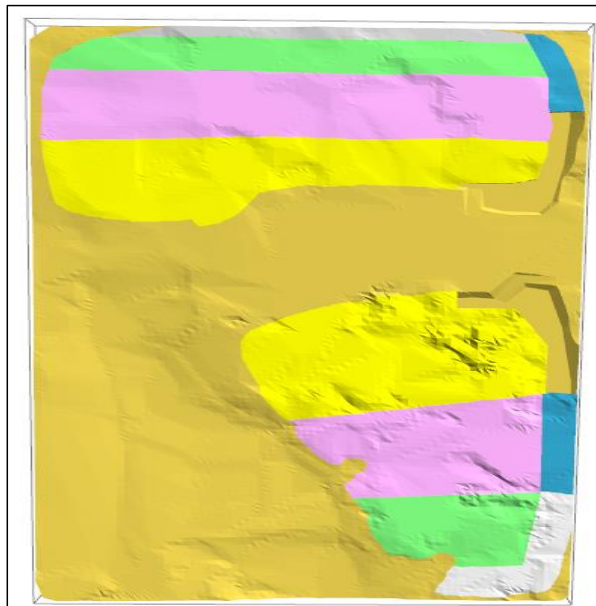


Figura 3. 15 Diagrama de explotación terminada la fase I.

Fuente: [Barros, D., 2018](#)

[Barros 2018](#)

Está comprendido por los bloques 4, 5 y 6 que corresponden a los 13 años siguientes de producción, donde se extraen en promedio 12 700 m³ anuales y un total de 165 100 m³ de material. Los detalles de la producción por tipo de material se detallan en la siguiente tabla.

producción	Volumen (m ³) según el tipo de material				Total
	Piedra 5, 4	Piedra 3	Piedra 2	fino	
año 8	673	3367	337	2357	6735
año 9	741	3704	370	2593	7408
año 10	815	4075	407	2852	8149
año 11	896	4482	448	3137	8964
año 12	986	4930	493	3451	9860
año 13	1085	5423	542	3796	10846
año 14	1193	5966	597	4176	11931
año 15	1312	6562	656	4593	13124
año 16	1444	7218	722	5053	14437
año 17	1588	7940	794	5558	15880
año 18	1747	8734	873	6114	17468
año 19	1922	9608	961	6725	19215
año 20	2114	10568	1057	7398	21137

Fuente: [Barros, D., 2018](#) [Barros 2018](#)

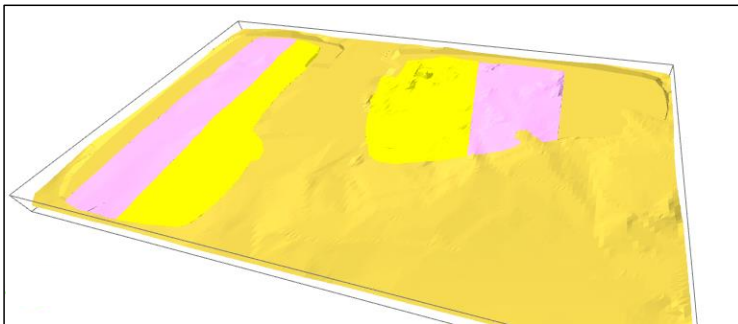


Figura 3. 16 Diagrama de explotación terminada la fase II.
Fuente: [Barros, D., 2018](#) Barros-2018

Esta fase está comprendida por los bloques 7 y 8 restantes, los representan los últimos 20 años de la producción prevista. En promedio anual se extrae 21 980 m³ y un total de 439 600 m³, hasta finalmente llegar al fondo de la explotación en los 2 frentes, donde ya se puede apreciar el diseño final.



Figura 3. 17 Diagrama de explotación terminada la fase III.
Fuente: [Barros, D., 2018](#) Barros-2018

En la ~~Tabla XX~~~~Tabla XX~~~~Tabla XX~~ se muestra el tiempo en años que se necesita para explotar cada bloque, el periodo más extenso corresponde al bloque 7 con 11.5 años, mientras que el periodo más corto, corresponde al bloque 2 con 1.9 años.

Tabla XXI Cantidad de años que toma explotar cada bloque

Bloques	Volumen m ³	Años
1	8393	2,3
2	8176	1,9
3	18122	3,3
4	21734	2,9
5	23493	3,2
6	115107	7,1
7	229370	11,5
8	241904	7,8

Fuente: [Barros, D., 2018](#)~~Barros, 2018.~~

Tabla con formato

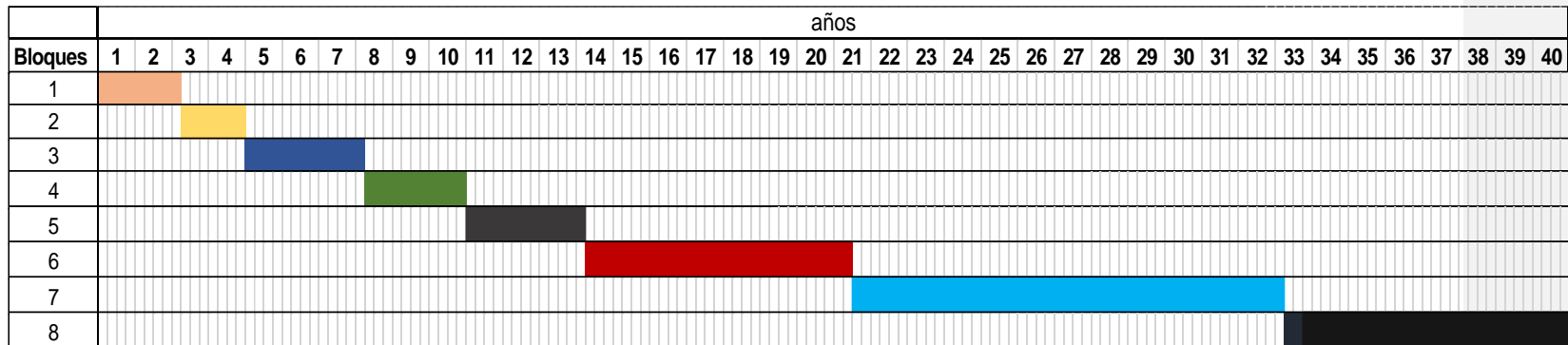


Figura 3. 18 Cronograma de explotación en función de los años que toma explotar cada bloque

Fuente: [Barros, D., 2018](#) [Barros, 2018](#).

3.5 Diseño final

Los parámetros para el diseño final de la explotación quedan definidos como se muestra en la siguiente tabla:

Con formato: Sangría: Izquierda: 0,63 cm

Tabla XXII Cantidad de años que toma explotar cada bloque

Altura de banco	5 m
Angulo de talud final	35°
Ancho de vía	8 m
Fondo de explotación Norte	39 msnm
Fondo de explotación Sur	37 msnm

Tabla con formato

Fuente: [Barros, D., 2018](#)

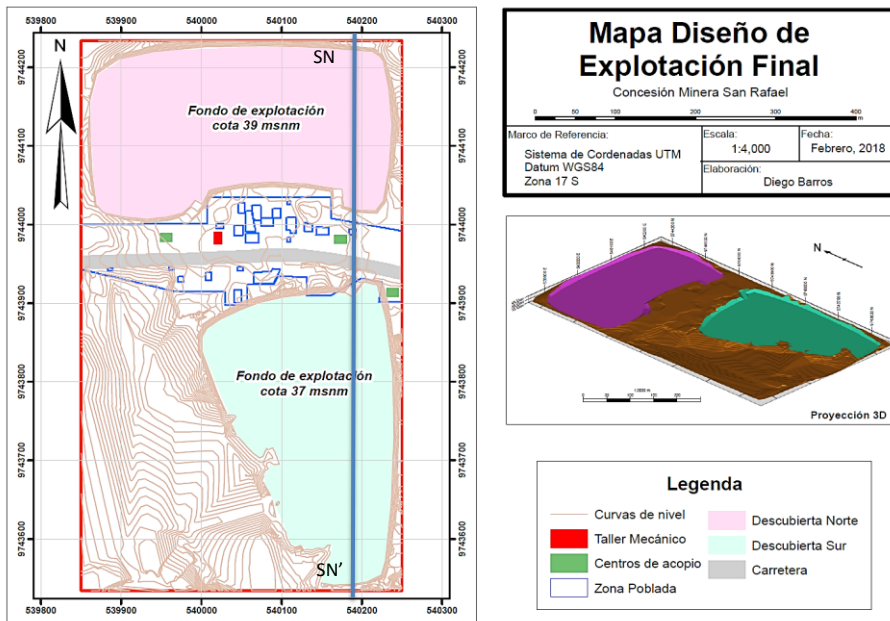


Figura 3. 19 Diseño final de explotación de la gravera San Rafael

Fuente: [Barros, D., 2018](#) Barros-2018

PERFIL SN-SN' 001

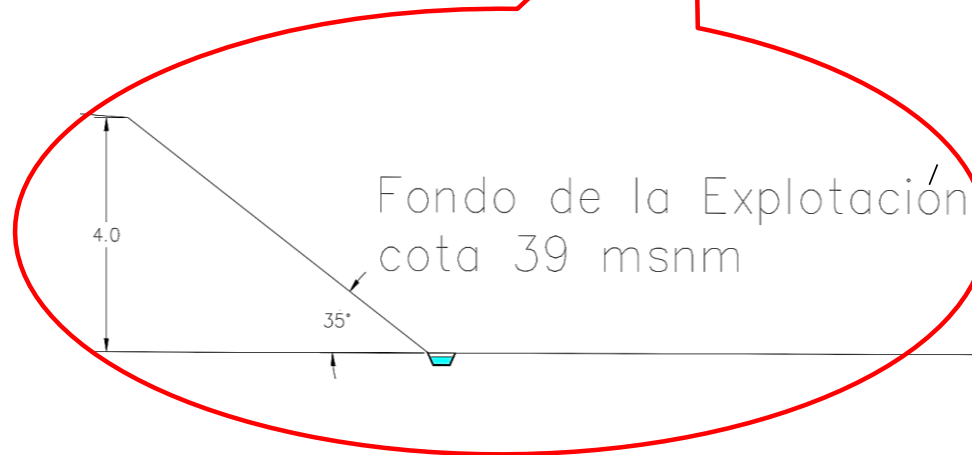
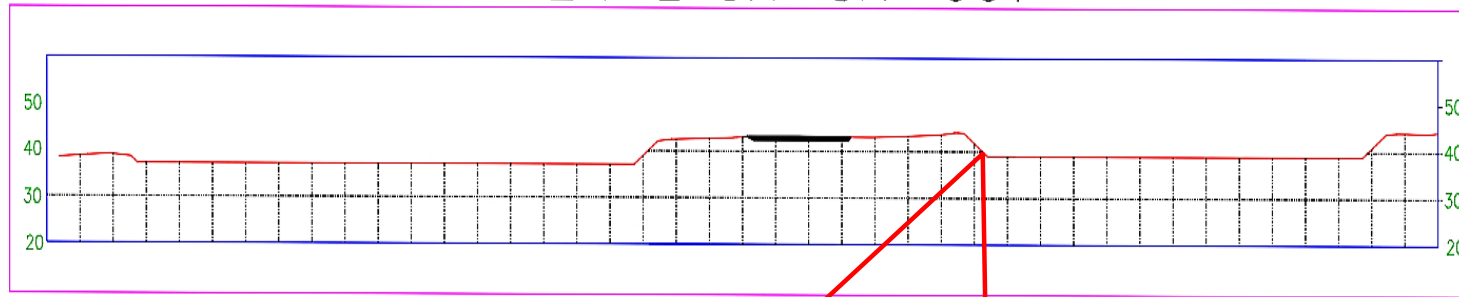


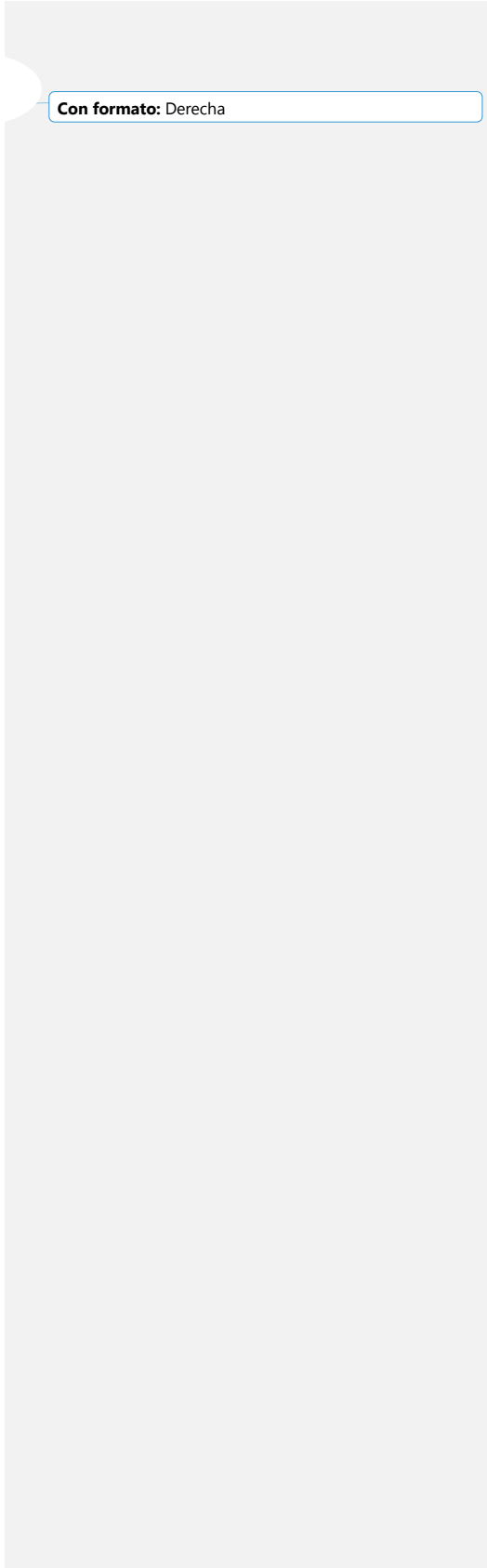
Figura 3. 20 Perfil SN-SN' del diseño final de explotación

Fuente: [Barros, D., 2018](#) Barros 2018

Con formato: Interlineado: sencillo

|

|



Con formato: Derecha

|

91

Con formato: Derecha

CAPÍTULO 4

PROPUESTA DE VALOR

4.1 Baldosas hidráulicas

Los primeros antecedentes de las baldosas hidráulicas se dan en la Italia de los siglos XVII y XVIII, donde se imitaban losetas de mármol mediante la compactación de cemento natural humedecido, con la aplicación de otra capa fina de cemento coloreado aplicado con una espátula que tras el secado se sometía a pulido manual.

La producción masiva de las baldosas hidráulicas viene de la mano con la producción a gran escala del cemento Portland, dado su bajo precio y facilidad de manipulación, desplazan rápidamente los materiales convencionales en la elaboración de las baldosas. (Instituto de Promoción de la Ceramica, 1987)

En primera instancia, el término hidráulico se empleaba para hacer referencia a los materiales empleados en su fabricación: cal, y cemento; pero el término tomó más fama cuando se empezó a usar prensas hidráulicas en el proceso de fabricación. (Instituto de Promoción de la Ceramica, 1987)

En 1851, se registran noticias de la primera empresa, en España, que se dedicaba a fabricar un tipo de pavimento con cemento prensado, que llevaban el nombre de "Baldosas Privilegiadas" y el nombre de la compañía

era “La Progresiva”. Eran unas baldosas sin color que se colocaban en azoteas y galerías, (Instituto de promoción cerámica). Desde entonces surgieron empresas por todo el sur de Europa, alcanzando una proyección internacional en función de la calidad de su oferta. La calidad dependía directamente de la habilidad del artesano y de las materias primas empleadas. (Pineda, 2014)

La mecanización del proceso permitió incrementar la producción y evitar el cansancio del operario. Pero el aumento de la oferta no dependió de la capacidad productiva sino más bien por el crecimiento del número de unidades fabricadas por todo el territorio. No existía ciudad que en las primeras décadas del siglo XX no tenga su fábrica de mosaico hidráulico. Para 1958, según el anuario general de construcción, existían en España, 1021 fábricas de mosaico hidráulico. (Instituto de Promoción de la Ceramica, 1987)

Pero, en los años sesenta del siglo XX, empieza el declive de este producto lo que llevaría dramáticamente a la desaparición, debido a: la pérdida de calidad, la poca variación en los diseños y la aparición de un producto alternativo, llamado *Terrazo*, llegado desde Italia que debido a su precio, sencillez y menor mantenimiento desbancó a la baldosa hidráulica. (Mendoza, 2017)

No existe una receta exacta a seguir para la fabricación de mosaicos hidráulicos, el proceso presenta diversos tipos de variantes, dependiendo de la geometría de cada pieza o de los motivos presentes (o la falta de ellos) en su cara vista. Pero en términos generales el método de fabricación era esencialmente el mismo, variando tan solo en algunos pequeños aspectos entre unos formatos u otros. El proceso que se describirá corresponde al típico para elaborar baldosas hidráulicas. (Mendoza, 2017)

- La técnica comienza con el montaje de las distintas piezas del molde, previamente limpias y empapadas con desencofrante. Esta operación impide que la pasta de cemento se adhiera a su superficie y facilita el posterior desmoldado.
- Se coloca el marco bien limpio y untado con desencofrante.
- Introducir el molde con el diseño elegido y se rellena, con una pasta líquida hecha de cemento blanco mezclado con arena de mármol muy fina y con los pigmentos según el color que se pretenda conseguir para cada diseño.
- Una vez saturada toda la superficie del molde, se retira con cuidado y se espera a que las pastas de colores se asienten, rellenándose por sí mismos los huecos que quedarán libres en el molde al estar en contacto con la base, terminando así la primera capa llamada color o *capa fina*.

Se pasa a añadir la tercera capa, hecha de mortero semi seco a base de cemento Portland y arena común (proporción 1:4), que conformará el soporte de la baldosa. Para extraer el material sobrante se utiliza el enrasado, quedando así determinado el grosor de la pieza que, generalmente no excede los 22 mm. Posteriormente, se encaja la tapa dentro del marco, quedando el molde completo y preparado para ser prensado, proceso tras el cual solo hay que desmontarlo para poder extraer de su interior, la pieza ya terminada. (Pineda, 2014)

Finalmente, se coloca con sumo cuidado la baldosa dentro de un recipiente de forma vertical y se sumerge en agua durante unos pocos minutos para que la baldosa se sature del agua necesaria para la completa hidratación del cemento. Luego las baldosas son trasladadas hasta la zona habilitada para el secado o curado, en donde deben permanecer, un tiempo de 7 días hasta su completo secado.

4.3 Ensayos de laboratorio

4.3.1 Análisis granulométrico

Los sistemas de clasificación han establecido la No. 200 (0.075 mm) como medida para clasificar los suelos entre finos y gruesos. Los datos obtenidos se agrupan en una curva de distribución, donde la

abscisa corresponde al diámetro de las partículas y la ordenada corresponde al porcentaje retenido. En proyectos de ingeniería la clasificación de suelos es de gran importancia los procesos de análisis granulométrico, puesto que esto nos dará una mejor descripción del tipo de medidas a tomar o de la calidad del suelo con el que se está trabajando. (Díaz, 2015)

4.3.2 Gravedad específica y absorción

La gravedad específica se define como la relación entre una unidad de volumen de los sólidos de un suelo y la masa de un volumen igual de agua destilada a una temperatura de 20°C. La gravedad específica se representa con el símbolo de "Gs" y es adimensional. se presenta en condición adimensional. Aquellas sustancias con gravedad específica mayor que 1 serán más densas que el agua, y las menores que 1 serán menos densas.

4.3.3 Ensayo de absorción

La absorción se define como el incremento de una masa de agregado seco el cual es sumergido en agua por un periodo de 24 horas. El aumento de masa ocurre cuando el agua ingresa a través de los poros del material y no incluye el agua contenida en la superficie. Se expresa en porcentaje de masa seca.

Conocer la cantidad de agua contenida por un agregado es de mucha utilidad pues permite la aplicación o rechazo del material para alguna aplicación. El agregado se considera como "seco" cuando se ha mantenido a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por suficiente tiempo para remover toda el agua no combinada. (carloman007, 2016).

4.3.4 Peso volumétrico

El peso volumétrico, es el peso de agregado que se demanda para llenar un recipiente de un volumen unitario conocido, el volumen incluye el volumen de las partículas individuales y el volumen de los vacíos entre las partículas. Dicho volumen es ocupado por los agregados ya sea que estos vacíos estén llenos de agua el peso sería el peso unitario saturado o que estén secos para un peso unitario seco.

4.3.5 Determinación a la flexión

El objetivo de este ensayo es observar el comportamiento de un material al aplicarle una fuerza perpendicular a su plano de apoyo, dependiendo de sus dimensiones.

El ensayo se basa en la aplicación de una fuerza en el centro del cuerpo de prueba, soportada en los extremos por unos apoyos lo cuales guardan cierta distancia. Con ello se busca determinar la resistencia del material posee ante una carga aplicada lentamente. La resistencia a la flexión mide el esfuerzo necesario para romper un cuerpo que está sometido al ensayo, el cual también es conocido como el ensayo de rotura.

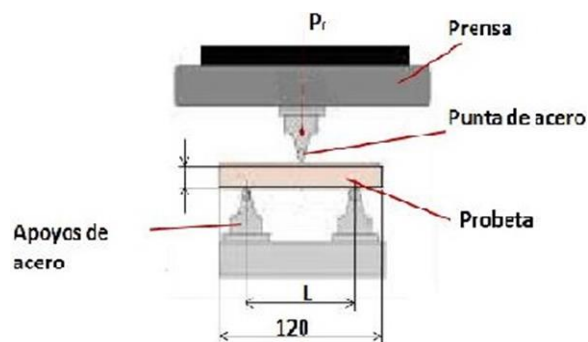


Figura 4. 1 Esquema del ensayo de flexión.

Fuente: Ecured, 2013.

4.4 Experimentación

Con el fin de caracterizar al material proveniente del yacimiento "San Rafael", se realizaron ensayos para determinar:

- Granulometría
- Peso volumétrico
- Gravedad específica y Porcentaje de absorción

Con formato: Derecha

4.4.1 Granulometría

Se procedió a efectuar el ensayo granulométrico a 4 muestras de diferente tamaño, las cuales son comercializados por la comunidad bajo el nombre de arena, piedra 1, piedra 2 y piedra 3. Con esto se determinará cual es el tipo de material más idóneo para la elaboración de las baldosas.

Con formato: Sangría: Izquierda: 0,75 cm

Arena

Tabla XXIII Pesos retenidos en la granulometría para la Arena
Fuente: Barros, 2018

Con formato: Sangría: Primera línea: 1 cm

Figura 4. 2 Curva granulométrica para la Arena.

Fuente: [Barros, D., 2018](#)[Barros, 2018](#)

Piedra #1

Piedra #1

Tabla XXIII Pesos retenidos en la granulometría para la Arena

Fuente: Barros, D., 2018

100

Con formato: Derecha

<u>TAMIZ</u>	<u>MALLA</u> <u>mm</u>	<u>PESO</u> <u>PARCIAL</u>	<u>%</u> <u>RETENIDO</u>	<u>% RETENIDO</u> <u>ACUMULADO</u>	<u>% PASANTE</u> <u>ACUMULADO</u>
<u>45</u>	<u>0.355</u>	<u>121.00</u>	<u>28.9994</u>	<u>28.9994</u>	<u>71.0006</u>
<u>50</u>	<u>0.3</u>	<u>41.60</u>	<u>9.9700</u>	<u>38.9694</u>	<u>61.0306</u>
<u>60</u>	<u>0.25</u>	<u>44.10</u>	<u>10.5692</u>	<u>49.5386</u>	<u>50.4614</u>
<u>70</u>	<u>0.212</u>	<u>37.70</u>	<u>9.0354</u>	<u>58.5740</u>	<u>41.4260</u>
<u>75</u>	<u>0.18</u>	<u>3.65</u>	<u>0.8748</u>	<u>59.4488</u>	<u>40.5512</u>
<u>80</u>	<u>0.1</u>	<u>132.80</u>	<u>31.8274</u>	<u>91.2762</u>	<u>8.7238</u>
<u>180</u>	<u>0.075</u>	<u>17.80</u>	<u>4.2660</u>	<u>95.5422</u>	<u>4.4578</u>
<u>FONDO</u>		<u>18.60</u>	<u>4.4578</u>	<u>100.0000</u>	<u>0.0000</u>
<u>TOTAL</u>		<u>417.25</u>	<u>100.0000</u>		

Tabla XXIV Pesos retenidos en la granulometría para la Piedra #1

TAMIZ	MALLA mm	PESO PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
6	3,35	3,30	0,7009	0,7009	99,2991
20	0,85	458,50	97,3874	98,0884	1,9116
25	0,71	0,70	0,1487	98,2370	1,7630
35	0,5	0,80	0,1699	98,4070	1,5930
45	0,355	0,90	0,1912	98,5981	1,4019
60	0,25	0,90	0,1912	98,7893	1,2107
80	0,18	1,40	0,2974	99,0867	0,9133
140	0,106	2,40	0,5098	99,5964	0,4036
FONDO		1,90	0,4036	100,0000	0,0000
TOTAL		470,80	100,0000		

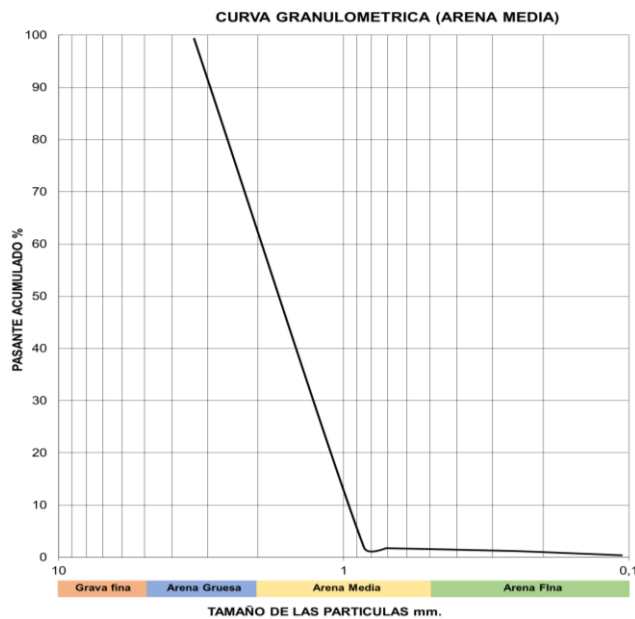
Fuente: [Barros, D., 2018](#)[Barros, 2018](#)

Figura 4. 3 Curva granulométrica para la Piedra #1.

Fuente: [Barros, D., 2018](#) [Barros, 2018](#)

Piedra #3

Tabla XXV Pesos retenidos en la granulometría para la Piedra #3
Fuente: Barros, 2018

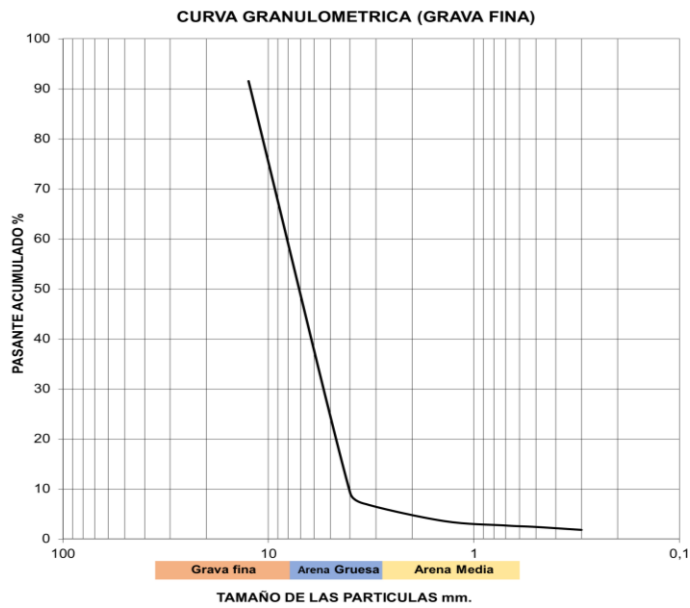


Figura 4. 4 Curva granulométrica para la Piedra #3.
Fuente: Barros, D., 2018 Barros, 2018

TAMIZ	MALLA mm	PESO PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
3/8	12,5	79,40	8,4883	8,4883	91,5117
4	4	770,60	82,3819	90,8702	9,1298
6	3,35	20,40	2,1809	93,0511	6,9489
14	1,4	31,70	3,3889	96,4400	3,5600
25	0,71	8,20	0,8766	97,3167	2,6833
35	0,5	2,80	0,2993	97,6160	2,3840
50	0,3	5,50	0,5880	98,2040	1,7960
FONDO		16,80	1,7960	100,0000	0,0000
TOTAL		935,40	100,0000		

Piedra #2

Tabla ~~XXV~~XXVI Pesos retenidos en la granulometría para la Piedra #2

TAMIZ	MALLA mm	PESO PARCIAL	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
4	4	181,60	37,6139	37,6139	62,3861
3,55	3,55	77,60	16,0729	53,6868	46,3132
20	1,4	212,20	43,9519	97,6388	2,3612
40	1	1,10	0,2278	97,8666	2,1334
60	0,71	0,60	0,1243	97,9909	2,0091
80	0,5	0,60	0,1243	98,1152	1,8848
100	0,3	1,20	0,2486	98,3637	1,6363
FONDO		7,90	1,6363	100,0000	0,0000
TOTAL		482,80	100,0000		

Fuente: [Barros, D., 2018](#) ~~Barros, 2018~~

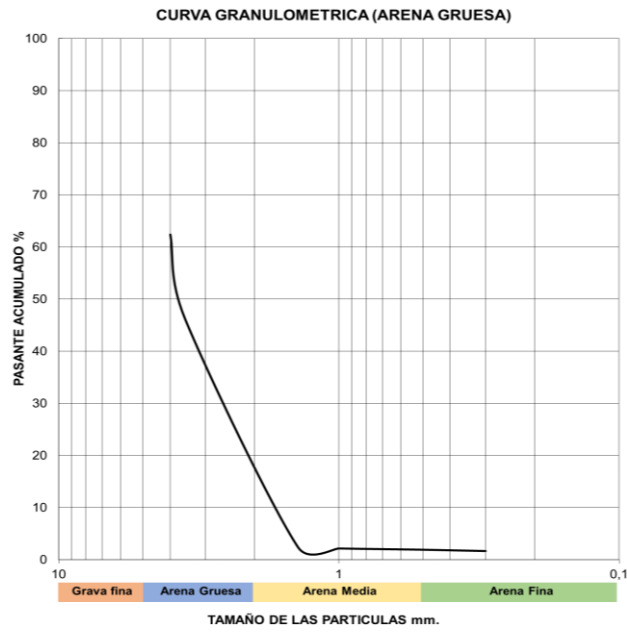


Figura 4. 5 Curva granulométrica para la Piedra #2.
Fuente: [Barros, D., 2018](#) [Barros, 2018](#)

4.4.2 Peso volumétrico

Arena fina: Factor de conversión ($1 \text{ ft}^3 = 0.02831 \text{ m}^3$).

Tabla ~~XXVI~~ ~~XXVII~~ Datos del recipiente

Volumen	0.1	ft ³
Peso	1.576	Kg

Fuente: [Barros, D., 2018](#) [Barros, 2018](#)

Con formato: Derecha

Con formato: Izquierda, Sangría: Izquierda: 0 cm, Espacio Después: 10 pto, Interlineado: Múltiple 1,15 lín.

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Sangría: Primera línea: 1 cm

Con formato: Izquierda, Sangría: Izquierda: 4 cm

Con formato: Centrado

Tabla con formato

Con formato: Centrado

Con formato: Izquierda, Sangría: Izquierda: 2,75 cm, Primera línea: 1 cm

Con formato: Derecha

Peso volumétrico suelto (PVS)		
PS1	5.568	Kg
PS2	5.587	Kg
PS3	5.592	Kg
PSProm	5.582	Kg

Fuente: [Barros, D., 2018](#) [Barros, 2018](#)

Con formato: Centrado

Tabla con formato

Con formato: Centrado

Con formato: Centrado

Con formato: Centrado

Con formato: Centrado

$$PVS = \frac{(PSProm - \text{Peso Recip}) \text{ Kg}}{\text{Volumen (m}^3\text{)}} \quad (4.1)$$

Con formato: Fuente: 14 pto

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Centrado, Sangría: Izquierda: 0,75 cm, Primera línea: 3 cm

Con formato: Fuente: 14 pto

Con formato: Fuente: 14 pto

Con formato: Fuente: 14 pto

Con formato: Fuente: 14 pto

Con formato: Fuente: 14 pto

Con formato: Fuente: 14 pto

Con formato: Fuente: 14 pto

$$PVS = \frac{(5.582 - 1.576) \text{ Kg}}{0.002831 \text{ (m}^3\text{)}}$$

$$PVS = 1415.165 \text{ Kg/m}^3$$

Tabla ~~XXVIII~~ ~~XXIX~~ Peso volumétrico varillado (arena fina)

Peso volumétrico varillado (PVV)		
PV1	6.086	Kg
PV2	6.044	Kg
PV3	6.074	Kg
PVProm	6.068	Kg

Fuente: [Barros, 2018](#) [Barros, D., 2018](#)

Con formato: Fuente: 14 pto

$$VV = \frac{(PVProm - \text{Peso Recip}) \text{ Kg}}{\text{Volumen (m}^3\text{)}}$$

(4.2) Con formato: Normal (Web), Centrado, Sangría: Izquierda: 0,75 cm, Primera línea: 3 cm

Con formato: Fuente: Sin Negrita

Con formato: Derecha

$$VV = \frac{(6.068 - 1.576) \text{ Kg}}{0.002831 \text{ (m}^3\text{)}}$$

$$PVV = 1586.718 \text{ Kg/m}^3$$

Arena media

Peso volumétrico suelto (PVS)		
PS1	5.776	Kg
PS2	5.756	Kg
PS3	5.778	Kg
PSProm	5.770	Kg

Fuente: Barros, D., 2018 Barros, 2018

Tabla con formato

Con formato: Centrado

Con formato: Centrado

Con formato: Centrado

Con formato: Centrado

$$PVS = \frac{(PSProm - \text{Peso Recip}) \text{ Kg}}{\text{Volumen (m}^3\text{)}} \quad (4.3)$$

$$PVS = \frac{(5.770 - 1.576) \text{ Kg}}{0.002831 \text{ (m}^3\text{)}}$$

$$PVS = 1481.45 \text{ Kg/m}^3$$

~~Tabla XXXXXXI~~ Peso volumétrico varillado (arena media)

Peso volumétrico varillado (PVV)		
PV1	6.064	Kg
PV2	6.054	Kg
PV3	6.060	Kg
PVProm	6.059	Kg

Fuente: Barros, D., 2018 Barros, 2018

Con formato: Sangría: Primera línea: 1 cm

Tabla con formato

Tabla con formato

Con formato: Centrado

Con formato: Centrado

Con formato: Centrado

Con formato: Centrado

Con formato: Sangría: Primera línea: 1 cm

$$PVV = \frac{(PVProm - \text{Peso Recip}) \text{ Kg}}{\text{Volumen (m}^3\text{)}} \quad (4.4)$$

Con formato: Derecha

$$VV = \frac{(6.059 - 1.576) \text{ Kg}}{0.002831 \text{ (m}^3\text{)}}$$

$$PVV = 1583.657 \text{ Kg/m}^3$$

4.4.3 Gravedad específica y absorción

Arena media

1. $Ma = Mmw - (Mm + B)g$
2. $Ma(\text{Agua añadida Matraz}) = 307.45 \text{ g}$
3. $Mm (\text{Masa del Matraz}) = 191.11 \text{ g}$
4. $Mmw (\text{Matraz} + \text{Agua} + \text{Muestra}) = 998.56 \text{ g}$
5. $B(Msss) = 500 \text{ g}$
6. $A(Mseca) = 495.74 \text{ g}$

Con formato: Sangría: Primera línea: 1,25 cm

Cálculos

$$Gesp = \frac{B}{500 - Ma} \quad Gesp = \frac{500}{500 - 307.45} \quad \mathbf{Gesp = 2.59g}$$

(4.5) Con formato: Fuente: (Predeterminada) Arial

$$ABS = \left(\frac{B - A}{A}\right) * 100\% \quad ABS = \left(\frac{500 - 495.74}{495.74}\right) * 100\% \quad \mathbf{ABS = 0.859\%}$$

(4.6) Con formato: Fuente: (Predeterminada) Arial

Arena fina

1. $Ma = Mmw - (Mm + B)g$
2. $Ma(\text{Agua añadida Matraz}) = 304.75 \text{ g}$

Con formato: Sangría: Primera línea: 0,25 cm

3. Mm (Masa del Matraz) = 191.11 g
4. Mmw (Matraz + Agua + Muestra) = 995.86 g
5. $B(Msss)$ = 500 g
6. $A(Mseca)$ = 490.72 g

$$Gesp = \frac{B}{500 - Ma} \quad Gesp = \frac{500}{500 - 304.75} \quad \mathbf{Gesp = 2.56g} \quad (4.7) Gesp \quad \text{Con formato: Fuente: (Predeterminada) Arial}$$

$$ABS = \left(\frac{B - A}{A} \right) * 100\% \quad ABS = \left(\frac{500 - 490.72}{490.72} \right) * 100\% \quad \mathbf{ABS = 1.89\%} \quad (4.8) Gesp \quad \text{Con formato: Fuente: (Predeterminada) Arial}$$

4.5 Elaboración de baldosas

Para la elaboración de las baldosas, se realizaron por ensayo/error, hasta encontrar las proporciones adecuadas de los materiales empleados para su elaboración.

En una primera etapa se realizó la experimentación con los materiales tal como se los obtiene de la explotación, sin ningún tratamiento previo. Para el ensayo de rotura las baldosas deben cumplir la norma NTE-INEN 3128. La resistencia característica a la flexión debe ser superior o igual a 4,0 MPa, ningún valor individual debe ser inferior a 3,2 MPa. La ecuación empleada para determinar la resistencia a la rotura es:

Con formato: Derecha

$$\sigma = \frac{3PL}{2bh^2}$$

Tabla ~~XXXI~~XXXII Parámetros para la determinación de la resistencia a la flexión.

<u>P</u>	<u>Carga (N)</u>	
<u>L</u>	<u>Luz entre baldosas (mm)</u>	<u>149</u>
<u>b</u>	<u>Ancho (mm)</u>	
<u>h</u>	<u>espesor (mm)</u>	
<u>S</u>	<u>resistencia a la rotura</u>	

Fuente: [Barros, D., 2018](#)Barros, 2018

Con formato: Sangría: Izquierda: 1,25 cm, Primera línea: 1,25 cm, Derecha: 2,35 cm

La dosificación y los resultados del ensayo de rotura para esta primera etapa se presentan a continuación:

Tabla ~~XXXII~~XXXIII Dosificación para la elaboración de baldosas Etapa I.

CAPAS	MATERIALES	CANTIDADES
Capa 1	Cemento blanco	60 g
	Arena fina	150 g
	Agua	95 ml
Capa 2	Cemento gris	300 g
	Arena fina	100 g
Capa 3	Arena fina	350 g
	Cemento gris	300 g
	Arena media	150 g
	Agua	80 ml

Fuente: [Barros, D., 2018](#)Barros 2018

Con formato: Sangría: Izquierda: 1,25 cm, Primera línea: 0,5 cm, Derecha: 2,35 cm

Tabla con formato

Con formato: Centrado

Con formato: Centrado

Con formato: Centrado

Con formato: Centrado

Con formato: Centrado

Tabla ~~XXXIII~~XXXIV Resultados rotura y flexión para baldosas Etapa I.

ANÁLISIS DE ROTURA Y FLEXIÓN DE LAS BALDOSAS HIDRÁULICAS							
CODIGO	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	PESO (Kg)	LECTURA DIAL	RESISTENCIA A FLEXIÓN (MPa)	FUERZA DE ROTURA (kN)
FICT-DBA1	200	198	22	1,814	33	3,69	1,58
FICT-DBA2	200	197	20	1,692	29	3,94	1,63
FICT-DBA3	200	200	21	1,638	23	2,79	1,10

Fuente: [Barros, D., 2018](#)[Barros, 2018](#)

En vista que los ensayos de rotura de la primera experimentación no cumplieron la norma, se optó por realizar un lavado de los materiales para eliminar la presencia de arcilla presente en el material empleado para la fabricación de las baldosas iniciándose con ella la etapa II de la elaboración de las baldosas.



Figura 4. 6 Antes y después del lavado de los materiales.

Fuente: [Barros, D., 2018](#)[Barros, 2018](#)

Se pudo determinar el porcentaje de arcilla presente en los 2 tipos de materiales usados para la elaboración de las baldosas.

Porcentaje de arcilla para arena fina

$$\% = \frac{1400 - 1280}{1400} * 100\% = 8.6$$

(4.10) Ges Con formato: Fuente: (Predeterminada) Arial

Porcentaje de arcilla para arena media

$$\% = \frac{750.82 - 703.92}{750.892} * 100\% = 6.3$$

(4.11) Ges Con formato: Fuente: (Predeterminada) Arial

Una vez realizado el lavado el material se procedió a realizar la experimentación y se determinó la siguiente dosificación con su respectivo análisis de rotura:

baldosas, Eetapa II.
Tabla ~~XXXIV~~XXXV Dosificación para la elaboración de baldosas, Eetapa II.

CAPAS	MATERIALES	CANTIDADES
Capa 1	Cemento blanco	60 g
	Arena fina >	160 g
	Agua <	90 ml
Capa 2	Cemento gris	300 g
	Arena fina	100 g
Capa 3	Arena fina	350 g
	Cemento gris	300 g
	Arena media >	200 g
	Agua	80 ml

Fuente: [Barros, D., 2018](#)Barros, 2018

Con formato: Sangría: Primera línea: 2,25 cm, Derecha: 2,6 cm

Tabla con formato

ANÁLISIS DE ROTURA Y FLEXIÓN DE LAS BALDOSAS HIDRÁULICAS							
CODIGO	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	PESO (Kg)	LECTURA DIAL	RESISTENCIA A FLEXIÓN (MPa)	FUERZA DE ROTURA (kN)
FICT-DBB1	190	190	21	1,846	34	4,34	1,63
FICT-DBB2	195	195	21	1,97	32	3,98	1,53

FICT-DBB3	200	200	21	1,836	31	3,76	1,48
-----------	-----	-----	----	-------	----	------	------

Tabla ~~XXXV~~ XXXIV Análisis de rotura y flexión para baldosas hidráulicas etapa II.

Fuente: [Barros, D., 2018](#) ~~Barros-2018~~

4.5 Análisis granulométrico

Del análisis granulométrico realizado a los materiales se determinó que los conocidos como piedra #1 (arena media) y arena (arena fina) son los más adecuados para elaboración de las baldosas. El D_{80} de la arena media corresponde a partículas de tamaño menor a 2.5 mm mientras que para la arena media, 0.25 mm.

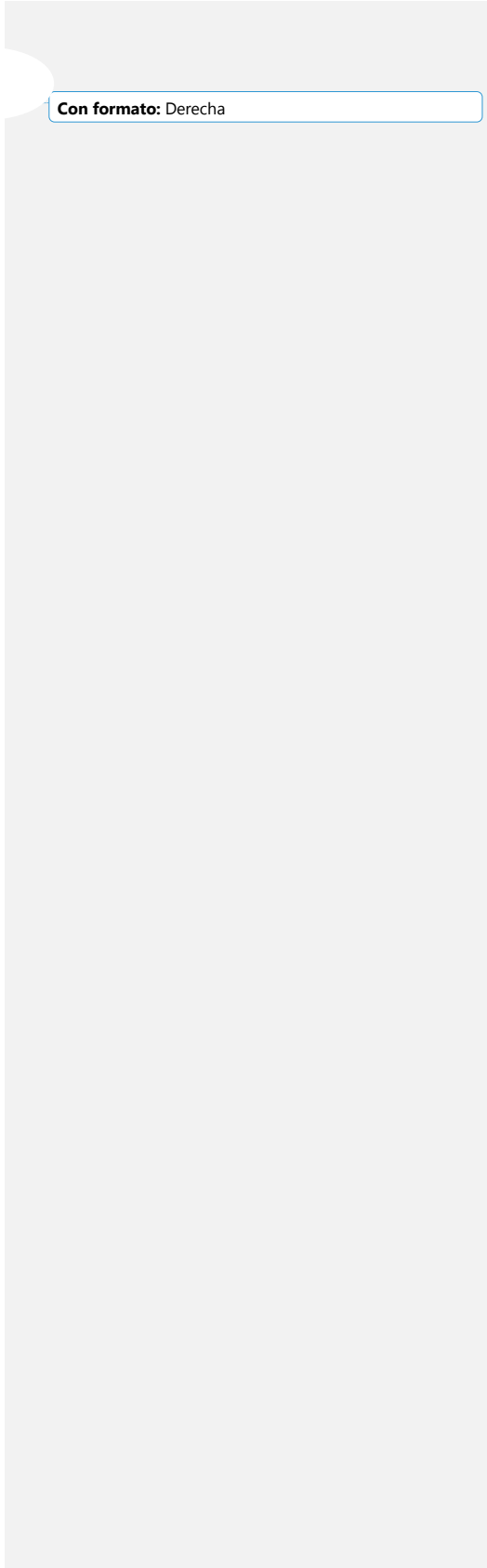
Con estos materiales se procedió a la primera etapa de la elaboración de las baldosas, las cuales tienen dimensiones de 20x20 cm dadas el tamaño del molde. Los primeros prototipos obtenidos fueron retirados del molde y se dejaron reposar durante 12 horas para seguidamente sumergirlas en agua por un periodo de 24 horas, este proceso es conocido como el curado de la baldosa. Una vez retirada la baldosa se sometió al ensayo de flexión del cual los resultados obtenidos estaban por debajo de lo que la norma NTE-INEN 3128 sugiere (4 MPa), se obtuvieron valores en promedio de 3.47 MPa. Dado que los primeros

prototipos no cumplían la norma se programó otra etapa de experimentación.

En la segunda etapa de la experimentación se realizó un lavado a los materiales con el fin de eliminar la arcilla presente en los materiales empleados en la elaboración. El porcentaje de arcilla para la arena es 8.6% mientras que para la arena media fue 6.3%. una vez lavado el material se procedió a la elaboración de las baldosas para lo cual se modificó ligeramente las proporciones de los materiales empleados con respecto a las de la primera experimentación tal como se presenta en la ~~Tabla XXXIV~~~~Tabla XXXV~~~~Tabla XXXV~~. Una vez retirada la baldosa se procedió de la misma manera que en la primera etapa para realizar el ensayo de flexión, con esta modificación en el material se obtuvo en promedio 3.91 MPa, a pesar no estar dentro de los 4 MPa que dicta la norma, en una segunda parte de la misma cita: "ningún valor individual debe ser inferior a 3,2 MPa", individualmente ninguno de los valores obtenidos es menor a lo que estipula la segunda parte de la norma.

|

|



Con formato: Derecha

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con formato: Derecha

5.1 CONCLUSIONES enclusiones

Con formato: Centrado

Con formato: Fuente: 16 pto

• Se calcularon las reservas del yacimiento mineral a partir del método por perfiles, estableciendo 9 perfiles en relación al frente norte y 7 perfiles para el frente sur; obteniendo como resultado, un total de 61622.5 m³ de los cuales 355 832.4 m³ corresponden al frente norte y 260 390.0 m³ al frente sur.

• El método de explotación seleccionado para la gravera San Rafael es el *strip mining* o minería de transferencia. para el cual se han definido dos frentes de explotación: frente norte y sur, con fondo de explotación a 39 msnm y 37 msnm respectivamente. Los parámetros finales de la explotación son:

Ángulo ángulo de talud de trabajo 70°.

• Se planifica explotar la gravera en tres fases: La fase I comprende 7 años donde se tiene previsto explotar 32 788 m³, la fase II le corresponden 13 años y se explotaran 165 155 m³ y en la fase III se tienen 20 años de la cual se extraerán 439 604 m³.

- Las baldosas elaboradas con el material de la gravera cumplen la resistencia característica a la flexión que exige la norma NTE-INEN 3128, por lo que técnicamente es viable su fabricación.

5.2 RECOMENDACIONES ecomendaciones

Con formato: Centrado

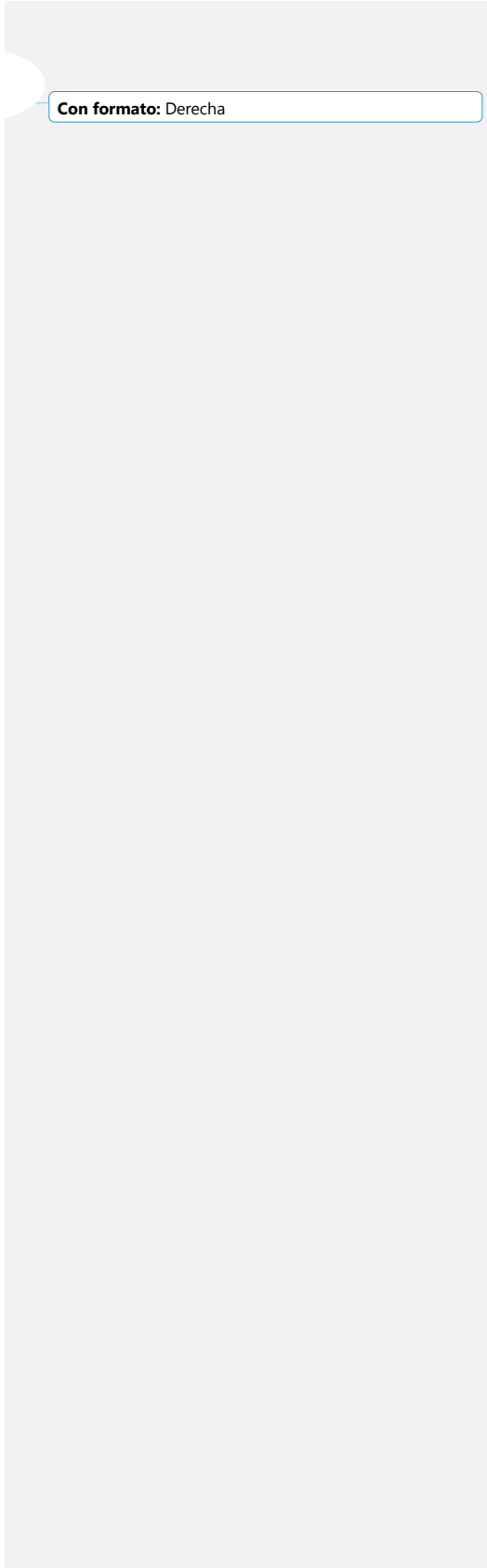
Con formato: Fuente: 16 pto

- Mantener en las operaciones de extracción la pendiente 0.5% en el fondo de la explotación en los dos frentes con la finalidad de favorecer el drenaje en caso de existir escorrentía superficial producto de las precipitaciones en la época lluviosa.
- Regar los frentes de trabajo para evitar la generación de polvo.
- Realizar un análisis económico para el diseño propuesto con el fin de determinar la viabilidad para su aplicación.
- Diseñar y construir un molde que permita una mejor maniobrabilidad en la elaboración de las baldosas puesto que el que se empleó presentaba dificultades al momento de retirar las baldosas del molde.
- El tiempo de elaboración de la baldosa es corto debido, a que se deben colocar los materiales en cada capa en el menor tiempo posible para tener una mejor compactación, por esto los materiales y sus proporciones deben ser preparados previamente.
- Realizar un análisis de mercado para determinar la factibilidad económica para la creación de baldosas a escala industrial.

- Diseñar un sistema para el lavado de los materiales empleados en la elaboración de las baldosas para retirar la presencia de partículas orgánicas y arcilla.

|

|

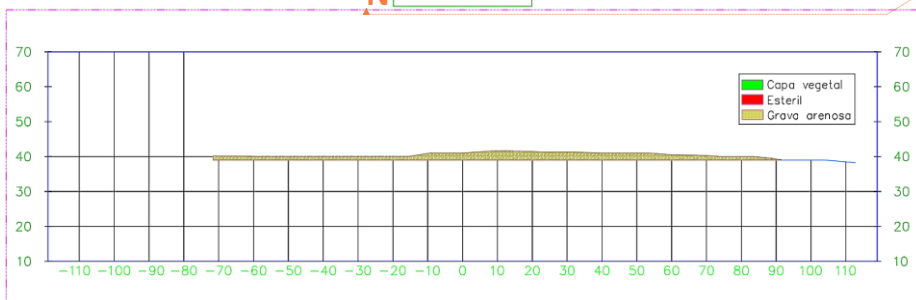


Con formato: Derecha

Con formato: Derecha

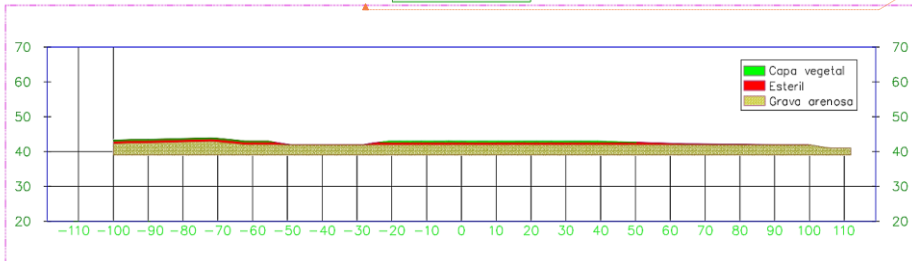
ANEXO A.
PERFILES DE LOS FRENTE NORTE Y SUR DE LA GRAVERA SAN RAFAEL
Perfiles de los frentes norte y sur

N 0+000.00



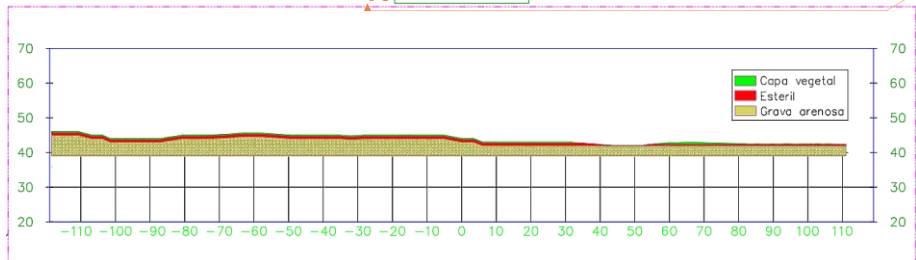
Con formato: Fuente: 18 pto, Negrita

N 0+050.00



Con formato: Fuente: 18 pto, Negrita

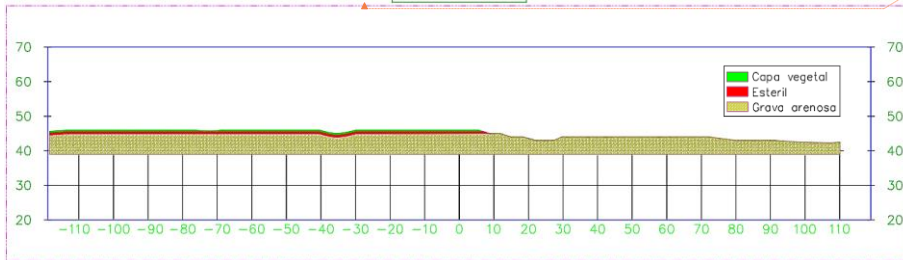
N 0+100.00



Con formato: Fuente: 18 pto, Negrita

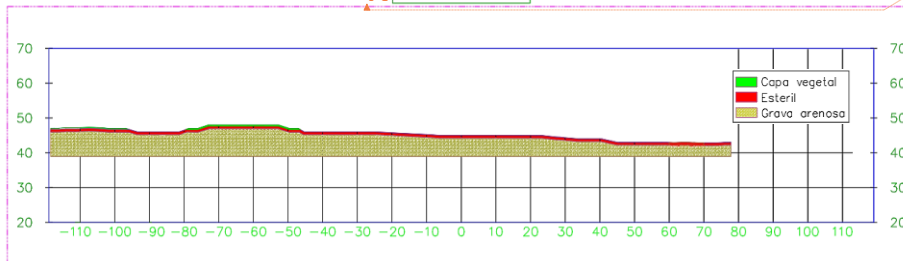
Con formato: Derecha

N 0+150.00



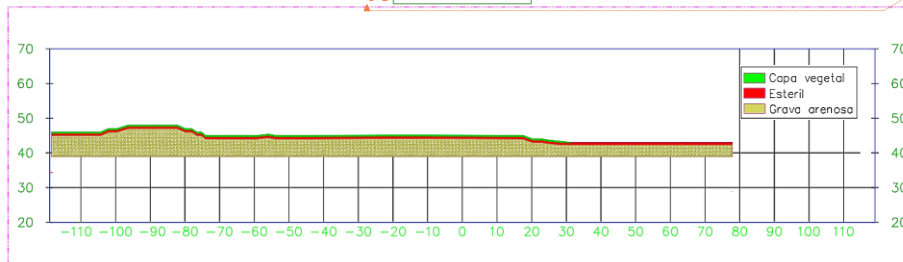
Con formato: Fuente: 18 pto, Negrita

N 0+200.00



Con formato: Fuente: 18 pto, Negrita

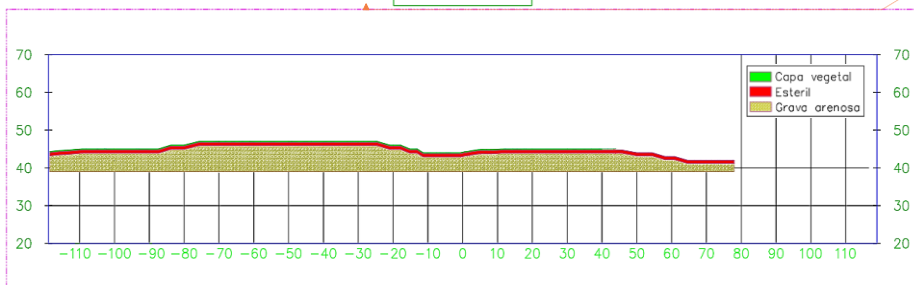
N 0+250.00



Con formato: Fuente: 18 pto, Negrita

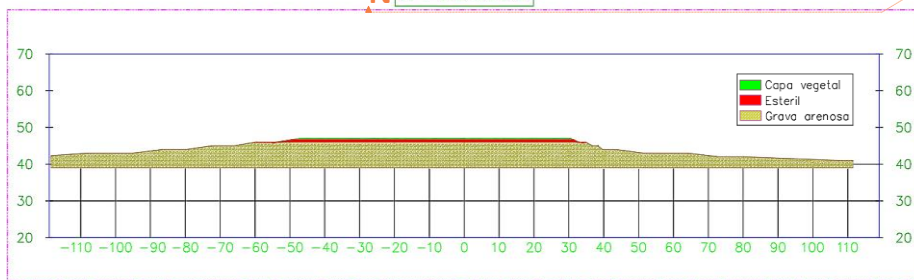
Con formato: Derecha

N 0+300.00



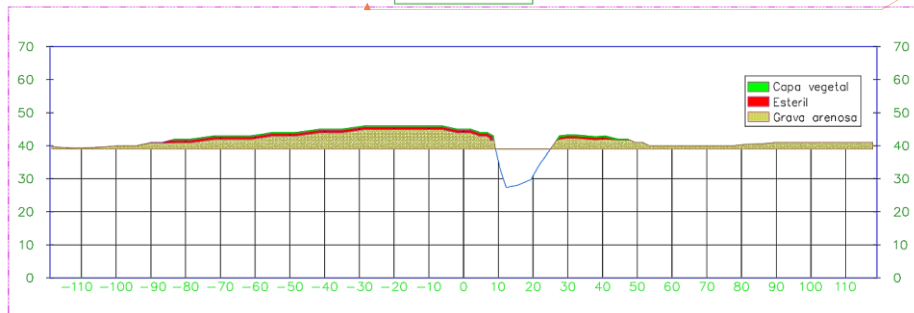
Con formato: Fuente: 18 pto, Negrita

N 0+350.00



Con formato: Fuente: 18 pto, Negrita

N 0+385.87



Con formato: Fuente: 18 pto, Negrita

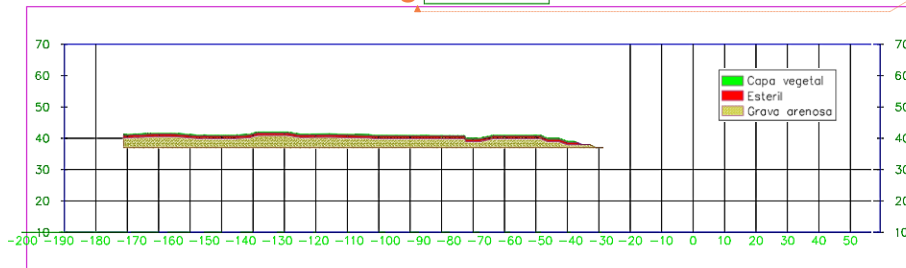
Con formato: Derecha

S 0+000.00



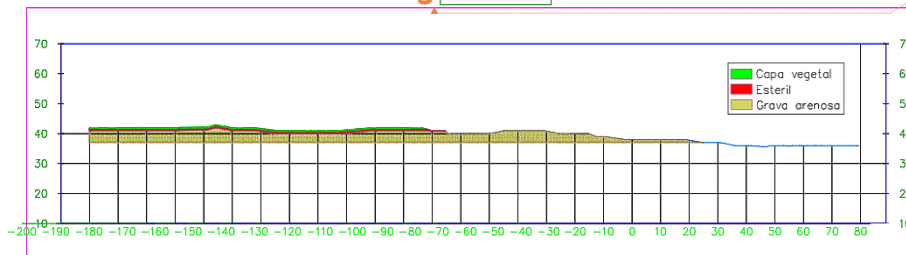
Con formato: Fuente: 18 pto, Negrita

S 0+050.00



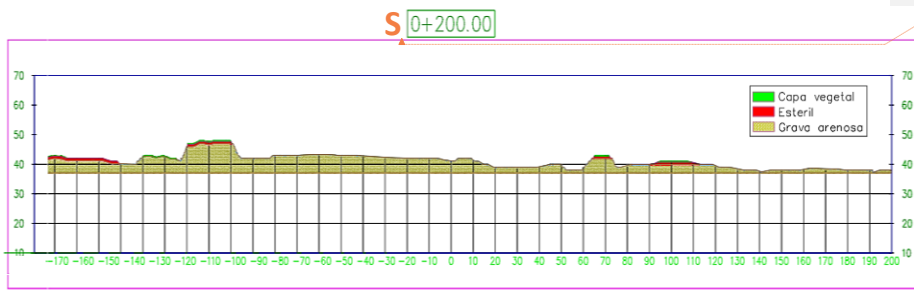
Con formato: Fuente: 18 pto, Negrita

S 0+100.00

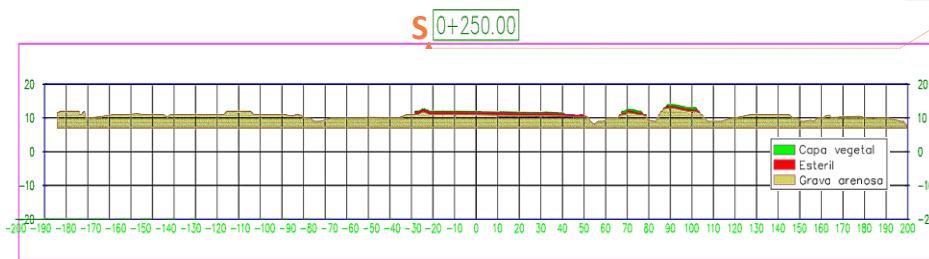


Con formato: Fuente: 18 pto, Negrita

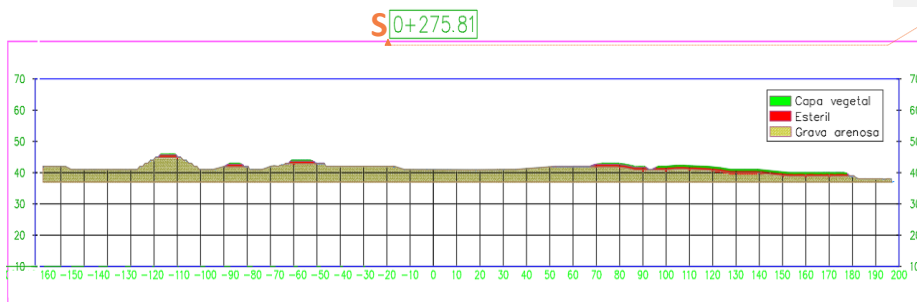
Con formato: Derecha



Con formato: Fuente: 18 pto, Negrita



Con formato: Fuente: 18 pto, Negrita



Con formato: Fuente: 18 pto, Negrita

126

Con formato: Derecha

BIBLIOGRAFÍA
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Con formato: Derecha

Asencio, M. (2013). Tesis de grado no publicada. *Estudio de factibilidad para la creación de la microempresa industrial de procesamiento y comercialización de baldosas y adoquines*. La Libertad, Santa Elena, Ecuador: Universidad Estatal de la Península de Santa Elena.

Con formato: Título 1, Sangría: Izquierda: 0 cm, Primera línea: 0 cm

Con formato: Fuente: 12 pto, Sin Negrita

Becerra, A. (2003). Tesis de grado. *Proyecto de Explotación del Yacimiento San Rafael*. Guayaquil, Ecuador: ESPOL.

Con formato: Revisar la ortografía y la gramática

Con formato: Normal, Sangría: Izquierda: 0 cm, Primera línea: 0 cm

carloman007. (2016). *scribd.com*. Obtenido de LA ABSORCIÓN EN LOS AGREGADOS: <https://es.scribd.com/doc/20869782/LA-ABSORCION-EN-LOS-AGREGADOS>

Con formato: Revisar la ortografía y la gramática

Díaz, W. Á. (2015). *Manual de Procedimientos de Ensayos de Suelos y Memoria de Cálculo*. Bogotá.

Con formato: Revisar la ortografía y la gramática

GEOSUPPORT. (jueves de septiembre de 2011). *geotecnia.info*. Obtenido de <http://geotecnia.info/index.php/angulo-de-rozamiento-interno-gravas/>

Con formato: Revisar la ortografía y la gramática

GESTIONADMI CIA. Ltda. (2015). *“Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2014-2019”*. CHANDUY.

Con formato: Revisar la ortografía y la gramática

Herbert, J. H. (2006). *Metodos de Minería a Cielo Abierto*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Con formato: Revisar la ortografía y la gramática

Con formato: Derecha

Instituto de Promoción de la Cerámica. (1987). Obtenido de Instituto Promoción Cerámica: http://www.ipc.org.es/historia_ceramica_Presentacion.html

Con formato: Revisar la ortografía y la gramática

Instituto Tecnológico Geominero de España. (1995). *Manual de arranque, carga y transporte en minería a cielo abierto*. Madrid: IGME.

Con formato: Revisar la ortografía y la gramática

Jimeno, C. L. (1997). *Manual de Explotaciones y Diseño de Explotaciones Mineras*. Madrid: Entorno Grafico S. L.

Con formato: Revisar la ortografía y la gramática

Mendoza, J. (2017). Tesis de grado no publicada. *Diseño de procesos para fabricación de baldosas hidráulicas utilizando arenas de relaves como agregado fino*. Guayaquil, Ecuador: ESPOL.

Con formato: Revisar la ortografía y la gramática

Ministerio de transporte y comunicaciones. (2008). *Manual de Hidrología Hidráulica y Drenaje*. Lima: Dee.

Con formato: Revisar la ortografía y la gramática

Pineda, W. (2014). Programa de Master no publicado: Tecnología de la Arquitectura. *Anomalías Superficiales en Pavimentos de Mosaico*. Barcelona, España: Uuniversidad politécnica de Catalunya.

Con formato: Revisar la ortografía y la gramática

Rodríguez, A. P. (2010). *Manual de Prácticas de Laboratorio de Concreto*. Chihuahua: Universidad Autónoma de Chihuahua.

|

|

130

Con formato: Derecha