UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

INFORME DE TESIS

"OPTIMIZACIÓN DE UN PLANEAMIENTO DE MINADO EN BASE A LAS CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS MEDIANTE EL ANÁLISIS EXPLORATORIO DE DATOS EN UNA UNIDAD MINERA SUPERFICIAL NO METÁLICA EN MOQUEGUA"

PRESENTADO POR:

Bach. Yene Yujra Maquera

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

MOQUEGUA - PERÚ

2023

UNAM
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

Folio N° 033

ACTA DE SUSTENTACIÓN

I. Modalidad:

Tesis : [X]

Trabajo de Suficiencia Profesional : [ ]

Otro: ..... : [ ]

II. Documento de aprobación para la sustentación:

RESOLUCIÓN DE FACULTAD N° 219 - 2023 - FACIA - UNAM

Fecha: 22/12/23

III. El Jurado ha dictaminado la (el) ....., TITULADO:

"OPTIMIZACIÓN DE UN PLANEAMIENTO DE MINADO EN BASE A LAS CARACTERÍSTICAS GEOTECNICAS MEDIANTE EL ANALISIS EXPLORATORIO DE DATOS EN UNA UNIDAD MINERA SUPERFICIAL NO METALICA EN MOQUEGUA

Bachiller: YENE YUJRA MAQUERA

Asesor Principal: Dr. CHRIST JESUS BARRIGA PARIA

Co-Asesor : .....

IV. Se dictamina:

Como: APROBADO por MAYORIA la sustentación de manera:

Presencial [X] Virtual [ ]

Con nota: TRECE (13) por lo que; Sí [X] No [ ]

Opta el Título Profesional de INGENIERO DE MINAS.

Siendo las 16.40 horas, del 27 de DICIEMBRE del año 2023 se procede con la firma en conformidad de lo dictaminado por el Jurado.

Vicky A. Ponce E.
Presidente

Dr. VICTOR ADRIAN PONCE ESTRADA
(Nombres y Apellidos)

Dr. Arquímedes León VARGAS LUQUE
Primer Miembro

(Nombres y Apellidos)

Segundo Miembro

JUAN ECIAL ROJAS CONDORI
(Nombres y Apellidos)

B

Bach. Yene Yujra Maquera
Bachiller
(Nombres y Apellidos)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS

OPTIMIZACIÓN DE UN PLANEAMIENTO DE MINADO EN BASE A LAS CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS MEDIANTE EL ANÁLISIS EXPLORATORIO DE DATOS EN UNA UNIDAD MINERA SUPERFICIAL NO METÁLICA EN MOQUEGUA

Tesis sustentada y aprobada el 27 de diciembre del 2023, estando integrado el jurado dictaminador y el asesor por:

PRESIDENTE : …..……

Mgr. Victor Adrian PONCE ESTRADA

1ER MIEMBRO : …..……

Dr. Arquímedes León VARGAS LUQUE

2DO MIEMBRO : …..……

Mgr. Juan Elias ROJAS CONDORI

ASESOR : …..……

Dr. Christ Jesus BARRIGA PARIA

DEDICATORIA

A Dios por bendecirme con salud y permitirme cumplir mis metas y objetivos. A mi familia quienes siempre me apoyaron en cada una de mis metas.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Moquegua y a la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas por brindarme todos los conocimientos para realizar mis estudios. Al Dr. Christ Barriga Paria, por el apoyo brindado en la dirección de la presente investigación, por su amistad y compañerismo.

Al Ing. Edwin Becerra, por el apoyo y disposición para el desarrollo del presente trabajo de investigación. A la empresa San Lorenzo AQP, por las facilidades para el desarrollo del proyecto de tesis.

A los miembros del jurado calificador de la presente tesis, el presidente, primer miembro Ing. Víctor Ponce, segundo miembro Ing. Arquímedes Vargas y al Ing. Juan Rojas por contribuir con sus sugerencias en el desarrollo y presentación de la investigación.

A los catedráticos de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, por sus orientaciones, críticas constructivas y contribuir en mi formación académica.

RESUMEN

La importancia de la planificación en la explotación en la minería superficial es de gran relevancia para el estudio de factibilidad y análisis económico en la minería superficial, por ello el objetivo de este estudio es optimizar el planeamiento de la unidad minera Solange AR mediante el uso del análisis exploratorio de dato de las características geotecnias. Se utilizó como base la información, correspondiente productividad, equipos, tiempos, ratios de explotación, etc. El análisis exploratorio de datos propone predecir escenarios con base en las relaciones de los valores analizados, en el presente proyecto se utilizó desde los indicadores de productividad hasta los resultados de los ensayos geotécnicos obtenidos de las calicatas. Para evaluación de los proyectos propone una simulación mediante el software Mineplan para realizar el modelo de bloques y posterío el cálculo de reservas. La Cantera Solange AR cuenta con un total de 89194858 toneladas de las cuales las reservas probadas son 28308092 toneladas y probables son 60886766 toneladas, el estudio se realizó y se clasificó de acuerdo a la granulometría obtenida mediante los ensayos geogénicos realizados por medio de calicatas en los diversos puntos del Tajo 2. Los resultados reflejan la rentabilidad de la explotación del Tajo 2 con y un VAN 8981042.39 U.S.$ en una producción de 8 años, el TIR como resultado de un 24% en el proyecto, en el primer año se tendrá el retorno de la inversión inicial playback. Para el diseño de construcción de rampas y accesos se tuvieron en cuenta las el año de los volquetes más el ancho de berma con un total de 10.5 metros, la pendiente máxima permisible de inclinación de 11° en el caso de las curvas se considera una inclinación del 3%. La explotación del tajo dará inicio el 16 de febrero del 2024 y terminará 24 de diciembre del año 2032, un total de 8 años con nueve meses y 8 días. Los rendimientos utilizados para el planeamiento fueron de acuerdo al resultado obtenido en el análisis de los datos de meses pasados.

Palabras clave: Productividad, indicadores, rendimiento, optimización, características geotécnicas, planeamiento de minado.

ABSTRACT

The importance of planning in exploitation in surface mining is of great relevance for the feasibility study and economic analysis in surface mining, therefore the objective of this study is to optimize the planning of the Solange AR mining unit through the use of the exploratory data analysis of geotechnical characteristics. The information, corresponding productivity, equipment, times, exploitation ratios, etc. is used as a basis. The exploratory data analysis proposes to predict scenarios based on the relationships of the analyzed values. In this project, everything from productivity indicators to the results of the geotechnical tests obtained from the pits is used. To evaluate the projects, a simulation is proposed using the Mine plan software to create the block model and then calculate the reserves. The Solange AR Quarry has a total of 89194858 tons of which the proven reserves are 28308092 tons and the probable reserves are 60886766 tons. The study was carried out and classified according to the granulometry obtained through the geogenic tests carried out through pits in the various points of Tajo 2. The results demonstrate the profitability of the exploitation of Tajo 2 with an NPV of 8981042.39 U.S.$ in a production period of 8 years, the IRR as a result of 24% in the project, in the first year there will be the return on the initial investment. reproduction. For the construction design of ramps and accessories, the year of the dump trucks plus the width of the berm with a total of 10.5 meters were taken into account. The maximum permitted inclination slope of 11° in the case of curves is considered an inclination. of 3%. The exploitation of the pit will begin on February 16, 2024 and will end on December 24, 2032, a total of 8 years, nine months and 8 days. The returns used for planning were according to the result obtained in the analysis of data from past months.

Keywords: Productivity, indicators, performance, optimization, geotechnical characteristics, mining planning.

CONTENIDO

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 2

1.1. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA **..... 2**

1.1.1. Interrogante general 2

1.1.2. Interrogantes específicas 3

1.2. OBJETIVOS **..... 4**

1.2.1. Objetivo general 4

1.2.2. Objetivos específicos 4

1.1. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA **..... 4**

1.2. HIPÓTESIS **..... 6**

1.4.1. Hipótesis general 6

1.4.2. Hipótesis específica 6

1.3. VARIABLES **..... 6**

1.5.1. Variable 1 (Independiente) 6

1.5.2. Variable 2 (Dependiente) 7

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO 8

2.1. ANTECEDENTES **..... 8**

2.2. BASES TEÓRICAS **..... 13**

2.2.1. Ubicación del proyecto 13

2.2.2. Accesibilidad, clima, recursos locales, infraestructura y fisiografía 14

2.2.3. Geología del Yacimiento 16

2.2.4. Geología Regional 17

2.2.5. Geología Local 18

2.2.6. Método de Minado 19

2.2.7. Planeamiento de Minado 24

2.2.8. Reservas CM Solange AR 26

2.2.9. Vida Útil 27

2.2.10. Equipos Mina 27

2.2.11. Producción de Agregados 42

2.2.12. Estructura de costos 45

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS **48**

CAPÍTULO III METODOLOGÍA 53

3.1. Tipo y Nivel de Investigación **53**

3.2. Ámbito Temporal y Espacial **53**

3.3. Población y Muestra **54**

3.4. Instrumentos **55**

3.5. Validación y confiabilidad de los instrumentos **57**

3.6. Procedimientos **57**

3.7. Análisis de Datos **57**

CAPÍTULO IV RESULTADOS 59

4.1. Topografía **59**

4.2. Resultado de los ensayos geotécnicos **61**

4.2.1. Masa especifica 64

4.2.2. Contenido de Humedad e Índice de Plasticidad 67

4.2.3. Granulometría 70

4.2.4. Plan de Minado 74

4.2.5. Reservas medidas y probables 77

4.2.6. Planeamiento de Minado 79

4.2.7. Planeamiento de Minado para Explotación de Fases 82

4.2.8. Formulas empíricas para calcular el ritmo de producción 84

4.2.9. Evaluación Económica 84

CAPÍTULO V DISCUSIÓN DE RESULTADOS 87

CONCLUSIONES 93

RECOMENDACIONES 94

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 95

ANEXOS 98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Programa de explotación por niveles 3

Tabla 2 Coordenadas ubicación geográfica CM Solange AR 14

Tabla 3 Accesibilidad concesión minera Solange AR 15

Tabla 4 Características de diseño de mina 20

Tabla 5 Precios de agregados 23

Tabla 6 Planeamiento mensual Solange AR 25

Tabla 7 Planificación a Mediano Plazo – Solange AR 25

Tabla 8 Planeamiento a Largo Plazo 26

Tabla 9 Equipos Operaciones CM Solange AR 28

Tabla 10 Utilización – Cargador Frontal 29

Tabla 11 Utilización – Planta Clasificadora 33

Tabla 12 Utilización – Volquetes 35

Tabla 13 Utilización – Tractor D8 38

Tabla 14 Utilización – Excavadora 336 41

Tabla 15 Producción de agregado 2022 43

Tabla 16 Estructura de mano de obra 45

Tabla 17 Clasificación de costos CM Solange AR 46

Tabla 18 Costos operaciones CM Solange AR 47

Tabla 19 Ubicación de calicatas - Coordenadas UTM WGS 84 60

Tabla 20 Características geotécnicas de calicatas – Solange AR..... 62

Tabla 21 Características geotécnicas de calicatas – Solange AR..... 63

Tabla 22 Características de la geometría del yacimiento..... 76

Tabla 23 Reservas probadas y probables 77

Tabla 24 Fases de minado 78

Tabla 25 Planificación de Traslado de Planta Chancadora 79

Tabla 26 Cronograma de explotación de fases..... 83

Tabla 27 Flujo de Caja – Explotación Tajo 2 86

Tabla 28 Correlación Arena y Grava 89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del proyecto 15

Figura 2 Ruta y Acceso a Cantera Solange AR 16

Figura 3 Mapa geológico Solange AR 19

Figura 4 Ubicación de componentes Solange AR 22

Figura 5 Comparativo de precios 2022 - 2023 24

Figura 6 Regresión lineal Utilización – Disponibilidad Mecánica 30

Figura 7 Horas máquina – Cargador frontal 30

Figura 8 Dispersión lineal utilización – Disponibilidad Mecánica hancadora 34

Figura 9 Horas Máquina – Planta Chancadora 34

Figura 10 Dispersión lineal utilización – Disponibilidad mecánica volquete 36

Figura 11 Horas Maquina – Volquete 37

Figura 12 Regresión lineal utilización – Disponibilidad mecánica tractor .. 39

Figura 13 Horas máquina – Tractor D8 39

Figura 14 Dispersión lineal utilización – Disponibilidad mecánica excavadora 41

Figura 15 Horas máquina – Excavadora 336 42

Figura 16 Producción de agregado 2022 (septiembre – diciembre) 44

Figura 17 Porcentajes de producción 2022 44

Figura 18 Área y perímetro de la zona de muestreo 55

Figura 19 Ortofoto CM Solange AR – Tajo 2 59

Figura 20 Ubicación referencial tridimensional de calicatas 61

Figura 21 BoxPlot – Masa especifica 64

Figura 22 Dispersión de la masa específica de las calicatas 65

Figura 23 Regresión Múltiple - Ubicación calicatas - Masa específica..... 65

Figura 24 Dispersión norte y masa específica 66

Figura 25 BoxPlot- Humedad 67

Figura 26 Regresión Lineal simple – Humedad..... 68

Figura 27 Regresión lineal múltiple – Humedad - Plasticidad 69

Figura 28 BoxPlot-Piedra de tres cuartos 70

Figura 29 BoxPlot- Piedra de tres octavos..... 71

Figura 30 BloxPlot Granulometría numero 30 71

Figura 31 BoxPlot – Granulometría general 72

Figura 32 Regresión lineal múltiple – Ubicación - % Grava..... 73

Figura 33 Regresión lineal múltiple – Ubicación - % Arena..... 74

Figura 34 Archivo assay.csv en software Mineplan 75

Figura 35 Modelo de bloques Cantera Solange AR..... 76

Figura 36 Topografía Tajo 2 77

Figura 37 Configuración de software 78

Figura 38 Diagrama Gantt – Traslado de Planta Chancadora..... 81

Figura 39 Grafica de VAN..... 85

Figura 40 Correlacion de Variables 90

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE..... 98

ANEXO 2 MATRIZ DE CONSISTENCIA 99

ANEXO 3 ANÁLISIS GRANULOMETRICO SOLANGE AR..... 100

ANEXO 4 INTERFASE PYTHON - ANÁLISIS DE DATOS..... 105

ANEXO 5 PLANO GEOLOGIA REGIONAL 106

ANEXO 6 PLANO GEOLÓGICO 107

ANEXO 7 UBICACIÓN DE COMPONENTES..... 108

ANEXO 8 TAJOS DE EXPLOTACIÓN 109

ANEXO 9 PERFIL LONGITUDINAL TAJOS 110

ANEXO 10 DIAGRAMA DE GANTT – EXPLOTACIÓN DE FASES .. 111

ANEXO 11 EXCAVACION DE CALICATAS 112

ANEXO 12 RESULTADO ENSAYOS DE LABORATORIO 113

GLOSARIO

m^3: Metro cubico

S/. /m^3: Soles por metro cubico

t: Tonelada

VAN: Valor Actual Neto

TIR: Tasa Interna de Retorno

Playback: Periodo de retorno o periodo de recuperación

EDA: Análisis Exploratorio de Datos

US$ / t: Dólares por tonelada

INTRODUCCIÓN

La tesis titulada “Optimización de un Planeamiento de Minado en base a las características geotécnicas mediante el Análisis Exploratorio de datos en una unidad minera superficial no metálica en Moquegua”. Se da con el objetivo de realizar mejorar en la producción, planificación para un análisis financiero que permita disminuya los costos operaciones en la Cantera Solange AR; la importancia KPI operaciones reales con base en los recursos con lo que cuenta y el estudio del yacimiento, mediante ensayos de suelos para el posterior análisis de datos de las características geotécnicas.

En el Capítulo I se desarrolla el planteamiento del problema, justificación, objetivos, hipótesis de la investigación y variables.

En el Capítulo II se desarrollan los antecedentes de la investigación, el marco teórico, los insumos, los recursos con que dispone el proyecto, el planeamiento base de Solange AR los costos operaciones. Las definiciones de los términos utilizados en la presente tesis.

En el Capítulo III se desarrolla la metodología que se aplicó para el trabajo de investigación, la población, la muestra y el análisis de datos.

En el Capítulo IV se presentan los resultados de la investigación, la comprobación de la hipótesis y discusión de resultados con otros trabajos de investigación.

Para finalizar, se detalla también las recomendaciones, referencias tomadas y los anexos del presente documento.

CAPÍTULO I
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La Concesión Minera Solange AR cuenta con un plan de minado establecido de acuerdo con las características de explotación de canteras, este plan fue realizado de forma ambigua sin previo estudio detallado de reservas, lo cual genera una gran incertidumbre en los nuevos recursos por explotar y la rentabilidad en la explotación, la unidad minera desconoce las cantidades de agregados gruesos, agregados finos y material over con el que cuenta el yacimiento. La Concesión Minera Solange AR no cuenta con una programación de explotación detallada, en la Tabla 1 se detalla la programación de explotación con el que cuenta, el operador minero tampoco tiene establecido los parámetros de costos operacionales, por lo cual desconoce la cantidad exacta de ganancias obtenidas de las reservas que aún faltan explotar.

En la presente investigación se plantea optimizar el planeamiento de minado en base a las características geotécnicas obtenidas mediante la elaboración de calicatas para el cálculo de recursos y reservas, por el método de Análisis Exploratorio de Datos (EDA) de las características geotécnicas para poder hacer un estudio detallado de recursos y reservas, esto permitirá que las operaciones unitarias sean más eficientes, por lo tanto, se optimicen los costos de explotación y se mejoren los Indicadores Claves de Rendimiento (KPI en inglés) operacionales. En los Anexos 8 y 9 se detallan los tajos de explotación y el perfil longitudinal respectivamente.

1.1.1. Interrogante general

¿Cómo se puede optimizar un planeamiento de minado en base a las características geotécnicas mediante el análisis exploratorio de datos en una unidad minera superficial no metálica en Moquegua?

1.1.2. Interrogantes específicas

¿Cómo se utilizan las características geotécnicas para la optimización de un planeamiento de minado en una unidad minera superficial no metálica en Moquegua?

¿Cómo se realiza el análisis exploratorio de datos para la optimización de un planeamiento de minado en una unidad minera superficial no metálica en Moquegua?

Tabla 1
Programa de explotación por niveles

Bancos	Cota	Capacidad (m^3)	Capacidad (t)
1	1905	140.68	323.56
2	1900	3291.05	7569.41
3	1895	10051.03	23117.36
4	1890	15409.15	35441.04
5	1885	13834.49	31819.33
6	1880	13724.66	31566.73
7	1875	14095.53	32419.73
8	1870	16630.08	38249.19
9	1865	18144.44	41732.22
10	1860	20899.49	48068.83
11	1855	22639.51	52070.87
12	1850	28818.30	66282.10
13	1845	36727.04	84472.20
14	1840	42143.20	96929.36
15	1835	60905.92	140083.63
16	1830	79846.91	183647.90
17	1825	99653.80	229203.75
18	1820	112265.86	258211.49
19	1815	120893.16	278054.26
20	1810	126976.70	292046.42
21	1805	122340.71	281383.62
22	1800	120568.27	277307.02
TOTAL		1100000.00	2530000.00

Nota. Según el planeamiento de minado, la explotación se realizaría por niveles con los valores detallados en la tabla, donde se indican los tonelajes de explotación.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

Optimizar el planeamiento de minado en base a las características geotécnicas mediante el análisis exploratorio de datos en una unidad minera superficial no metálica en Moquegua.

1.2.2. Objetivos específicos

Aplicar las características geotécnicas para la optimización de un planeamiento de minado en una unidad minera superficial no metálica en Moquegua.

Realizar un análisis exploratorio de datos para la optimización de un planeamiento de minado en una unidad minera superficial no metálica en Moquegua.

1.1. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La importancia de un planeamiento de minado radica en la optimización de costos y la programación de las operaciones unitarias, lo cual permite tener un control óptimo de la producción y optimizar aspectos como; mano de obra, eficiencia de equipos, material contaminado, costos en insumos, tiempos operativos, etc. El establecer un plan de minado detallado nos permite tener costos óptimos, además mejora la toma de decisiones por parte del operador minero.

Por otro lado, un planeamiento de minado permite establecer objetivos de producción a largo, mediano y corto plazo. Así mismo, se realizará un programa para el cumplimiento de dichos objetivos.

La optimización del planeamiento de minado mediante un EDA, proporcionará mayor eficiencia en el cálculo de recursos y reservas. Las características geotécnicas de los muestreos generan mayor certeza de las propiedades del yacimiento, por lo cual se tendrá un planeamiento de minado

óptimo. La optimización de un planeamiento de minado mejorará la productividad de la unidad minera, así mismo aumenta el Valor Actual Neto (VAN).

Propósito académico y utilidad social

La optimización de un planeamiento de minado en una unidad minera superficial no metálica con base en las características geotécnicas mediante un EDA servirá para incentivar a los estudiantes universitarios a investigar y ampliar sus conocimientos referentes a la minería no metálica, principalmente en el área de planeamiento. Así mismo, este proyecto será de gran ayuda para que otras unidades mineras no metálicas puedan optimizar su planeamiento de minado.

Relevancia social

En la ciudad de Moquegua existen diversos pequeños productores mineros no metálicos, que en su mayoría desconocen de sus propias cantidades de reservas y recursos, costos operacionales, KPI's operacionales, Valor Actual Neto, etc. El presente proyecto servirá para la evaluación de costos operacionales, difundir la importancia de una programación de explotación óptima y calcular reservas para realizar un análisis de costo – beneficio que permita ver la factibilidad de sus operaciones unitarias.

Técnica

En el desarrollo de la presente investigación se aplicará los criterios de muestreo, ensayo y análisis de datos geotécnicos en la Concesión Minera Solange AR, para realizar el EDA con la finalidad de optimizar un planeamiento de minado en base a las características geotécnicas del yacimiento.

Económica

Las operaciones unitarias de la Concesión Minera Solange AR actualmente cuentan con un planeamiento de minado en rasgos generales, es decir, la programación de explotación no es detallada, esto viene generar una desorganización de las áreas de extracción, así mismo genera mayores costos de

operación, sin embargo, con la optimización del planeamiento de minado mediante un EDA se reducirá los costos operacionales, esto permitirá hacer una mejor toma de decisiones.

Utilidad metodológica

El proyecto será de gran utilidad para la Concesión Minera Solange AR, principalmente en el área de operaciones mineras, pues ayudará tener un programa de explotación con base en las características geotécnicas del yacimiento para seleccionar y tomar decisiones con base en los requerimientos del mercado.

1.2. HIPÓTESIS

1.4.1. Hipótesis general

Mediante el análisis exploratorio de datos se logra optimizar un planeamiento de minado en base a las características geotécnicas en una unidad minera superficial no metálica en Moquegua.

1.4.2. Hipótesis específica

Las características geotécnicas permiten optimizar un planeamiento de minado en una unidad minera superficial no metálica en Moquegua.

El análisis exploratorio de datos permite optimizar un planeamiento de minado en una unidad minera superficial no metálica en Moquegua.

1.3. VARIABLES

1.5.1. Variable 1 (Independiente)

Aplicación del análisis exploratorio de datos para optimizar un planeamiento de minado en base a las características geotécnicas en una unidad minera superficial no metálica en Moquegua. (Anexo 1)

Indicadores

- Estadística.
- Análisis de dispersión.

1.5.2. Variable 2 (Dependiente)

Optimización de un planeamiento de minado en base a las características geotécnicas con la aplicación del análisis exploratorio de datos en una unidad minera superficial no metálica en Moquegua.

Indicadores

• Rentabilidad de la optimización.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

NACIONALES

En la investigación "Plan de minado superficial aplicado a la cantera el Nogal; Tongod - San Miguel - Cajamarca 2017", se realizó un plan de minado superficial en base a estudio en gabinete y recopilación de antecedentes de la cantera Nogal con el objetivo de ampliar el conocimiento sobre el plan de minado, además se realizaron mapeos geológicos donde definía los tipos de rocas que pueda traer beneficios económicos, también se realizaron levantamientos topográficos, para la estimación de volúmenes y la realización de calicatas de reconocimiento y analizar la calidad de material mediante ensayos de laboratorio. Esto se realizó con el objetivo principal de escoger el método de explotación y así determinar el número, capacidad de equipos que se necesitarán para extraer el agregado, controlar la producción diaria, mensual, durante su periodo de explotación, que se estima que será hasta marzo del año 2018. (Cabre y Pérez, 2017, p.8) Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniera, Cajamarca-Perú, 2017.

Según Ángeles y Cueva (2019) en la investigación "Optimización en la planificación minera a tajo abierto", en la cual se logró optimizar el plan de minado en la cantera de caliza La Unión distrito Baños del Inca -Cajamarca considerando las características geomecánicas y operaciones unitarias se obtuvo los siguientes resultados de la caracterización de macizo rocoso de calizas demuestran un RMR 57 es una roca de calidad regular con una densidad en banco de 2.51 T, con una potencia del estrato de 4.00 m a 5.00 m aproximadamente, las reservas minerales de cantera de caliza La Unión distrito Baños del Inca - Cajamarca es 855972.00 T, los resultados de la voladura son de 65 m^3 de roca fragmentada o roca suelta diaria, el sistema de transporte es en volquetes Dodge 800 de 6, estos resultados fueron muy beneficiosos para la producción diaria se

adecuó a la capacidad 30 T/día con una capacidad operativa de 50 %, con esta producción diaria se logró una ganancia de US$ 10 468.67 mensuales.

Según Ticllasuca (2019) en la investigación "Planeamiento de minado a corto plazo para optimizar la producción en la Unidad Minera Pallancata de Hochschild Mining S.A.", facultad de ingeniería, escuela académico profesional de ingeniería de minas, Universidad Continental, tuvo como principal objetivo optimizar la producción en la Unidad Minera Pallancata de Hochschild Mining S.A. el planeamiento consistió en la estimación de los recursos minerales y reservas para la explotación, el plan de laboreo, el programa de avances, la generación de desmonte, el ciclo de minado, el plan de consumo de insumos (materiales y equipos), proyección de personal y de proveedores. Este planeamiento contribuyó a que la producción real se incremente en un 3% de lo planeado, mientras que los costos reales fueron US$ 95.62/t resultando ligeramente inferior a lo planificado de US$ 95.91/t.

Según Fernández (2021) en la tesis titulada "Factibilidad de un plan de minado en la cantera Chinchin del centro poblado Otuzco distrito de Baños del Inca", facultad de Ingeniería, escuela académica profesional de ingeniería de minas. Tiene como objetivo evaluar la factibilidad de minado de la cantera Chinchin del centro poblado Otuzco se obtuvo como resultados que la cantera está conformada por rocas sedimentarias(calizas), con un RQD = 56, y con una calidad regular de RMR = 60, por lo cual el método más factible a emplear en la cantera seria a tajo abierto con bancos 5 m de altura, con ángulos de talud de 70°, altura de banqueta de 1.2 m, diámetro de barreno de 0.076 m. Con los estudios de factibilidad se concluyó que presenta más de 90% del potencial para la extracción de cal.

Según Buendia y Valdivia (2018) en el trabajo de investigación titulado "Propuesta de un plan de minado para la cantera de agregados San Isidro – Unidad Minera Cobriza", escuela profesional de ingeniería de minas, Universidad Continental, el cual tuvo como principal objetivo, la extracción de agregados aplicando las normas de seguridad (ancho de banco, ángulos de talud,

altura de banco, bermas de seguridad), de tal forma que la explotación sea segura y que las reservas de agregado sean sostenibles. Mediante los datos obtenidos del área de operación mina de la Cantera de Agregados San Isidro se constató, ínsitu que la explotación se estaba ejecutando de manera empírica y sin los estándares de ingeniería, por lo cual se estableció un Plan de Minado para la Cantera de Agregados San Isidro, las cuales nos ayudaron a cubicar las reservas de agregados, mejorar los bancos de explotación, los accesos, muros de seguridad, bermas de seguridad y estabilidad física de taludes lo que pudo facilitar a la obtención del tiempo vida y sostenibilidad de la Cantera.

Según Ramírez (2018) en el trabajo de investigación titulado "Plan de minado para optimizar la explotación de agregados en la cantera Astramacon – Ferreñafe 2018" facultad de ingeniería Universidad Cesar Vallejo, tuvo por finalidad diseñar un plan de minado para optimizar la explotación de agregados de la cantera Astramacon – Ferreñafe, investigación surgió de la observación de un problema vinculado con la falta de un plan de minado en la cantera Astramacon, para dicha investigación se buscó trabajar con una muestra de 5 trabajadores y la cantera Astramacon. Se utilizaron métodos como es el analítico y técnicas de investigación documental y se utilizó el programa Excel, software AutoCAD, ArcGIS y RecMin. Finalmente, se obtuvo como resultados que, la cantera cuenta con unas reservas probadas de 848,947.15ym^3 Guerrero Villoslada (2018) en su tesis "Plan de minado para la explotación en la Cantera Tuna Blanca Santa Cruz Cajamarca 2018" facultar de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Cesar Vallejo, la cual tuvo como finalidad de diseñar un plan de minado para la cantera Tuna Blanca, Santa Cruz – Cajamarca 2018. La investigación se buscó trabajar con la muestra no probabilística, saliendo elegida la cantera Tuna Blanca, la cual cuenta con un área de 100 hectáreas. Fueron utilizados softwares SAS Planet, ArcGIS y RecMin para la elaboración de los planos de la cantera. Finalmente, se obtuvo como resultado el diseño completo de un plan de minado específico para la cantera Tuna Blanca que contiene las características del material no metálico, vida útil de la cantera, la propuesta de un método de explotación, etc. El plan de minado se lograra seguir una adecuada

explotación, para extraer los materiales pétreos de la cantera Tuna Blanca, todo este trabajo permito concluir que con el diseño de un plan de minado se lograra tener cambios para la cantera Tuna Blanca, debido a que se realizaron estudios para elaborarlo, así mismo se hicieron análisis con el fin de obtener resultados de los materiales pétreos, las cuales aseguran su buena calidad, del mismo modo se propuso un método de explotación para la mejora del explotación del material no metálico.

Según Rodriguez (2021) en la tesis titulada "Mecanización del método de explotación para la obtención de blocks de travertinos en la concesión minera canteras andinas" faculta de Ingeniería de minas, Universidad Nacional del Centro del Perú, propuso solucionar problemas de producción minera de la Concesión Minera Canteras Andinas, se aplicó la mecanización en la explotación de blocks de travertinos para que se incrementara la producción mediante la formulación del proyecto minero y su respectiva evaluación en el análisis de comparación de resultados. Se analiza la problemática ambiental para establecer la diferencia de cambio en los aspectos e impactos ambientales por la explotación del travertino mediante la utilización de la rozadora de brazo como propuesta de mecanización. El costo de explotación de bloques, puesto en cantera para un nivel de producción de 100 m^3/mes es de US$ 100.79 /m^3, y el costo total puesto en planta de Beneficio, en la ciudad de Lima, alcanza a US$ 151.79/m^3. Para un nivel de producción incrementada de 1,000 m^3/mes se de US$ 91.72/m^3 y el costo total puesto en planta de Beneficio.

INTERNACIONALES

Según Villacrés (2022) en su tesis "Diseño de explotación y cierre de mina de la cantera "La Esperanza", ubicada en la parroquia Gabriel Ignacio de Veintimilla, cantón Guaranda, provincia de Bolívar" facultad de ingeniería en geología, minas, petróleos y ambiental, carrera de ingeniería de minas, indica que el proyecto está relacionado con el diseño de explotación de la cantera "La Esperanza", ubicada en la parroquia Gabriel Ignacio de Veintimilla, cantón Guaranda, provincia de Bolívar, que tiene como objetivo asegurar a la

administración del gobierno local, una producción total y una utilización técnica de los materiales pétreos existentes en el área minera. Para lograr este propósito, el proyecto toma en cuenta los principales parámetros, técnicos, operativos, económicos- financieros y socioambientales, dado que todos ellos tienen una fuerte incidencia en las actividades de producción minera, así como la información geológica y geotécnica, generada ensayos de laboratorio. Los parámetros técnicos que se consideran para el diseño de explotación de esta cantera son: el número de bancos, sus elementos geométricos, profundidad de la cantera, tasa de producción diaria, y el tamaño de los fragmentos de roca. Las variables económicas están relacionadas con la inversión (capital), costos generales, la reducción de costos por la actividad. Los parámetros sociales y ambientales son muy importantes, pues tienen que ser cuidadosamente manejados para asegurar el proyecto y garantizar beneficios, tanto para la administración de gobierno local como para la comunidad.

Según Fuentes **(**2022) en su tesis "Diseño de explotación de la Cantera del área Minera "El Porvenir" Código: 50001067, ubicado en la parroquia El Porvenir de El Carmen, cantón Palando, provincia de Zamora Chinchipe" de la Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental, Carrera de Ingeniería de Minas, de la Universidad Central del Ecuador, indica que el presente proyecto tiene como objetivo realizar el diseño de explotación de la cantera del área minera "El Porvenir" código: 50001067, ubicado en la parroquia El Porvenir de El Carmen, cantón Palanda, provincia de Zamora Chinchipe. Considerando que el Proyecto minero "El Porvenir" se encuentra en fase de exploración, es indispensable disponer de una propuesta de diseño de explotación para lo cual analizar los parámetros geológicos, geotécnicos y minero-técnicos que generan la planificación minera del Proyecto mediante el cual se propone desarrollar el sistema de excavación descendente y abandono del talud final en bancos, con 5 niveles, de 10 m cada uno. Los parámetros del diseño para la cantera son: altura de bancos:10, berma: 3 m, ángulo de talud del banco: 80º, plataforma de trabajo: 25 m. Considerando el método de equilibrio límite, se permitió calcular el coeficiente de seguridad con un valor de 1,7 el cual posibilita

mantener la estabilidad de taludes de la cantera. Además, de acuerdo a los índices financieros TIR y VAN, que fueron calculados, se obtuvo una rentabilidad del 9,4% lo que indica favorablemente la viabilidad del Proyecto.

Según (Valença,2018) en la investigación titulada "Análise de produtividade e custos das operações unitárias na lavra de agregados na pedreira esperança – pe através de estudo de tempos e movimentos" en el programa de Postgrado en Ingeniería Mineral (PPGEMinas) -Universidad Federal de Pernambuco (UFPE), el cual tuvo como objetivo analizar la productividad y los costos de las operaciones unitarias, este se basó principalmente en la optimización de tiempos de un taladro roto percusivo neumático, del tiempo de ciclo de tres excavadoras hidráulicas Komatsu, Hyundai y John Deere. Los resultados mostraron que la perforadora neumática presenta menor eficiencia que la excavadora Komatsu, y a su vez presenta menores costos unitarios.

Según (Schmitzhaus,2018) "Análise de cenários de planeamiento de mineração para adequação de uso futuro da área de mineração agregada" Universidad Federal de Rio Grande Do Sul escuela de ingeniería, departamento de Ingeniería de Minas, Programa de Posgrado en Ingeniería de Minas, Metalúrgica y de Materiales – PPGE3M. La cual tuvo como objetivo principal mostrar la importancia de la planificación de cierre y posterior uso del área minera, así como el análisis ambiental y impactos de la actividad en la sociedad y el medio ambiente, se logró visualizar una metodología adecuada para el análisis impactos socioambientales y planificación para preparar el área, empresario tomar la decisión más acertada en relación a su emprendimiento minero y futuros emprendimientos posteriores al cierre.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Ubicación del proyecto

El depósito de CM Solange AR se encuentra en la localización geográfica en el sistema de coordenadas UTM WGS 84 en la zona 19S,

aproximadamente a 2 km del distrito de Samegua, provincia de Mariscal Nieto y departamento de Moquegua (Ver Figura 1), Anexo 5 Las actividades de beneficio se desarrollan con la división de componentes auxiliares y principales los cuales forman parte de área delimitado de la Tabla 2.

Tabla 2
Coordenadas ubicación geográfica CM Solange AR

COORDENADAS UTM84 Zona: 19S			
Vértice	Norte	Este	Área(ha)
1	8,098,623.5900	300,814.0700	
2	8,097,623.5900	300,814.0700	
3	8,097,623.5900	300,112.4100	118
4	8,098,623.5900	299,146.5080	

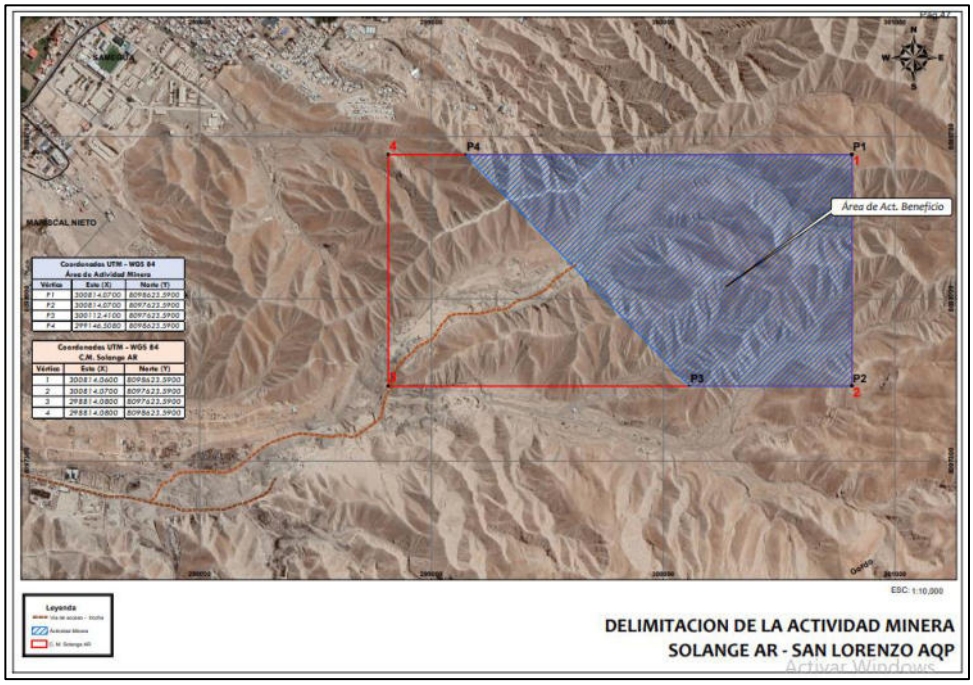
Nota: Elaboración Propia

2.2.2. Accesibilidad, clima, recursos locales, infraestructura y fisiografía

Solange AR se encuentra ubicada a aproximadamente 45 min desde Moquegua, con una distancia de 1.1 km desde la carretera de Moquegua hasta el Cruce Toquepala (Ruta en camino de asfalto), en la Figura 2 se detalla la ruta de acceso. La distancia desde el cruce hasta la Cantera es de 3.7 Km, los cuales se recorren en un camino de tocha, esta información se ilustra en la Tabla 3.

Figura 1

Ubicación del proyecto



Nota: En la figura se detalla la ubicación del proyecto minero.

Tabla 3

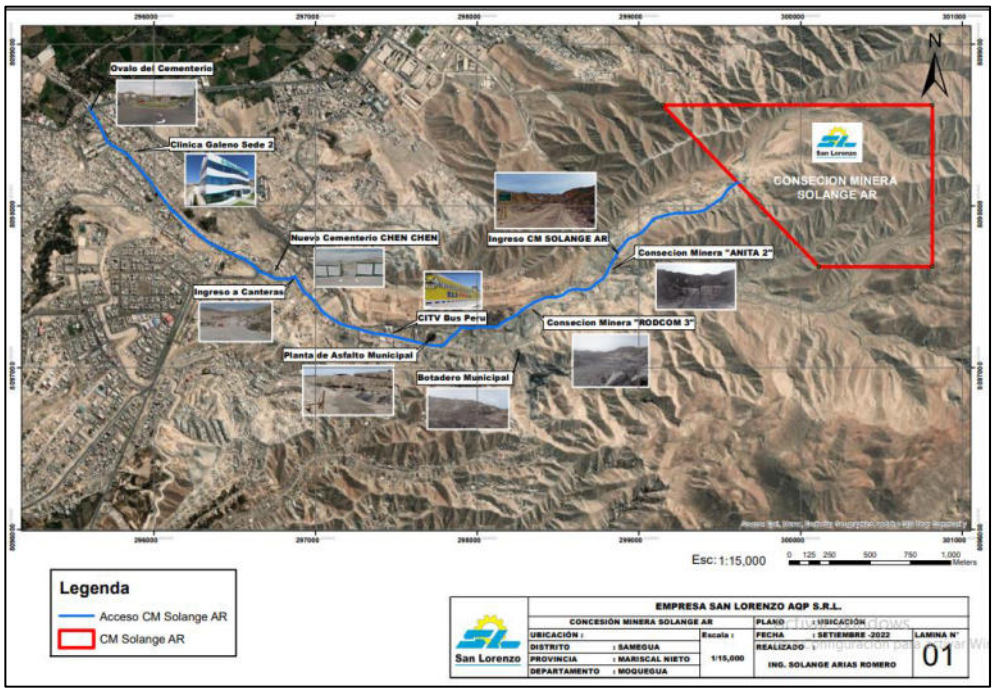
Accesibilidad concesión minera Solange AR

Desde	Hacia	Tipo de Vía	Distancia (km)	Tiempo (Hr)
Carretera Moquegua – Toquepala	Cruce Binacional – Planta Superman	Asfalto	1.10	0.15
Cruce Binacional – Planta Supermix	En curso	Trocha	3.7	0.25

Nota: Elaboración propia.

Figura 2

Ruta y Acceso a Cantera Solange AR



Nota: Se detalla la ruta de acceso al área de procesamiento de Agregados de Solange AR.

Clima

Dada la distancia entre la ciudad de Moquegua y la concesión minera, los climas son asemejados, el clima de la ciudad es seco, semicálido y soleado durante todo el año, se caracteriza por no presentar variaciones y ser uniforme la mayor parte del año. Las marcadas variaciones térmicas, caluroso durante el verano y con temperaturas bajas durante los meses de invierno, constituyen los contrastes más notables del clima del área de estudio.

2.2.3. Geología del Yacimiento

El proyecto no metálico está localizado en el lado este de la parte alta del distrito Samegua, tiene una altitud promedio de 1800 msnm en la Quebrada Cementerio. El material es esencialmente arena gruesa 50%, piedra para cimentación 10% (8 y 12 pulgadas), piedra chancada 20%, el cual puede

detallarse más en el Anexo 5 donde se adjunta el plano geológico de las formaciones que conforman la CM Solange AR. (Ver Anexo 6).

2.2.4. Geología Regional

Formación Sotillo (P-So)

Esta formación está compuesta por depósitos de areniscas, limolitas rojas y arcosas de color gris con tonalidades rojizas. Se encuentra disconforme sobre rocas volcánicas del jurásico e intrusivos cretácicos. Presentan estratificación paralela y subhorizontal predominando depósitos lacustritos en los niveles superiores. La transición con la Formación Moquegua está señalada por un banco de 15 a 20 cm. de Yeso. Estas facies afloran al SO de la ciudad de Moquegua.

Formación Moquegua superior (PN-mo_s)

Este miembro posee una litología conglomerádica que sobreyace con débil discordancia a las capas del miembro inferior de la formación Moquegua, tal como se le nota en la parte alta del valle de Moquegua. El contraste de color y topografía entre los dos miembros de la formación Moquegua es claro y visible a distancia y permite definir claramente el contacto. Su parte superior está parcialmente cubierta por un banco de tufo blanco del Volcánico Huaylillas, de 15 a 20 m. de grosor. La litología del Moquegua superior es principalmente areno-conglomerádica y secundariamente se intercalan tufos, areniscas, tufáceas, arcillas, tufos depositados. En el sector de la quebrada El Cementerio el miembro superior de la formación Moquegua aflora en la parte alta e intermedia de la quebrada.

Formación Huaylillas (Nm-hu)

Esta formación presenta tobas-lapilli de composición química riolítica a dacíticas de color grises, blanco a rosadas. Los rangos generales van desde tobas blancas friables hasta niveles altamente soldadas.

Depósitos aluviales (Qh-al)

En la zona de estudio están compuestos de gravas, arenas, con clastos subredondeados a subangulares. Presentan soporte de matriz areno limosos asociados a flujos de barro y conos aluviales y están semiconsolidados. En la zona de estudio se diferencian tres depósitos aluviales, los cuales son:

a) Qh-al3: Compuesta de conglomerados inconsolidados de origen fluvial, color gris y clastos subredondeados.

b) Qh-al4: Consisten en conglomerados semiconsolidados de clastos angulosos, ligera estratificación, con algunos niveles de tobas blancas recicladas y deleznables.

c) Qh-al5: Compuestos de gravas, arenas medias y gruesas. Así como niveles de limolitas, producto de llanuras de inundación. Sobre este tipo de depósito es donde se ha establecido la agricultura de la región Moquegua y se distribuye ampliamente en el valle del río Moquegua.

2.2.5. Geología Local

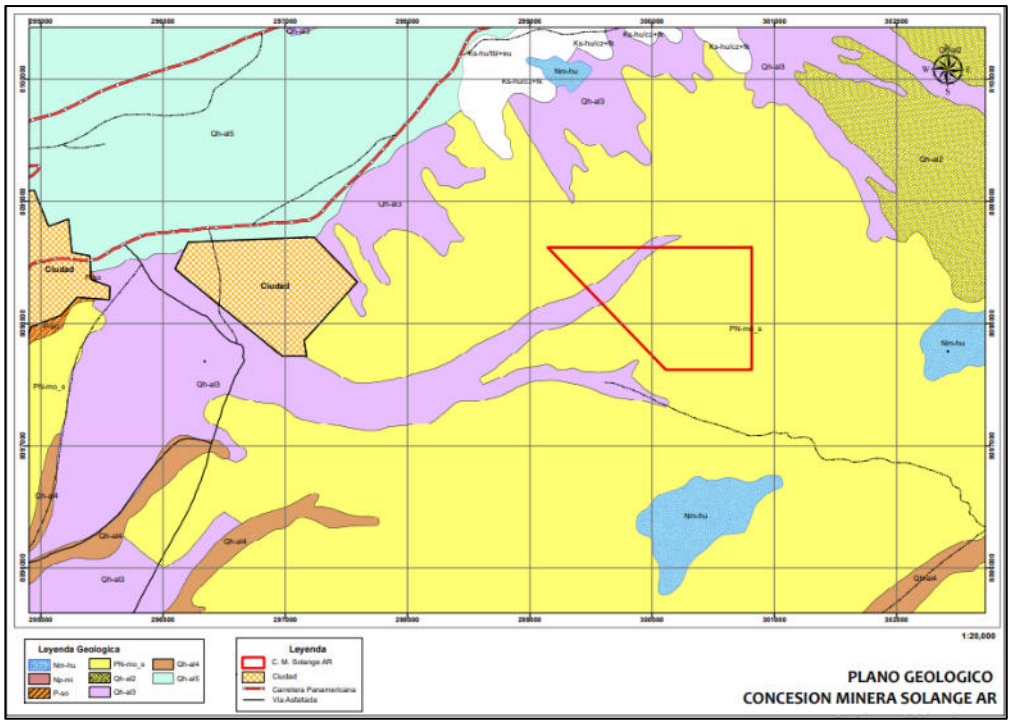
La acumulación de grava y arena en el lecho de estas quebradas es evidente (Figura 3). El yacimiento de Solange AR, está constituido por arena y gravas no consolidadas, entre otros productos, de acuerdo con las especificaciones requeridas para la utilización en la industria de la construcción. Se trata de depósitos cuaternarios y estos depósitos son:

Depósitos aluviales QH – AL 3

Los depósitos aluviales son de edad reciente, depositados por corrientes de agua se exponen formando terrazas a lo largo de los ríos y como abanicos aluviales, las terrazas se formaron en las partes anchas del valle. Los depósitos están constituidos de gravas redondeadas de tamaño variable y composición

según la distancia de su procedencia, arenas y limos formando la matriz y también delgados lentes entre las gravas.

Figura 3
Mapa geológico Solange AR



Nota: Solange AR forma parte del Qh- al3

2.2.6. Método de Minado

Solange AR es una operación a cielo abierto, que está siendo operada como una unidad no metálica, según clasificación de producción corresponde a pequeña minería. El área de explotación actual es de 4060 Toneladas por día. Los parámetros para el diseño de mina se detallan en la Tabla 4, en la Figura 4 los componentes que forman parte de la operación minera.

Método de explotación a cielo Abierto

El método de explotación que se usa en el proyecto minero no metálico es empleando la técnica convencional denominada a “Cielo abierto”, la cual consiste en un avance de corte de material en sentido horizontal. Se inicia con

la apertura de la cantera ubicada en la parte más baja y continuando con la zona más alta. En el desarrollo de la explotación se identifican las siguientes etapas:

Desbroce: Consiste en retirar el material no rentable de la zona de explotación y depositarlo en el botadero. La remoción del material será de unos 0.3 metros aproximadamente o hasta llegar al material de interés, pudiendo variar de acuerdo con la estratigrafía de la zona. Para el desbroce se utilizará tractor o cargador frontal y volquete para el traslado de material no rentable al botadero.

Arranque: Consiste en extraer el material de la zona de explotación. Durante la extracción se irán generando bancos de aproximadamente 5 metros. Para esta actividad se necesitará de un cargador frontal y/o excavadora.

Acumulación temporal: El material una vez extraído es acumulado temporalmente cerca de la zona de explotación para su posterior proceso (clasificación y/o chancado).

Para la aplicación del método de explotación se toman en cuenta los siguientes parámetros en los siguientes factores:

Tabla 4
Características de diseño de mina

Característica	TAJO 1	TAJO 2
Ancho de rampa (m)	20	30
Alto de banco (m)	4	5
Angulo de reposo	60	60
Berma Geotécnica	2	2

Nota: Para el presente proyecto de tesis se están considerando de acuerdo con las características del Tajo 2.

Prezarandeo (Zaranda Estática)

La principal función de la zaranda estática es la de separar los fragmentos más gruesos contenidos en el material extraído del tajo, con el fin de eliminarlos y enviarlos al botadero o enviarlos a una nueva clasificación requerida. Operación de clasificación por tamaños de fragmentos de dimensiones y formas variadas, de acuerdo con la abertura que permitirá el paso de aquellos materiales con dimensiones inferiores al tamaño de la abertura y reteniendo o rechazando aquellos otros con un tamaño superior a la dimensión de la abertura (malla).

Acarreo interno

El material pre zarandeado se encuentra en los tajos y se traslada a la planta de agregados mediante volquetes de 15 m^3 para continuar con el procesamiento del agregado. El material es depositado en una cancha temporal de material pre zarandeado cerca de la planta, este proceso es constante durante el proceso de producción.

Clasificación y chancado

Clasificación (Zaranda Vibratoria)

El mineral no metálico pre zarandeado es abastecido en la tolva de la planta con ayuda del cargador frontal, el cual es transportado mediante fajas hacia la zaranda clasificadora, proceso por el que pasa por la zaranda y por gravedad se filtra el agregado por diferentes tamices de mallas, los cuales son transportados por fajas de lona.

Chancado

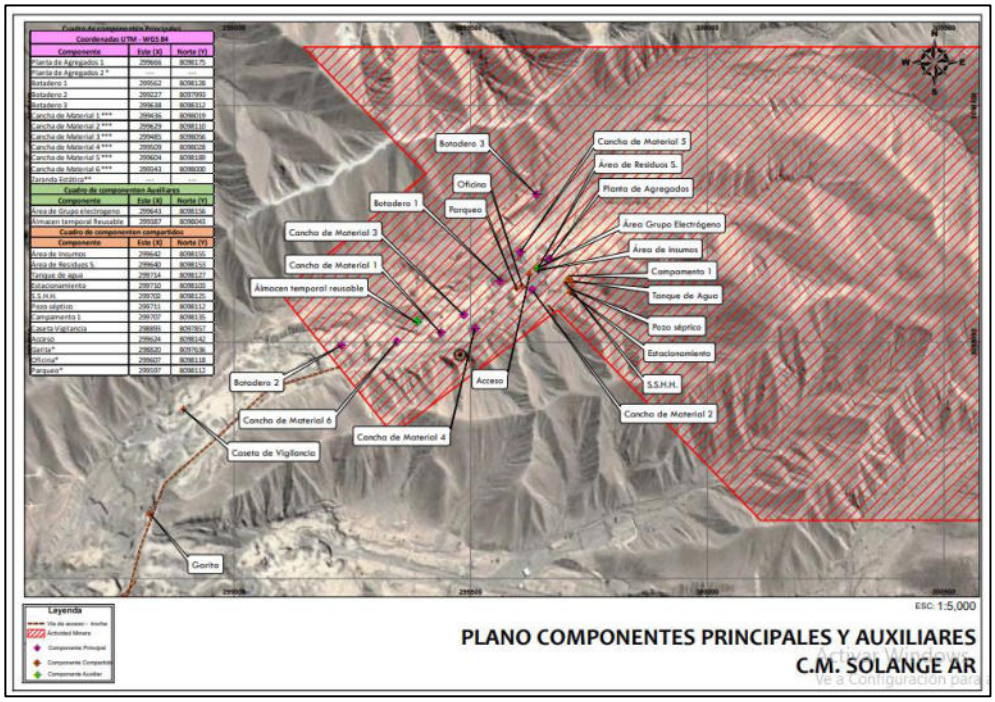
El material que es retenido por la malla de la zaranda vibratoria es chancado mediante chancadora cónica. El material chancado es transportado mediante la faja de retorno hacia la faja de alimentación de la zaranda vibratoria y sigue el mismo proceso de clasificación.

Acarreo Interno (Planta de agregados a cancha de material)

El material clasificado y chancado se traslada a la cancha de material correspondiente utilizando el cargador frontal.

Figura 4

Ubicación de componentes Solange AR



Nota: Ubicación de los componentes dentro del perímetro de Solange AR.

Transporte

El material clasificado y chancado es transportado por medio de volquetes hacia los diferentes destinos indicados por el cliente.

Resultados del proceso de Chancado:

Agregado fino: Material que pasa 100% el tamiz 3/8” y queda retenido en la malla N.°200. Generalmente es clasificado como arena gruesa o fina.

Agregado grueso: Es aquel que es retenido 100% en el tamiz N.°4 o superior. Generalmente es clasificado como piedra 67, piedra 57, piedra 89, otros (depende del requerimiento).

Secundarios: Material Base y Subbase Confitillo - Material económicamente no rentable.

Material de Descarte: Over – Material económicamente no rentable. (Se dispone en Botadero).

Los agregados que se explotan en Solange fluctúan de acuerdo con la oferta y demanda del mercado, en la Tabla 5 se muestra un comparativo del aumento de los precios entre los años 2022 y 2023.

Tabla 5
Precios de agregados

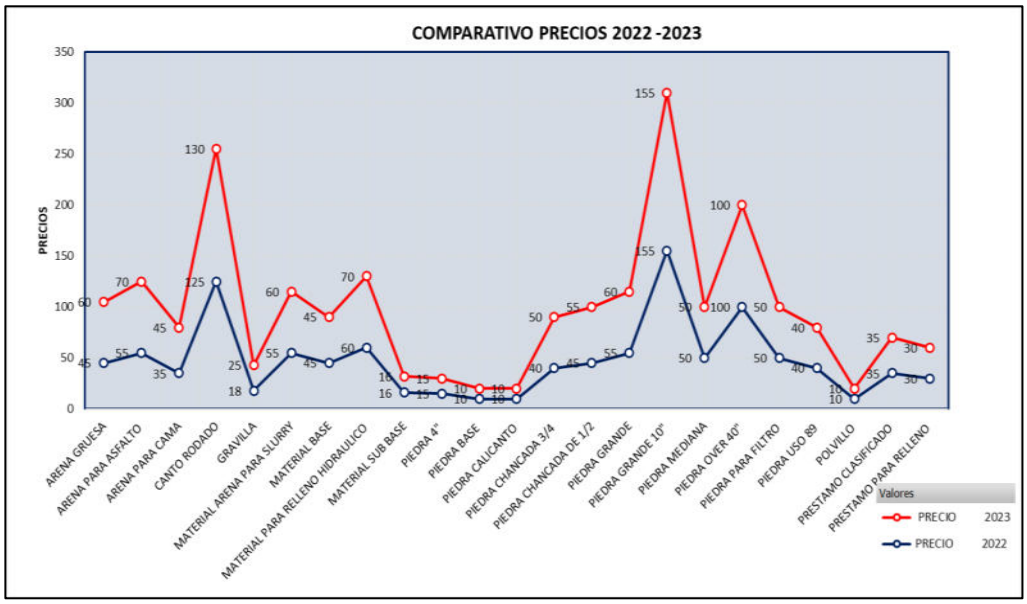
PRODUCTO	UNIDAD	PRECIO - 2022	PRECIO - 2023
Arena Gruesa	m^3	S/ 45.00	S/ 60.00
Piedra Chancada 3/4	m^3	S/ 40.00	S/ 50.00
Piedra Chancada De 1/2	m^3	S/ 45.00	S/ 55.00
Material Base	m^3	S/ 45.00	S/ 45.00
Material Sub Base	m^3	S/ 16.00	S/ 16.00
Piedra Grande	m^3	S/ 55.00	S/ 60.00
Piedra Mediana	m^3	S/ 50.00	S/ 50.00
Arena Para Cama	m^3	S/ 35.00	S/ 45.00
Material Para Relleno Hidráulico	m^3	S/ 60.00	S/ 70.00
Canto Rodado	m^3	S/ 125.00	S/ 130.00
Piedra Para Filtro	m^3	S/ 50.00	S/ 50.00
Gravilla	m^3	S/ 18.00	S/ 25.00
Arena Para Asfalto	m^3	S/ 55.00	S/ 70.00
Piedra Calicanto	m^3	S/ 10.00	S/ 10.00
Piedra Base	m^3	S/ 10.00	S/ 10.00
Polvillo	m^3	S/ 10.00	S/ 10.00
Piedra Grande 10"	m^3	S/ 155.00	S/ 155.00
Préstamo Para Relleno	m^3	S/ 30.00	S/ 30.00
Piedra Over 40"	m^3	S/ 100.00	S/ 100.00
Piedra 4"	m^3	S/ 15.00	S/ 15.00
Préstamo Clasificado	m^3	S/ 35.00	S/ 35.00
Piedra Uso 89	m^3	S/ 40.00	S/ 40.00

Los agregados que se detallan en la Tabla 5 son lo que tienen mayor demanda den Solange AR, con la piedra chancada de ¾, piedra ½ y arena gruesa.

Es evidente el aumento de precios en los agregados entre los años 2022 y 2023, según la Figura 5 agregados como la ´piedra chancada de ¾ y ½ han incrementado su valor en un 25%.

Figura 5

Comparativo de precios 2022 - 2023



Nota: Se visualiza el incremento de los precios entre el 2022 y el 2023.

2.2.7. Planeamiento de Minado

Plan a Corto Plazo

La planificación de corto plazo es para periodos cortos como pueden ser diarios, semanales o mensuales, por lo cual se consideraron solamente dos aspectos del material de proceso, esto dado que se realizaron estudios visuales y empíricos, se optó por la siguiente planificación a croto plazo (Tabla 6) el cual indica que semanalmente se extraerán entre hormigón y desmonte 1531.25 toneladas.

Tabla 6
Planeamiento mensual Solange AR

Plan mensual de producción					
Producto	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Total
Hormigón	2187.5	2187.5	2187.5	2187.5	8750
Desmonte	656.25	656.25	656.25	656.25	2625
Total (t)	11531.25	11531.25	11531.25	11531.25	6125

Nota: Área de Producción Mina según su planeamiento, establece que lo económicamente rentable es de 6125 toneladas.

Planeamiento a Mediano Plazo

Planificación a mediano plazo se muestra el resumen en la Tabla 7, el cual indica que mensualmente se producirán 6125 m^3.

Tabla 7
Planificación a Mediano Plazo – Solange AR

Plan de producción anual					
Producto	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 12	Total
Hormigón	8750	8750	8750	8750	105000
Desmonte	2625	2625	2625	2625	31500
Total (t)	6125	6125	6125	6125	73500

Nota: Área de Producción Mina, la producción total anual estaría siendo de 73500 toneladas.

Planeamiento a Largo Plazo

Según el área de operaciones mina, la explotación de la mina no metálica "SOLANGE AR", se realizarán en un periodo de 23 años aproximados. Cuya producción proyectada es tomando en cuenta la reserva probada y probable del yacimiento existente en el proyecto. En la Tabla 8 se detalla el plan de minado para el periodo de vida del proyecto, donde indica que se extraerá el 100% de las reservas y así cumplir con las proyecciones del Proyecto.

Tabla 8
Planeamiento a Largo Plazo

Plan vida de la mina					
Producto	Año 1	Año 2	Año 3	Año 23	Total
Hormigón	105000	105000	105000	105000	2415000
Desmonte	31500	31500	31500	31500	724500
Total (t)	73500	73500	73500	73500	1690500

Nota: En un total de 23 años de explotación el agregado económicamente rentable explotado sería de 1690500 toneladas.

2.2.8. Reservas CM Solange AR

Reservas Probadas

Según el área de Operaciones Mina, la minera no metálica "SOLANGE AR", cuenta con reservas probadas, las que se han realizado haciendo calicatas en diferentes puntos del área de la actividad.

Reservas Probadas: 231428.57 *t/* m^2 x3.5 m = 810000 m^3

Reservas Probada =1782000 t

**Factor de Conversión de* m^3 *a t = 2.2 t/* m^3 *(p.e. hormigón)*

Reservas Probables

Según el área de Operaciones Mina, el depósito cuenta con reservas de material que son de origen aluvial constituido por suelos gravosos, siendo estas explotables. En la proyección del tajo se tiene estimada una reserva probable de 105,000m^3 de material, considerando el 80 % de este como rentable y 20% de este es material de desmonte.

Reservas Probables: 90000 m^2 x 3.5 m = 315000m^3 = 693000 t

**Factor de Conversión de* m^3 *a t = 2.2 t /*m^3 *(p.e. hormigón)*

Reservas totales (R. Probadas + R. Probables):

1 782 000 t + 69300 t = 2 475 000 t

2.2.9. Vida Útil

Según el área de Operaciones Mina, teniendo en cuenta los cálculos realizados, la reserva probada y probable se estimó una vida útil de 23.5 años de actividad extractiva.

Cálculo de la vida del Proyecto (R. Totales / Producción anual):

2 475 000 t / 105 000 t / año = 23.5 años

2.2.10. Equipos Mina

El equipo de minería utilizado en Solange AR es el estándar de la industria de explotación no metálica (Tabla 9) y se puede describir de la siguiente manera:

El arranque se realiza con tractores D8, el cual con la capacidad de la hoja topadora realiza el corte del material a una altura de 30 cm, dejando así el material suelto y dando pase desbroce de este.

El desbroce comprende la utilización del cargador frontal de generación F y H de capacidad de 3 metros cúbicos, en algunos casos se utiliza una excavadora la cual también suele cumplir la función de arranque del material.

La flota de camiones Fotón 500K 2022, que actualmente consta de 5 unidades propias del titular, los cuales cumplen con lo requerido de acuerdo con la producción de la planta chancadora. Así mismo se planea aumentar el tamaño de la flota para el equipo de producción para mejorar el transporte del material.

Tabla 9
Equipos Operaciones CM Solange AR

Tipo	Modelo	Capacidad	Cantidad
Cargador Frontal	950 F, 966 H	$3m^3$	2
Excavadora	Komatsu 336	$2m^3$	1
Planta Trituradora Móvil	FACSOL	80-150 t	1
Volquete	Fotón 500k	$15m^3$	5

Nota: Elaboración propia

Los equipos que se muestran en la Tabla 9, dada las fallas mecánicas, mantenimientos preventivos, etc. no cumplen con el 100% de su utilización, lo cual para el presente proyecto de tesis se ha considerado una evaluación del periodo de los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre para obtener un promedio de la disponibilidad y la utilización de dichos equipos.

Cargador Frontal

En la Tabla 10, se exponen los horómetros de utilización y disponibilidad mecánica. El mes de octubre cuenta con mayor presencia de horómetros en el área de mantenimiento, con un total de 80 horas inoperativas

por fallas operaciones del equipo. La utilización tuvo un margen del 22.98% viéndose de esta la interrupción de la producción mina en el mes de octubre, dada la baja disponibilidad del cargador frontal como principal equipo de alimentación a la planta clasificadora. Esta afectación también influye directamente en la planificación a corto plazo de extracción y explotación mina. Los márgenes de disponibilidad mostrados en la Figura 6 son considerados para la optimización de la planificación del presente proyecto de investigación.

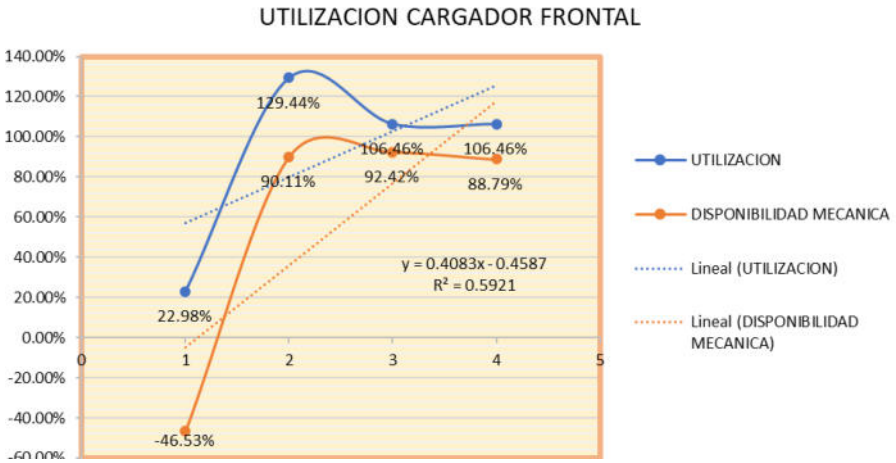
Tabla 10
Utilización – Cargador Frontal

MES	HORAS TRABAJADAS	HORAS MÁQUINA	INOPERATIVAS	UTILIZACIÓN	DISPONIBILIDAD MECÁNICA
Setiembre	250:00:00	253.37	28.40	104.58%	88.79%
Octubre	54:42:00	54.70	80.15	22.98%	-46.53%
Noviembre	308:04:00	308.07	30.48	129.44%	90.11%
Diciembre	253:22:00	253.37	19.20	106.46%	92.42%

Nota: Elaboración Propia

Figura 6

Regresión lineal Utilización – Disponibilidad Mecánica

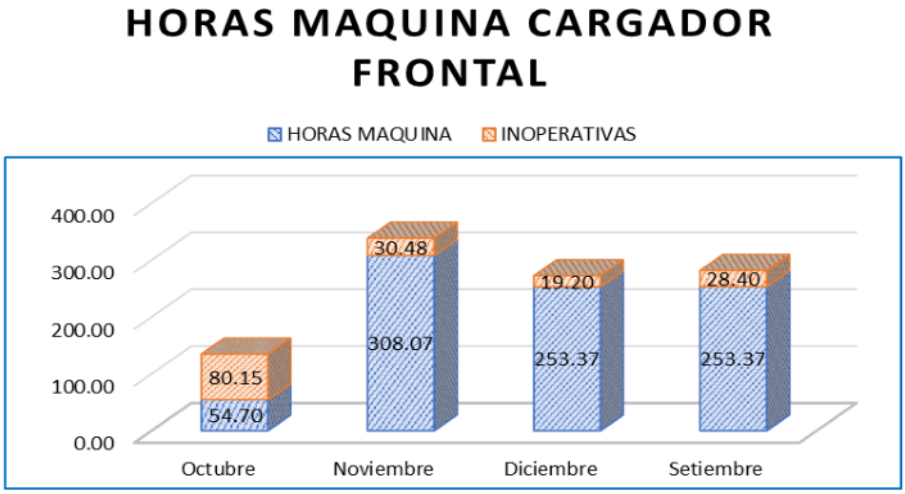


Nota: El coeficiente de correlación de Pearson con un valor de 0.59, lo que indica que la relación existe entre la utilización y la disponibilidad mecánica del cargador frontal es positiva. La relación entre sus variables es directamente proporcional. Lo que significa que el Cargador Frontal tiende a tener más horas inoperativas a medida que su horómetro aumenta.

En los meses de setiembre y diciembre del año 2022, las horas máquina del cargador frontal variaron según la Figura 7.

Figura 7

Horas máquina – Cargador frontal



Nota: Elaboración Propia

Capacidad de Cucharón de Cargador Frontal

QP Real = QPNominal*F*Ds

QP Real = Capacidad real del cucharón

QP Nominal = Capacidad nominal de cucharón

F = Factor de llenado

Ds = Densidad de material

Densidad de material = 2.04

QP Real = 3 m^3 x 0.95 x 2.04 t /m^3

QP Real = 5.84 t

Tiempo de carga de un volquete

Tc= (QC x TCe)/QP Real

Datos:

Tc = Tiempo de carga

QC = Capacidad de camión volquete

Tce = Tiempo ciclo del cucharón del cargador frontal

Qp Real = Capacidad real

Tc = (15 m^3 x 2.8 min/ciclo) / 5.84 t

Tc = 7.19 t / min

Parámetros de carguío

E = FO x FT x FM

FO: Eficiencia de operación

FT: Eficiencia de tiempo

FM: Eficiencia por disponibilidad mecánica

$$E = 0.95 \times 0.90 \times 0.93 = 0.79515$$

Producción horaria de cargador frontal

P. horaria = Capacidad de Cucharon* Factor de Eficiencia * 60 min

P. horaria = 2.4 m 3 x 2.04 t / m^3 x 0.93 x 60 min

P. horaria = 273.1968 t / Hr.

Planta Chancadora

La utilización promedio de la planta clasificadora es de 51.02 %, esto tomando en cuenta que el promedio de horas máquina de un jornal por día es de 8.5 horas. Se asume que un tercio del día laborado es utilizado para la inspección visual del checklist, engrasado, recarga de combustible, aceites, lubricantes, entre otros. Sin embargo, lo que muestra la Tabla 11 es que la disponibilidad mecánica se encuentra en margen del 50.1% al 60.6 % de las horas equivalentes del equipo, teniendo en cuenta estos valores se puede intuir que el equipo presente aproximadamente un 40 % de sus horas máquinas en inoperatividad.

La producción de agregado depende únicamente del proceso de chancado y clasificación. La ineficiencia de la planta clasificadora no cumple con el rendimiento nominal del equipo, por ende, no cumple con la producción diaria establecida en el planeamiento del área de operación mina.

Tabla 11
Utilización – Planta Clasificadora

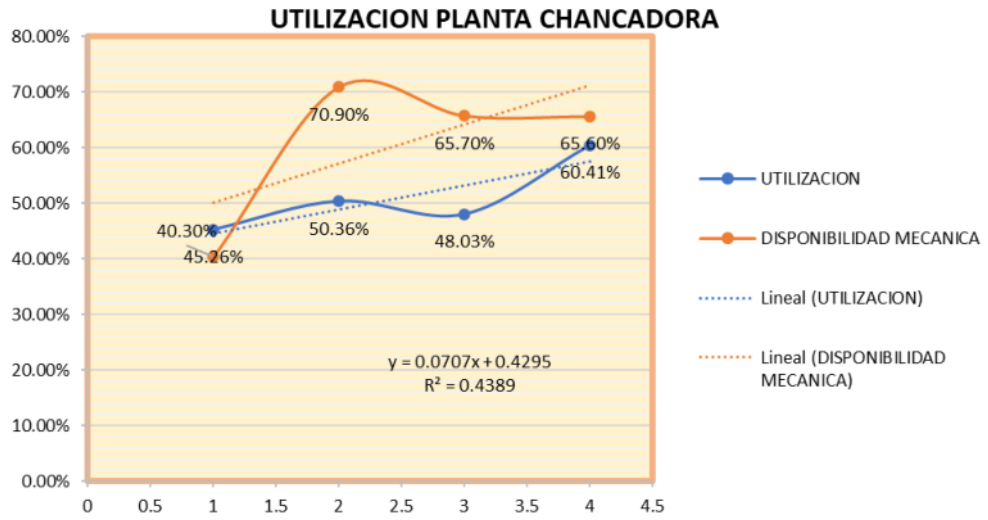
MES	HORAS TRABAJADAS	HORAS MÁQUINA	INOPERATIVAS	UTILIZACIÓN	DISPONIBILIDAD MECÁNICA
Setiembre	174:42:00	174.70	60.10	60.41%	65.60%
Octubre	124:12:00	124.20	74.15	45.26%	40.30%
Noviembre	138:12:00	138.20	40.21	50.36%	70.90%
Diciembre	131:48:00	131.80	45.21	48.03%	65.70%

Nota: El mes que conto con menor disponibilidad mecánica fue octubre, donde se llegó a una utilización de 45.26 %, menos al 50%, las fallas mecánicas y las contantes intervenciones de mantenimiento hicieron que la disponibilidad mecánica no llega a cumplir con los estándares establecidos según fabricación como disponibilidad nominal del 95%.

En la Figura 8, se detalla la correlación entre la utilización y la disponibilidad mecánica, las son obtenidas con los horómetros de los meses que detalla la Figura 9.

Figura 8

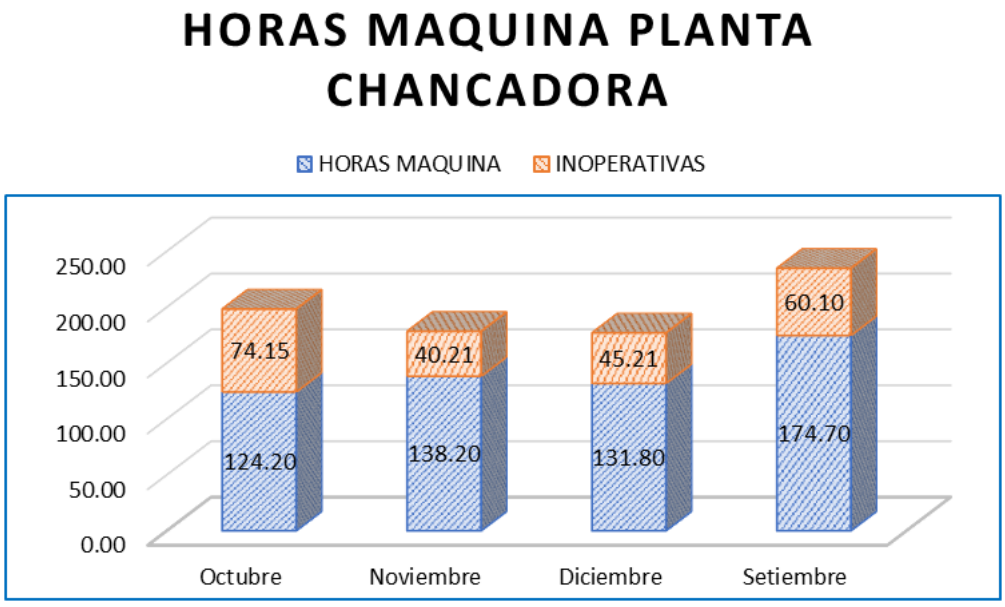
Dispersión lineal utilización – Disponibilidad Mecánica Chancadora



Nota: El coeficiente de correlación de Pearson con un valor de 0.43, la relación entre ambas variables es vacilante. Lo cual demuestra la inestabilidad entre los periodos de septiembre a diciembre de la eficiencia del equipo.

Figura 9

Horas Máquina – Planta Chancadora



Nota: Elaboración Propia

Las horas máquina de la planta clasificadora se representan gráficamente en la Figura 9, las horas inoperativas disminuyen a medida que el tiempo pasa desde setiembre a diciembre del 2022.

Volquetes

La concesión minera Solange AR consta de 5 equipos de a carguío, el cual transporta el material desde las pilas restantes del pre-zarandeo hasta la planta clasificadora. La flota de volquetes con certificado de operatividad y fabricación del año 2022, son los equipos que cuentan con mayor porcentaje de utilización, por ende, menos horas inoperativas (Figura 11). La disponibilidad mecánica de los mismos varia desde un 91% (Tabla 12 y Figura 10), a un 95% entre los 5 volquetes de marca Fotón con una potencia de 550HP. Los volquetes como equipos de transporte y traslado de agregados requieran mayor cuidado en los neumáticos, lo que involucra el mantenimiento de las vías programado en la cantera, este cumple con una programación mensual, cuyo principal objetivo es evitar el acceso encalamocado.

Tabla 12
Utilización – Volquetes

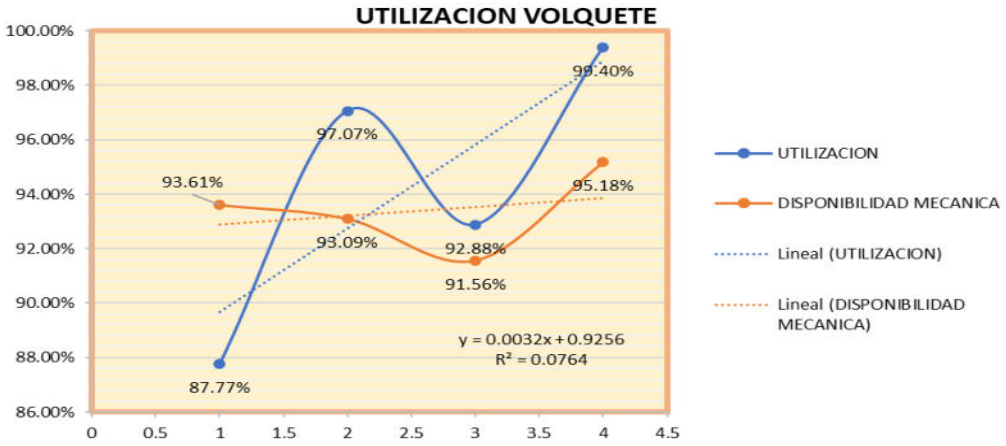
MES	HORAS TRABAJADAS	HORAS MÁQUINA	INOPERATIVAS	UTILIZACIÓN	DISPONIBILIDAD MECÁNICA
Setiembre	272:45:00	272.75	13.14	99.40%	95.18%
Octubre	240:50:00	240.83	15.40	87.77%	93.61%
Noviembre	266:21:00	266.35	18.40	97.07%	93.09%
Diciembre	254:51:00	254.85	21.51	92.88%	91.56%

Nota: Elaboración Propia

Las pendientes máximas en Solange AR son de 10°, esto no afecta en las ratios de tiempo de traslado de los equipos, ni la vida útil de los neumáticos, según el fabricante. El factor de carga considerado para la presente tesis es de 13.5m^3, promedio que esta establece el fabricante del equipo. El ángulo de reposo del material en la tolva es de 23°, el facto de esponjamiento del material es de 0.82.

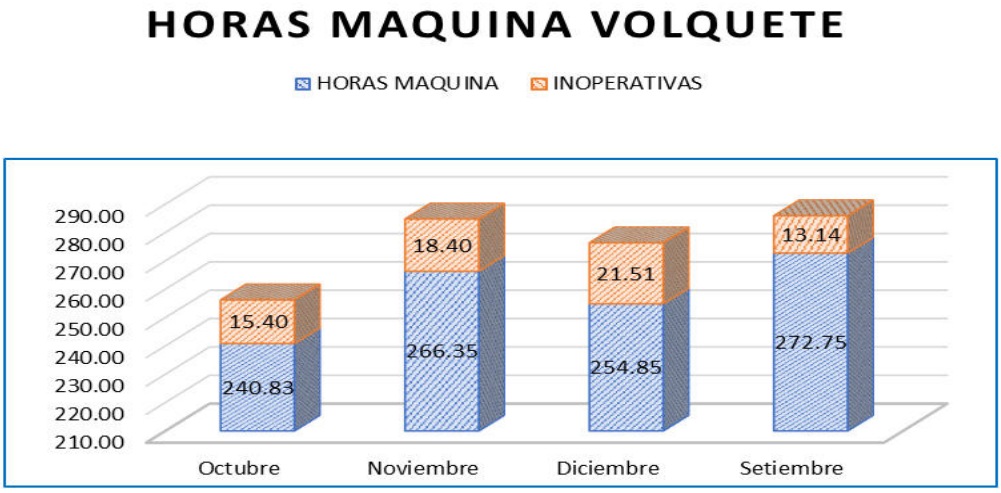
Figura 10

Dispersión lineal utilización – Disponibilidad mecánica volquete



Nota: La utilización y la disponibilidad mecánica con altos porcentajes en el periodo comprendido desde setiembre a diciembre, sin embargo, dado que el mes de setiembre la utilización no fue la óptima, la regresión lineal tiende a variar en esos puntos y muestra una mayor relación que lo expuesto en el coeficiente de correlación de Pearson con un valor de 0.0764 con tendencia a 0.

Figura 11
Horas Maquina – Volquete



Nota: Elaboración Propia

Producción del volquete

$$P = (60 * Qc * Fe) / Tc$$

P: Producción

Qc: Capacidad de Volquete

Fe: Factor de Eficiencia

Tc: Tiempo de Ciclo

Producción del Volquete = 110.16 t / Hr

Cálculo de Flota de Volquetes

$$\text{N.º de Volquetes} = \frac{Producción\ horaria\ Cargador\ Frontal}{Producción\ horaria\ Volquete}$$

$$\text{N.º de Volquetes} = \frac{273.20\ \text{t / Hr}}{110.16\ \text{t / Hr}}$$

N.º de Volquetes = 3

Tractor D8

Como primera actividad para ar inicio al ciclo de minado, es el arranque en el cual desempeña su principal función el único tractor que cuenta Solange AR.

Tabla 13
Utilización – Tractor D8

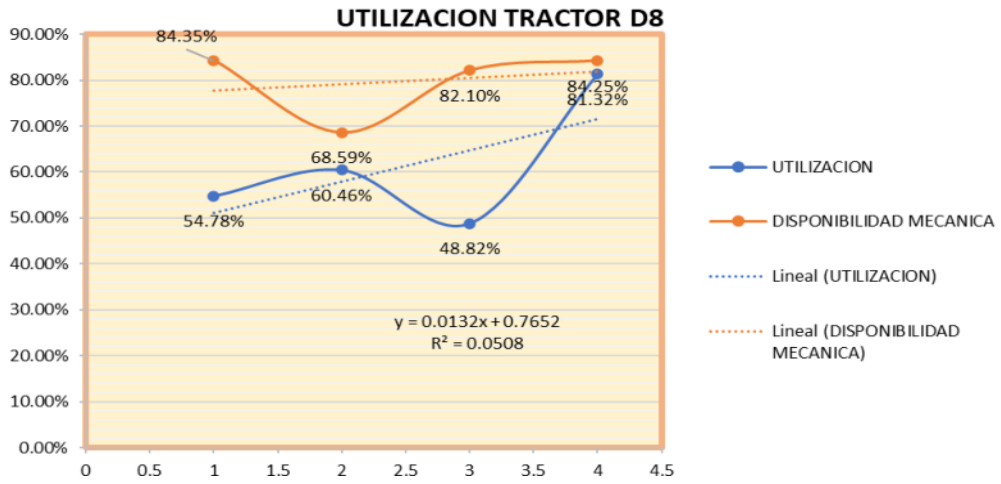
MES	HORAS TRABAJADAS	HORAS MÁQUINA	INOPERATIVAS	UTILIZACIÓN	DISPONIBILIDAD MECÁNICA
Setiembre	193:32:00	193.53	30.48	81.32%	84.25%
Octubre	130:23:00	130.38	20.40	54.78%	84.35%
Noviembre	143:54:00	143.90	45.20	60.46%	68.59%
Diciembre	116:11:00	116.18	20.80	48.82%	82.10%

Nota: Elaboración propia

Las horas máquina promedio trabajas del equipo son de 146 mensuales, la disponibilidad mecánica del equipo. La Figura 12 y 13 se muestra el resumen, de la utilización y disponibilidad mecánica entre los meses de diciembre y setiembre.

Figura 12

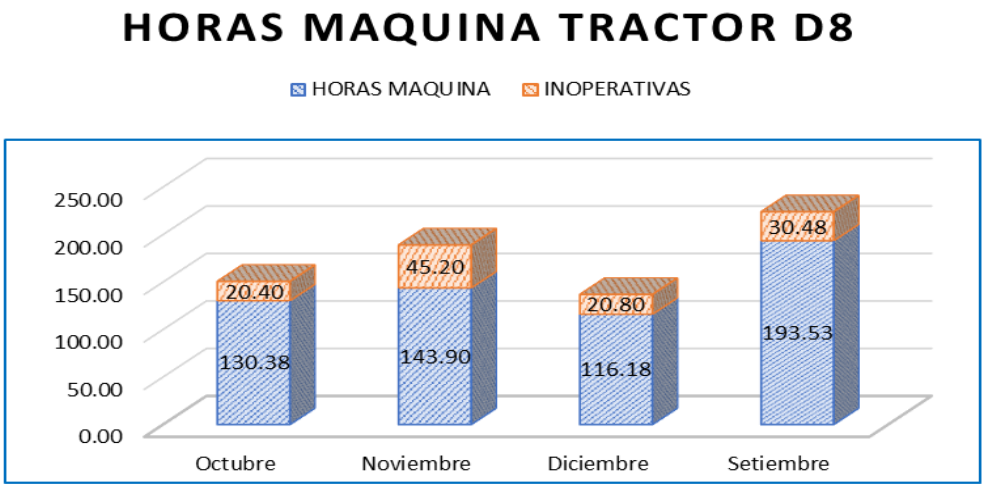
Regresión lineal utilización – disponibilidad mecánica tractor



Nota: El coeficiente de correlación de Pearson con un valor de 0.0508 con tendencia a "0". Significa que la utilización no está relacionada con la disponibilidad mecánica del equipo. Lo cual puede deducirse en gran porcentaje del tiempo el equipo en stand by o sin realizar actividad.

Figura 13

Horas máquina – Tractor D8



Nota: Elaboración Propia

Rendimiento Tractor

$$\text{Rendimiento} = \frac{E\ x\ V}{tc} = (0.95 \text{ x } 78.74) /0.05 = 236.17 \text{ m}^3\text{/hr}$$

E: Eficiencia (m^3 / hr)

Tc: Tiempo de Ciclo en horas

V = Capacidad de la hoja en m^3

Capacidad de hoja topadora

$$Vs = \frac{(LH)2}{2\ Tg\ x} = (1.67\text{x}3.93)2/\ (2\ \text{Tg}\ (60)) = 12.43\text{m}^3$$

Donde:

V = Capacidad de la hoja

L = Longitud de la hoja

H = Altura de la hoja

X = Angulo de reposo del material

Tiempo de ciclo

Tc = Tf + Tv

Donde:

Tc = Tiempo del ciclo en minutos

Té = Tiempo de maniobras (fijos)

Tv = Tiempo de acarreo y retorno

Excavadora 336

Equipo utilizado para el perfilado de taludes, conformación de bermas, muros de seguridad, carguío de material a volquetes, excavaciones. La utilización promedio de este es de 56 %. La excavadora tiende a depender de la funcionabilidad de tractor, el material suelto es limpiado por la excavadora, mientras mayor sea la proporción de este mayor, más será el trabajo para

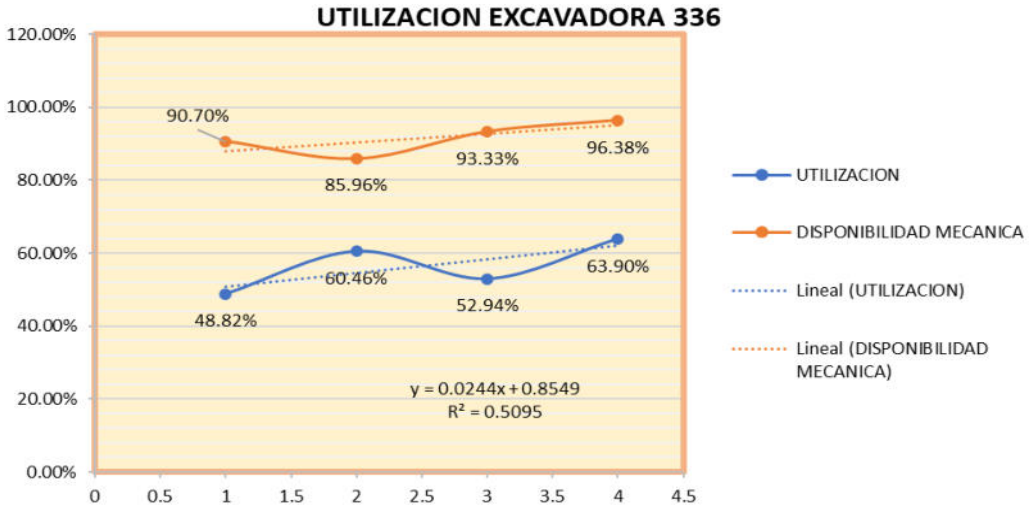
realizar por la excavadora, sin embargo, si no se cuenta con una gran proporción de material suelto, la excavadora tendrá tiempos muertos en los que se encontrara sin actividad. Esto se evidencia en el resumen de la Tabla 14 y la Figura 14.

Tabla 14
Utilización – Excavadora 336

MES	HORAS TRABAJADAS	HORAS MÁQUINA	INOPERATIVAS	UTILIZACIÓN	DISPONIBILIDAD MECÁNICA
Setiembre	152:05:00	152.08	5.50	63.90%	96.38%
Octubre	116:11:00	116.18	10.80	48.82%	90.70%
Noviembre	143:54:00	143.90	20.20	60.46%	85.96%
Diciembre	126:00:00	126.00	8.40	52.94%	93.33%

Nota: La disponibilidad mecánica de la excavadora en su promedio es mayor a un 90%, sin embargo, la utilización tuvo un margen mucho menor, el equipo tiende a estar aproximadamente el 40% parado, sin actividad, por lo tanto, baja productividad y eficiencia.

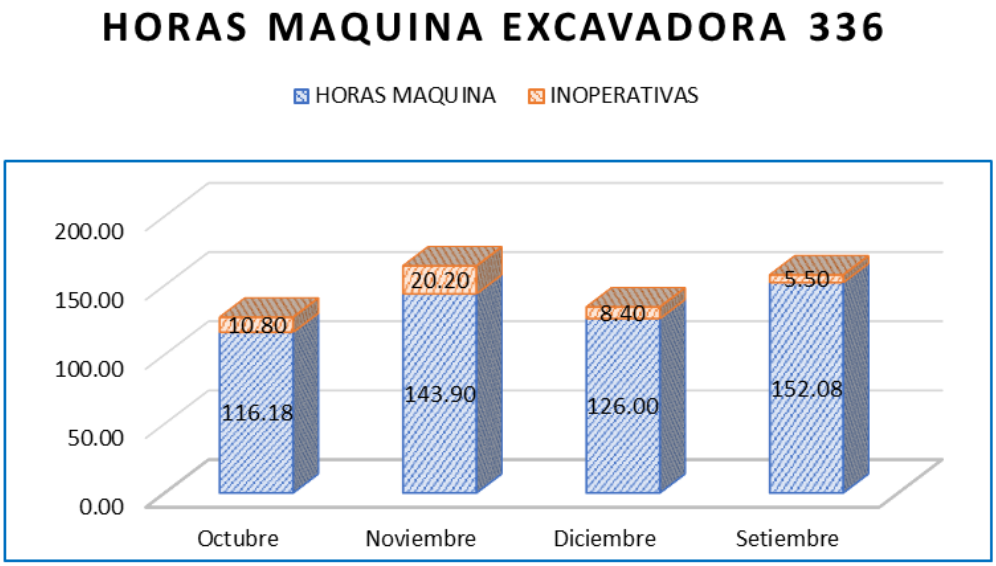
Figura 14
Dispersión lineal utilización – disponibilidad mecánica excavadora



Nota: La relación entre ambas variables es evidente, el coeficiente de correlación de Pearson presente un valor con mayor tendencia al 0, R2 = 0.509, sin embargo, si bien existe relación, la diferencia entre ambos es notoria. En el mes de setiembre se tuvo una disponibilidad mecánica de 90.7%, pero utilización solo fue de 48.82% menor al promedio.

Figura 15

Horas máquina – Excavadora 336



Nota: Elaboración propia.

2.2.11. Producción de Agregados

La producción de agregados ha fluctuado según la Tabla 15 y Figura 16, con una producción promedio de 100446 toneladas por mes, la planta clasificadora de marca Facso, cuyo alimentador además de la tolva, es la zaranda vibratoria que tiene tres niveles, con mallas tejidas regulables con alto contenido al carbono resistente al impacto y a la abrasión, con sistema de vibración con resortes.

La zaranda vibratoria dividida pro compartimientos que clasifican el material dependiendo los niveles de mallas, cada pasante es desviado a una faja transportadoras internas, estas cierran el circuito de chancado, es decir, Faja A

que transportan el producto de la chancadora primaria a la zaranda vibratoria, de la zaranda vibratoria a la chancadora secundaria y Faja B de la chancadora secundaria a la faja transportadora A que lleva el producto a la zaranda vibratoria, estas están configuradas a la capacidad de procesamiento de la planta. La chancadora cónica una unidad de lubricación asistida por bombas y aceite enfriado, asimismo cuenta con relojes de temperatura, presión, termostatos, y tanque de aceite hidráulico. Panel de control, el cual se encuentra centralizada para operar y distribuir la potencia de los equipos componentes de la planta de chancado primario y secundario. La cabina incluye el suministro completo de un tablero eléctrico para mando y control de todos los motores ofertados, se incorporarán sistemas de seguridad, mandos a distancia y todo mecanismo de protección que asegure el funcionamiento de la unidad.

Ratio producción Planta Chancadora

Producción día: 3481.90 t

Horas operativas promedio: 4.623

Rendimiento: 754.07 t / hr

Tabla 15

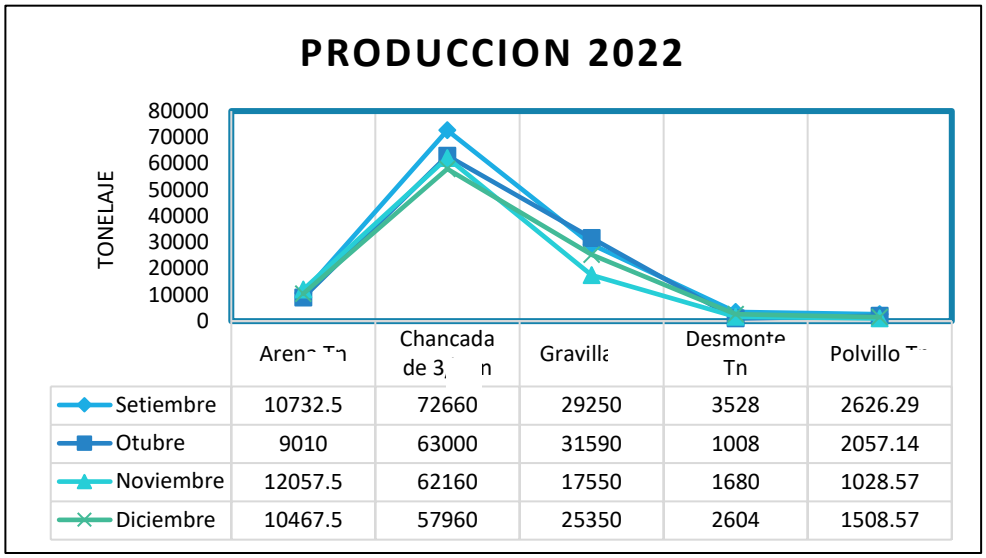
Producción de agregado 2022

Periodo	Arena (t)	Chancada de 3/4 (t)	Gravilla (t)	Desmonte (t)	Polvillo (t)
Septiembre	10732.5	72660	29250	3528	2626.29
Octubre	9010	63000	31590	1008	2057.14
Noviembre	12057.5	62160	17550	1680	1028.57
Diciembre	10467.5	57960	25350	2604	1508.57

Nota: Elaboración propia

Figura 16

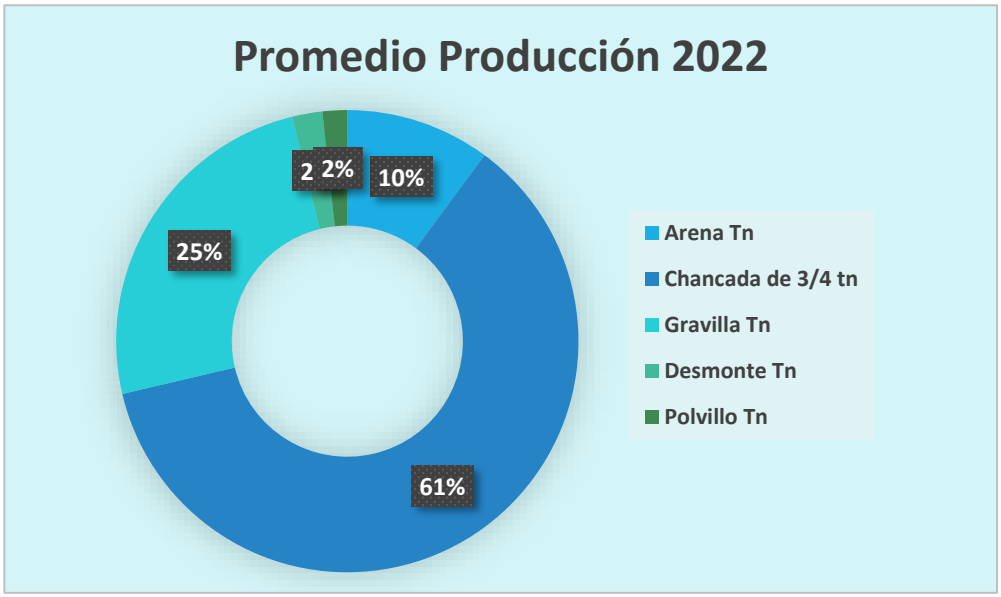
Producción de agregado 2022 (septiembre – diciembre)



Nota: La mayor producción de agregado como también el que presenta mayor rentabilidad es la piedra chancada de ¾ que entre los cuatro meses es evidente su producción en comparación de la gravilla y la piedra de 1/2.

Figura 17

Porcentajes de producción 2022



Nota: Elaboración propia

2.2.12. Estructura de costos

Los costos de producción involucran la mano obra, costos de la operación de los equipos, costos de energía, administrativos, los cuales son utilizados para dar continuidad al ciclo de vida de a concesión minera. Así mismo, dado el régimen laboral, los costos de producción presentan mayor gasto en transporte con un total de 0.20 US$ / t según el análisis financiero.

Costos de producción $/mes – Mano de Obra

Los costos asumidos en la mano de obra de la CM Solange AR, empiezan desde la gerencia y administración de la empresa hasta el personal involucrado en la productividad de la cantera. La mano de obra indirecta se ilustra en el aspecto comercial (ventas, logística, administración), la mano de obra directa que influye en la operación de la cantera es un total de 18 personas (Tabla 16) las cuales realizan un régimen de 21 x 7, dándose así las guardias compartidas y mayor rendimiento en ciertos periodos. La empresa San Lorenzo AQP también cubre los montos de alojamiento, alimentación y servicios básicos, los cuales son considerados en los gastos generales de la empresa.

Tabla 16
Estructura de mano de obra

Cantidad	Cargo	US$ / mes	Gasto Total
1	Jefe de Operaciones	1193.6	1193.6
1	Capataz	795.8	795.8
1	Operador de Planta	663.1	663.1
2	Ayudan de Planta	530.5	1061.0
6	Operador de Camión Volquete	795.8	4774.5
4	Operador de Cargador Frontal	742.7	2970.8
2	Operador de excavadora	848.8	1697.6
1	Operador de tractor	848.8	848.8
	Gasto Total / Mes		14005.3

Costos más relevantes de la producción (US$/t)

En la Table 17, el cual muestra un resumen de los costos indirectos con mayor influencia en la operación de cantera Solange AR, el mayor costo se ilustra en el personal, es decir, la mano obra (directa e indirecta).

Los equipos utilizados para la explotación son material principal para la productividad, sin embargo, sus costos incrementan a medida que las HM (horas Maquina) aumentan, dado que esto conlleva costos de reparación, de mantenimiento en cualquiera de sus tipos, mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo, en estos interviene la mano de obra indirecta, en la empresa San Lorenzo AQP. Los costos que involucran los equipos son también el uso de GETS, dado el cumplimiento de la vida útil de los componentes de dichos equipos, estos costos de mantenimiento aumentan y son el principal porcentaje de costos en equipos.

Solange AR está ubicado fuera de la zona urbana de Moquegua, dada su lejanía, el principal medio de energía es mediante grupos electrógenos. Los grupos electrógenos suministran el campamento y los equipos como (Planta chancadora). Los grupos electrógenos son abastecidos con cisternas de combustible, San Lorenzo cubre el costo de flete y venta.

Tabla 17
Clasificación de costos CM Solange AR

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad
1	Personal	U.S.$ / t	0.39
2	Equipos	U.S.$ / t	0.45
3	Energía	U.S.$ / t	0.33
4	Otros	U.S.$ / t	0.11

Nota: Elaboración propia.

Costos de producción

En la Tabla 18, muestra la estructura de costos de CM Solange AR, los costos operaciones están clasificados en costos de mina, costos de planta, energía, mantenimiento, infraestructura. Los costos que se muestran están considerados de acuerdo con el tonelaje de explotación. Las operaciones unitarias para la explotación del hormigón son de 3.49 U.S.$/ t. Los costos adicionales como planta chancadora, energía y mantenimiento son costos que resultan un total de 1.90 U.S.$ / t.

Tabla 18
Costos operaciones CM Solange AR

COSTOS OPERATIVOS EXPLOTACIÓN SOLANGE AR			
	Concepto	UND	MONTO
Mina	Desbroce	U.S.$ / t	0.11
	Arranque	U.S.$ / t	0.09
	Acarreo	U.S.$ / t	0.15
	Transporte	U.S.$ / t	0.20
	Mano de obra	U.S.$ / t	0.39
	Subtotal de mina	U.S.$ / t	0.94
	Desarrollo	U.S.$ / t	1.05
	Preparación	U.S.$ / t	1.50
Costo total de mina		U.S.$ / t	3.49
Ensayos de suelos		U.S.$ / t	0.02
Planta chancadora		U.S.$ / t	1.43
Energía		U.S.$ / t	0.33
Mantenimiento		U.S.$ / t	0.12
	Sub Total Costo	U.S.$ / t	1.90
Costo de operación		U.S.$ / t	5.39
Subtotal		U.S.$ / t	0.96
Costo Total		U.S.$ / t	6.35

Nota: Elaboración propia

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Reserva mineral

Es aquella parte del recurso mineral medido o indicado que puede ser explotada, en el momento de la evaluación, bajo parámetros económicos y técnicas realistas. Las reservas minerales se establecen a partir de los recursos minerales modificados, estos por aspectos de tipo minero, metalúrgico, económico, del mercado, legal, medioambiental, social y gubernamental. Las reservas minerales se subdividen en orden creciente de conocimiento geológico, técnico y económico en probables y probadas. (Bustillo y Lopez,1997, p.31).

Recursos minerales

Es un depósito o concentración de sustancia mineral (natural, sólida-se excluyen, por tanto, los hidrocarburos tipo petróleo o gas natural, inorgánico y orgánico fosilizada), en cantidades y leyes o calidades que permiten su extracción con beneficio real o potencial. (Bustillo y López, 1997, p.31).

Recurso

Cualquier bien capaz de suministrar a su poseedor alguna utilidad o beneficio (Bustillo y López, 1997, p.20).

Dilución

Es la incorporación de material a la mineralización. Puede ser intencionada o no intencionada (Bustillo y López, 1997, p.36).

Planificación minera

Es el proceso de planificación que permite identificar y pronosticar que hacer, de modo de alcanzar los objetivos de la empresa, junto con los presupuestos, las estimaciones de recursos y otros (Delgado, s.f., p.15).

Planeamiento a largo plazo

Es básicamente una planificación conceptual donde se establecen estrategia global de la empresa, para un horizonte superior de 5 años y que muchas veces va hasta el agotamiento del yacimiento (Delgado, s.f., p.18).

Planificación a mediano plazo

Comprende un horizonte de evaluación anual y mensual hasta dos años, produce planes de producción orientados a obtener las metas productivas en el corto plazo definidas en el largo plazo. Permite asegurar el presupuesto de operaciones y retroalimentar la planificación de largo plazo (Meneses, 2019, p.10).

Planeamiento a corto plazo

Es aquella actividad de planificación cuyo horizonte es un año o menor, por lo que su detalle y concepción está fuertemente condicionado por la realidad contingente de la faena o proyecto, y corresponde a un detalle de todas las actividades que se desarrollan en el año (Delgado, s.f., p.18).

Key Performance Indicator (KPI)

Es una expresión cuantitativa del comportamiento o desempeño de toda una organización o en una de sus partes, cuya magnitud al ser comparada con algún nivel de referencia, podría señalar desviaciones sobre la cual se tomará acciones correctivas o preventivas según sea el caso (Ríos, s.f., p. 2).

Evaluación económica

El plan es evaluado en el horizonte definido por la vida de la mina. Los flujos de caja anuales contemplan los ingresos por ventas, inversiones en equipos e infraestructura y gastos de operación. Por último, se realiza un análisis de sensibilidad sobre las viables más influyentes en el rendimiento económico del plan (Delgado, s.f., p.12).

Payback Period (Periodo de reembolso)

Es el número de años necesarios para reembolsar las inversiones de los flujos de efectivo netos, también se incluye en el encabezado estático (Wellmer et al, 2007, p.138).

Valor Actual Neto (VAN)

El valor presente neto indica al inversionista el valor de una inversión potencial en un yacimiento que aún no está en producción tomando en consideración los siguientes factores (Wellmer et al, 2007, p.143).

- Inversiones.
- Los flujos de efectivo netos anuales individuales NC (flujo de efectivo después de impuestos y posiblemente intereses).
- La fecha de los flujos de efectivo netos determinada por los factores de descuento en función del año n, en el que se debe el flujo de efectivo.
- El riesgo inherente a la inversión al tipo de interés elegido i.

Tasa Interna de Retorno (TIR)

Es la derivación del Método de la Tasa Interna de Retorno a partir del Método del Valor Actual Neto, siendo parte de una serie geométrica descendente, el valor presente neto (VAN) disminuirá, la mayor la tasa de interés aplicada. (Wellmer et al, 2007, p.151).

Banco

Es el módulo o escalón comprendido entre dos niveles que constituyen la rebanada de explotación el estéril y/o mineral, y que es objeto de excavación donde un punto del espacio hasta una posición final preestablecida. (Herrera, 2007, p.7).

Muestreo

Se realiza para establecer los controles de leyes, cuyos objetivos, pueden ser muy variados: comparación de los modelos de estimación previos, agotamiento de zonas, presencia de baja ley, etc. (Bustillo y López, 1997, p.102).

Cantera

Es el término genérico que se utiliza para referirse a las explotaciones de rocas industriales y ornamentales. Se trata, por lo general, de pequeñas explotaciones próximas a los centros de consumo, debido al valor relativamente pequeño que poseen los minerales extraídos, cantera para producción de áridos, operarse mediante los métodos de banco único de gran altura o bancos múltiples (Arteaga et al, s.f., p.108).

Agregado fino

Es la arena o piedra natural finamente triturada, de dimensiones reducidas y que pasan el tamiz 9.5 mm (3/8") y que cumple con los límites en la norma ITINTEC 400.037 (Castillo, 2009, p.23).

Agregado grueso

Es el material retenido en el tamiz ITINTEC 4.75 mm (N.º 4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas que cumple con los límites establecidos en la norma ITINTEC 400.037. El agregado grueso puede ser grava, piedra chancada, etc. (Castillo, 2009, p.26).

Análisis de Exploración de Datos (EDA)

El Análisis Exploratorio de Datos (EDA), es un enfoque para analizar datos con el fin de; resumir las características principales de los datos, obtener una mejor comprensión del conjunto de datos, descubrir relaciones entre diferentes variables, extraer variables importantes para el problema que estamos tratando de resolver. (Ceder, 2018).

Correlación de Pearson

El método se aplica a variables numéricas continuas y la prueba te devuelve 2 valores; si el valor es cercano a 1, implica una correlación positiva, mientras que un valor cercano a -1 indica una correlación negativa, un valor cercano a 0 implica que no hay correlación entre las variables (Ceder, 2018).

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Nivel de Investigación

El tipo de investigación del proyecto que se realizó es del tipo aplicada, ya que pretende mejorar el plan de minado, brindando como soporte conocimientos técnico - matemáticos para el cálculo de reservas. El nivel de investigación es descriptivo porque desarrolla la descripción de las características geotécnicas para luego optimizar un planeamiento de minado.

3.2. Ámbito Temporal y Espacial

Ámbito temporal

El estudio se refiere esencialmente al análisis productivo y evaluación de los aspectos geotécnicos en base al programa de minado. El periodo considerado es una proyección desde el año 2022, hasta el año 2023 que muestra los resultados del análisis con base en los objetivos y restricciones del plan de minado.

Ámbito espacial

El análisis se encuentra enfocado a la situación presente respecto al yacimiento no metálico (Concesión Minera Solange AR) el cual se encuentra en el Distrito Samegua, Provincia Mariscal Nieto, Departamento de Moquegua ubicado en el ámbito nacional y que también se puede considerar para investigaciones internacionales que presenten condiciones geográficas, geológicas y operativas similares al yacimiento en estudio.

3.3. Población y Muestra

3.3.1. Población

La población para el presente proyecto de investigación está constituida por el área de operación mina, donde se realizaron estudios geotécnicos para la optimización del planeamiento de minado.

3.3.2. Muestra

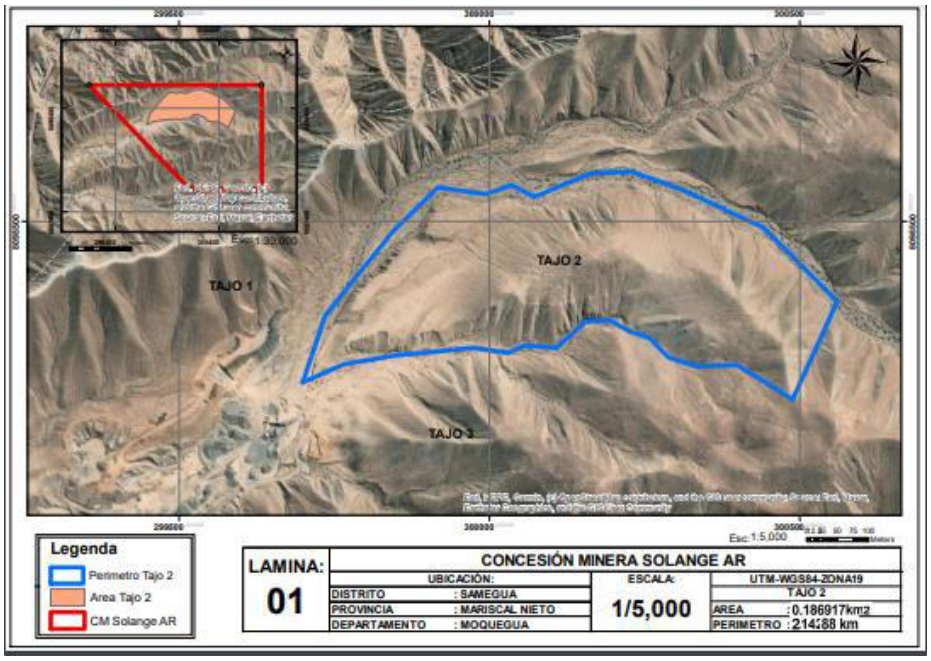
La muestra es no probabilística, según Fernández et al. (2014) en su libro metodología de la investigación indica:

> La muestra no probabilística desde la visión cuantitativa es su utilidad para determinados diseños de estudio que requieren no tanto una "representatividad" de elementos de una población, sino una cuidadosa y controlada elección de casos con ciertas características específicas previamente en el planteamiento del problema (p.190).

Por lo tanto, el presente proyecto de investigación tendrá un tipo de muestra no probabilístico en el área que se observa en la Figura 18, el cual contará con un tamaño de 10 calicatas, las cuales serán parte de ensayos de laboratorio.

Figura 18

Área y perímetro de la zona de muestreo



Nota: La figura se observa la zona de muestreo con un perímetro de 2.14288 km, área de 0.186917 km² y ubicación en la Concesión Minera Solange AR.

3.4. Instrumentos

Los datos de entrada para el Análisis Exploratorio de Datos como es el de las características geotecnias según ensayos realizados en calicatas, los cuales influyen de forma directa en el plan de minado, las fases, la topografía, la flota de equipos, las velocidades, tiempos fijos por destino y las restricciones fueron obtenidas de los inputs del proceso de Operaciones de Área de Producción Mina Todos los datos fueron entregados por las áreas involucradas en la operación, información obtenida de cuatro meses atrás y tres meses después de la evaluación realizada. Tras realizar la simulación en Mineplan nos permite exportar todos los resultados de los cálculos realizados por el programa, el procesamiento de estos datos permite realizar una mejor evaluación en cuanto a costos (TIR, VAN, Payback), volúmenes, proceso de minado, avances y fases de minado.

Se recolectó la información del área de operación mina y el área de beneficio, de los periodos de setiembre del 2022 a diciembre del mismo año. La información correspondiente a área de operación mina; estudios geotécnicos, geología, avances de producción, costos de operación mina, capacidad y eficiencia de equipos. Del área de beneficio se obtuvo la siguiente información; volúmenes de producción de material, costos de beneficio de material, estadísticas de control de producción mensual.

Trabajo de gabinete

Los datos recopilados del área de operación minan y beneficio fueron procesados mediante el uso de softwares como: Civil 3D, MinePlan, Slide, ArcGIS, Excel y el lenguaje de programación Python.

Trabajo de Campo

Para realizar la recolección de datos de trabajo en campo se utilizarán lo siguiente; GPS, estación total, cinta métrica, Equipos de Protección Personal (EPP), libreta de campo, entre otros.

Trabajo de laboratorio

Se realizaron los siguientes ensayos para determinar las características geotécnicas del material:

- Corte Directo ASTM D-3080.
- Contenido de Humedad ASTM D-2016.
- Clasificación SUCS ARTM D-2487.
- Clasificación AASHTO M-145.
- Peso específico de los sólidos ASTM D – 854.
- Densidad in situ ASTM D1556.
- Limite Plástico ASTM D – 4318.
- Limite liquido ASTM D-4318.

3.5. Validación y confiabilidad de los instrumentos

Para la confiabilidad de los ensayos realizados se tuvo en cuenta que estos fueran con instrumentos que cuenten con certificado de calibración y operatividad.

3.6. Procedimientos

Se realizó el levantamiento topográfico del área de estudio de 2.2 km, se definieron los puntos de muestreo en Tajo 2, se realizaron muestreos, estos resultados fueron procesados previo a un análisis exploratorio de datos con Python en el cual se evaluó las correcciones entre las variables participativas. Así mismo se utilizó el software Mineplan para la estimación de reservas con el módulo de MS Compas.

3.7. Análisis de Datos

Se realizó el Análisis de Exploratorio de Datos (EDA) en el lenguaje de programación de Python, también se utilizó el software Civil 3D para plasmar gráficamente los levantamientos topográficos y Excel para cálculos de costos tales como:

- Estadísticos descriptivos
- Cálculo de KPI's de producción.
- Cálculo del TIR y VAN.
- Correlación de datos de Pearson.
- Regresión lineal y múltiple.

Se utilizó el Software Mineplan para realizar la simulación de planeamiento de minado.

Se realizó un EDA con el lenguaje de programación de Python, mediante cálculos estadísticos básicos de la granulometría, se realizaron gráficas con Anscombe, Boxplots, Scatte, así como también el cálculo de medidas de

precisión (media, mediana, moda) y regresión lineal con ayuda de la librería de Matplotlib en la interfaz de Jupyter (Ver Anexo 3).

Para la presentación e interpretación de resultados se realizó en base al análisis de costos operacionales, KPI's de productividad antes y después de la optimización, esto se realizó mediante la elaboración de levantamientos topográficos, gráficas comparativas, el uso de softwares mineros como MinePlan, Slide, Civil 3D, entre otros que faciliten el estudio y análisis de los resultados.

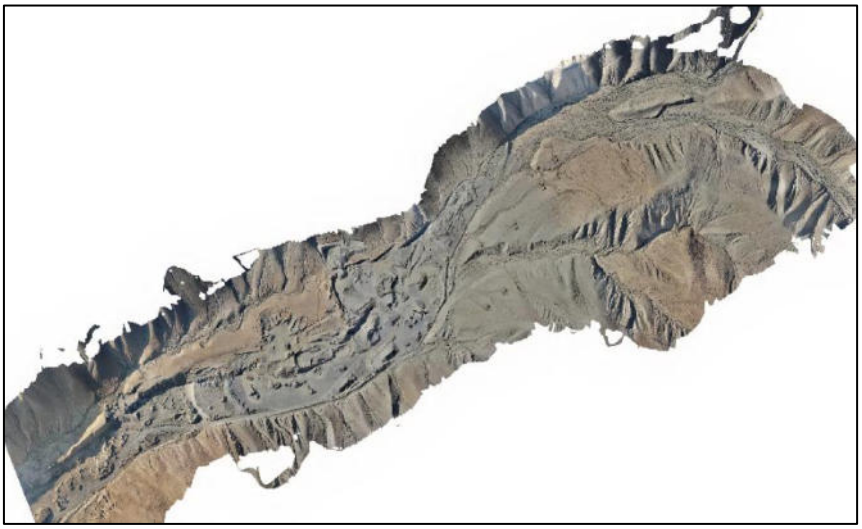
CAPÍTULO IV
RESULTADOS

Para la optimización del planeamiento de minado, se tomó como base el planeamiento de minado con el que cuenta la unidad minera, se identificaron las falencias, se tomaron inputs de un análisis de datos entre los meses de setiembre y diciembre. Los datos recopilados facilitaron obtener los KPI's reales a la situación actual de la concesión minera, indicadores que permiten mejorar y optimizar el planeamiento de minado. Se en el Anexo 11 y 12 se detallan los resultados de los ensayos de laboratorio de las muestras de las calicatas.

4.1. Topografía

Del levantamiento topográfico (Ortofoto) se obtuvo detalle de la geometría del área de la muestra, para una mayor envergadura el levantamiento topográfico se realizó con dron, como resultado se obtuvo una ortofoto de todo el Tajo 2 (Figura 19).

Figura 19
Ortofoto CM Solange AR – Tajo 2



Nota: Elaboración Propia – Software MinePlan

El planeamiento de minado base, indica que se realizaron estudios mediante calicatas para obtener los % de acuerdo con la granulometría del

agregado, sin embargo, no se cuentan con datos de los ensayos realizados, para su optimización se realizaron nuestros en calicatas según el detalle de las ubicaciones de la Tabla 19 y en la Figura 20, detalla la ubicación en el software. Las coordenadas de ubicación de las calicatas están en el sistema WGS84, en la Tabla 19.

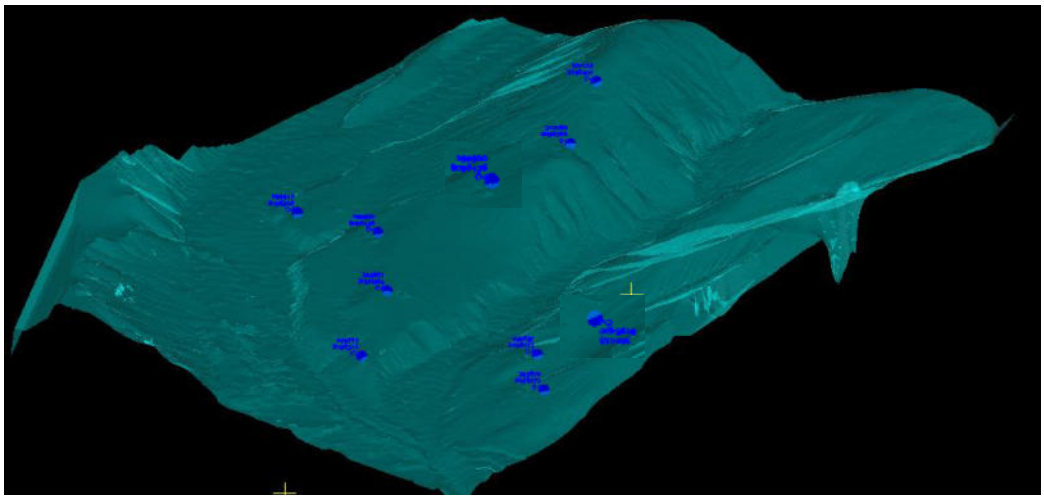
Tabla 19

Ubicación de calicatas - Coordenadas UTM WGS 84

Calicata	Este	Norte	Altura
C-1	299773	8098310	1755
C-2	299851	8098363	1799
C-3	300062	8098386	1810
C-4	300123	8098420	1829
C-5	299920	8098434	1770
C-6	299917	8098503	1789
C-7	299800	8098173	1799
C-8	299837	8098206	1769
C-9	299857	8098234	1810
C-10	299898	8098257	1791

Nota: Elaboración propia

Figura 20
Ubicación referencial tridimensional de calicatas



Fuente: Elaboración propia – Software Mineplan

4.2. Resultado de los ensayos geotécnicos

Los ensayos realizados dieron los resultados que se muestran en la Tabla 20 y 21, se obtuvo información real del yacimiento, el cual forma parte de los inputs para poder realizar una mejor optimización, características que anteriormente se desconocían como peso específico por calicata, densidad, humedad, índices de plasticidad, etc.

Tabla 20
Características geotécnicas de calicatas – Solange AR

DESCRIPCION	UND	C-01	C-02	C-03	C-04
Masa específica	g/cm³	2.492	2.509	2.494	2.468
Contenido de humedad	%	2.92	4.12	7.1	5.91
Ángulo de Rozamiento Interno	°	31.3	31.23	15	16.43
Cohesión efectiva	kg/cm²	0.07	0.067	0.501	0.477
Densidad S	g /cm³	1.955	1.909	1.611	1.648
Humedad	%	2.9	4.1	7.1	5.9
Densidad de Campo	g/cm³	1.955	1.909	1.611	1.648
Valor Soporte C.B.R.	%	44.7	33.5	17.9	15.7
Clasificación	SUCS	GW-GM	GM	SP-SC	SM
Clasificación	AASHTO	A-1.a (0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)
Limite Líquido	%	29.8	30.2	31.3	30.2
Limite Plástico	%	23.8	26.2	22.8	22.9
Índice Plasticidad	%	6	4	8.5	7.3
Coeficiente de Uniformidad		81.82	209.34	38.81	58.44
Coeficiente de curvatura		1.46	0.12	0.82	0.21
Arena	%	46.3	55.3	64.8	67.7
Piedra	%	53.7	44.7	35.2	32.3

Nota: Elaboración propia

Tabla 21
Características geotécnicas de calicatas – Solange AR

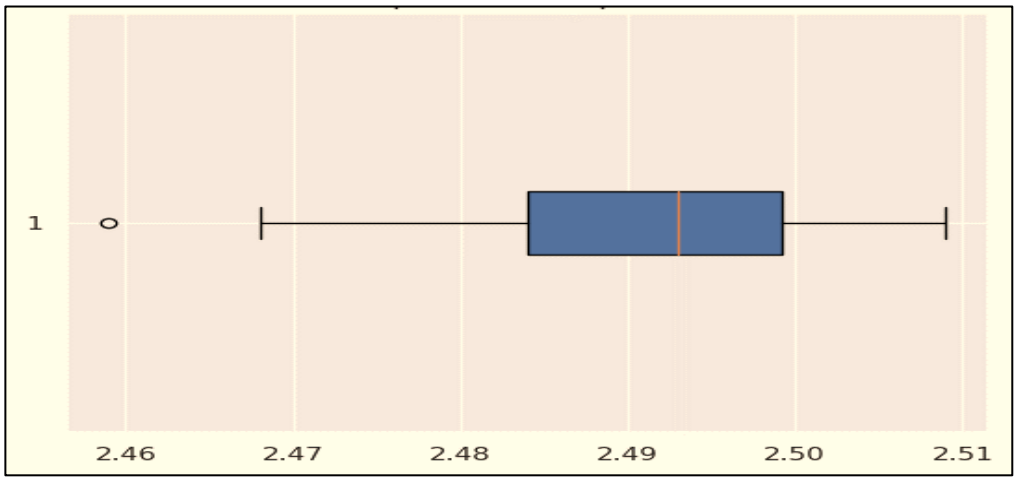
DESCRIPCION	C-05	C-06	C-07	C-08	C-09	C-10
Masa específica	2.506	2.5	2.484	2.484	2.459	2.497
Contenido de humedad	4.02	3.12	4.28	4.79	3.02	4.12
Ángulo de Rozamiento Interno	31.53	31.27	30.89	20.3	31.4	31.2
Cohesión efectiva	0.059	0.058	0.067	0.28	0.059	0.058
Densidad S	1.965	1.978	1.933	1.856	1.965	1.978
Humedad	4	3.1	4.3	4.8	4.5	4.4
Densidad de Campo	1.965	1.978	1.933	1.856	1.859	1.89
Valor Soporte C.B.R.	40.3	42.9	41.6	14.8	25.7	15.8
Clasificación	GW-GM	GW-GM	GW-GM	GP-GC	GW-GM	GW-GM
Clasificación	A-2-4(0)	A-1-a (0)	A-1-a (0)	A-2-4(0)	A-1-a (0)	A-1-a (0)
Limite Líquido	30.4	30.4	30.7	30.2	30.2	30.2
Limite Plástico	24.1	24.4	25.6	23.4	24.4	23.4
Índice Plasticidad	6.3	6	5.1	6.8	5.1	8.5
Coeficiente de Uniformidad	108.63	168.77	117.54	139.54	168.77	117.54
Coeficiente de curvatura	2.07	1.84	1.54	0.81	1.54	1.54
Arena	50.3	43.9	40	50.9	67.7	50.9
Piedra	49.7	56.1	60	4.1	44.7	32.3

Nota: Elaboración propia

4.2.1. Masa especifica

Con unidad de medida g/cm^3, entre las muestras realizadas la media de los valores se encuentra en 2.49 g/cm^3, la mayor parte de los valores se encuentran por debajo del cuartil inferior Q (25%). El peso específico promedio de las calitas indica la relación que tienen respecto al volumen, los resultados obtenidos son mayores a 2, lo cual significa que existe gran % de piedra en las muestras, en la Figura 21 se ve el detalle por calicata muestreada.

Figura 21
BoxPlot – Masa especifica



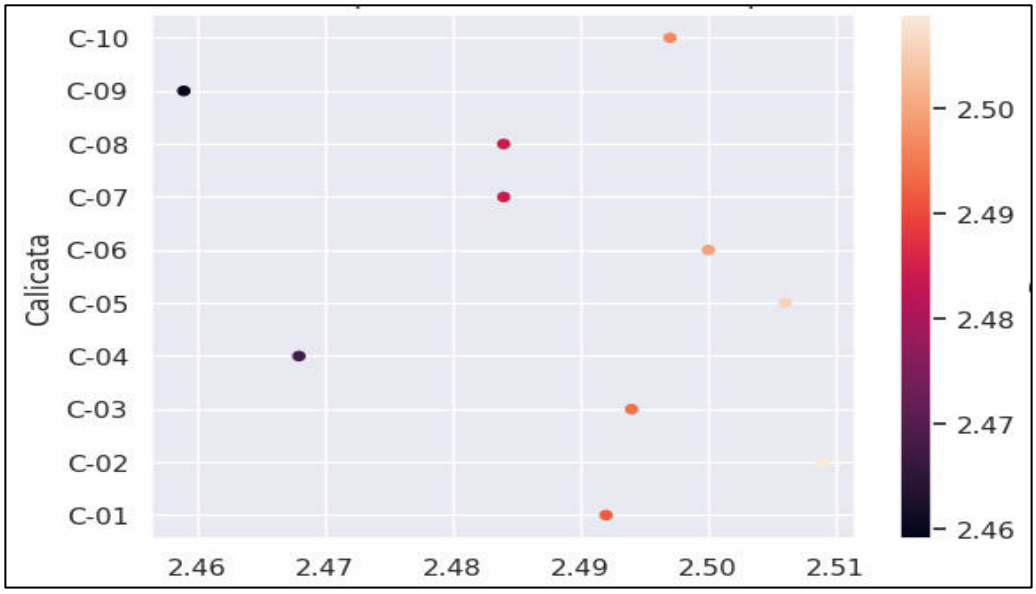
Nota: De las 10 calicatas, los resultados de la masa específica tienen un rango de entre 2.48 y 2.50 g/ cm², sin embargo, la C-09, tiene un valor atípico al resto de 2.459 g/ cm². El límite inferior de los datos corresponde a la calicata C-04 con 2.468 g/cm2.

En la gráfica de dispersión del peso específico en base a las calicatas, se detalla el resultado por cada calicata (Figura 22).

La ubicación geográfica de las calitas y la relación que estos muestran con el peso específico resultado se muestra en la Figura 23, en el cual se consideran las coordenadas UTM WGS 84 y la dispersión resultante.

Figura 22

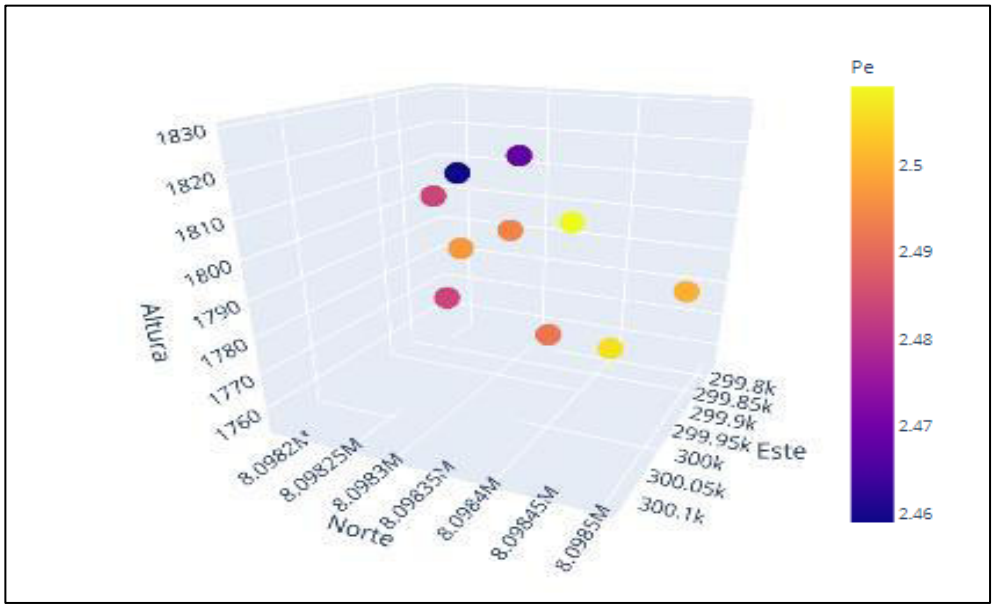
Dispersión de la masa específica de las calicatas



Nota: Según la figura elaborada en la interfase de Scatter Python los rangos en los cuales se encuentra la masa específica, varían desde la calicata C-09 con mayor masa específica, lo contrataría a la calicata C -06 con menor masa específica de 2.50 g/cm^3.

Figura 23

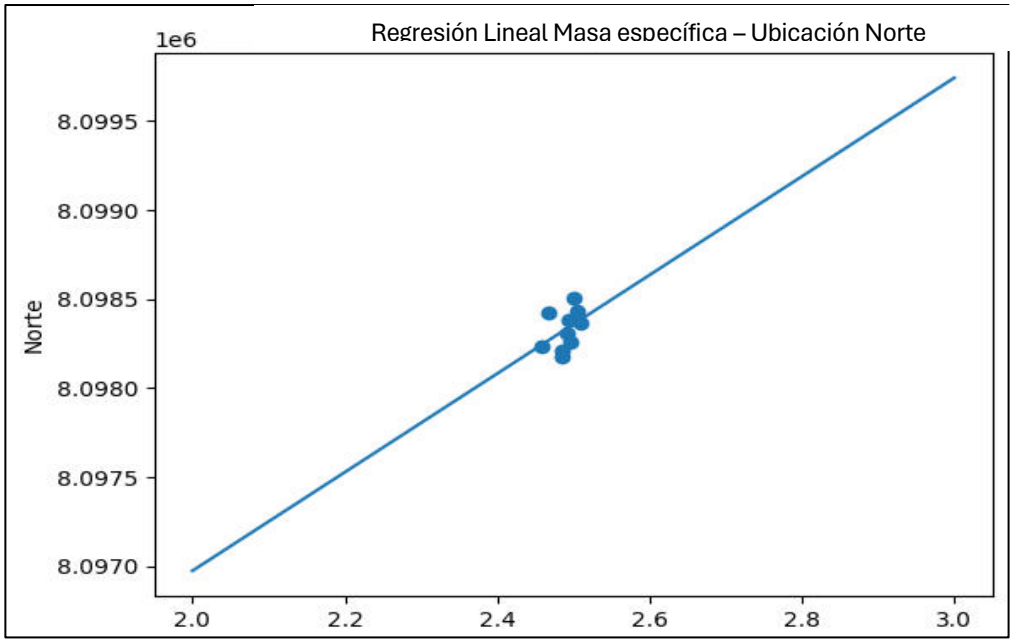
Regresión Múltiple - Ubicación calicatas - Masa específica



Nota: El coeficiente de correlación de Pearson detalla los siguientes resultados: La masa específica con relación a las coordinadas este de las calicatas es de -.0.1647 (negativo), la dispersión de la masa específica en las coordenadas norte de las calitas resulta un valor de 0.4040 (positivo), la relación la masa específica en consideración de la altitud es de -0.4764(negativo). El único valor que guarda relación con las calicatas es la coordenada corte. En la Figura 24, se detalla la dispersión lineal.

Figura 24

Dispersión norte y masa específica

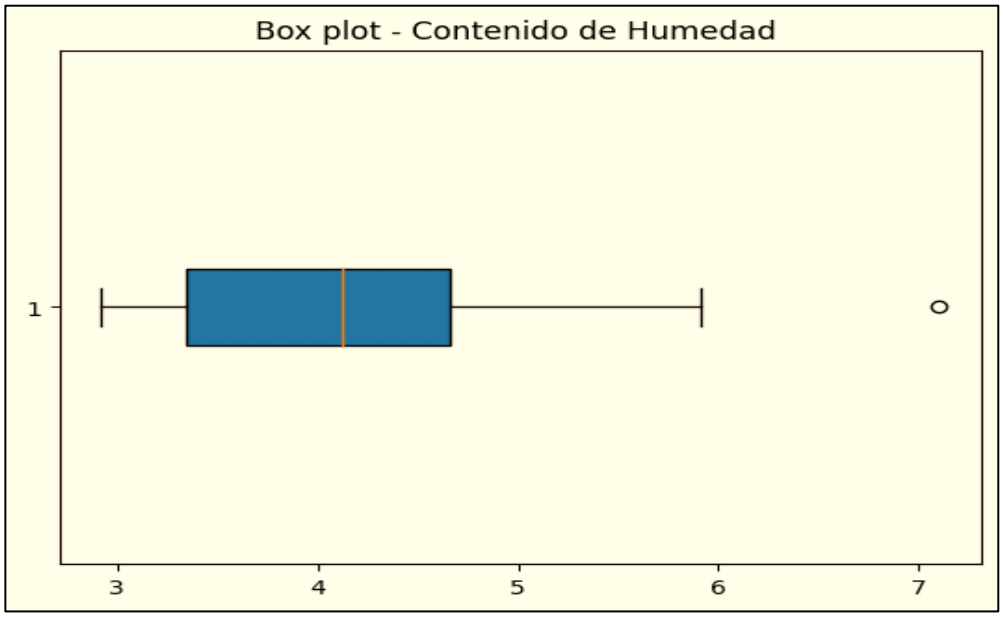


Nota: La masa específica de las calicatas se encuentran ubicadas alrededor de la UTM WGS 848098503 son menores a las que se encuentran en menor magnitud del norte, presentan mayor peso específico. El yacimiento tiende a tener más mayor porcentaje de arenas y limos UTM WGS 8098234 y medida que avanza hacia el norte las % de piedras aumenta.

4.2.2. Contenido de Humedad e Índice de Plasticidad

El contenido de humedad del yacimiento en porcentaje según los resultados varía entre el rango 2.92 a 7.10 %, la media se encuentra en el valor de 4.34%, su desviación estándar es de 1.3222, de los dos obtenidos el primer cuartil tiene un valor de 3.345%, segundo cuartil de 4.12%, y el tercer cuartil de 75% aun 4.66% de humedad. En la Figura 25, gráfica de Boxplot, el detalle de los resultados según ensayos.

Figura 25
BoxPlot- Humedad



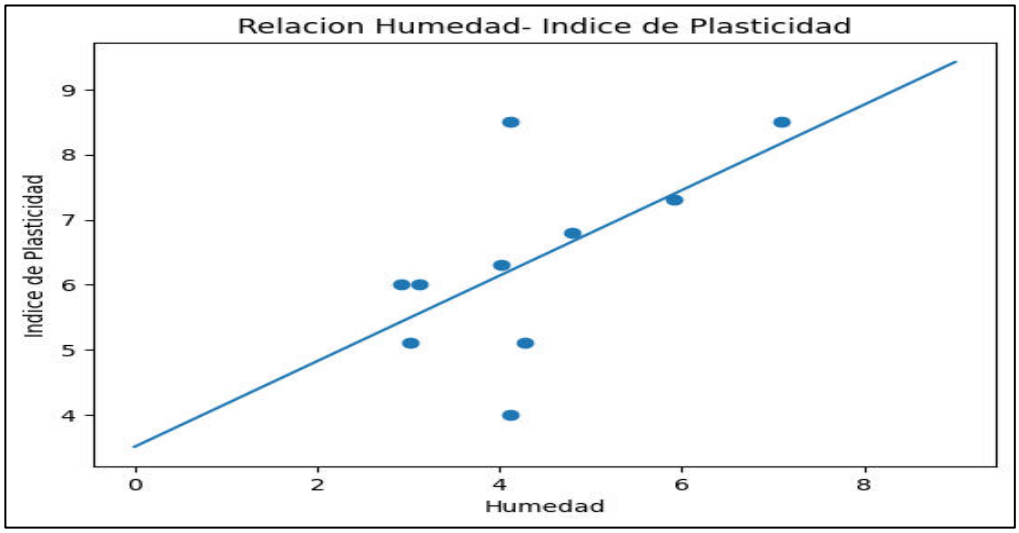
Nota: El límite superior corresponde al contenido de humedad de la calicata C-04 con 5.41%, el valor atípico que se muestra corresponde a la calicata C-03 el cual tiene el % máximo de contenido de humedad llegando al 7.1 %.

El coeficiente de correlación de Pearson indica que existe una relación directamente proporcional entre el índice de plasticidad y la ubicación de calicatas respecto al este.

En la Figura 26, se aprecia la regresión lineal simple respecto a la humedad y el índice de plasticidad, en la Figura 27 también se detalla gráficamente la relación entre ubicación de las calicatas, la humedad y el índice de plasticidad mediante una regresión lineal múltiple los valores se detallan en ambas figuras.

Figura 26

Regresión Lineal simple – Humedad

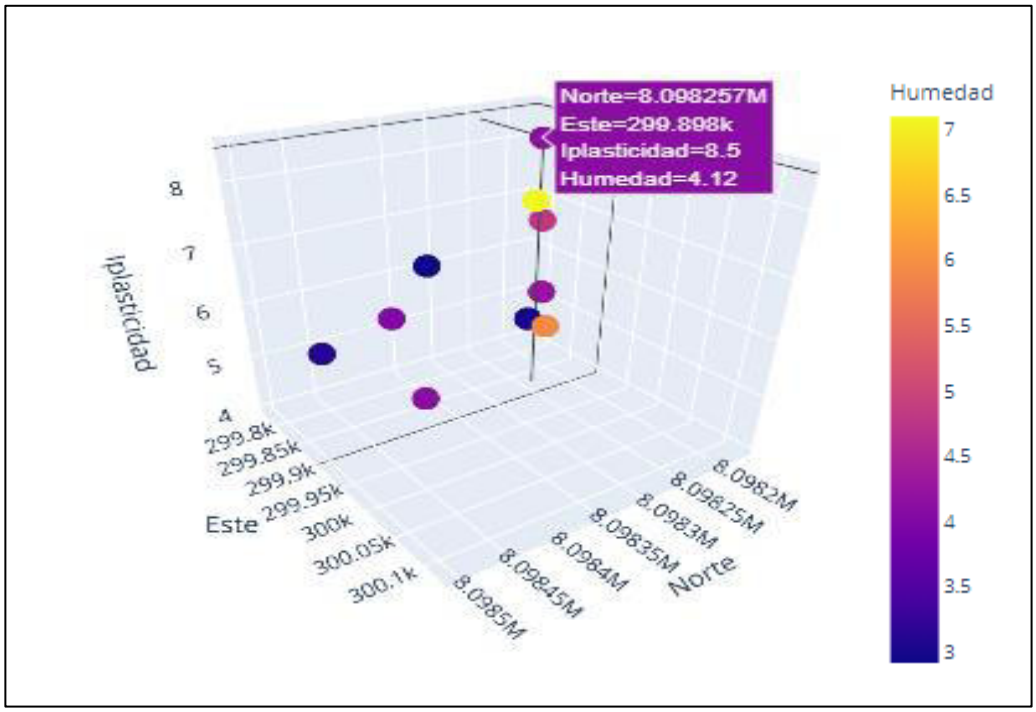


Nota: El indique plasticidad permite clasificar el suelo según el rango obtenido, evidentemente las arenas y limos son los que más plásticos, lo que quiere decir que presentan mayor contenido de humedad. La gráfica dio como resultado una correlación entre los valores de 0.5940 (positiva).

La regresión lineal múltiple de las ubicaciones de calicatas respecto la coordina, este indica una correlación de 0.7541 respecto a la humedad y el índice de plasticidad.

Figura 27

Regresión lineal múltiple – Humedad - Plasticidad

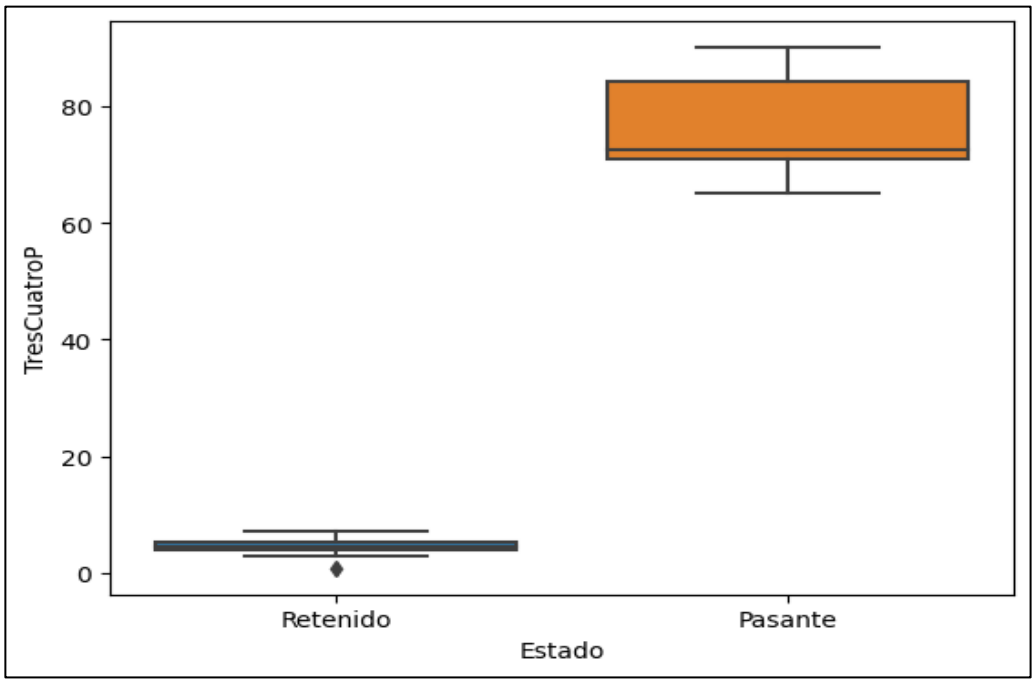


Nota: El coeficiente de relación de Pearson indica los siguientes resultados: Relación índice de plasticidad – Humedad de 0.5940, relación humedad con respecto a la ubicación de calicatas coordenada este 0.7541 positivo, lo que significa que las calicatas a mayor coordina por el este tienen a tener menor contenido de humedad y menor plasticidad, las calicatas que se encuentran con mayor dirección al este tienen mayor contenido de humedad, mayor porcentaje de arenas y limos, mayor índice de plasticidad. La calicata C-04 tiene mayor contenido, un contenido de humedad de 5.91% y un índice de plasticidad de 7.3 l calicata C-01 con menor distancia, al este a comparación de la calicata C-04, tiene un contenido de humedad de 2.92 % y un índice de plasticidad de 6.

4.2.3. Granulometría

Los principales agregados que se venden los son las siguientes piedras de ¾ piedra de ½ y arena gruesa, es por ello la importancia de conocer la granulometría como característica del suelo en el Tajo 2. En las Figuras 28, 29, 30, 31 de detallarán gráficas de BoxPlot, según los ensayos granulométricos.

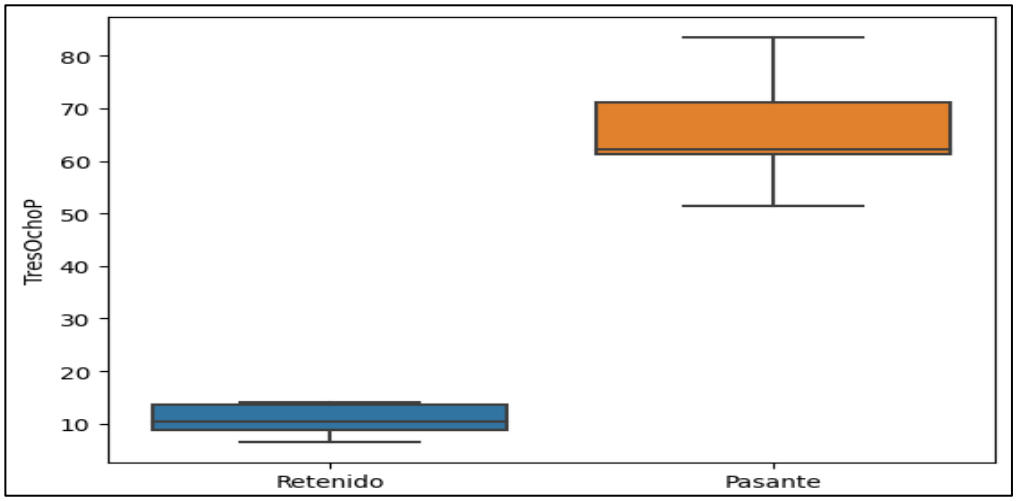
Figura 28
BoxPlot-Piedra de tres cuartos



Nota: Las muestras de calicatas contemplan una granulometría de media de 76.312 % de pasante, la desviación estar total es de 8.64. Entre las diez calicatas, el valor mínimo pasante de ¾ es el 65.19%. El primer cuartil del 25% con un 70.85 % de las muestras, el segundo cuartil del 50% con un total de 72.66 %. El tercer cuartil, con un total de 84.13% de las muestras. El valor máximo de los pasantes de ¾ es el 90.10%.

Figura 29

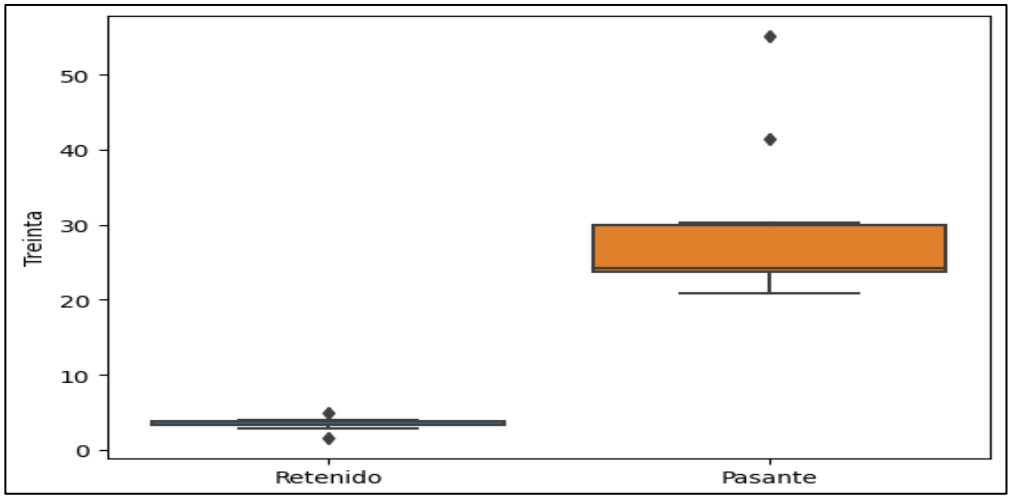
BoxPlot- Piedra de tres octavos



Nota: La media pasante es de 68.68%, desviación estar de 10.32, de los ensayos realizados el pasante de 3/8 mínimo es de 51.52%, el primer cuartil es de 61.17%, el segundo cuartil 62.12% y por último el tercer cuartil de 71.01%. El % máximo pasante es de 83.51.

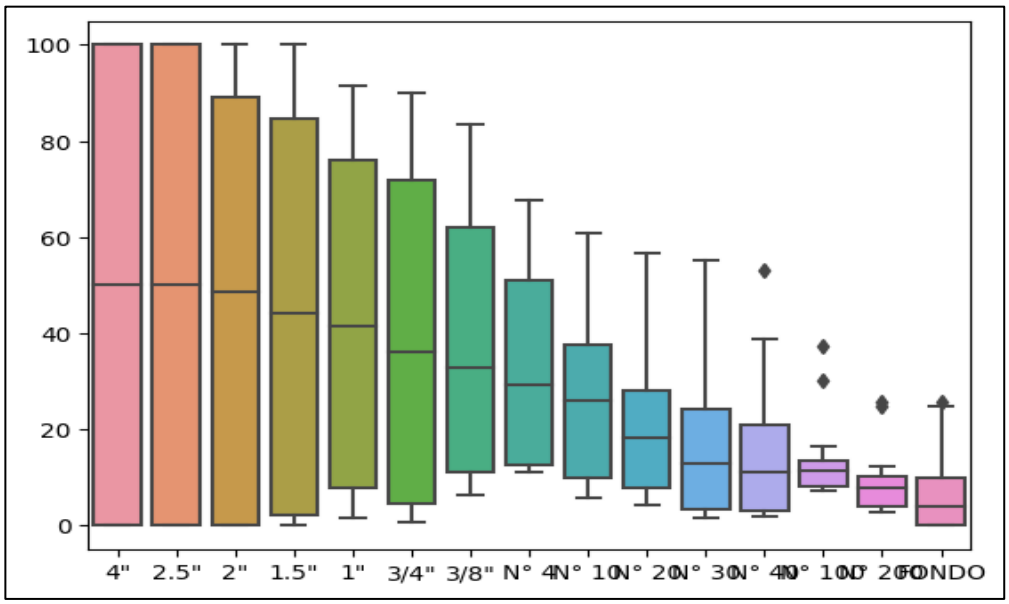
Figura 30

BloxPlot Granulometría numero 30



Nota: La media es de 29.3250%, la desviación estándar de los pasantes es de 10.92, el valor mínimo pasante es de 20.85. El porcentaje máximo pasante es de 55.16 %.

Figura 31
BoxPlot – Granulometría general



Nota: Los ensayos granulométricos de 10 calcitas de Solange AR, donde los valores de acuerdo con la medida de la zaranda fueron separados entre pasantes y retenidos. Solo se encontraron valores atípicos en las zarandas de número 30,40 y 100. El resto fueron valores que formaron parte del promedio.

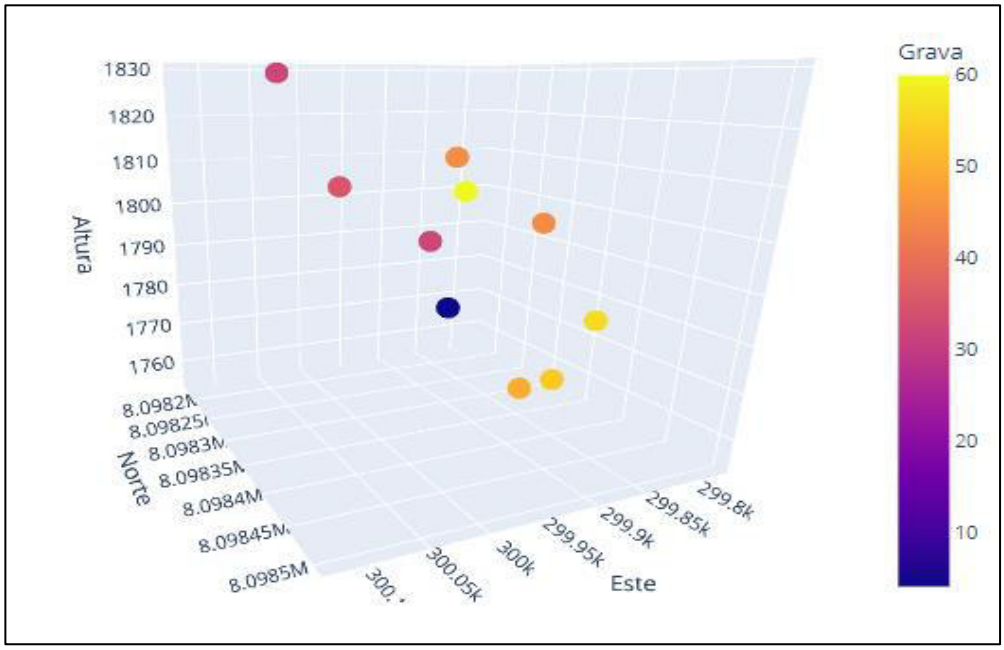
Según la clasificación, las gravas consideradas partículas conformadas por cuarzo, feldespato y otros minerales en las 10 calicatas, el promedio de porcentaje contenido de gravas es de 53.17%, según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), el suelo con mayor tamaño de grano a 76.2 a 4.75 mm, es considerado como grava.

En la Figura 32, se detalla la ubicación geográfica de las calicatas en relación con el porcentaje de gravas.

La calicata con mayor % de gravas de un 67.70% corresponde a la calicata C-04, la calicata con el menor porcentaje de gravas es la C-08 que indica un total de 40%. El 75% de las muestras indican se inclinan a un porcentaje de 52.7% de gravas.

Figura 32

Regresión lineal múltiple – Ubicación - % Grava



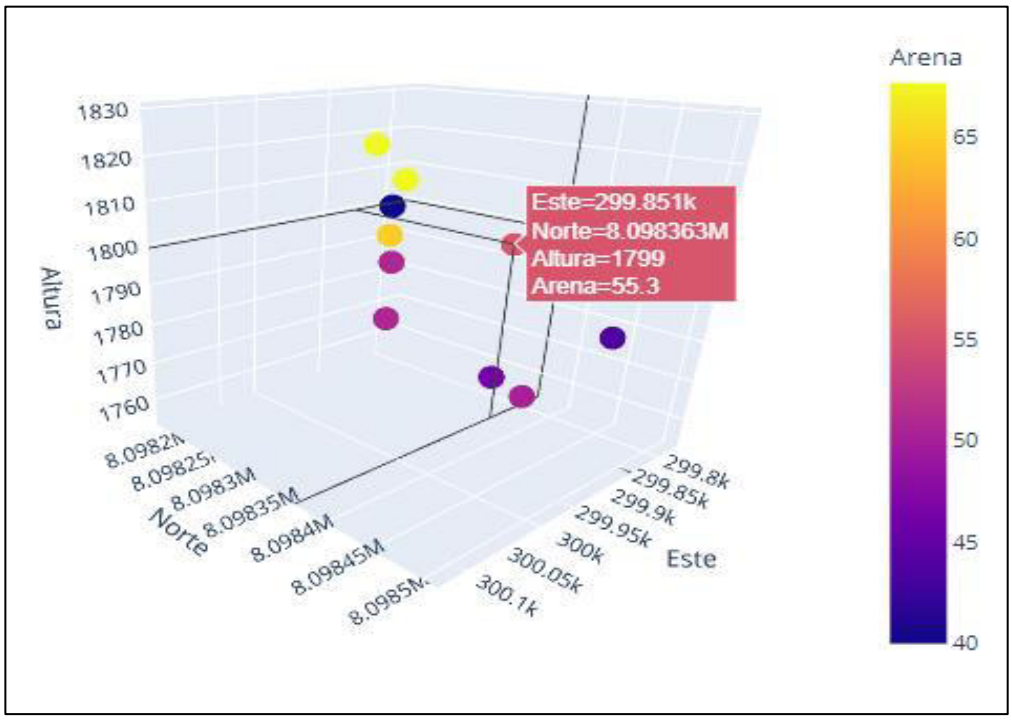
Nota: La correlación de las variables en ninguno de los escenarios se aproxima a 1, para dar un resultado directamente proporcional. Los resultados -0.015290498 con respecto a la altura indica que la proyección a de estos es casi nula por su valor negativo y su cercanía al "0".

Las partículas de arena de tamaño de 4.75 a 0.075 mm, considera según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). El promedio del porcentaje es de 41%. En la Figura 33 se detalla la relación existente en entre a ubicación de las calicatas y el % de arenas por calicata.

La Figura 33 indica que las calicatas C-06 y C-07 son las que menor % de arena tienen, así mismo son las calicatas que se encuentran a mayor altitud, mientas menor sea la cota mayor % de arena tiene la muestra. Las calicatas con mayor % de arena con las C-09, C-03 y C-04.

Figura 33

Regresión lineal múltiple – Ubicación - % Arena



Nota: El coeficiente de correlación de Pearson resulta con la existencia de la relación entre las variables de Arena, ubicación por el este y la cota de las calicatas, la relación existente es positivo resultando directamente proporcional. Respecto las variables este la correlación es de 0.65 y respecto a la variable de la altitud la correlación es de 0.66 positivo.

4.2.4. Plan de Minado

El plan de minado base se consideró para la presente investigación, es con él cuenta la canción minera, se realizó un contraste, encuentro a producción, equipos, reservas y otros inputs para la optimización. Las principales diferencias son la previa evaluación que se consideró para el cálculo de reservas y el cálculo del pit óptimo.

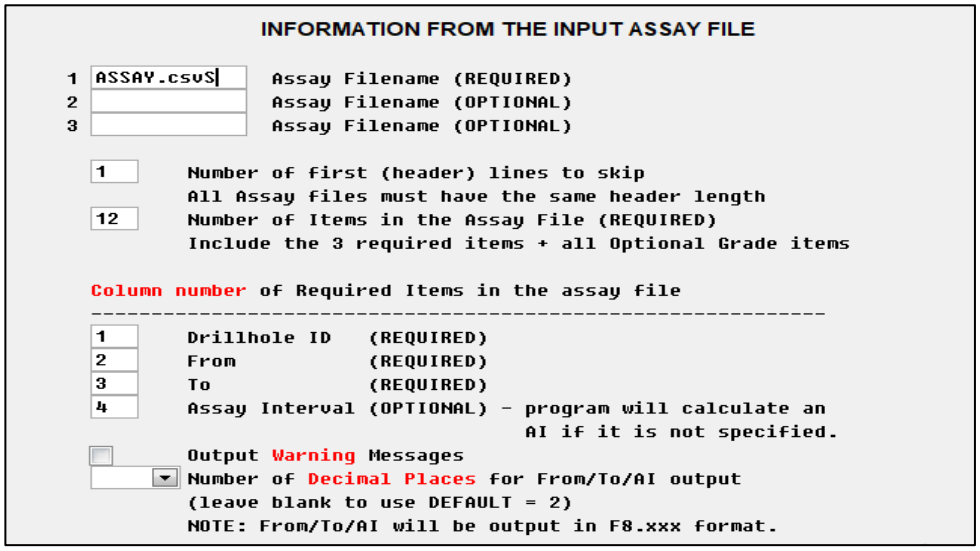
Los principales valores resultados fueron simulados y configurados para el software de Mineplan (Figura 34). La información proveniente de las

calicatas forma parte del sondaje realizado para hacer un estudio del yacimiento a explotar.

Para poder simular en el programa se requiere información como, ubicación de calicatas, densidad del suelo, profundidad de calicatas, composición, etc.

Figura 34

Archivo assay.csv en software Mineplan



Nota: Elaboración propia

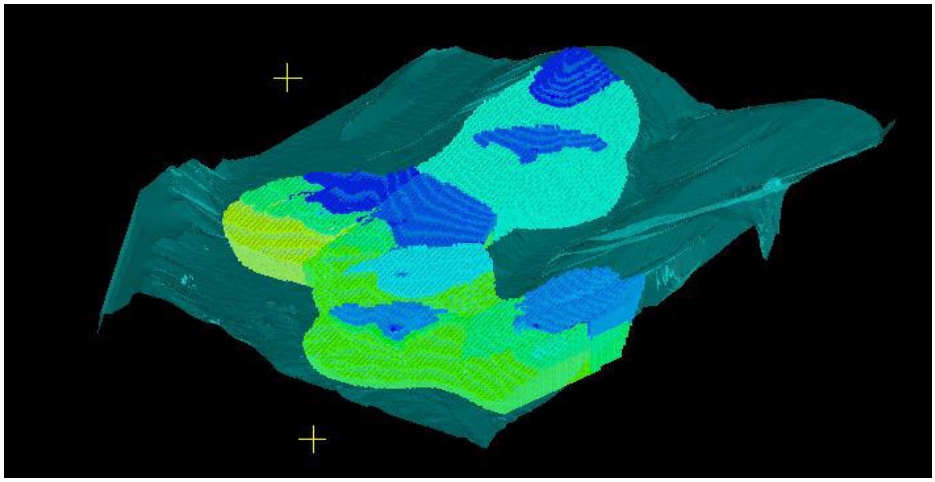
Esta información aporte a tener mayor alcance del tipo de yacimiento, mediante el inverso a la distancia, se obtuvo el modelo de bloques Figura 35, el modelo de bloques considerando toda la característica obtenida y a discretización de 3 metros cada bloque. Se simularon en un total de 24528 bloques el área del levantamiento topográfico (Figura 36).

Tabla 22
Características de la geometría del yacimiento

Geometría del Yacimiento	Medida
Potencia aproximada	850 m
Profundidad aproximada	150 m
Inclinación general	85°

Nota: Elaboración propia

Figura 35
Modelo de bloques Cantera Solange AR



Nota: Elaboración propia – Software Mineplan

Este proyecto contempló la creación de modelos geológicos, de acuerdo con los inputs obtenidos en los ensayos geotécnicos, se realizó la interpolación de las mismas, mediante el método de inverso a la distancia, con la finalidad de poder estimar el volumen máximo de reservas los resultados se muestran en la Tabla 23.

4.2.5. Reservas medidas y probables

La estimación de reservas realizada se resumen la Tabla 23, así mismo muestra el tonelaje aproximado por tipo de material. En la Tabla 23, se detalla la discretización del yacimiento, el cual no forma parte del planeamiento inicial.

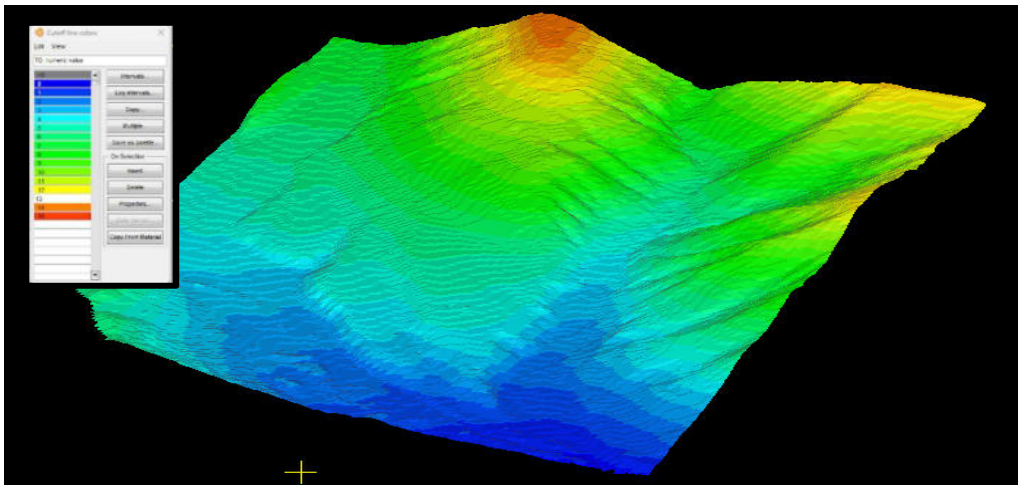
Tabla 23
Reservas probadas y probables

Reservas	Piedra 4" (t)	Piedra ¾ (t)	Piedra de ½(t)	Gravilla (t)	Total (t)
Probadas	22112490	1460253.9	992618.49	3742729.636	28308092
Probables			60886766		60886766
Reservas Totales					89194858

Nota: Elaboración propia

La Cantera Solange AR con un área de 200 hectáreas, aflora en su superficie una total de 89194858 toneladas de las cuales las reservas probadas son 28308092 toneladas y probables son 60886766 toneladas, el estudio se realizó y se clasificó de acuerdo con la granulometría obtenida mediante los ensayos geogénicos realizados por medio de calicatas en los diversos puntos del Tajo 2 (Figura 36), de la CM Solange AR.

Figura 36
Topografía Tajo 2



Nota: Elaboración propia – Software Mineplan

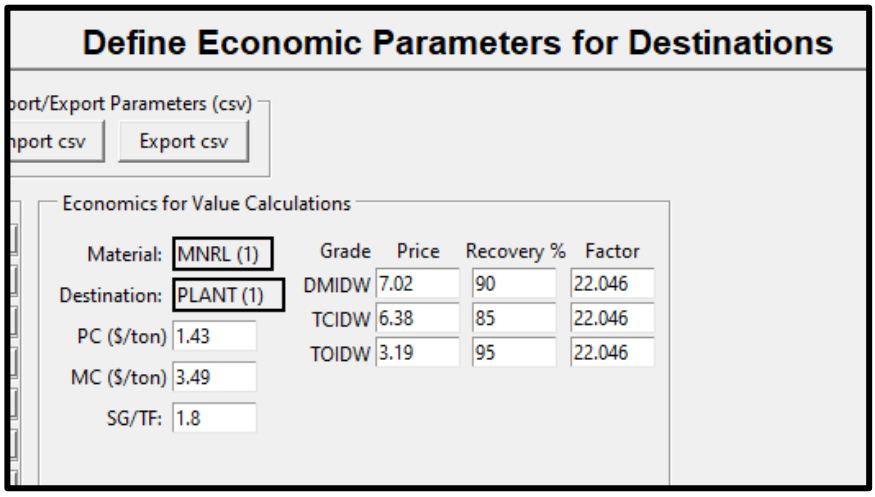
El total de reservas probadas serán delimitas por fases para obtener la producción óptima, el pit óptimo y las fases se clasifican de acuerdo con el comportamiento del yacimiento. Las fases tomadas de acuerdo con la rentabilidad de esta, las cuales se dividen como se muestra en la Tabla 24, de los cuales se realiza la configuración en el software como se observa en la Figura 37.

Tabla 24
Fases de minado

N° de Fase	Unidad	Cantidad
Fase 1	t	34686889.2
Fase 2	t	22298714.5
Fase 3	t	7432904.83
Fase 4	t	14865809.7
Fase 5	t	9910539.78

Para la rentabilidad y posterior determinación de las fases de minado se realizó la configuración del software con la información del costo de operación, mina por tonelada, costo de planta, costos en infraestructura, precio de venta del agregado, etc.

Figura 37
Configuración de software



Nota: Elaboración propia – Software Mineplan

4.2.6. Planeamiento de Minado

La evaluación realizada en la recopilación de datos obtenidos desde setiembre a diciembre facilito la obtención de las nuevas ratios de producción, rendimientos que se tomaron en cuenta para el nuevo planeamiento. La ubicación de los componentes principales de la unidad minera que detalla el Anexo 7, cuyo principal frente de explotación son el Tajo 1. Área de explotación que la unidad minera se encuentra explotando desde el 2016, sin embargo, dado que ahora se cuenta con los recursos necesarios para poder explotar el Tajo 2, finalizado la explotación en el Tajo.El componente principal de la planta clasificadora deberá ser traslado a un ponto estratégico para la explotación del Tajo 2, es por ello que la primera planificación será el traslado de la plana clasificadora Tabla 25.

Tabla 25
Planificación de Traslado de Planta Chancadora

DESCRIPCIÓN DE TAREA	Und.	Cant.	Rend.	Dur. (d)	INICIO	FIN
PLATAFORMA	d	17	1,080			
Corte	m^3	5	500	4	16-ene-24	20-ene-24
Relleno	m^3	10	480	9	21-ene-24	30-ene-24
Limpieza	m^3	2	100	1	31-ene-24	01-feb-24
Izaje	und	1	1	1	01-feb-24	01-feb-24
ACCESOS	d	7	800			
Acceso a Planta Chancadora	m^3	7	800	7	22-ene-24	29-ene-24
INSTALACIÓN	d	14				
Instalación de Zaranda Vibratoria	d	7	7	7	01-feb-24	07-feb-24
Instalación de Chancadora Cónica	d	6	6	6	08-feb-24	13-feb-24
Asignación de stock por tipo de material	d	1	1	1	13-feb-24	13-feb-24
INSTALACIÓN DE ENERGIA	d	3				
Traslado de Grupo Electrógeno	d	2	2	2	13-feb-24	14-feb-24
Zona de Parqueo, RRSS, RP, EE	d	1	1	1	15-feb-24	15-feb-24

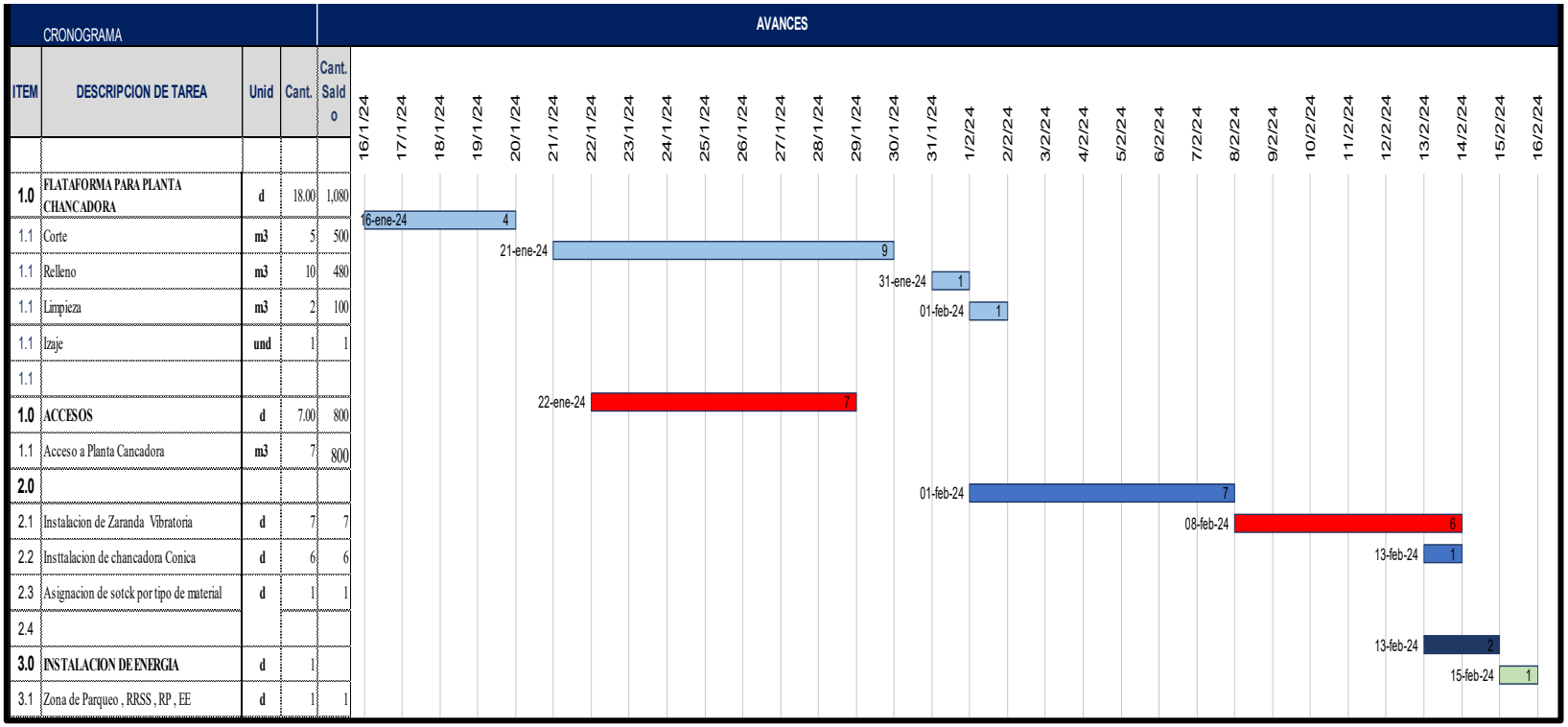
Nota: Elaboración propia.

Los equipos que se están considerando para esta actividad, son solamente un cargador frontal y un volquete, los cuales facilitaran la construcción de la plataforma, limpieza del área y conformación de accesos.

La duración total para la actividad planificada es de 30 días, para mejor visualización del cronograma se detalla en el diagrama de Gantt de la Figura 38.

Figura 38

Diagrama Gantt – Traslado de Planta Chancadora



CRONOGRAMA				
ITEM	DESCRIPCION DE TAREA	Unid	Cant.	Cant. Saldo
1.0	FLATAFORMA PARA PLANTA CHANCADORA	d	18.00	1,080
1.1	Corte	m3	5	500
1.1	Relleno	m3	10	480
1.1	Limpieza	m3	2	100
1.1	Izaje	und	1	1
1.1				
1.0	ACCESOS	d	7.00	800
1.1	Acceso a Planta Cancadora	m3	7	800
2.0				
2.1	Instalacion de Zaranda Vibratoria	d	7	7
2.2	Insttalacion de chancadora Conica	d	6	6
2.3	Asignacion de sotck por tipo de material	d	1	1
2.4				
3.0	INSTALACION DE ENERGIA	d	1	
3.1	Zona de Parqueo , RRSS , RP , EE	d	1	1

Nota: La duración de la actividad es de 30 días, que inicia el 16 de enero del 2024 y terminara el 15 de febrero del 2024, las tareas que contemplara la actividad son de construcción de accesos, instalación de energía, traslado de planta clasificadora y chancadora. Apertura de la nueva infraestructura como la zona de parqueo, área de mantenimiento y puntos de acopio de residuos sólidos y residuos peligrosos líquidos.

81

4.2.7. Planeamiento de Minado para Explotación de Fases

La explotación de las fases comprende no solamente del ciclo de minado (desbroce, acarreo, carguío, etc.) se desarrollan también labores de desarrollo y preparación, tales como accesos, caminos peatonales, bermas, estacionamos de emergencia, etc.

Para el diseño de construcción de rampas y accesos se tuvieron en cuenta los volquetes más el ancho de berma con un total de 10.5 metros, la pendiente máxima permisible de inclinación de 11° en el caso de las curvas se considera una inclinación del 3%. Las bermas a una altura de ¾ partes de la llanta más alta.

En la Tabla 26, se detalla el Plan de Minado de la CM Solange AR.

La explotación del tajo dará inicio el 16 de febrero del 2024 y terminará 24 de diciembre del año 2032, un total de 8 años con nueve meses y 8 días. Los rendimientos utilizados para el planeamiento fueron de acuerdo con el resultado obtenido en el análisis de los datos del año 2022.

El tractor D8, con un rendimiento de 236.17m^3/hr con capacidad de hoja topadora de 12.43m^3, utilización de aproximadamente 61%, el indicador de producción que este proporciona es de un aproximado de 1800m^3 por día, el material a desbrozar con una densidad de 1.89 g/cm^3, factor de esponjamiento de 0.82, humedad que rodea los 2.4. Los equipos de carguío y acarreo son dependientes del tractor, dado que sus indicadores de producción siguen el rendimiento del tractor.

En el Anexo 10, se detalla el diagrama de Gantt de la planificación de minado

Tabla 26

Cronograma de explotación de fases

		PLANIFICACIÓN				
N° Fase		**Producción**	**Rend.**	**Dur.(d)**	**INICIO**	**FIN**
EXPLOTACIÓN FASE 1						
Acceso - Tajo 2 Cota 1760	m^3	1,200	110	10	16-feb-24	26-feb-24
Explotación Cota 1760	m^3	5,666,176	1,800	1,641	27-feb-24	25-ago-28
Acceso - Tajo 2 Cota 1765	m^3	1,800	110	15	27-feb-24	13-mar-24
Explotación Cota-1765	m^3	4,249,632	1,800	1,231	14-mar-24	28-jul-27
Acceso - Tajo 2 Cota 1770	m^3	1,849	110	16	01-ago-24	17-ago-24
Explotación Cota-1770	m^3	7,082,720	1,800	2,052	18-ago-24	01-abr-30
EXPLOTACIÓN FASE 2	m^3					
Acceso - Tajo 2 Cota 1775	m^3	1,700	110	14	18-ago-24	01-sep-24
Explotación Cota 1775	m^3	5,465,371	1,800	1,583	02-sep-24	24-dic-32
Acceso - Tajo 2 Cota 1780	m^3	1,580	110	13	02-sep-24	15-sep-24
Explotación Cota-1780	m^3	2,732,686	1,800	791	16-sep-24	11-nov-28
Acceso - Tajo 2 Cota 1785	m^3	1,400	110	12	16-sep-24	28-sep-24
Explotación Cota-1790	m^3	2,732,686	1,800	791	29-sep-24	24-nov-28
EXPLOTACIÓN FASE 3	m^3					
Acceso - Tajo 2 Cota 1795	m^3	1,200	110	10	29-sep-24	09-oct-24
Explotación Cota 1800	m^3	1,821,790	1,800	527	10-oct-24	18-jul-27
Acceso - Tajo 2 Cota 1805	m^3	1,800	110	15	10-oct-24	25-oct-24
Explotación Cota-1810	m^3	910,895	1,800	263	26-oct-24	15-mar-26
Acceso - Tajo 2 Cota 1815	m^3	1,849	110	16	26-oct-24	11-nov-24
Explotación Cota-1820	m^3	910,895	1,800	263	12-nov-24	01-abr-26
EXPLOTACIÓN FASE 4	m^3					
Acceso - Tajo 2 Cota 1825	m^3	4,300	110	38	12-nov-24	20-dic-24
Explotación Cota 1830	m^3	3,643,581	1,800	1,055	21-dic-24	06-jul-30
Acceso - Tajo 2 Cota 1835	m^3	2,500	110	22	21-dic-24	12-ene-25
Explotación Cota-1840	m^3	1,821,790	1,800	527	13-ene-25	21-oct-27
Acceso - Tajo 2 Cota 1845	m^3	1,560	110	13	13-ene-25	26-ene-25
Explotación Cota-1850	m^3	1,821,790	1,800	527	27-ene-25	04-nov-27
EXPLOTACIÓN FASE 5	m^3					
Acceso - Tajo 2 Cota 1855	m^3	1,450	110	12	27-ene-25	08-feb-25
Explotación Cota 1890	m^3	2,429,054	1,800	703	09-feb-25	19-oct-28
Acceso - Tajo 2 Cota 1895	m^3	1,250	110	10	09-feb-25	19-feb-25
Explotación Cota-1900	m^3	1,214,527	1,800	351	20-feb-25	26-dic-26
Acceso - Tajo 2 Cota 1905	m^3	5,150	110	46	20-feb-25	07-abr-25
Explotación Cota-1910	m^3	1,214,527	1,800	351	08-abr-25	11-feb-27

Nota: Elaboración propia

4.2.8. Formulas empíricas para calcular el ritmo de producción

A continuación, se detalla las fórmulas empíricas más utilizadas para el cálculo de tiempo de vida de la explotación según la regla de Taylor.

Regla de Taylor

VOE (años) = 6.5 x Reservas (millones de toneladas)0.25 x (1+0.2)

VOE = 20 años

Ritmo Óptimo de producción

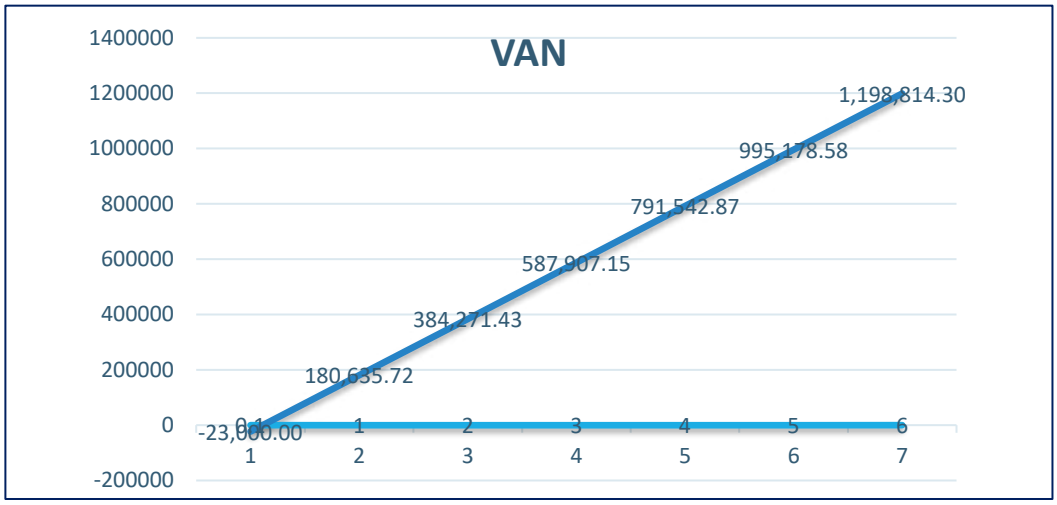
ROP (t /año) = 0.15x Reservas (millones de toneladas)0.75 x (1+0.2)

4.2.9. Evaluación Económica

Para la optimización del plan de minado, los costos de capital de inversión (CAPEX) son los que se consideran solamente en traslado, ubicación y habilitación de nuevos componentes para la planta clasificadora, cabe mencionar que estos equipos ya forman parte de la unidad minera y el planeamiento optimizado no se hizo en base en base a los recursos que ya cuentan, cuyo valor económico ya fue depreciado y ya se tuvo el retorno de la inversión inicial. Las ganancias del plan son consideradas con los costos actuales y devaluación del dólar en el tiempo. El costo operativo (OPEX), puesto que para la ejecución del plan de minado para la explotación del Tajo 2 no se tuvo en condenación ninguna implementación en cuanto a equipos operaciones.

En la Figura 39 y Tabla 27, se detalla el resumen de flujo de caja para el cálculo del VAN el resultado obtenido es de 8981042.39 U.S.$ en una producción de 8 años, el TIR como resultado de un 24% en el proyecto, en el primer año se tendrá el retorno de la inversión inicial payback, debido a que los equipos no fueron comprados para la ejecución del proyecto, el costo de inversión operacional fue recuerdo el primer mes de producción.

Figura 39
Grafica de VAN



Nota: Elaboración propia.

Tabla 27

Flujo de Caja – Explotación Tajo 2

		TIEMPO DE VIDA DEL PROYECTO								
	feb-24	**2024**	**2025**	**2026**	**2027**	**2028**	**2029**	**2030**	**2031**	**2032**
Ingresos por Piedra ¾ y 1/2		4562313.853	4562313.853	4562313.853	4562313.853	4562313.853	4562313.853	4562313.853	4562313.853	4562313.853
Costos de minado		2144441.124	2144441.124	2144441.124	2144441.124	2144441.124	2144441.124	2144441.124	2144441.124	2144441.124
Costos de procesamiento		878667.8531	878667.8531	878667.8531	878667.8531	878667.8531	878667.8531	878667.8531	878667.8531	878667.8531
Ingreso bruto		1539204.876	1539204.876	1539204.876	1539204.876	1539204.876	1539204.876	1539204.876	1539204.876	1539204.876
Depreciación		250								
Utilidad antes de Impuestos		1415838.485	1416068.485	1416068.485	1416068.485	1416068.485	1416068.485	1416068.485	1416068.485	1416068.485
Impuesto a la renta		417672.3532	417740.2032	417740.2032	417740.2032	417740.2032	417740.2032	417740.2032	417740.2032	417740.2032
Utilidad neta		998166.1323	998328.2823	998328.2823	998328.2823	998328.2823	998328.2823	998328.2823	998328.2823	998328.2823
CAPEX	4000									
Flujo Efectivo Acumulado	-4000	994416.1323	1992744.415	2991072.697	3989400.979	4987729.261	5986057.544	6984385.826	7982714.108	8981042.39

Nota: Elaboración propia

CAPÍTULO V
DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Según Cabre y Pérez (2017) indica que la metodología de realizar mapeos geológicos para determinar la selección del método de explotación fue un gran aporte para el diseño del plan de minado en la Cantera Nodal, utilizó la metodología de extracción de muestras por calicatas, cuyos ensayos de laboratorio fueron claves para determinar el método de explotación y la capacidad de equipos mediante la planificación a corto, mediano y largo plazo, el mismo que fue utilizado en el presente proyecto de tesis para la optimización del planeamiento de minado. La metodología utilizada en ambos trabajos de investigación concilia con los resultados obtenidos.

Según Angeles y Cueva (2019), plantea una explotación de agregados considerando los precios unitarios de perforación y voladura con 65m3 de roca fragmentada diariamente, costos que influyeron directamente en la planificación y producción diaria. En la presente investigación tanto perforación como voladura no forman parte de las operaciones unitarios de la unidad minera, sin embargo, dada la densidad del material insitu, se da por conveniente utilizar el método de arranque o de corte de material insitu con tractor, si bien esta diferencia puede influir en gran medida en los costos de explotación, se debe que los criterios geomecánicas del material en ambos casos no son los mismos. La ubicación geográfica de la concesión minera Solange AR (Quebraba), rodeada por conglomerado, material ripeable facilita la explotación del agregado. En el presente trabajo de investigación es económicamente rentable el uso del equipo del tractor para la explotación del material.

En el trabajo de investigación titulado “Planeamiento de minado a corto plazo para optimizar la producción en la Unidad Minera Pallancata de Hochschild Mining S.A.”, Ticllasuca (2019), se obtuvo un 3% del incremento de la producción encima de lo planificado, para la obtención de estos resultados el autor se basó en los insumos utilizados en la unidad minera, se mejoró la

producción en base a los equipos en disposición. Esta perspectiva también fue punto clave para el presente proyecto de tesis, pues se realizó un análisis de los tiempos y rendimientos de los equipos, la planificación inicial, planificación base, considera los rendimientos obtenidos del manual de operación de equipos, sin embargo, los criterios como destreza, tiempo de uso del equipo, utilización, disponibilidad , mantenimiento no son considerados, lo cual genera que la planificación sea errónea y no se cumplan con las metas, sin embargo con el análisis realizado se mejoran los rendimientos los tiempos de producción, etc.

Según Villacrés (2022) los principales parámetros que deben de considerarse para el diseño de explotación de una cantera son: el número de bancos, sus elementos geométricos, profundidad de la cantera, tasa de producción diaria, y el tamaño de los fragmentos de roca, no obstante, a medida que aumenta el tiempo de vida de la mina, muchos factores van difiriendo a los inicialmente conocidos. Conocer el tipo de yacimiento que se explotara es el principal criterio para utilizar para definir los parámetros mencionados por Villacrés (2022), en el presente proyecto de tesis se realizó un estudio geológico en el cual se identificaron las formaciones de las que forma parte la Concesión Minera Solange AR, conocer el yacimiento permite tener un estudio detallado de la mineralización o formación geológica, en base a esta se define el método de explotación de minado.

El diseño de explotación de la Cantera “El Porvenir” obtuvo una rentabilidad de un 9.4 %, favorable para la vida del proyecto, en el presente proyecto de tesis las características geotécnicas fueron analizadas mediante técnicas de análisis explotaría de datos y el software Mineplan esto nos permite obtener los resultados necesarios para calcular las reservas medidas y probables. Se ha demostrado que la productividad actual de la cantera no concilia con los indicadores que tiene el área de planeamiento mina con el del área operacional de Solange AR., el contraste de ambas áreas obtuvo como resultado que el Tajo 2 será explotado en 8 años con una rentabilidad de

8981042.39 U.S.$ y una producción total 8919485 toneladas por explotar en el Tajo 2.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se asemejan a lo que se obtuvieron en el trabajo de investigación titulado “Plan de minado para optimizar la explotación de agregados en la cantera Astramacon – Ferreñafe 2018” el cual obtuvo los resultados la cantera cuenta con unas reservas probadas de 848,947.15m^3, este clasifica la explotación por zonas donde estableció un ángulo de 26 grados para el banco de arena y de 64 grados para el banco de agregados, el cual no es compatible a los resultados obtenidos, pues este yacimiento es un aglomerado, el diseño es único para toda las áreas de explotación del agregado.

Según el Asociación Americana de Carreteras Estatales y Oficiales del Transporte (AASHTO) y según la clasificación de Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) lo resultados indicados se detallan en las Tablas 20 y 21, el yacimiento con mayor % de gravas está ubicada con mayor magnitud al norte en comparación con el % contenido de arena que indica que mientras mayor sea la altura del yacimiento menor será el % de arena (Tabla 28). Las fases 1 y 2 son la que cuentan con abundante arena, el cual tendrá una gran influencia en la producción de arena gruesa. Este material no pasará por proceso de chancado más si por la clasificación. En la Tabla 28 se detalla la correlación existente en las variables de ubicación, contenido de arena y grava. En la Figura 40, se observa la correlación existente entre las variables según análisis de datos en la interfase de Python.

Tabla 28
Correlación Arena y Grava

Tipo	Este	Norte	Altura
Arena	0.65616917	0.14259914	0.66664859
Grava	-0.24346777	0.258024	-0.0152905

Figura 40

Correlación de Variables - Python

```
df.corr()
```

```
<ipython-input-19-2f6f6606aa2c>:1: FutureWarning: The default value of numeric_only in DataFrame.corr is deprecated. In a future versio
  df.corr()
```

	Pe	Humedad	Angulo	CohesionE	DensidadS	DensidadC	BCR	Lliquido	Lplastico	Iplasticidad	CUniformidad
Pe	1.000000	-0.056794	0.301470	-0.301343	0.250388	0.403398	0.389357	0.120126	0.279377	-0.015597	0.175316
Humedad	-0.056794	1.000000	-0.894461	0.906514	-0.926567	-0.883123	-0.634520	0.685171	-0.494762	0.594037	-0.631693
Angulo	0.301470	-0.894461	1.000000	-0.990247	0.948456	0.907093	0.696041	-0.454739	0.670224	-0.588070	0.628311
CohesionE	-0.301343	0.906514	-0.990247	1.000000	-0.978742	-0.940280	-0.660285	0.471406	-0.665625	0.586304	-0.673046
DensidadS	0.250388	-0.926567	0.948456	-0.978742	1.000000	0.954237	0.586068	-0.530249	0.547296	-0.500406	0.658496
DensidadC	0.403398	-0.883123	0.907093	-0.940280	0.954237	1.000000	0.731364	-0.498013	0.606154	-0.565295	0.623470
BCR	0.389357	-0.634520	0.696041	-0.660285	0.586068	0.731364	1.000000	-0.167414	0.607457	-0.628950	0.272278
Lliquido	0.120126	0.685171	-0.454739	0.471406	-0.530249	-0.498013	-0.167414	1.000000	-0.125228	0.338426	-0.363848
Lplastico	0.279377	-0.494762	0.670224	-0.665625	0.547296	0.606154	0.607457	-0.125228	1.000000	-0.887773	0.744978
Iplasticidad	-0.015597	0.594037	-0.588070	0.586304	-0.500406	-0.565295	-0.628950	0.338426	-0.887773	1.000000	-0.720399
CUniformidad	0.175316	-0.631693	0.628311	-0.673046	0.658496	0.623470	0.272278	-0.363848	0.744978	-0.720399	1.000000
Ccurvatura	0.131916	-0.567232	0.605190	-0.609823	0.661181	0.617992	0.521093	-0.017424	0.026257	0.014546	0.044179
Arena	-0.529484	0.487812	-0.566389	0.610422	-0.631746	-0.779232	-0.653698	0.155448	-0.415359	0.244901	-0.235531
Piedra	0.207767	-0.465450	0.628161	-0.537700	0.407026	0.456130	0.846638	0.039959	0.540709	-0.480786	0.118722
Este	-0.164727	0.754129	-0.734370	0.794235	-0.805792	-0.815818	-0.533587	0.450665	-0.592310	0.587755	-0.548301
Norte	0.404057	0.129675	-0.127685	0.196594	-0.231589	-0.118219	0.214072	0.123410	-0.164830	0.120157	-0.108460
Altura	-0.476435	0.507547	-0.426878	0.490396	-0.571574	-0.678176	-0.457839	0.408320	-0.045727	0.097589	-0.111385

Nota: La correlación existente entre las diferentes variables, tienen desde el -1 al 1, la predominan más son la de arena y grava.

Así mismo, se ha demostrado la certeza de la primera hipótesis que las características geotécnicas permiten optimizar un planeamiento de minado en una unidad minera superficial no metálica. Efectivamente con el análisis exploratorio de datos se pudo realizar confiablemente la optimización confirmando así la segunda hipótesis.

Las fórmulas empíricas para el cálculo de vida de explotación óptima como lo es la fórmula de Taylor, indica que el tiempo de explotación sería de 20 años, cabe recalcar que la fórmula utilizada es para operaciones mineras a Tajo abierto (Open Pit), orientada a la minería metálica, sin embargo, en este proyecto de tesis no se ejecuta en una minera metálica y las ratios son diferentes a los de la minería metálica. La vida de la explotación del Tajo 2, con una productividad mina óptima, corresponde a un total de 8 años, 9 meses y 8 días. La diferencia según la fórmula empírica es más de 12 años de explotación.

Por otro lado, el planeamiento de minado según el área de operación mina, indica que la explotación mina se dará por un periodo de 23.5 años, para la obtención de estos resultados la unidad minera considero que la producción

anual sería 105 000 toneladas, de un total de 2 475 000 toneladas entre reservas probadas y probables. Sin embargo, estos valores resultantes inconclusos, según la evaluación de los datos recopilados de setiembre a diciembre, que consideran que la producción diaria de la planta clasificadora en un 53% de utilización serían de 3481.90 toneladas por día en un estándar de horas operativas de 4.623 horas máquina. Los datos planteados por el área de operaciones no son los que realmente resultan de las operaciones unitarias de Solange AR. Por ello la gran diferencia de LOM (Life of mine).

El ritmo óptimo de producción para el presente proyecto de tesis fue calculado de acuerdo con la producción de la planta clasificadora, se consideró la disponibilidad mecánica de la misma. Los rendimientos de dichos equipos, la concesión minera con los equipos de arranque de un tractor D8, se estimó un rendimiento de 1800 metros cúbicos de hormigón removidos por día. Se dice que la producción de la mina depende la planta clasificadora, sin embargo, en este caso como minería no metálica no se requiere de procesos de molienda o refinería, ya que el material arrancado pasa la primera etapa de pre-zarandeado que indica la primera clasificación del material separándolo por la granulometría sin pasar por proceso de chancado primaria y secundario. Esto solo para algunos materiales como arena gruesa o piedra mayor d 4".

Del planeamiento de minado el área de operación mina índica que la explotación del Tajo 2 sería de 1782000 t en reservas probadas y de 693000 t en reservas probables, para este resultado el área de operación mina considero que el peso específico general del material es de 2.2 t/m^3 denominado también factor de conversión de m^3 a toneladas.

En el presente trabajo de investigación en el cual se realizó en el software Mineplan un modelamiento de bloques con los datos obtenidos de las calicatas con el método de inverso a la distancia se calcularon las siguientes reservas entre probadas y probables, 28308092 t de piedra de 4", ¾, 1/2, 1/8 y las reservas probables de 60886766 toneladas, la diferencia es de gran magnitud,

las reservas probadas que indica el operador minero solo equivalente al 15% de las reservas probadas calculadas según simulación, en el caso de las probables las reservas que se muestran en el planeamiento de minado base con el 87% del total de reservas que fueron calculadas mediante la metodología descrita.

Los de minado comprenden un total de 3.49 US$/t, este valor fue cálculo solamente considerando los costos totales en las operaciones unitarias por tonelaje explotado. El nuevo plan de minado indica una explotación promedio 1800m^3 por día, debido a que las reservas calculadas son mayores a las del planeamiento, el Valor Actual Neto (VAN) del proyecto aumenta, se cuentan con mayores márgenes de ganancia mayor rentabilidad y se reduce la incertidumbre.

En su mayoría, el planeamiento realizado en mineras no metálicas, tal cual esta tesis en agregados comprende un gran estudio de calidad de las muestras, en la cual se utilizan normas internaciones, puesto que el rumbo al cual se dirige la venta de estos agregados es de construcción. En la construcción de asfaltos, vías, veredas, puentes, etc. se hace un seguimiento y control de calidad de los agregados que son utilizados en el proceso de construcción, he allí la importancia de las liberaciones de los agregados en cantera. Se estableció un Plan de Minado el cual nos aportara con el cálculo las reservas de agregados, mejorar los bancos de explotación, los accesos, muros de seguridad, bermas de seguridad y estabilidad física de taludes.

CONCLUSIONES

Con la optimización del planeamiento de minado en base a las características geotécnicas y el análisis exploratorio de datos, se obtuvo como resultado un tiempo explotación de 8 años, según las simulaciones realizadas la rentabilidad seria de 8981042.39 U.S.$ con una producción total 8919485 toneladas en el Tajo 2.

Al aplicar las características geotécnicas para la optimización de un planeamiento de minado el muestreo de calicatas se obtuvo más información del yacimiento, la explotación del Tajo 2 sería de 1782000 t en reservas probadas y de 693000 t en reservas probables.

Al realizar un análisis exploratorio de datos para la optimización de un planeamiento de minado en una unidad superficial no metálica, obtuvo como resultado que los datos recopilados de setiembre a diciembre, consideran que la producción diaria de la planta clasificadora en un 53% de utilización serían de 3481.90 toneladas por día en un estándar de horas operativas de 4.623 horas máquina, el cual genera un contraste con el LOM de la concesión minera con un total de 8 años de producción en el Tajo 2. Los datos recopilados de los ensayos de calicatas fueron revisados a detalle con el EDA, dando así un análisis focalizado de las muestras en el yacimiento. Se optimizó el planeamiento de minado, previo análisis exploratorio de datos de todos los inputs utilizados para el presente proyecto.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un mayor análisis del capital inversión que se requiere para el proyecto y reevaluar su rentabilidad, ya que la inversión utilizada para la presente investigación ha sido tomada de supuestos en referencia.

El uso de software de simulación facilita la creación escenarios que podrías aportar de forma significativa en la toma de decisiones, en la presente tesis se utilizó Mineplan, sin embargo, se pueden utilizar otros que podrían tener mejores interpretaciones.

La estadística utilizada la tesis, facilito el entendimiento de los datos, desde los costos hasta los KPI’s se realizaron análisis estadístico el cual forma parte del análisis exploratorio de datos. Para obtener mejores resultados se bebe de realizar mayor análisis de datos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Algeles C.,Cueva R., (2019) Optimización en la planificación minera a tajo abierto [Trabajo de investigación para bachiller en ingeniería de minas, Universidad Privada del Norte]. Recuperado de: https://hdl.handle.net/11537/15030

Arteaga R., López C., Camara Rascon A., Fernandez Gutierrez del Alamo Luis., Montes Villalon J., Roman Ortega F., De la Vega Panizo R., Azcarate Martin E., Campos Julia C., Gonzales Gulio M., Manrubia Conesa F. (s.f.). *Manual de evaluación técnico-económica de proyectos mineros de inversión.* Instituto Tecnológicos Geominero de España

Cabrera H., Pérez E., (2017) *Plan de minado superficial aplicado a la cantera el Nogal; Tongod - San Miguel - Cajamarca 2017* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]

Ceder R. N.,(2018) *The Quick Python Book – Manning Publications Second Edition*

Delgado J. (s.f.) *Apuntes del curso de planificación de minas* [Maestría internacional en ingeniería de minas, Universidad de Antofagasta]

Fernández V. (2021). *Factibilidad de un plan de minado en la cantera Chinchin del centro poblado Otuzco distrito de Baños del Inca* [Tesis de pregrado, Universidad Continental]

Fuentes, F., (2022) *Diseño de explotación de la Cantera del área Minera "El Porvenir" Código: 50001067, ubicado en la parroquia El Porvenir de El Carmen, cantón Palanda, provincia de Zamora Chinchipe.* [Proyecto Integrado de titulación, Universidad Central del Ecuador] Quito, Ecuador Recuperado de: http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/26573

Hernández R., Fernández C., Baptista P., (2014) *Metodología de la Investigación* 6ta edición, Ed. Mc Graw Hill Education

Meneses D., (2019) *Metodología de planificación de la producción de minas a cielo abierto considerando planes alternativos* [Tesis de postgrado, Universidad de Chile] https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/172954/Metodolog%C3%ADa-de-planificaci%C3%B3n-de-la-producci%C3%B3n-de-minas-a-cielo-abierto-considerando.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rios O., (s.f.) *Key Performance Indicators (KPI)* [Universidad Autónoma de México] https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w24174w/S8_desarrollo_aplicacion_gestion.pdf

Sima F., (2022) *Mejora al estudio geotécnico para la explotación de canteras en beneficio al proyecto de la ampliación de la segunda fase del puerto del callao de la empresa Mota Engil Perú S.A.* [Tesis de pregrado, Universidad Alas Peruanas] Lima, Perú. Recuperado de: https://repositorio.uap.edu.pe/handle/20.500.12990/10179

Ticllasuca E.,(2019) *Planeamiento de minado a corto plazo para optimizar la producción en la Unidad Minera Pallancata de Hochschild Mining S.A.* [Trabajo de investigación para titulación en ingeniería de minas, Universidad Continental]. Recuperado de: https://hdl.handle.net/20.500.12394/7022

Valença, J., (2018) *Análise de produtividade e custos das operações unitárias na lavra de agregados na pedreira esperança – pe através de estudo de tempos e movimentos.* Researchgate: https://www.researchgate.net/publication/337951436

Villacrés J., (2022) *Diseño de explotación y cierre de mina de la cantera "La Esperanza", ubicada en la parroquia Gabriel Ignacio de Veintimilla, cantón Guaranda, provincia de Bolívar* [Proyecto de investigación para

titulación, Universidad central del Ecuador]. Recuperado de: http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/26369

Wellmer F.-W., Dalheimer M., Wagner M., (2008) *Economic Evaluations in Exploration* 2nd Edition Springer

Buendia C.,Valdivia D. (2018). *Propuesta de un plan de minado para la Cantera de agregados San Isidro – Unidad Minera Cobriza* [Proyecto de Investigación Universidad Continental]. Recuperado de: https://hdl.handle.net/20.500.12394/5203

Ramirez A. (2018) *Plan de minado para optimizar la explotación de agregados en la cantera Astramacon – Ferreñafe 2018* [Tesis para obtener título profesional Universidad Cesar Vallejo]. Recuperado de: https://hdl.handle.net/20.500.12692/40043

Cabrejos J., Zeña E. (2021). *Plan de minado para incrementar la producción en la ampliación de la cantera Patapo La Victoria S.A.* [Tesis para obtener el título de profesional de Ingeniero de Minas Universidad Cesar Vallejo]. Recuperado de: https://hdl.handle.net/20.500.12692/59329

Guerrero K. (2018) *Plan de minado para la explotación en la Cantera Tuna Blanca Santa Cruz Cajamarca 2018* [Tesis para optar por el título profesional de Ingeniero de Minas Universidad Cesar Vallejo]. Recuperado de: https://hdl.handle.net/20.500.12692/51408

Rodriguez W. (2021) Mecanización *del método de explotación para la obtención de blocks de travertinos en la concesión minera canteras andinas* [Tesis para título profesional de ingeniero de minas Universidad Nacional del Centro del Perú]. Facultad de Ingeniería de Minas Recuperado de: https://repositorio.uncp.edu.pe/ .

ANEXOS

ANEXO 1
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	HERRAMIENTAS O SOFTWARES
Variable independiente Aplicación del análisis exploratorio de datos para optimizar un planeamiento de minado en base a las características geotécnicas en una unidad minera superficial no metálica en Moquegua.	Es un enfoque para analizar datos con el fin de; resumir las características principales de los datos geotécnicos, obtener una mejor comprensión del conjunto de datos, descubrir relaciones entre diferentes variables (Ceder, 2018).	-Altos y bajos erráticos. -Estadística. -Análisis de dispersión -Mapa variográfico.	-Distribución granulométrica del yacimiento. (pulgas/ml) -Tonelaje. (t) -Dirección de análisis (Grados sexagesimales).	Correlación de Pearson. Lenguaje de programación con Python. Librería de Matplotlib.
Variable dependiente Optimización de un planeamiento de minado en base a las características geotécnicas con la aplicación del análisis exploratorio de datos en una unidad minera superficial no metálica en Moquegua.	Es el proceso de planificación que permite identificar y proporcionar que hacer, de modo de alcanzar los objetivos de la empresa, junto con los presupuestos, las estimaciones de recursos y otros (Delgado, s.f., p.15).	-Rentabilidad de la optimización.	-Valor actual neto (VAN).(US$/. m^3) -Tasa Interna de retorno (TIR).(US$.$m^3$) -Payback Period.(S/. año)	Ensayos geotécnicos. Cálculo de KPI's operacionales. Fases de minado. Diseño de estabilidad de bancos en Slide.

ANEXO 2
MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
1. Interrogante general **¿**Cómo se puede optimizar un planeamiento de minado en base a las características geotécnicas mediante el análisis exploratorio de datos en una unidad minera superficial no metálica en Moquegua?	**1. Objetivo General** Optimizar un planeamiento de minado en base a las características geotécnicas mediante el análisis exploratorio de datos en una unidad minera superficial no metálica en Moquegua.	**1. Hipótesis general** Mediante el análisis exploratorio de datos se logra optimizar un planeamiento de minado en base a las características geotécnicas en una unidad minera superficial no metálica en Moquegua.	**Variable independiente** Aplicación del análisis exploratorio de datos para optimizar un planeamiento de minado en base a las características geotécnicas en una unidad minera superficial no metálica en Moquegua	-Altos y bajos erráticos. - Estadística - Análisis de dispersión. -Mapa variográfico.	-Distribución granulométrica del yacimiento. (pulgas/ml) -Tonelaje. (t) -Dirección de Análisis. (grados sexagesimales)
2. Interrogantes específicos ¿Cómo se utilizan las características geotécnicas para la optimización de un planeamiento de minado en una unidad minera superficial no metálica en Moquegua? ¿Cómo se realiza el análisis exploratorio de datos para la optimización de un planeamiento de minado en una unidad minera superficial no metálica en Moquegua?	**2. Objetivo específicos** Aplicar las características geotécnicas para la optimización de un planeamiento de minado en una unidad minera superficial no metálica en Moquegua. Realizar un análisis exploratorio de datos para la optimización de un planeamiento de minado en una unidad minera superficial no metálica en Moquegua.	**2. Hipótesis especificas** Las características geotécnicas permiten optimizar un planeamiento de minado en una unidad minera superficial no metálica en Moquegua. El análisis exploratorio de datos permite optimizar un planeamiento de minado en una unidad minera superficial no metálica en Moquegua	**Variable dependiente** Optimización de un planeamiento de minado en base a las características geotécnicas con la aplicación del análisis exploratorio de datos en una unidad minera superficial no metálica en Moquegua.	-Rentabilidad de la optimización.	-Valor Actual Neto (VAN). US$/$m^3$ -Tasa Interna de Retorno (TIR) US$/$m^3$ -Payback Period(S/. año)

ANEXO 3
ANÁLISIS GRANULOMETRICO SOLANGE AR

Calicata	Malla	Abertura	Peso Retenido en g	%Retenido	%Que pasa
C-1	4"	101.6	0	0	100
C-1	2.5"	63.5	422	13.78	86.22
C-1	2"	50.8	0	0	86.22
C-1	1.5"	38.1	0	0	86.22
C-1	1"	25.4	247	8.06	78.16
C-1	3/4"	19.05	113	3.69	74.47
C-1	3/8"	9.525	417	13.61	60.86
C-1	N° 4	4.76	446	14.56	46.29
C-1	N° 10	2	333	10.88	35.42
C-1	N° 20	0.84	252	8.24	27.18
C-1	N° 30	0.59	105.3	3.44	23.74
C-1	N° 40	0.425	99.3	3.24	20.5
C-1	N° 100	0.149	260.8	8.51	11.99
C-1	N° 200	0.074	126.8	4.14	7.85
C-1	FONDO		240.3	7.85	0

Calicata	Malla	Abertura	Peso Retenido en g	%Retenido	%Que pasa
C-2	4"	101.6	0	0	100
C-2	2.5"	63.5	0	0	100
C-2	2"	50.8	0	0	100
C-2	1.5"	38.1	0	0	100
C-2	1"	25.4	369	11.01	88.99
C-2	3/4"	19.05	94	2.81	86.18
C-2	3/8"	9.525	450	13.43	72.75
C-2	N° 4	4.76	586.5	17.5	55.25
C-2	N° 10	2	195.1	5.82	49.43
C-2	N° 20	0.84	176.3	5.26	44.17
C-2	N° 30	0.59	93.1	2.78	41.39
C-2	N° 40	0.425	89.8	2.68	38.71
C-2	N° 100	0.149	283.1	8.45	30.26
C-2	N° 200	0.074	156.4	4.67	25.59
C-2	FONDO		857.6	25.59	0

Calicata	Malla	Abertura	Peso Retenido en g	%Retenido	%Que pasa
C-3	4"	101.6	0	0	100
C-3	2.5"	65.3	0	0	100
C-3	2"	50.8	255	92.57	92.57
C-3	1.5"	38.1	0	92.57	92.57
C-3	1"	25.4	58	90.88	90.88
C-3	3/4"	19.05	27	90.1	90.1
C-3	3/8"	9.525	226	83.51	83.51
C-3	N° 4	4.76	642.2	64.81	64.81
C-3	N° 10	2	598	47.39	47.39
C-3	N° 20	0.84	419.7	35.16	35.16
C-3	N° 30	0.59	166.8	30.225	30.25
C-3	N° 40	0.425	154.9	25.73	25.73
C-3	N° 100	0.149	425.1	13.35	13.35
C-3	N° 200	0.074	187	7.89	7.89
C-3	FONDO	0	270.7	0	0

Calicata	Malla	Abertura	Peso Retenido en g	%Retenido	%Que pasa
C-4	4"	101.6	0	0	100
C-4	2.5"	63.5	0	0	100
C-4	2"	50.8	0	0	100
C-4	1.5"	38.1	205	6.66	93.34
C-4	1"	25.4	56	1.82	91.51
C-4	3/4"	19.05	133	4.32	87.19
C-4	3/8"	9.525	201	6.53	80.65
C-4	N° 4	4.76	399	12.99	67.67
C-4	N° 10	2	207	6.74	60.93
C-4	N° 20	0.84	128.6	4.18	56.75
C-4	N° 30	0.59	49	1.59	55.16
C-4	N° 40	0.425	62.1	2.02	53.14
C-4	N° 100	0.149	486.8	15.83	37.31
C-4	N° 200	0.074	384	12.48	24.83
C-4	FONDO		763.7	24.83	0

Calicata	Malla	Abertura	Peso Retenido en g	%Retenido	%Que pasa
C-5	4"	101.6	0	0	100
C-5	2.5"	63.5	0	0	100
C-5	2"	50.8	0	0	100
C-5	1.5"	38.1	277	8.54	91.46
C-5	1"	25.4	232	7.16	84.3
C-5	3/4"	19.05	205	6.32	77.98
C-5	3/8"	9.525	349	12.15	65.82
C-5	N° 4	4.76	502.4	15.5	50.33
C-5	N° 10	2	407.7	12.57	37.75
C-5	N° 20	0.84	312.9	9.65	28.1
C-5	N° 30	0.59	126.1	3.89	24.21
C-5	N° 40	0.425	103.7	3.2	21.01
C-5	N° 100	0.149	238.7	7.36	13.65
C-5	N° 200	0.074	105.6	3.26	10.39
C-5	FONDO		336.9	10.39	0

Calicata	Malla	Abertura	Peso Retenido en g	%Retenido	%Que pasa
C-6	4"	101.6	0	0	100
C-6	2.5"	63.5	0	0	100
C-6	2"	50.8	337	9.69	90.31
C-6	1.5"	38.1	284	8.17	82.14
C-6	1"	25.4	252	7.25	74.89
C-6	3/4"	19.05	189	5.44	69.46
C-6	3/8"	9.525	488	14.04	55.42
C-6	N° 4	4.76	399.6	11.4	43.93
C-6	N° 10	2	330.6	9.52	34.41
C-6	N° 20	0.84	261.4	7.52	26.89
C-6	N° 30	0.59	114.2	3.28	23.64
C-6	N° 40	0.425	99.3	2.86	20.75
C-6	N° 100	0.149	260.5	7.49	13.26
C-6	N° 200	0.074	114.8	3.3	9.96
C-6	FONDO		346.4	9.96	0

Calicata	Malla	Abertura	Peso Retenido en g	%Retenido	%Que pasa
C-7	4"	101.6	0	0	100
C-7	2.5"	63.5	0	0	100
C-7	2"	50.8	373	11.35	88.65
C-7	1.5"	38.1	310	9.43	79.21
C-7	1"	25.4	230	7	72.22
C-7	3/4"	19.05	231	7.03	65.19
C-7	3/8"	9.525	449	13.66	51.52
C-7	N° 4	4.76	378	11.53	39.99
C-7	N° 10	2	279.8	8.51	34.48
C-7	N° 20	0.84	241.66	7.35	24.13
C-7	N° 30	0.59	107.7	3.28	20.85
C-7	N° 40	0.425	94.9	2.89	17.9
C-7	N° 100	0.149	240.3	7.31	10.65
C-7	N° 200	0.071	90.8	2.76	7.89
C-7	FONDO		259.3	7.89	0

Calicata	Malla	Abertura	Peso Retenido en g	%Retenido	%Que pasa
C-8	4"	101.6	0	0	100
C-8	2.5"	63.5	470	13.81	86.19
C-8	2"	50.8	0	0	86.19
C-8	1.5"	38.1	71	2.09	84.1
C-8	1"	25.4	295	8.67	75.43
C-8	3/4"	19.05	156	4.58	70.85
C-8	3/8"	9.525	297	8.73	62.12
C-8	N° 4	4.76	381	11.22	50.9
C-8	N° 10	2	346	10.17	40.73
C-8	N° 20	0.84	274.3	8.06	32.67
C-8	N° 30	0.59	123.2	3.62	29.05
C-8	N° 40	0.425	106.1	3.12	25.93
C-8	N° 100	0.149	323.3	9.5	16.43
C-8	N° 200	0.074	151.7	4.46	11.97
C-8	FONDO		407.4	11.97	0

Calicata	Malla	Abertura	Peso Retenido en g	%Retenido	%Que pasa
C-9	4"	101.6	0	0	100
C-9	2.5"	63.5	0	0	100
C-9	2"	50.8	0	0	100
C-9	1.5"	38.1	0	0	100
C-9	1"	25.4	369	11.01	88.99
C-9	3/4"	19.05	94	2.81	86.18
C-9	3/8"	9.525	450	13.43	72.75
C-9	N° 4	4.76	586.5	17.5	55.25
C-9	N° 10	2	195.1	5.82	49.43
C-9	N° 20	0.84	176.3	5.26	44.17
C-9	N° 30	0.59	93.1	2.78	41.39
C-9	N° 40	0.425	89.8	2.68	38.71
C-9	N° 100	0.149	283.1	8.45	30.26
C-9	N° 200	0.074	156.4	4.67	25.59
C-9	FONDO		857.6	25.59	0

Calicata	Malla	Abertura	Peso Retenido en g	%Retenido	%Que pasa
C-10	4"	101.6	0	0	100
C-10	2.5"	63.5	0	0	100
C-10	2"	50.8	0	0	100
C-10	1.5"	38.1	0	0	100
C-10	1"	25.4	369	11.01	88.99
C-10	3/4"	19.05	94	2.81	86.18
C-10	3/8"	9.525	450	13.43	72.75
C-10	N° 4	4.76	586.5	17.5	55.25
C-10	N° 10	2	195.1	5.82	49.43
C-10	N° 20	0.84	176.3	5.26	44.17
C-10	N° 30	0.59	93.1	2.78	41.39
C-10	N° 40	0.425	89.8	2.68	38.71
C-10	N° 100	0.149	283.1	8.45	30.26
C-10	N° 200	0.074	156.4	4.67	25.59
C-10	FONDO		857.6	25.59	0

ANEXO 4
INTERFASE PYTHON - ANÁLISIS DE DATOS

```
import pandas as pd
df = pd.read_excel("/content/Geotecnia.xlsx")
df.head()
```

	Calicata	Pe	Humedad	Angulo	CohesionE	DensidadS	DensidadC	BCR	Lliquido	Lplastico	Iplasticidad	CUniformidad	Ccurvatura	A
0	C-01	2.492	2.92	31.30	0.070	1.955	1.955	44.7	29.8	23.8	6.0	81.82	1.46	
1	C-02	2.509	4.12	31.23	0.067	1.909	1.909	33.5	30.2	26.2	4.0	209.34	0.12	
2	C-03	2.494	7.10	15.00	0.501	1.611	1.611	17.9	31.3	22.8	8.5	38.81	0.82	
3	C-04	2.468	5.91	16.43	0.477	1.648	1.648	15.7	30.2	22.9	7.3	58.44	0.21	
4	C-05	2.506	4.02	31.53	0.059	1.965	1.965	40.3	30.4	24.1	6.3	108.63	2.07	

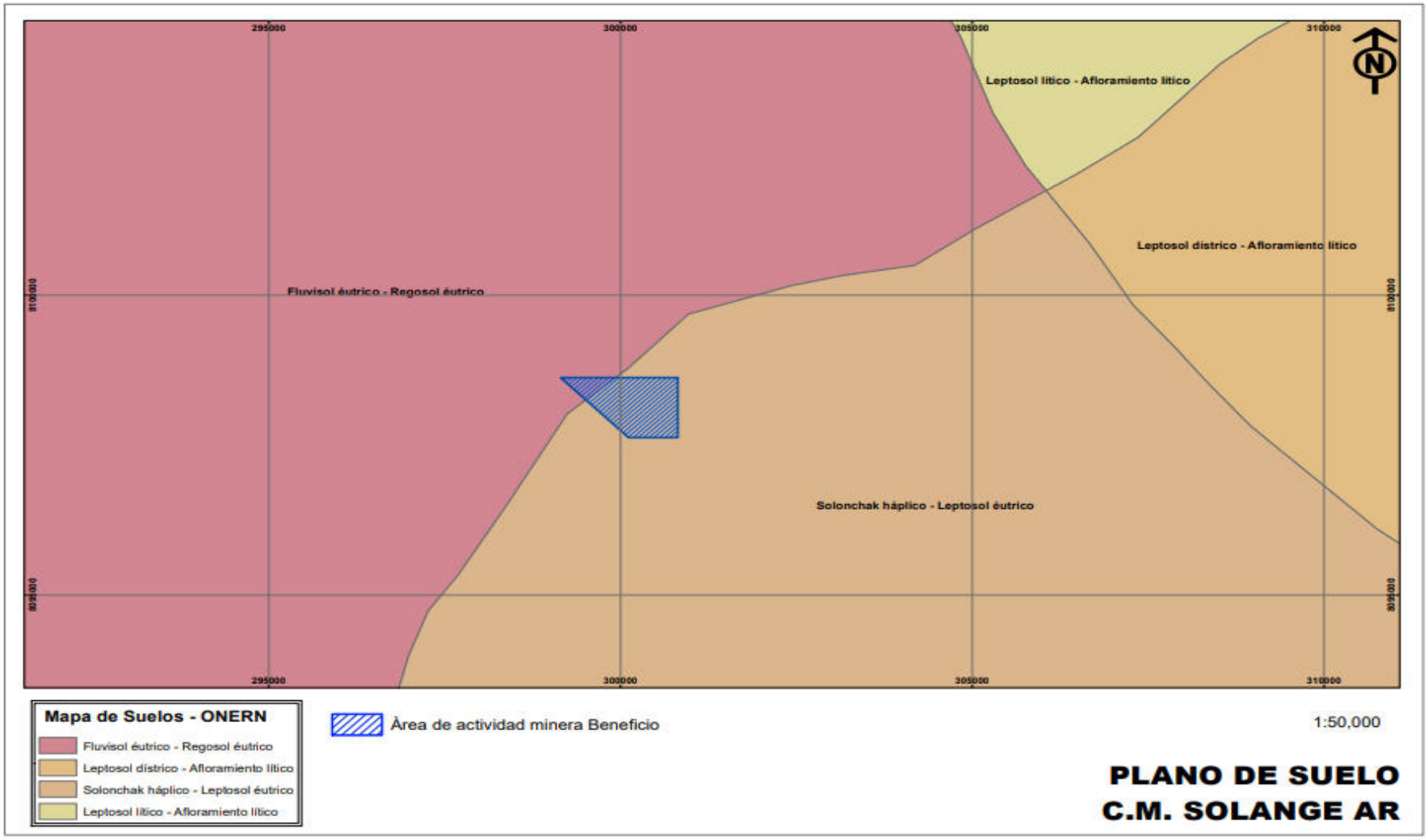
```
df.describe()
```

1 to 8 of 8 entries Filter

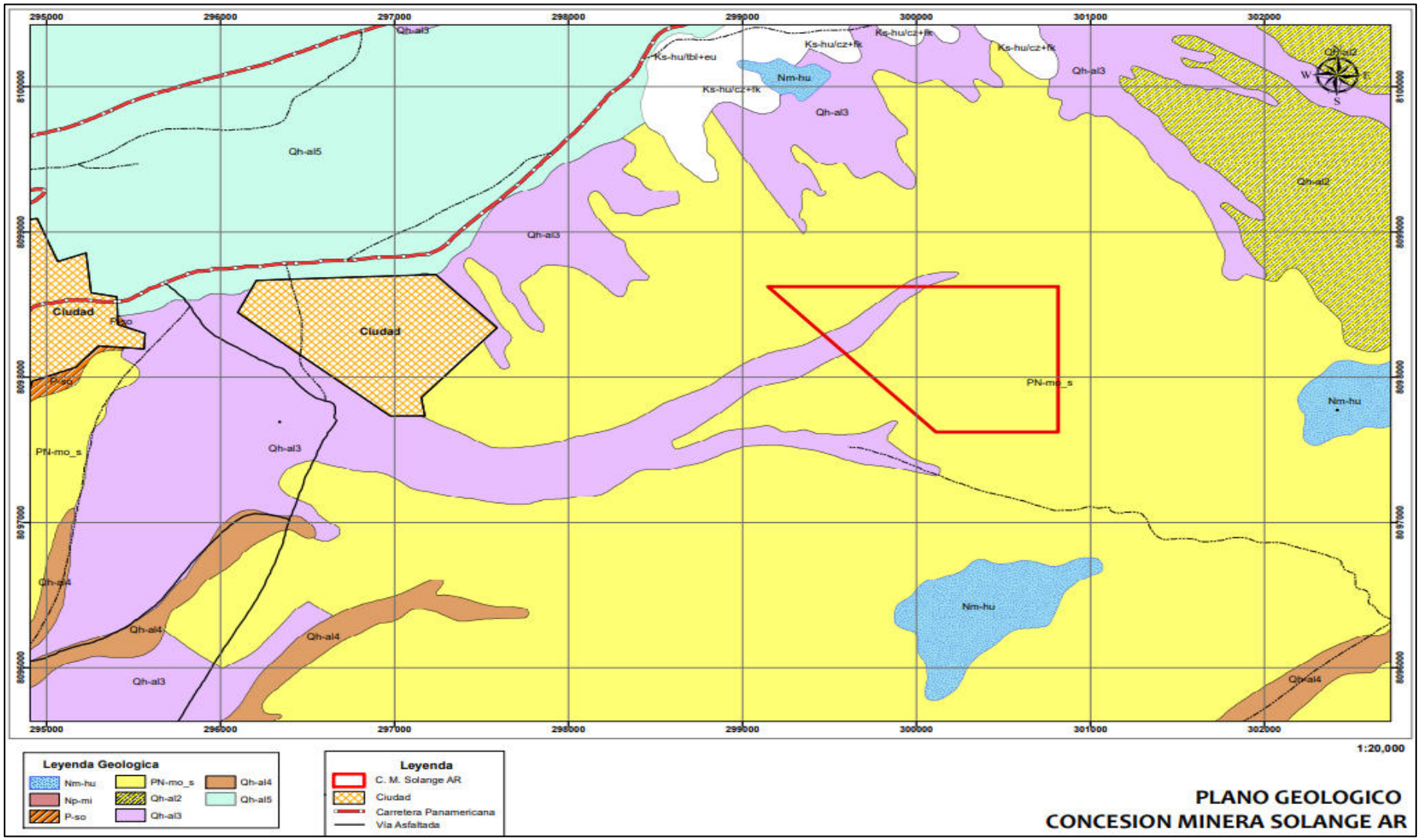
index	Pe	Humedad	Angulo	CohesionE	DensidadS	DensidadC	BCR
count	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10
mean	2.4892999999999996	4.340000000000001	27.055	0.1696	1.8798000000000001	1.8603999999999998	29.2
std	0.015979500757046287	1.322245564686 58	6.894872893840917	0.18161509971487624	0.13731294347017856	0.12891185619122345	12.615814590337 7(
min	2.459	2.92	15.0	0.058	1.611	1.611	14
25%	2.484	3.3449999999999998	22.9475	0.059	1.86925	1.8567500000000001	16.3
50%	2.4930000000000003	4.12	31.215	0.067	1.944	1.8995	29
75%	2.49925	4.6625	31.2925	0.22750000000000004	1.965	1.9495	41.2
max	2.509	7.1	31.53	0.501	1.978	1.978	44

Show 25 per page

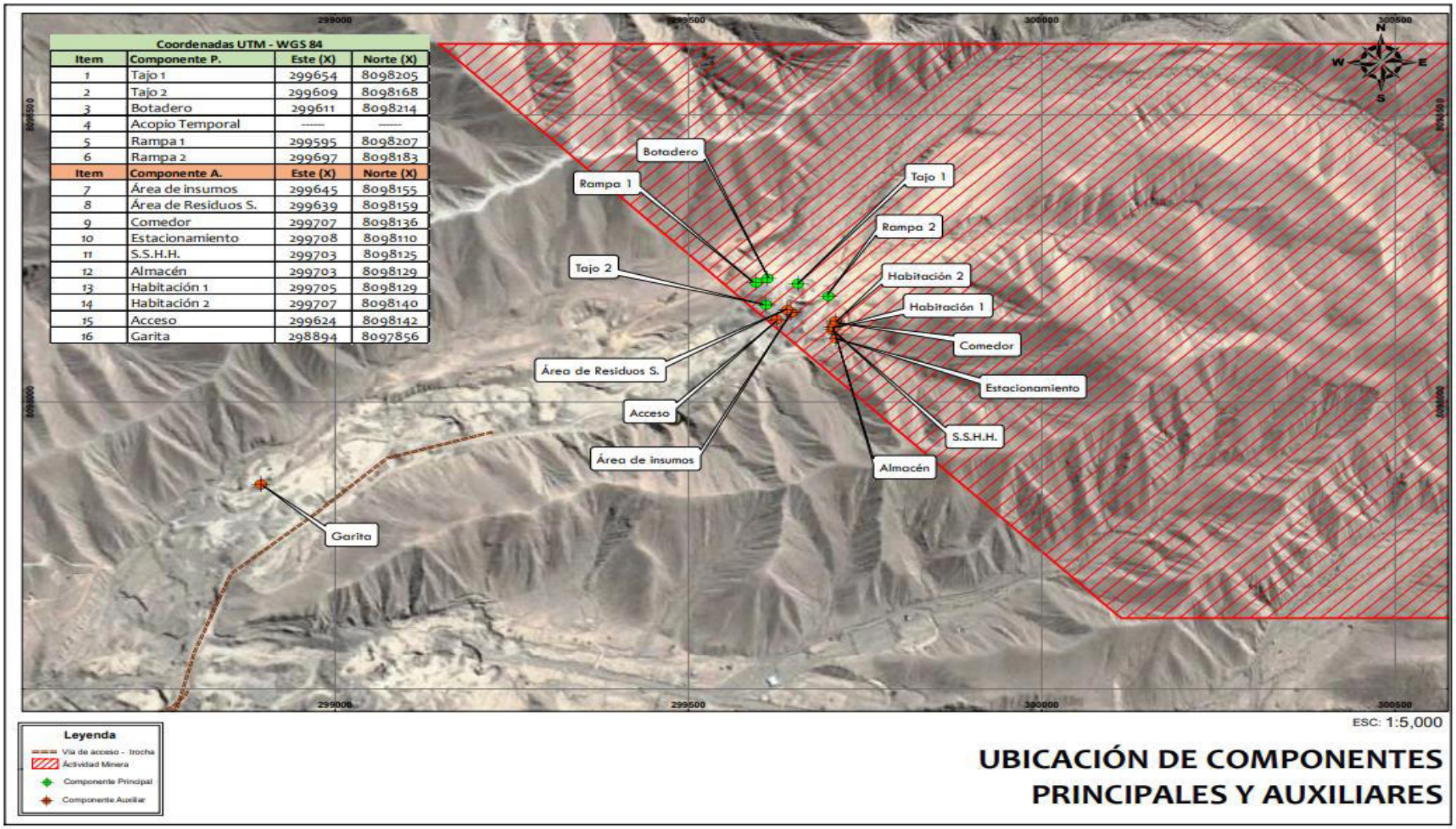
ANEXO 5
PLANO GEOLOGIA REGIONAL



ANEXO 6
PLANO GEOLÓGICO

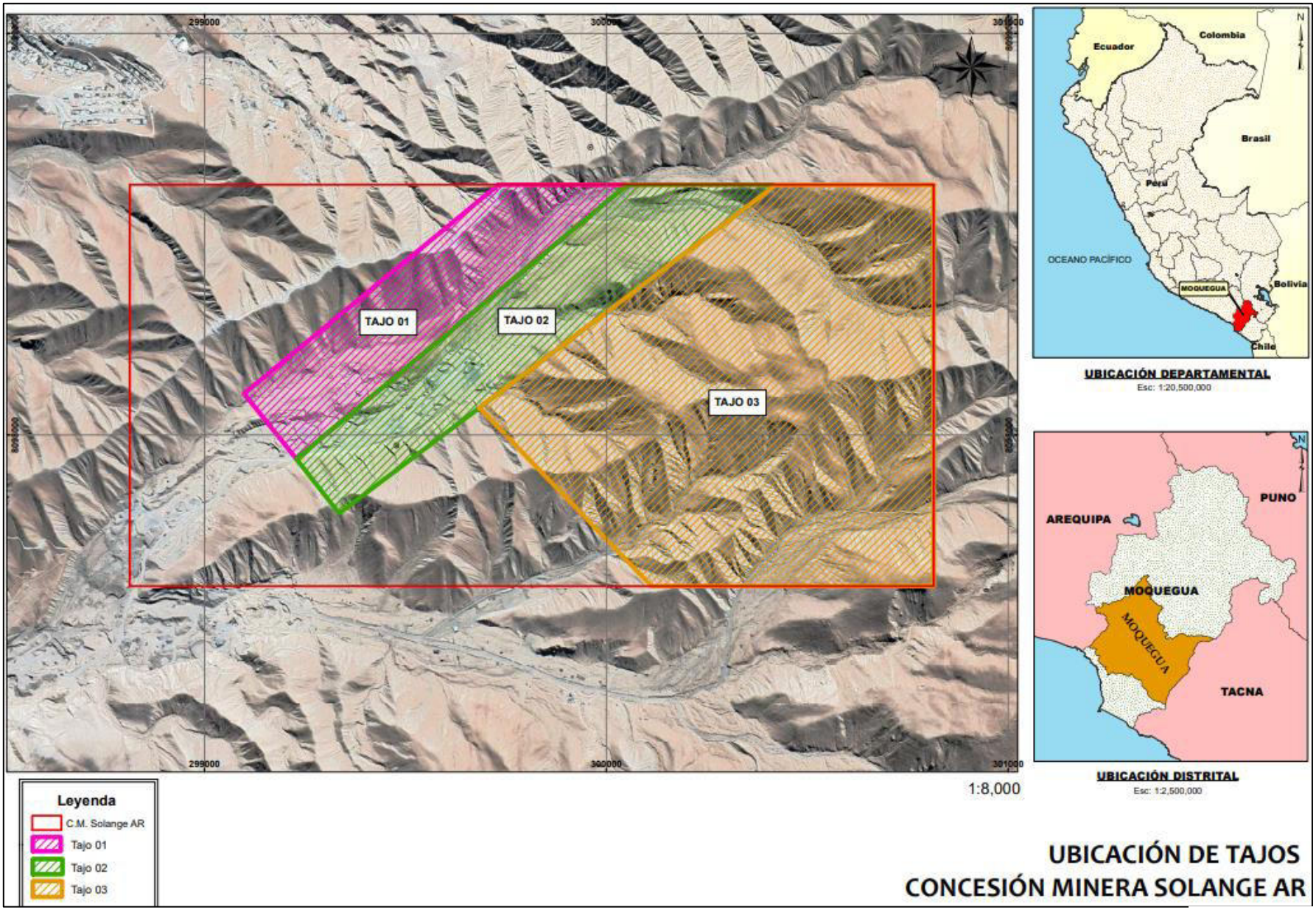


ANEXO 7
UBICACIÓN DE COMPONENTES

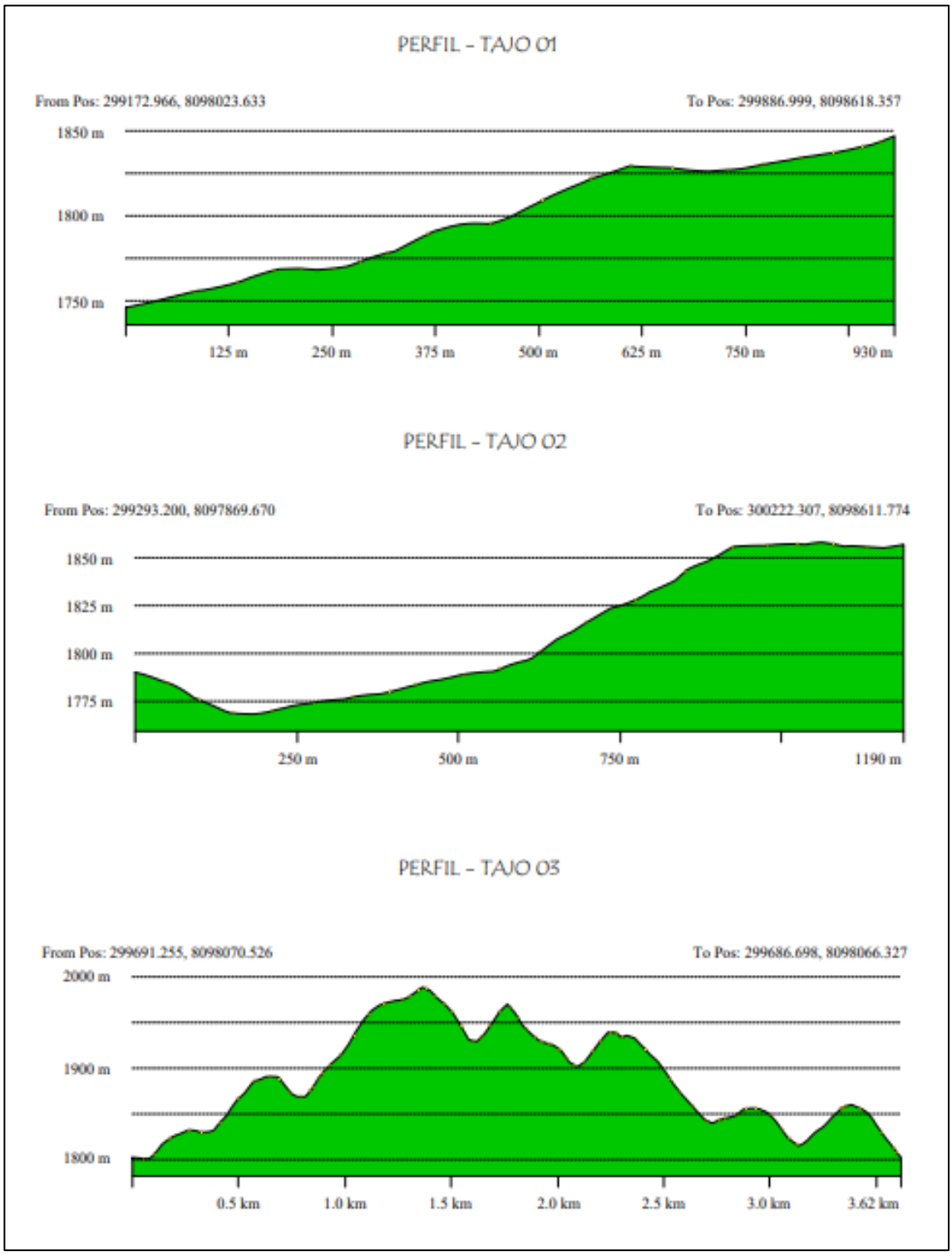


Coordenadas UTM - WGS 84			
Item	Componente P.	Este (X)	Norte (X)
1	Tajo 1	299654	8098205
2	Tajo 2	299609	8098168
3	Botadero	299611	8098214
4	Acopio Temporal	------	------
5	Rampa 1	299595	8098207
6	Rampa 2	299697	8098183
Item	Componente A.	Este (X)	Norte (X)
7	Área de insumos	299645	8098155
8	Área de Residuos S.	299639	8098159
9	Comedor	299707	8098136
10	Estacionamiento	299708	8098110
11	S.S.H.H.	299703	8098125
12	Almacén	299703	8098129
13	Habitación 1	299705	8098129
14	Habitación 2	299707	8098140
15	Acceso	299624	8098142
16	Garita	298894	8097856

ANEXO 8
TAJOS DE EXPLOTACIÓN

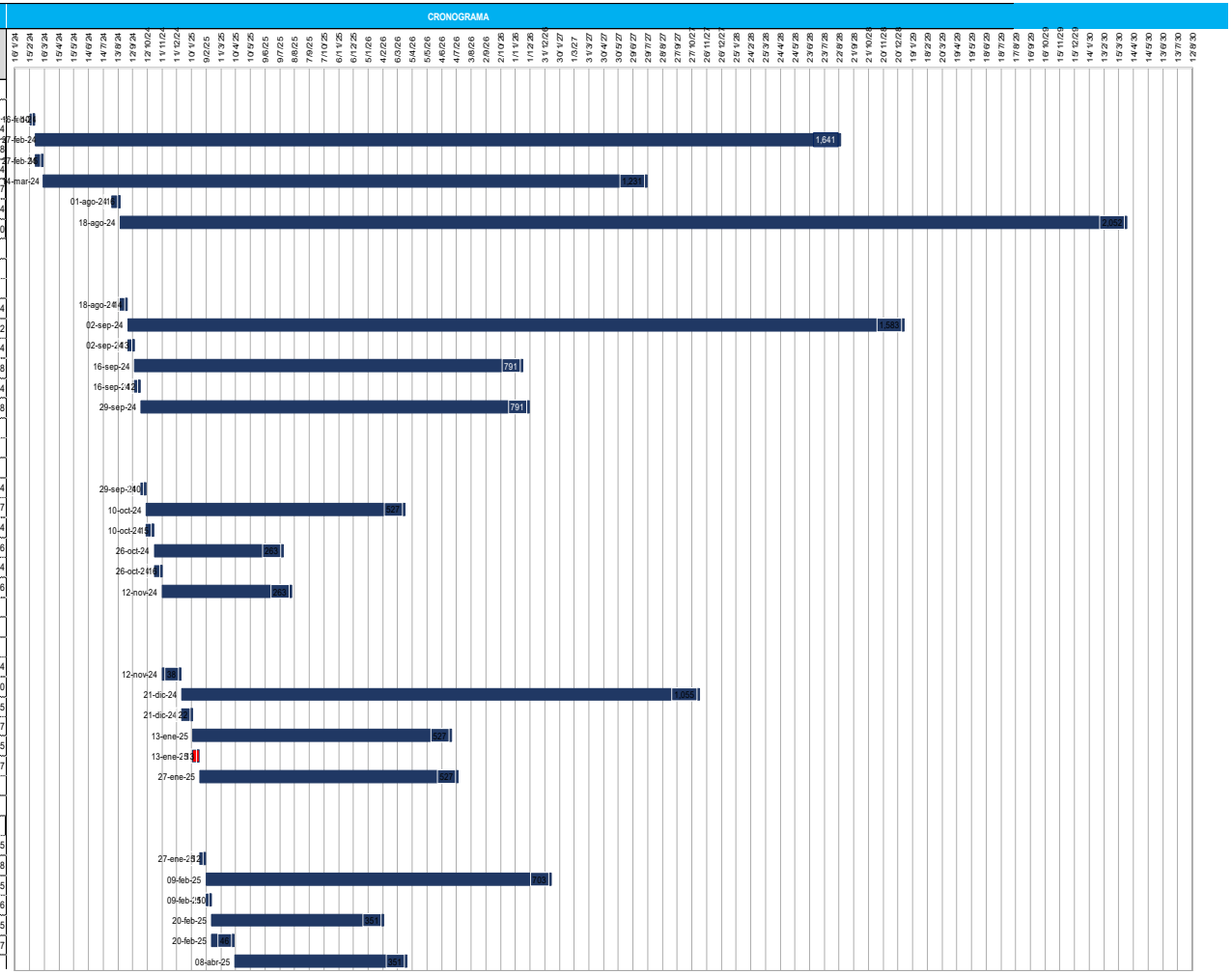


ANEXO 9
PERFIL LONGITUDINAL TAJOS



ANEXO 10
DIAGRAMA DE GANTT – EXPLOTACIÓN DE FASES

DESCRIPCION DE TAREA	Unid	Cant.	PLANIFICACION Rendimiento	Dur. (d)	INICIO	FIN
EXPLOTACION FASE 1						
Acceso - Tajo 2 Cota 1760	m3	1,200	110	10	16-feb-24	26-feb-24
Explotacion Cota 1760	m3	5,666,176	1,800	1,641	27-feb-24	25-ago-28
Acceso - Tajo 2 Cota 1765	m3	1,800	110	15	27-feb-24	13-mar-24
Explotacion Cota-1765	m3	4,249,632	1,800	1,231	14-mar-24	28-jul-27
Acceso - Tajo 2 Cota 1770	m3	1,849	110	16	01-ago-24	17-ago-24
Explotacion Cota-1770	m3	7,082,720	1,800	2,052	18-ago-24	01-abr-30
EXPLOTACION FASE 2						
Acceso - Tajo 2 Cota 1775	m3	1,700	110	14	18-ago-24	01-sep-24
Explotacion Cota 1775	m3	5,465,371	1,800	1,583	02-sep-24	24-dic-32
Acceso - Tajo 2 Cota 1780	m3	1,580	110	13	02-sep-24	15-sep-24
Explotacion Cota-1780	m3	2,732,686	1,800	791	16-sep-24	11-nov-28
Acceso - Tajo 2 Cota 1785	m3	1,400	110	12	16-sep-24	28-sep-24
Explotacion Cota-1790	m3	2,732,686	1,800	791	29-sep-24	24-nov-28
EXPLOTACION FASE 3						
Acceso - Tajo 2 Cota 1795	m3	1,200	110	10	29-sep-24	09-oct-24
Explotacion Cota 1800	m3	1,821,790	1,800	527	10-oct-24	18-jul-27
Acceso - Tajo 2 Cota 1805	m3	1,800	110	15	10-oct-24	25-oct-24
Explotacion Cota-1810	m3	910,895	1,800	263	26-oct-24	15-mar-26
Acceso - Tajo 2 Cota 1815	m3	1,849	110	16	26-oct-24	11-nov-24
Explotacion Cota-1820	m3	910,895	1,800	263	12-nov-24	01-abr-26
EXPLOTACION FASE 4						
Acceso - Tajo 2 Cota 1825	m3	4,300	110	38	12-nov-24	20-dic-24
Explotacion Cota 1830	m3	3,643,581	1,800	1,055	21-dic-24	06-jul-30
Acceso - Tajo 2 Cota 1835	m3	2,500	110	22	21-dic-24	12-ene-25
Explotacion Cota-1840	m3	1,821,790	1,800	527	13-ene-25	21-oct-27
Acceso - Tajo 2 Cota 1845	m3	1,560	110	13	13-ene-25	26-ene-25
Explotacion Cota-1850	m3	1,821,790	1,800	527	27-ene-25	04-nov-27
EXPLOTACION FASE 5						
Acceso - Tajo 2 Cota 1855	m3	1,450	110	12	27-ene-25	08-feb-25
Explotacion Cota 1890	m3	2,429,054	1,800	703	09-feb-25	19-oct-28
Acceso - Tajo 2 Cota 1895	m3	1,250	110	10	09-feb-25	19-feb-25
Explotacion Cota-1900	m3	1,214,527	1,800	351	20-feb-25	26-dic-26
Acceso - Tajo 2 Cota 1905	m3	5,150	110	46	20-feb-25	07-abr-25
Explotacion Cota-1910	m3	1,214,527	1,800	351	08-abr-25	11-feb-27



ANEXO 11
EXCAVACION DE CALICATAS



Nota: Las calicatas fueron excavadas con la excavadora propia de la Unidad Minera.

ANEXO 12

RESULTADO ENSAYOS DE LABORATORIO

fpaucart@gmail.com

LABORATORIO DE CONCRETO Y GEOTECNIA

FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

SOLUCIONES INTEGRALES EN INGENIERIA

C.B.R.
PLACA DE CARGA
COMPRESION DIAGONAL
S.P.T.
DISEÑO DE CONCRETO
PERFORACION DIAMANTINA
ESCLEROMETRIA CONCRETO
D.P.L. DINAMIC CONE
DEFLECTOMETRIA
ABRASION

Moquegua, 27 marzo 2023

SEÑORES : YENE YUJRA MAQUERA

ASUNTO : ESTUDIO DE TESIS.

Mediante la presente hacemos llegar proforma N° 21 de pago, por servicio de ensayo detallado bajo el siguiente concepto:

PROFORMA DE PAGO N°021				
CANT	**UNID**	**DESCRIPCION**	**P. UNIT SIN IGV (S/.)**	**SUBTOTAL SIN IGV (S/.)**
10	UND.	- ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - LIMITES ATTERBERG - CONTENIDO DE HUMEDAD -CLASIFICACION SUCS Y AASHTO -PESO ESPECIFICO DE LOS SOLIDOS -DENSIDAD IN SITU CORTE DIRECTO - CBR INCLUYE PROCTOR	3040.00	3040.00
			TOTAL	3040.00
			ADELANTO	1500.00
			PAGO PENDIENTE	1540.00

Por medio de la presente queda constancia del pago de los servicios de ensayos elaborados por el laboratorio de concreto y geotecnia del Ing. Federico Pascual Paucar Tito.

Atentamente,

FEDERICO PAUCAR TITO EIRL
RUC 20447454328
Federico Pascual Paucar Tito
INGENIERO CIVIL : CIP 84210

LABORATORIO DE ENSAYOS : FEDERICO PASCUAL PAUCAR TITO

Calle Grau N° 127 Moquegua Av. Industrial N° 712 Arequipa INTEGRANTE DEL CONSORCIO GEOTECNIA EXCELENTE

RUC 20447454379 FAX 461257 953692383 rpm #172383 fpaucart@gmail.com Reg. de Consultor C2506

LABORATORIO GEOTECNICO E INVESTIGACION

DENSIDAD DE CAMPO METODO DEL CONO DE ARENA- ASTM D 1556

TESIS : "OPTIMIZACION DE UN PLANEAMIENTO DE MINADO MEDIANTE EL EDA, EN BASE A LAS CARACTERISTICAS GEOTECNICAS, EN UNA UNIDAD MINERA NO METALICA , MOQUEGUA - 2023"

SOLICITA : BACH. YENE YUJRA MAQUERA

UBICACIÓN : CONCESIÓN MINERA SOLANGE AR

FECHA : ABRIL 2023

REGISTRO: FPT_01_2023

Ubicación			C-1	C-2	C-3	C-4	C-5
Muestra / Tipo de Material			Material propio				
Capa			NTP -0.15				
Espesor de capa controlada			15 cm				
Fecha de Realizacion del Ensayo			ABRIL 2023				
A	Peso inicial de la arena + frasco	g	6911	7051	6975	7038	6958
B	Peso residual de la arena + frasco	g	1934	2204	2055	1990	2299
C	Peso arena cono	g	**1549.3**	**1549.3**	**1549.3**	**1549.3**	**1549.3**
D	Peso arena empleada A - B - C	g	3428	3298	3371	3499	3110
E	Densidad arena	g/cm3	**1.462**	**1.462**	**1.462**	**1.462**	**1.462**
F	Volumen del hueco D / E	cm3	2344.53	2255.61	2305.54	2393.09	2127.02
G	Peso suelo humedo extraido	g	4718	4484	3978	4177	4347
H	Densidad humeda G / F	g/cm3	2.012	1.988	1.725	1.745	2.044
I	Densidad suelo seco G / ((1+J/100) F)	g/cm3	**1.955**	**1.909**	**1.611**	**1.648**	**1.965**
	Densidad maxima (proctor)	g/cm3					
	Humedad Optima (proctor)	%					
	% de Compactacion	%					

CONTENIDO DE HUMEDAD

J	% Humedad	2.9	4.1	7.1	5.9	4.0

OBSERVACIONES :

RESPONSABLE

	REGISTRO	FPT-CBR
	CONTROL DE CALIDAD	Revision: 1
	RELACION DE SOPORTE C.B.R	fecha : Abr-23
		Pagina : 1 de 3

(ASTM D-1883)

Tesis	:	"OPTIMIZACION DE UN PLANEAMIENTO DE MINADO MEDIANTE EL EDA, EN BASE A LAS CARACTERISTICAS GEOTECNICAS, EN UNA UNIDAD MINERA NO METALICA , MOQUEGUA - 2023"
Solicita	:	BACH. YENE YUJRA MAQUERA
Descripcion	:	C-1

REG: CBR-CALICATA-01/2023

N° GOLPES		**12**		**25**		**56**	
Volumen de molde		3358.3		3313.2		3356.3	
Peso de molde+suelo		11740.0		12450.0		12940.0	
Peso de molde		4437.0		4930.0		4952.0	
peso de suelo compact.		7303.0		7520.0		7988.0	
Densidad húmeda		2.175		2.270		2.379	
DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD							
Recipiente N°							
Peso suelo húmedo		492.30		500.10		521.30	
Peso de suelo seco		446.02		452.55		471.77	
Peso de tara		25.30		20.30		21.50	
Peso de agua		46.28		47.55		49.53	
Peso de suelo seco		420.72		432.25		450.27	
Conten. de humedad		11.00		11.00		11.00	
DETERMINACION DE LA DENSIDAD SECA							
Densidad seca		1.959		2.045		2.143	
EXPANSION							
	Tiemp.	Lectura directa	Expans.cm	Lectura directa	Expans.cm	Lectura directa	Expans.cm
	0.0 h	0	0.000	0	0.000	0	0.000
	72 h	0	0.000	0	0.000	0	0.000
% EXPANSION	0.00						
				% humedad moldeo prom		11.0	

PENETRACION	penetracion pulg				psi	psi	psi
	0.000				-	-	-
	0.025				4	28	42
	0.050				30	92	163
	0.075				64	170	304
	0.100				106	254	447
	0.125				177	353	579
	0.150				247	459	731
	0.200				424	707	1,059
	0.300				848	1,265	1,738
	0.400				1,272	1,837	2,352
	0.500				1,625	2,261	2,901
					12golp	25golp	56golp

GEOTECNIA ASOCIADOS- FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

CORTE DIRECTO

(ASTM D-3080)

TESIS : "OPTIMIZACION DE UN PLANEAMIENTO DE MINADO MEDIANTE EL EDA, EN BASE A LAS CARACTERISTICAS GEOTECNICAS, EN UNA UNIDAD MINERA NO METALICA , MOQUEGUA - 2023"

SOLICITA: BACH. YENE YUJRA MAQUERA

UBICACIÓN: CONCESIÓN MINERA SOLANGE AR

MUESTRA : C - 1

FECHA: ABRIL 2023

TANGENCIAL Δh (mm.)	σ (kg/cm²) 0.5	σ (kg/cm²) 1.0	σ (kg/cm²) 2.1	σ (kg/cm²) 3.7
	τ (kg/cm²)	τ (kg/cm²)	τ (kg/cm²)	τ (kg/cm²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	0.08	0.14	0.29	0.33
0.50	0.10	0.19	0.42	0.60
0.75	0.12	0.24	0.53	0.84
1.00	0.15	0.28	0.63	1.00
1.25	0.16	0.32	0.72	1.17
1.50	0.19	0.36	0.79	1.40
1.75	0.20	0.39	0.85	1.60
2.00	0.22	0.43	0.93	1.76
2.25	0.24	0.46	0.98	1.86
2.50	0.25	0.48	1.03	1.99
2.75	0.26	0.50	1.08	2.09
3.00	0.28	0.53	1.12	2.21
3.25	0.29	0.56	1.17	2.26
3.50	0.30	0.56	1.20	2.29
3.75	0.31	0.58	1.23	2.32
4.00	0.32	0.61	1.26	2.32
4.25	0.32	0.62	1.28	2.31
4.50	0.33	0.63	1.31	2.29
4.75	0.33	0.64	1.33	2.27
5.00	0.34	0.65	1.35	2.24
5.25	0.34	0.65	1.36	2.21
5.50	0.35	0.66	1.38	2.14
5.75	0.35	0.67	1.37	2.13
6.00	0.35	0.68	1.36	2.13
6.25	0.35	0.69	1.35	2.12
7.00	0.30	0.67	1.34	2.01
7.25	0.30	0.65	1.34	2.01

Contenido de humedad	2.92 %
Ángulo de Rozamiento interno	31.30 °
Cohesión efectiva	0.070 kg/cm²
Densidad S	1.955 g/cm3

ING FEDERICO PAUCAR

LABORATORIO GEOTECNICO

CLASIFICACION DE SUELOS

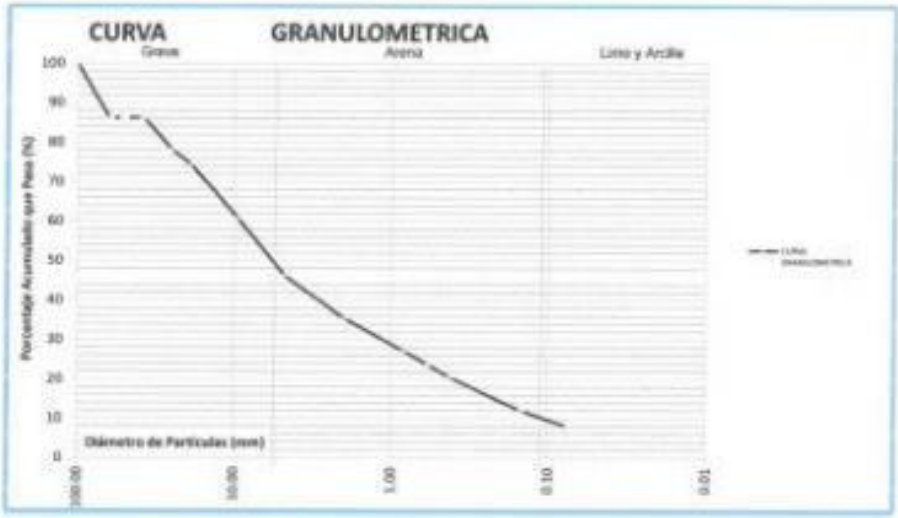
TESIS : "OPTIMIZACION DE UN PLANEAMIENTO DE MINADO MEDIANTE EL EDA, EN BASE A LAS CARACTERISTICAS GEOTECNICAS, EN UNA UNIDAD MINERA NO METALICA , MOQUEGUA - 2023"

SOLICITA	BACH. YENE YUJRA MAQUERA
UBICACIÓN	CONCESIÓN MINERA SOLANGE AR
CALICATA	C-01
FECHA	ABRIL 2023

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Malla	Abertura (mm)	PESO RETENIDO EN gr.	% RETENIDO	% QUE PASA
4"	101.600	0.0	0.00	100.00
2.5"	63.500	422.0	13.78	86.22
2"	50.800	0.0	0.00	86.22
1.5"	38.100	0.0	0.00	86.22
1"	25.400	247.0	8.06	78.16
3/4"	19.050	113.0	3.69	74.47
3/8"	9.525	417.0	13.61	60.86
N° 4	4.760	446.1	14.56	46.29
N° 10	2.000	333.1	10.88	35.42
N° 20	0.840	252.2	8.24	27.18
N° 30	0.590	105.3	3.44	23.74
N° 40	0.425	99.3	3.24	20.50
N° 100	0.149	260.8	8.51	11.99
N° 200	0.074	126.8	4.14	7.85
FONDO		240.3	7.85	0.00

MUESTRA		
% ARENA	46.3	%
% PIEDRA	53.7	%
LIMITES DE CONSISTENCIA		
Limite Liquido	(%)	29.6
Limite Plástico	(%)	22.6
Indice Plástico	(%)	6.00
COEFICIENTES		
Coeficiente de uniformidad (C_u)		81.82
Coeficiente de curvatura (C_c)		1.46
CLASIFICACIÓN		
Clasificación (S.U.C.S.)		GW-GM
Clasificación (AASHTO)		A-1-a(0)
Humedad (%)		3.82



LABORATORIO: FEDERICO PAUCAR TITO E.I.R.L

ENSAYO DE MATERIALES SUELOS Y GEOTECNIA

PROPIEDADES FISICAS

TESIS : "OPTIMIZACION DE UN PLANEAMIENTO DE MINADO MEDIANTE EL EDA, EN BASE A LAS CARACTERISTICAS GEOTECNICAS, EN UNA UNIDAD MINERA NO METALICA , MOQUEGUA - 2023"

SOLICITA	:	BACH. YENE YUJRA MAQUERA
FECHA	:	ABRIL 2023
OPERADOR	:	PERSONAL DE LABORATORIO
MUESTRA	:	C-1

CON CERTIFICADO DE CALIBRACION EN LABORATORIO ACREDITADO POR INDECOPI

REGISTRO :HUM-001/2023

HUMEDAD NATURAL

MUESTRA		
PESO DE RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDO	511.70	
PESO DE RECIPIENTE + MUESTRA SECO	497.20	
PESO DEL AGUA	14.50	
PESO DEL RECIPIENTE	0.00	
PESO DE MUESTRA SECA	497.20	
% DE HUMEDAD	2.92	

OBSERVACIONES :

Laboratorio de Suelos y Concreto
FEDERICO PAUCAR TITO E.I.R.L.
Federico Pascual Paucar Tito
INGENIERO CIVIL Reg. CIP 84230

ING. RESPONSABLE

AV INDUSTRIAL N° 714 APIMA AREQUIPA- CALLE MIGUEL GRAU N°127 MOQUEGUA 953692383 #172383

LABORATORIO GEOTECNICO E INVESTIGACION DE MATERIALES
FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

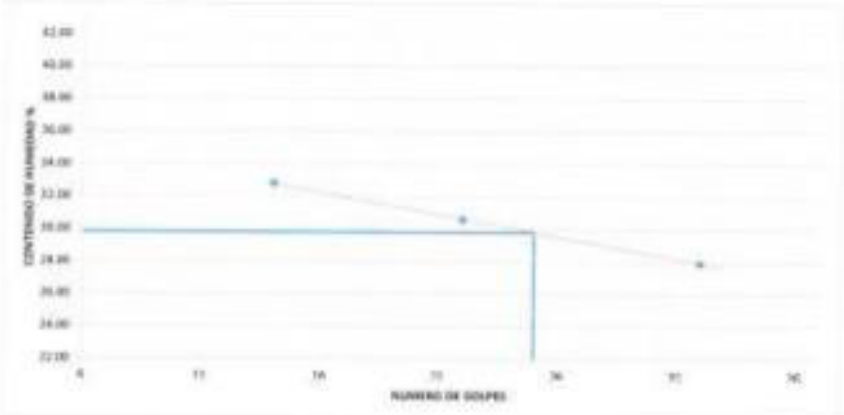
LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

NORMA (ASTM D - 4318)

TESIS	: "OPTIMIZACION DE UN PLANEAMIENTO DE MINADO MEDIANTE EL EDA, EN BASE A LAS CARACTERISTICAS GEOTECNICAS, EN UNA UNIDAD MINERA NO METALICA , MOQUEGUA - 2023"
SOLICITA	: BACH. YENE YUJRA MAQUERA
UBICACIÓN	: CONCESIÓN MINERA SOLANGE AR
MUESTRA	: CALICATA-1
FECHA	: ABRIL 2023

			LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
No.DE GOLPES		N°	14	22	32	1	2
Peso de Tara		g	14.77	15.00	14.83	14.11	14.03
Peso de Tara + suelo Humedo		g	56.05	64.30	54.57	18.95	21.99
Peso de Tara + suelo Seco		g	45.85	52.75	45.89	18.01	20.48
Peso de Agua		g	10.20	11.55	8.68	0.94	1.51
Peso de suelo Seco		g	31.08	37.75	31.06	3.90	6.45
Humedad		%	32.82	30.60	27.95	24.10	23.45
L.L.=	29.8	%	L.P.=	23.8	%	I.P.=	6.0 %

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO



INGENIERO RESPONSABLE

FEDERICO PAUCAR TITO E.I.R.L

PESO ESPECIFICO DE LOS AGREGADOS

NORMA MTC E206

TESIS	: "OPTIMIZACION DE UN PLANEAMIENTO DE MINADO MEDIANTE EL EDA, EN BASE A LAS CARACTERISTICAS GEOTECNICAS, EN UNA UNIDAD MINERA NO METALICA , MOQUEGUA - 2023"
SOLICITA	: BACH. YENE YUJRA MAQUERA
MUESTRA	: CALICATA - 1
UBICACIÓN	: CONCESIÓN MINERA SOLANGE AR
FECHA	: ABRIL 2023

REGISTRO :TESIS-T-001/2023

PESO ESPECIFICO DE LA GRAVA

MUESTRA	
MUESTRA SAT. SUPERF.SECA EN EL AIRE	1003.7 g
MUESTRA SAT. SUPERF.SECA EN EL AGUA	600.9 g
PESO DE MUESTRA SECA	993.2 g
PESO ESPECIFICO	2.492 g/cm3

AV INDUSTRIAL 712 AREQUIPA CEL 953692383 #172383 FPAUCART @GMAIL.COM

LABORATORIO GEOTECNICO E INVESTIGACION DE MATERIALES
FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

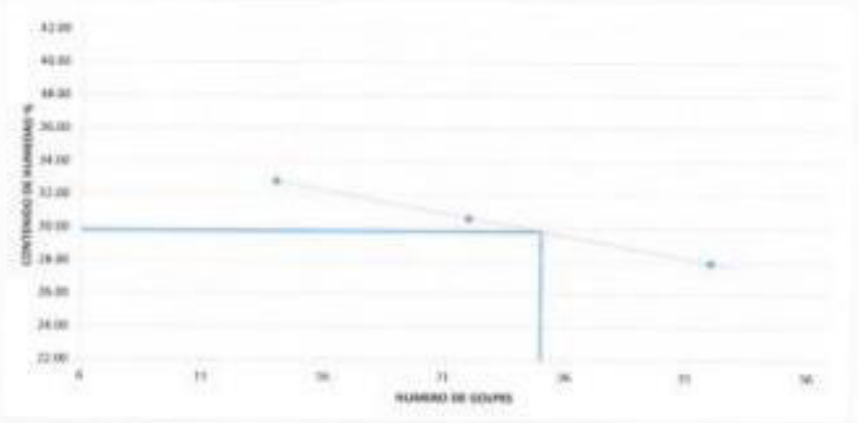
LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTERBERG)

NORMA (ASTM D - 4318)

TESIS : "OPTIMIZACION DE UN PLANEAMIENTO DE MINADO MEDIANTE EL EDA, EN BASE A LAS CARACTERISTICAS GEOTECNICAS, EN UNA UNIDAD MINERA NO METALICA , MOQUEGUA - 2023"
SOLICITA : BACH. YENE YUJRA MAQUERA
UBICACIÓN : CONCESIÓN MINERA SOLANGE AR
MUESTRA : CALICATA-1
FECHA : ABRIL 2023

		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
No.DE GOLPES	*N°*	14	22	32	1	2
Peso de Tara	*g*	14.77	15.00	14.83	14.11	14.03
Peso de Tara + suelo Humedo	*g*	56.05	64.30	54.57	18.95	21.99
Peso de Tara + suelo Seco	*g*	45.85	52.75	45.89	18.01	20.48
Peso de Agua	*g*	10.20	11.55	8.68	0.94	1.51
Peso de suelo Seco	*g*	31.08	37.75	31.06	3.90	6.45
Humedad	%	32.82	30.60	27.95	24.10	23.45
L.L.=	**29.8** %	**L.P.=**	**23.8** %		**I.P.=**	**6.0** %

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO



INGENIERO RESPONSABLE

LABORATORIO GEOTECNICO E INVESTIGACION DE MATERIALES

FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

PROCTOR MODIFICADO

NORMA: MTC E115, ASTM D 1557

TESIS : "OPTIMIZACION DE UN PLANEAMIENTO DE MINADO MEDIANTE EL EDA, EN BASE A LAS CARACTERISTICAS GEOTECNICAS, EN UNA UNIDAD MINERA NO METALICA , MOQUEGUA - 2023"

SOLICITA : BACH. YENE YUJRA MAQUERA
UBICACIÓN : CONCESIÓN MINERA SOLANGE AR
MUESTRA : CALICATA -01
FECHA : ABRIL 2023

Tipo de Molde : 6 Pulgadas Metodo : C					
Peso suelo + molde	g	11020	11262	11468	11455
Peso molde	g	6530	6530	6530	6530
Peso suelo humedo compactado	g	4490	4732	4938	4925
Volumen del molde	cm^3	2123	2123	2123	2123
Densidad humeda	g/cm3	2.115	2.229	2.326	2.320
Recipiente Nº		1	2	3	4
Peso del suelo humedo+tara	g	501.8	653.4	651.4	636.4
Peso del suelo seco + tara	g	483.7	614.1	605.6	577.6
Tara	g	146.8	132.3	131.9	122.5
Peso de agua	g	18.10	39.30	45.80	58.80
Peso del suelo seco	g	336.90	481.80	473.70	455.10
Contenido de agua	%	5.37	8.16	9.67	12.92
Densidad Seca	g/cm³	2.007	2.061	2.121	2.064

Densidad Máxima (g/cm³) = 2.143

Humedad Optima (%) = 11.0



INGENIERO RESPONSABLE

FORMATO DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNAM

Formulario de autorización para la publicación electrónica en la página web del Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Moquegua, de conformidad con la Ley N° 30035 Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y Resolución de Comisión Organizadora N° 041-2022-UNAM que aprueba el Reglamento que regula el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

1. DATOS DEL AUTOR

Nombres y Apellidos	: Yene Yujra Maquera
DNI/Carnet de Extranjería/Pasaporte N°	: 75379103
Correo electrónico	: yeneyujrama@gmail.com
Teléfono/Celular	: 917654218

2. GRADO, TITULO O ESPECIALIZACIÓN (Marque con una X)

Bachiller	Título Profesional	Magister	Doctor	Segunda Especialidad
	X			

3. TIPO DE PUBLICACIÓN (Marque con una X)

a) Articulo ( )
b) Tesis de pregrado (**X**)
c) Tesis de Maestría ( )
d) Tesis de Doctorado ( )
e) Monografía ( )
f) Reporte de caso científico o hallazgos ( )
g) Libro ( )
h) Parte de un libro ( )
i) Revisión ( )
j) Conferencia ( )
k) Presentación ( )
l) Artículo preliminar ( )
m) Articulo antes de ser publicado ( )
n) Artículo de prensa ( )
o) Documentos internos ( )
p) Imagen ( )
q) Documentos técnicos ( )
r) Ponencias presentadas en eventos científicos (Jornada, Congreso, Simposio Conferencias, etc.) ( )
s) Informes de suficiencia profesional ( )
t) Patentes producidas por académicos/as ( )

4. TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Marque con una X)

a) Tesis **(X)**
b) Trabajo de Investigación **( )**
c) Trabajo de suficiencia profesional **( )**
d) Trabajo académico **( )**

5. DATOS DE LA PUBLICACION

a) Título: "OPTIMIZACIÓN DE UN PLANEAMIENTO DE MINADO EN BASE A LAS CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS MEDIANTE EL ANÁLISIS EXPLORATORIO DE DATOS EN UNA UNIDAD MINERA SUPERFICIAL NO METÁLICA EN MOQUEGUA"
b) Campo del conocimiento OCDE (Indicar el código de clasificación OCDE de la obra: https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html) :
c) Fecha de publicación:

6. DATOS DEL ASESOR:

a) Nombres y Apellidos : CHRIST JESUS BARRIGA PARIA
b) DNI/Pasaporte/Cédula : 44331713
c) ORCID : 0000-0002-7130-9297

FIRMA : .....

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 75379103
NOMBRES Y APELLIDOS : YENE YUJRA MAQUERA

LICENCIAS

Licencia Estándar

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

Con la autorización de depósito da mi trabajo de investigación, otorgo a la Universidad Nacional de Moquegua, una Licencia No Exclusiva para reproducir. distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi trabajo de investigación (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios provistos por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Institucional Digital de la UNAM, Colección de Tesis, entre otros, en el Perú y en el extranjero, por el tiempo y veces que considere necesarias, y libre de remuneraciones.

En virtud de dicha Licencia, la UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA, podrá reproducir mi trabajo de investigación en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con los propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que el trabajo de investigación es una creación de mi autoria y exclusiva titularidad, o coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicho trabajo de investigación no infringe derechos de autor de terceras personas.

La UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA consignara el nombre del/los autor/es del trabajo de investigación, y no le hará ninguna modificación más de la permitida en la presente licencia.

Autorizo el depósito (marque con una X).

(X) **SI autorizo que se deposite inmediatamente.**

FIRMA : .....



DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 75379103
NOMBRES Y APELLIDOS : YENE YUJRA MAQUERA
FECHA : 2024

ANEXO VIII

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN / TESIS / TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Yo, Yene Yujra Maquera,
bachiller de la Escuela Profesional de: Ingeniería de Minas,
de la Universidad Nacional de Moquegua, identificado(a) con DNI Nº 75379103, autor(a) del Trabajo de Investigación / Tesis / Trabajo de suficiencia profesional denominado:
Optimización de un planeamiento de Minado en base a las caracteristicas geotecnicas mediante el analisis exploratorio de datos en una unidad minera superficial no metalica en Moquegua

Declaro bajo juramento que:

1. El trabajo de investigación es auténtico, siendo resultado de mi trabajo personal, que no se ha copiado, que no se ha utilizado ideas, formulaciones, citas integrales e ilustraciones diversas, sacadas de cualquier tesis, obra, artículo, memoria, etc., (en versión digital o impresa), sin mencionar de forma clara y exacta su origen o autor, tanto en el cuerpo del texto, figuras, cuadros, tablas u otros que tengan derechos de autor. Por tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiado total ni parcialmente.
2. El trabajo de investigación no ha sido autoplagiada, es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
3. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presentan en el trabajo de investigación constituirán aporte a la realidad investigada.

Soy consciente de que, el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales, por lo que asumo cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de irregularidades en el trabajo de investigación, así como de los derechos sobre la obra presentada.

Moquegua, 21 Marzo 2024

Huella digital

Nombres y Apellidos: Yene Yujra Maquera
DNI: 75379103

INFORME DE ANÁLISIS
magister

TESIS YENE YUJRA

10% Textos sospechosos



10% Similitudes
< 1% similitudes entre comillas
1% entre las fuentes mencionadas
< 1% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: TESIS YENE YUJRA.pdf
ID del documento: 995e8dfb029f530233dad5cc89369d564bf9c18a
Tamaño del documento original: 4,3 MB

Depositante: CHRIST JESUS BARRIGA PARIA
Fecha de depósito: 15/4/2024
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 15/4/2024

Número de palabras: 22.878
Número de caracteres: 152.450

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes de similitudes

Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	**sigrid.cenepred.gob.pe** https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/9378/descargar **5 fuentes similares**	2%		Palabras idénticas: **2%** (342 palabras)
2	**www.dspace.uce.edu.ec** http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/26369/1/UCE-FIGEMPA-CIM-VILLACRES JHONATHA...	< 1%		Palabras idénticas: **< 1%** (209 palabras)
3	**www.dspace.uce.edu.ec** | Repositorio Digital: Diseño de explotación y cierre de mi... http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/26369	< 1%		Palabras idénticas: **< 1%** (203 palabras)
4	**repositorio.continental.edu.pe** https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/7022/2/IV_FIN_110_TE_Ticllasuca_Lim... **5 fuentes similares**	< 1%		Palabras idénticas: **< 1%** (223 palabras)
5	**repositorio.unam.edu.pe** https://repositorio.unam.edu.pe/bitstream/UNAM/112/5/T095_72191607_T.pdf.txt **8 fuentes similares**	< 1%		Palabras idénticas: **< 1%** (213 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	**hdl.handle.net** | Repositorio Continental: Propuesta de un plan de minado para la ... https://hdl.handle.net/20.500.12394/5203	< 1%		Palabras idénticas: **< 1%** (36 palabras)
2	**repositorio.uncp.edu.pe** http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/20.500.12894/8729/1/1.- Tesis CARLOS OYOLA CASTRO (1) ...	< 1%		Palabras idénticas: **< 1%** (25 palabras)
3	**repositorio.continental.edu.pe** https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10413/2/IV_FIN_110_TE_Fernandez_S...	< 1%		Palabras idénticas: **< 1%** (23 palabras)
4	**repositorio.ucv.edu.pe** https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/20.500.12692/38747/1/Pérez_BFM.pdf	< 1%		Palabras idénticas: **< 1%** (26 palabras)
5	**1library.co** | Optimizar el planeamiento a largo plazo de la mina a tajo abierto Tac... https://1library.co/document/qmje649q-optimizar-planeamiento-abierto-ciemsa-empleando-softwa...	< 1%		Palabras idénticas: **< 1%** (15 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)

Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

1 https://hdl.handle.net/11537/15030
2 http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/26573
3 https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w24174w/S8_desarrollo_aplic
4 https://hdl.handle.net/20.500.12394/7022
5 https://www.researchgate.net/publication/337951436

DECENIO DE LA IGUALDAD DE OPORTUNIDADES PARA MUJERES Y HOMBRES
"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"

RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA Nº 384-2024-UNAM/CO

Moquegua, 10 de junio de 2024

LA COMISIÓN ORGANIZADORA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

VISTOS:

El Acuerdo de Sesión Ordinaria de Comisión Organizadora de fecha 04 de junio de 2024; PROVEÍDO N° 9716-2024 de fecha 04 de junio de 2024 emitido por la Presidencia de la Comisión Organizadora; INFORME N° 329-2024-UNAM-CO-P/SG de fecha de recepción 04 de junio de 2024 emitido por Secretaria General; CARTA Nº 066-2024-GYT/UNAM-PCAS de fecha de recepción 04 de junio de 2024 emitido por el Especialista de Grados y Títulos; Sobre el otorgamiento del Título Profesional de Ingeniero de Minas y demás documentos que escoltan el expediente administrativo, y;

CONSIDERANDO:

Que, la Constitución Política del Perú en su artículo 18º prevé que cada Universidad es autónoma en su régimen normativo, de gobierno, académico, administrativo y económico, y el artículo 8º de la Ley Nº 30220, Ley Universitaria, establece que la referida autonomía inherente a las Universidades, se ejerce de conformidad con la Constitución y las Leyes de la República e implica las organizaciones de su sistema académico, económico y administrativo, así como la administración de sus bienes y rentas, elaborar su presupuesto y aplicar sus fondos con la responsabilidad que impone la Ley;

Que, de conformidad con la Ley N° 28520 de fecha 23/05/2005, se creó la Universidad Nacional de Moquegua, cuyo artículo 1º dispone: "créase la Universidad Nacional de Moquegua como persona jurídica de derecho público interno, con sede en la ciudad de Moquegua, Provincia de Mariscal Nieto, Departamento de Moquegua". Asimismo, a través de la Resolución del Consejo Directivo N° 103-2017-SUNEDU/CD, el Concejo Directivo de la SUNEDU, le otorgó la Licencia Institucional a la Universidad Nacional de Moquegua; la misma que fue modificada a través de la Resolución del Consejo Directivo N° 135-2022-SUNEDU/CD;

Que, el artículo 29° de la Ley Universitaria, Ley N° 30220, establece que, aprobada la ley de creación de una universidad pública, el Ministerio de Educación (MINEDU), constituye una Comisión Organizadora integrada por tres (3) académicos de reconocido prestigio, que cumplan los mismos requisitos para ser Rector (...). Esta Comisión tiene a su cargo la aprobación del estatuto, reglamentos y documentos de gestión académica y administrativa de la universidad, formulados en los instrumentos de planeamiento, así como su conducción y dirección hasta que se constituyan los órganos de gobierno que, de acuerdo a la presente Ley, le correspondan";

Que, mediante Resolución Viceministerial Nº 011-2024-MINEDU de fecha 31/01/2024, se reconformó la Comisión Organizadora de la Universidad Nacional de Moquegua, integrada por los académicos: Dr. Jorge Lázaro Franco Medina, como Presidente; Dr. Edwin Molina Porcel, como Vicepresidente Académico y Dr. Avid Roman Gonzalez, como Vicepresidente de Investigación;

Que, el artículo 58° de la Ley Universitaria, Ley Nº 30220, concordado con el artículo 14º del Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua, aprobado con Resolución de Comisión Organizadora Nº 578-2021-UNAM, establecen que el **Consejo Universitario es el máximo órgano de gestión, dirección y ejecución académica y administrativa de la universidad.** En el caso de la Universidad Nacional de Moquegua, dada su condición y naturaleza, corresponde ejercer dicha atribución a la Comisión

Domicilio Fiscal: Prolongación Av., Ancash S/N - Moquegua
RUC: 20449347448 - Teléfono: (053) 670168
Página Web: www.unam.edu.pe

Organizadora quien hace las veces de Consejo Universitario, disposición relacionada con la Resolución Viceministerial N° 244-2021-MINEDU y sus modificatorias;

Que, el artículo 44° de la Ley Nº 30220, Ley Universitaria, señala que las universidades otorgan los grados académicos de Bachiller, Maestro, Doctor y los Títulos Profesionales que correspondan, a nombre de la Nación (...);

Que, el numeral 45.2 del artículo 45° de la Ley Nº 30220, Ley Universitaria, precisa **los requisitos mínimos para la obtención del título profesional, como son: el grado de Bachiller y la aprobación de una tesis** o trabajo de suficiencia profesional. Asimismo, establece que el título profesional solo se puede obtener en la universidad en la cual se haya obtenido el grado de bachiller;

Que, mediante Resolución de Comisión Organizadora Nº 1153-2021-UNAM, se aprobó el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Moquegua, el mismo que fue modificado a través de las Resoluciones de Comisión Organizadora N° 410; 453 y 890-2022 y N° 880-2023-UNAM el cual establece los requisitos y norma los procedimientos para la obtención de los grados académicos y títulos profesionales conferidos por esta Casa Superior de Estudios;

Que, mediante la CARTA Nº 066-2024-GYT/UNAM-PCAS, el Especialista del Área de Grados y Títulos, remite a Secretaria General, la relación de una (1) bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, quien se encuentra apta para la expedición del Título Profesional de Ingeniero de Minas, al haber cumplido satisfactoriamente con los requisitos legales y reglamentarios[1], exigidos en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Moquegua, conforme lo señala la Dirección de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, razón por la cual la Secretaría General incluye el expediente como punto de agenda para ser tratado en Sesión de Comisión Organizadora de fecha 04 de junio de 2024;

Que, se ha establecido como atribución de la Comisión Organizadora de la UNAM, la facultad de conferir los grados académicos y los títulos profesionales (...), por lo que en mérito al pedido del Secretario General y debatido el caso en Sesión Ordinaria de fecha 04 de junio de 2024, se acordó por

[1] Artículo 122°. - Requisitos para la obtención del Título Profesional
Para obtener el Título Profesional el interesado deberá presentar ante su Escuela Profesional un expediente con la siguiente documentación:

a. Solicitud dirigida al Director de la Escuela Profesional o quien haga sus veces, indicando la fecha y numero de comprobante de pago.
b. Dos (2) fotografías de frente, tamaño pasaporte a color con fondo blanco (con traje formal); para garantizar la seguridad ciudadana.
c. Dos ejemplares de la Tesis, del Trabajo de Suficiencia Profesional o Informe del Examen Profesional en físico, uno para la Biblioteca y otro para la Escuela Profesional, y un CD con la versión digital.
d. Formulario de autorización del graduado para la publicación de la Tesis, Trabajo de Suficiencia Profesional o Informe de Examen Profesional en el repositorio.
e. Declaración Jurada de originalidad de la Tesis, Trabajo de Suficiencia Profesional o Informe de Examen Profesional.

La Escuela Profesional es responsable de completar el expediente del bachiller en un plazo máximo de 3 días hábiles y derivar a la Oficina de Secretaría General, adjuntando los siguientes documentos:

a. Copia del acta de sustentación indicando la modalidad de obtención del título profesional.
b. Constancia de "no adeudo" de Bienes a la Universidad, bienes a los Laboratorios Básicos y de Especialidad, material bibliográfico; dichos documentos deberán ser refrendados por los responsables a cargo.

Domicilio Fiscal: Prolongación Av., Ancash S/N - Moquegua
RUC: 20449347448 - Teléfono: (053) 670168
Página Web: www.unam.edu.pe

unanimidad **conferir a nombre de la Nación el Título Profesional de Ingeniero de Minas por la modalidad de la Sustentación de Tesis, a una (1) Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional de Moquegua**;

Estando en uso de las facultades y atribuciones conferidas en el artículo 18° de la Constitución Política del Perú; la Ley N° 30220, Ley Universitaria; el Documento Normativo denominado: "Disposiciones para la Constitución y Funcionamiento de las Comisiones Organizadoras de las Universidades Públicas en proceso de Constitución", aprobado mediante la Resolución Viceministerial N° 244-2021-MINEDU y sus modificatorias, y en la Resolución Viceministerial Nº 011-2024-MINEDU, así como en el Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua y demás normas concordantes;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO: CONFERIR, a nombre de la Nación el **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS**, por la modalidad de la Sustentación de Tesis, a la Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Nacional de Moquegua, que se consigna en el listado siguiente:

1. **YENE YUJRA MAQUERA**

TESIS : "OPTIMIZACIÓN DE UN PLANEAMIENTO DE MINANDO EN BASE A LAS CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS MEDIANTE EL ANÁLISIS EXPLORATORIO DE DATOS EN UNA UNIDAD MINERA SUPERFICIAL NO METÁLICA EN MOQUEGUA", cuyo Asesor fue el Dr. Christ Jesus Barriga Paria.

ARTÍCULO SEGUNDO: AUTORIZAR, a la Secretaría General de la Universidad Nacional de Moquegua, expedir y registrar los Diplomas correspondientes para su otorgamiento.

ARTÍCULO TERCERO: ENCARGAR al Área de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Moquegua, para que realice las acciones pertinentes conducentes, relacionadas con la inscripción de los grados y títulos en el Registro de Grados y Títulos de la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria - SUNEDU.

ARTÍCULO CUARTO: NOTIFICAR, la presente Resolución a todas las instancias y dependencias administrativas y académicas de la Universidad Nacional de Moquegua, para su conocimiento, cumplimiento y demás fines pertinentes.

ARTÍCULO QUINTO: ENCARGAR, a la Oficina de Tecnología de la Información, la publicación de la presente Resolución en el portal de transparencia de la Universidad Nacional de Moquegua.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE, CÚMPLASE Y ARCHÍVESE.

DR. JORGE LAZARO FRANCO MEDINA
Presidente de la Comisión Organizadora
Universidad Nacional de Moquegua

Abog. KEVIN YUVER CHIHUAN QUISPE
Secretario General
Universidad Nacional de Moquegua