

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



TESIS

**APLICACIÓN DE ESCANER LASER GEOKRET 2.0 EN EL LANZAMIENTO CON
SHOTCRETE PARA MEJORAR EL SOSTENIMIENTO EN LA RAMPA (-) 468 DE
LA U.M. ALPAYANA S.A. HUARACHIRI-LIMA AÑO 2020**

PRESENTADO POR:

BACH. JUAN CARLOS PERALTA HUARANCCA

**PARA OPTAR TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE MINAS**

ASESOR:

MAG. RAIMUNDO MOLINA DELGADO

CUSCO-PERU

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

VICE RECTORADO DE INVESTIGACIÓN

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe asesor del informe técnico titulado: “**APLICACIÓN DE ESCANER LASER GEOKRET 2.0 EN EL LANZAMIENTO CON SHOTCRETE PARA MEJORAR EL SOSTENIMIENTO EN LA RAMPA (-) 468 DE LA U.M. ALPAYANA S.A. HUAROCHIRI-LIMA AÑO 2020**”

Presentado por **Juan Carlos Peralta Huarancca**, con DNI Nro. **70031931** y código universitario Nro. **124146** para optar al Título Profesional de: **INGENIERO DE MINAS**. Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 03 (Tres) veces, mediante el software antiplagio Turnitin, conforme al Artículo 6° del presente reglamento y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de: **10 % (diez por ciento)**.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación, tesis, textos, libros, revistas, artículos científicos, material de enseñanza y otros (Art. 7, inc. 2 y 3)

Porcentaje	Evaluación y acciones.	Marque con una X
Del 1 al 10 %	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30%	Devolver al usuario para las correcciones.	-----
Mayores a 31 %	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a ley.	-----

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera hoja del reporte del software antiplagio.

Cusco, 5 de octubre de 2023.

FIRMA

POST FIRMA: Ing. Raimundo Molina Delgado
DNI Nro.: 23912083

ORCID ID: 0000-0003-0291-2700

Se adjunta:

1. Reporte Generado por el sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio:
<https://unsaac.turnitin.com/viewer/submissions/oid:27259:251745498?locale=es-MX>

NOMBRE DEL TRABAJO

**APLICACIÓN DE ESCANER LASER GEOK
RET 2.0 EN EL LANZAMIENTO CON SHO
TCRETE PARA MEJORAR EL SOSTENIMI
ENT**

AUTOR

JUAN CARLOS PERALTA HUARANCCA

RECuento de palabras

15701 Words

RECuento de caracteres

99230 Characters

RECuento de páginas

109 Pages

Tamaño del archivo

5.2MB

Fecha de entrega

Oct 4, 2023 9:22 PM GMT-5

Fecha del informe

Oct 4, 2023 9:23 PM GMT-5

● **10% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 10% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 17 palabras)



Índice

Índice	ii
Índice de figuras.....	vii
Índice de tablas	ix
DEDICATORIA.....	x
AGRADECIMIENTO	xi
INTRODUCCION	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPITULO I	1
ASPECTOS METODOLOGICOS DEL TRABAJO	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.2.1. Problema general.....	2
1.2.2. Problemas específicos	2
1.3. OBJETIVOS	2
1.3.1. Objetivo general.....	2
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	3
1.5. HIPÓTESIS.....	3
1.5.1. Hipótesis General.....	3
1.5.2. Hipótesis Especificas	3
1.6. VARIABLES E INDICADORES	4
1.6.1. Variables.....	4
1.6.1.1. Variable Independiente.....	4
1.6.1.2. Variable Dependiente	4
1.6.2. Indicadores.....	4
1.7. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.7.1. Tipo de Investigación.....	5
1.7.2. Nivel de la Investigación.....	5
1.7.3. Diseño de Investigación	5
1.8. POBLACIÓN Y MUESTRA	6
1.8.1. Población.....	6
1.8.2. Muestra	6
1.9. TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	6
1.10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS.....	6
CAPITULO II.....	7

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	7
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION	7
2.1.1. Antecedente Nacional	7
2.2. BASES TEÓRICAS.....	7
2.2.1. Representación Tridimensional.....	7
2.2.2. Fundamentos del escáner laser.....	9
2.2.2.1. Laser.....	9
2.2.2.2. Equipos laser escáner y escaneo laser	9
2.2.2.2.1. Escáner de cámara.....	10
2.2.2.2.2. Escáner panorámico	11
2.2.2.2.3. Escáner Híbrido	11
2.2.2.3. Clasificación por posición.....	12
2.2.2.3.1. Equipos Estáticos	12
2.2.2.3.2. Equipos dinámicos	12
2.2.3. Aplicaciones de los sistemas de escáner laser.....	13
2.2.3.1. Topografía	13
2.2.3.2. Geología y minería.....	14
2.2.4. Geokret 2.0.....	14
2.2.4.1. Geokret integrada con una app en su Tablet.....	17
2.2.4.2. Escáner laser 3D.....	18
2.2.4.3. Licencia Software 3DReshaper.....	19
2.2.4.4. Accesorios.....	20
2.2.5. Sostenimiento con concreto lanzado.....	20
2.2.6. Shotcrete vía seca.....	21
2.2.6.1. Ventajas	22
2.2.6.2. Desventajas	22
2.2.7. Shotcrete vía Húmeda	22
2.2.7.1. Insumos del Shotcrete vía Húmeda.....	23
2.2.8. Propiedades del Shotcrete	24
2.2.8.1. Slump	24
2.2.8.2. Resistencia a la compresión	25
2.2.8.3. Resistencia Temprana.....	25
2.2.8.4. Factor de Seguridad	25
2.2.9. Sostenimiento con Shotcrete vía Húmeda.....	26
2.2.9.1. Dosificación y transporte	26
2.2.9.2. Procedimiento de lanzado	26
2.2.9.3. Ciclo de operaciones	27

2.2.9.4.	Porcentaje de rebote	28
2.3.	DEFINICION DE TERMINOS	28
CAPITULO III.....		31
ASPECTOS GENERALES DEL AREA DE ESTUDIO		31
3.1.	UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD	31
3.1.1.	Ubicación.....	31
3.1.2.	Accesibilidad.....	32
3.2.	CLIMA Y VEGETACION	32
3.2.1.	Clima.....	32
3.2.2.	Flora	32
3.3.	RECURSOS	33
3.4.	GEOLOGIA DEL YACIMIENTO.....	33
3.4.1.	Geología Regional.....	33
3.4.1.1.	Formación Goyllarisquisga	33
3.4.1.2.	Formación Machay	33
3.4.1.3.	Formación Bellavista	33
3.4.1.4.	Formación Rio Blanco	34
3.4.1.5.	Formación Casapalca	34
3.4.1.6.	Volcánico San Francisco	34
3.4.1.7.	Tufos Yauliyacu.....	35
3.4.1.8.	Formación Bellavista	35
3.4.1.9.	Depósitos Cuaternarios	35
3.4.2.	Geología Local.....	37
3.4.2.1.	Volcánico San Francisco	37
3.4.2.2.	Formación Carmen – Aguas Calientes.....	37
3.4.2.3.	Tipo Corina	37
3.4.2.4.	Tipo Americana.....	37
3.4.2.5.	Tipo Chisay	37
3.4.3.	Geología Estructural	38
3.4.3.1.	Pliegues	38
3.4.4.	Geología Económica.....	41
3.4.4.1.	Cuerpos Mineralizados	41
3.4.4.2.	Mineralogía	41
3.4.4.3.	Recursos Minerales: Reservas Minerales.....	41
3.5.	GEOMECANICA DEL YACIMIENTO	43
3.5.1.	Característica Geomecanica de la zona de estudio.....	43
3.5.1.1.	Distribución de Discontinuidades	44

3.5.2.	Clasificación de la masa rocosa	46
3.5.3.	Zonificación Geomecanica del Macizo Rocoso.....	47
3.5.4.	Condiciones de Agua Subterranea	48
3.5.5.	Esfuerzos in-situ.....	48
3.6.	MÉTODO DE EXPLOTACIÓN.....	48
3.6.1.	Capacidad de Producción.....	48
3.6.2.	Sistema de Minado.....	48
3.6.2.1.	Labores mineras	49
3.6.3.	Método de corte y relleno ascendente convencional.....	49
3.6.3.1.	Preparación.....	49
3.6.3.2.	Perforación.....	50
3.6.3.3.	Voladura	50
3.6.3.4.	Limpieza.....	51
3.6.3.5.	Sostenimiento.....	51
3.6.3.6.	Relleno	51
3.6.4.	Método de explotación sublévele Stopping	51
3.6.4.1.	Diseño y preparación de la explotación	52
3.6.5.	Método de taladros largos paralelo	53
3.6.6.	Método de taladros largos en abanico	55
3.6.6.1.	Preparación.....	55
3.6.6.2.	Perforación.....	56
3.6.6.3.	Voladura	56
3.6.6.4.	Limpieza.....	56
CAPITULO IV.....		57
OPTIMIZACION DEL SOSTENIMIENTO CON SHOTCRETE APLICANDO EL ESCANER GEOKRET 2.0.....		57
4.1.	METODO DE APLICACIÓN DEL SHOTCRETE ACTUAL.....	57
4.1.1.	Estudio Geomecanico para la Rampa (-) 468	57
4.1.1.1.	Objetivos y alcances.....	57
4.1.1.2.	Aspectos Técnicos.....	58
4.1.2.	Geología Estructural	58
4.1.3.	Control estructural según el mapeo Geomecánico	60
4.1.4.	Esfuerzo del estado técnico.....	61
4.1.5.	Software Phase2: Análisis de esfuerzos inducidos.....	61
4.1.6.	Registro de lanzamiento de Shotcrete en la Rampa (-)468	63
4.1.7.	Análisis de Precios Unitarios	64
4.1.8.	Evaluación del porcentaje de rebote y rendimiento	66
4.2.	APLICACIÓN DEL GEOKRET EN EL ESPESOR DEL SHOTCRETE.....	66

4.2.1.	Implementación del sistema Geokret 2.0 en el Shotcrete de la Rampa (-)468	66
4.3.	APLICACIÓN EFECTIVA EN TIEMPO REAL	67
4.4.	CALIDAD DE PROYECCION DEL SHOTCRETE	74
4.5.	APLICACION DEL GEOKRET EN EL CALCULO DE MATERIAL DESPERDICIADO 75	
4.5.1.	Eficiencia y rebote del shotcrete	78
4.6.	BENEFICIOS EN SEGURIDAD DEL GEOKRET	78
CAPITULO V		79
ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS		79
5.1.	CUADRO COMPARATIVO DE RESULTADOS TÉCNICOS Y ECONÓMICOS	79
5.1.1.	Cuadro comparativo de los resultados en el Rebote del Shotcrete	79
5.1.2.	Eficiencia en metros cuadrados lanzados por metro cubico de shotcrete	80
5.2.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS ECONÓMICOS.....	81
CONCLUSIONES		83
RECOMENDACIONES.....		84
Referencias.....		85
ANEXOS		86

Índice de figuras

Figura 1 <i>Tipos de escaneo 3D</i>	8
Figura 2 <i>Elementos de un laser</i>	9
Figura 3 <i>Escáner de cámara</i>	10
Figura 4 <i>Escáner Panorámico</i>	11
Figura 5 <i>Escaner Híbrido</i>	11
Figura 6 <i>Equipo estático</i>	12
Figura 7 <i>Equipo Dinámico</i>	12
Figura 8 <i>Escaner usado en topografía</i>	14
Figura 9 <i>Introducción al Geokret 2.0</i>	15
Figura 10 <i>Uso del Geokret 2.0</i>	16
Figura 11 <i>Uso del sistema escaner Geokret</i>	16
Figura 12 <i>Beneficios del escaner laser Geokret 2.0</i>	17
Figura 13 <i>Tablet del Sistema escaner Geokret 2.0</i>	18
Figura 14 <i>Escaner Laser 3D</i>	19
Figura 15 <i>Software 3D Reshaper</i>	20
Figura 16 <i>Aplicación del Shotcrete vía seca</i>	21
Figura 17 <i>Cono de Abrams</i>	24
Figura 18 <i>Resistencia a la compresión</i>	25
Figura 19 <i>Proceso del lanzamiento del Shotcrete</i>	26
Figura 20 <i>Distancia de lanzamiento del shotcrete</i>	27
Figura 21 <i>Ciclo de operaciones</i>	27
Figura 22 <i>Ubicación de la U.M. Alpayana</i>	31
Figura 23 <i>Plano Geológico Regional</i>	36
Figura 24 <i>Plano Geológico Estructural</i>	40
Figura 25 <i>Tabla Geomecánica</i>	43
Figura 26 <i>Diagrama General Estereográfico de Contornos del compuesto</i>	45
Figura 27 <i>Diagrama estereográfico de planos principales</i>	45
Figura 28 <i>Diagrama de roseta de discontinuidades</i>	46
Figura 29 <i>Diseño y Preparación de bancos de 20 metros</i>	52
Figura 30 <i>Diseño y Preparación de bancos de 30 metros</i>	52
Figura 31 <i>Ciclo de explotación Taladros Largos</i>	54
Figura 32 <i>Método de taladros largos en abanico</i>	55
Figura 33 <i>Plano en Perfil de la zona de la rampa</i>	59
Figura 34 <i>Plano en Planta de la zona de Rampa</i>	59
Figura 35 <i>Diagrama de Rosetas</i>	60
Figura 36 <i>Estudio Geomecánico de la Rampa (-) 468 del Nv1 al Nv4</i>	61
Figura 37 <i>Análisis de factor de seguridad</i>	62
Figura 38 <i>Análisis de factor de seguridad con el uso de pernos helicoidales</i>	63
Figura 39 <i>Preparativos del tripode</i>	67
Figura 40 <i>Preparativos del tripode2</i>	67
Figura 41 <i>Figura 38: Ubicación del tripode</i>	68
Figura 42 <i>Posicionamiento del tripode</i>	68
Figura 43 <i>Encendido del escaner</i>	69
Figura 44 <i>Encendido de la tablet</i>	69
Figura 45 <i>Programación del escaneo</i>	70
Figura 46 <i>Resultado del escaneo</i>	71

Figura 47 <i>Configuración para ver resultados</i>	72
Figura 48 <i>Selección de escala de colores</i>	72
Figura 49 <i>Resultados según colores asignados</i>	73
Figura 50 <i>Resultados según colores</i>	73
Figura 51 <i>Resultados según colores</i>	74
Figura 52 <i>Análisis de espesor</i>	75
Figura 53 <i>Análisis de espesor</i>	75
Figura 54 <i>Resultado del análisis de volumen del shotcrete</i>	76
Figura 55 <i>Análisis del volumen del Shotcrete</i>	76
Figura 56 <i>Análisis del volumen del shotcrete</i>	77
Figura 57 <i>Comparación grafica en el rebote</i>	80
Figura 58 <i>Cuadro grafico comparativo en la eficiencia</i>	81

Índice de tablas

Tabla 1 Cuadro de Variables e Indicadores	5
Tabla 2 Reserva de minerales.....	472
Tabla 3 Clasificación Geomecanica RMR de la U.M. Alpayana	47
Tabla 4 Parametros de SLS en Alpayana	53
Tabla 5 Control estructural en funcion al mapeo.....	60
Tabla 6 Registro de Lanzamiento de Shotcrete en la Rampa (-) 468	63
Tabla 7 Análisis de Precios Unitarios	65
Tabla 8 Evaluación del porcentaje de rebote y rendimiento	66
Tabla 9 Registro de lanzado del Shotcrete con escáner laser	77
Tabla 10 Eficiencia y rebote del Shotcrete	78
Tabla 11 Comparación en el rebote	79
Tabla 12 Cuadro comparativo de eficiencia	80
Tabla 13 Promedio de rebote	81
Tabla 14 Precio del 2% promedio	81
Tabla 15 Ahorro mensual y anual de costos.....	82

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a Dios, puesto que, sin su infinito amor y misericordia hacia mí, no hubiese podido realizar ningún trabajo y menos aún concluir de manera satisfactoria mi carrera profesional. Así mismo también va dedicado a mis padres, porque siempre fueron mi motor de impulso para seguir adelante en todos mis planes propuestos, con sus consejos y apoyo económico, mis hermanas que siempre estuvieron ahí brindándome sus consejos y a todos mis amigos que de una u otra manera contribuyen a que pueda concluir esta investigación de manera satisfactoria y que me brindará como resultado obtener el anhelado título profesional de ingeniero de minas.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios principalmente puesto que sin El nada soy, gracias a su misericordia pude terminar la carrera profesional con salud, además de brindarme una maravillosa familia conformada por mis padres y mis dos hermanas, quienes siempre me han acompañado en esta etapa de mi vida, dándome muchos consejos y enseñándome que todo se consigue con mucho esfuerzo. Agradezco a mi asesor, quien me ha guiado para poder realizar un correcto desarrollo del presente trabajo de investigación y a los ingenieros de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas por transmitirme los conocimientos obtenidos a lo largo de su vida profesional.

INTRODUCCION

El uso de tecnologías de última generación como complemento en las construcciones subterráneas se hace más presente con el pasar de los años, facilitando la ejecución en las operaciones, optimizando procesos, reduciendo costos y mejorando la eficiencia.

El presente trabajo de investigación tiene como punto central la mejora en el proceso de aplicación del Shotcrete haciendo uso de un escáner laser como complemento con el objetivo de optimizar este proceso, para su desarrollo el presente trabajo se divide en los siguientes capítulos:

En el CAPITULO I se menciona todo lo relacionado al aspecto metodológico de la investigación, incluye el Planteamiento del Problema, Objetivos, Justificación del estudio, Hipótesis, Metodología, Población y Muestra finalizando con la Técnica de recolección de datos.

En el CAPITULO II se desarrolla el Marco Teórico Conceptual que incluye los Antecedentes de la Investigación y el Marco Conceptual.

En el CAPITULO III se desarrollan los Aspectos Generales de Área de Estudio, mencionando la Ubicación y Accesibilidad, seguido del Clima y Vegetación, Recursos, Geología del Yacimiento y finalizando con los métodos de explotación.

El CAPITULO IV contiene la implementación de escáner laser Geokret 2.0, capítulo en el cual mencionamos el sistema de aplicación actual, la implementación del escáner laser y los beneficios de este.

El CAPITULO V muestra los resultados de la investigación haciendo una comparación del antes y después de la aplicación del escáner laser y finalizando con las conclusiones y recomendaciones.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado “Aplicación de escáner laser Geokret 2.0 en el lanzamiento con shotcrete para mejorar el Sostenimiento En La Rampa (-) 468 De La U.M. Alpayana S.A. Huarochiri-Lima año 2020” mejora el proceso de aplicación del Shotcrete en sostenimiento de la Rampa (-) 468 que tiene como principal problema la poca efectividad en la precisión del espesor de 2 pulgadas, obteniendo como resultado zonas con espesor mayor al deseado, la aplicación del shotcrete también presenta un rebote del 8 al 12%, lo que significa un alto desperdicio del material y teniendo en consideración las altas pérdidas económicas repercuten negativamente en los costos de sostenimiento,

Con la implementación del sistema laser Geokret 2.0 mediante un escaneo rápido se soluciona el problema de carencias en algunas zonas, no llegando al espesor deseado, como mostrando zonas con espesores mayores al deseado, haciendo que el operador tome conciencia y solucione su falta de adiestramiento, el escáner laser permite conocer con certeza el material desperdiciado mediante su software incorporado en la Tablet, conociendo de esta manera las pérdidas económicas de manera más precisa.

La investigación logro demostrar que mediante la implementación del escáner laser el rebote del material se reduce a 5 a 10%, como la eficiencia en 12.5 metros cuadrados por metro cubico de shotcrete lanzado, y la mejora en la seguridad evitando la exposición prolongada del personal al peligro y teniendo certeza del cumplimiento en el espesor del cemento para cumplir el factor de seguridad en la rampa.

Palabras Clave: Shotcrete, escáner laser, Geokret 2.0, Rampa

ABSTRACT

The present research work entitled " Application of Geokret 2.0 laser scanner in the launch with shotcrete to improve support on the ramp (-) 468 De La U.M. Alpayana S.A. Huarochiri-Lima year 2020" improves the application process of the Shotcrete in support of Ramp 468, whose main problem is the lack of effectiveness in the precision of the thickness of 2 inches, obtaining as a result zone with greater thickness than desired, the application of the shotcrete also presents a rebound from 8 to 12%, which means a high waste of the material and taking into account the high economic losses, negatively affects the maintenance costs, With the implementation of the Geokret 2.0 laser system, by means of a quick scan, the problem of deficiencies in some areas is solved, not reaching the desired thickness, such as showing areas with thicknesses greater than the desired one, making the operator aware and solve his lack of training, the laser scanner allows to know with certainty the wasted material through its software incorporated in the Tablet, thus knowing the economic losses more precisely.

The research was able to demonstrate that by implementing the laser scanner, the rebound of the material is reduced from 5 to 10%, as the efficiency in 12.5 square meters per cubic meter of shotcrete launched, and the improvement in the inhibition of the prolonged exposure of personnel. to danger and being certain of compliance with the thickness of the cement to meet the safety factor on the ramp.

Keywords: Shotcrete, laser scanner, Geokret 2.0

CAPITULO I

ASPECTOS METODOLOGICOS DEL TRABAJO

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La unidad Minera Alpayana S.A., ex compañía minera Casapalca, empresa minera cuyas operaciones están ubicadas a 4200 m.s.n.m. se encarga de la producción de zinc, plomo cobre y plata. Caracterizada por ser del tipo mecanizada en mayor parte de sus operaciones.

Por deficiencias en el sistema de sostenimiento, anteriormente la empresa tuvo contratiempos, lo que llevo a la construcción inmediata de la Rampa (-) 468 para su inmediata corrección. La mayor cantidad de problemas que implican la construcción de esta rampa están concentradas en la etapa de sostenimiento, siendo el Shotcrete uno de los mayores involucrados.

Una de las actividades poco controladas al momento de lanzar cemento es cantidad de rebote, que, trae como consecuencia gran cantidad de material desperdiciado haciendo difícil calcular las pérdidas económicas. Para medir el espesor del Shotcrete se utilizan ganchos con la medida indicada y de acuerdo al espesor requerido por la Rampa, esta medida no garantiza un espesor exacto, obviando de esta manera partes no medidas adecuadamente representando un riesgo en el soporte de la rampa.

Los problemas listados anteriormente obligan a la empresa y al área de sostenimiento buscar solución en herramientas modernas y digitalizadas que garanticen la precisión al momento de medir el espesor y el rebote como minimizar la exposición del personal.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

- ¿En qué medida la aplicación del escáner laser Geokret 2.0 mejorará durante el lanzamiento con shotcrete, el sostenimiento en la Rampa (-) 468 de la U.M. Alpayana?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Es posible mejorar la precisión del espesor de shotcrete mediante la aplicación de escáner laser Geokret 2.0 durante el sostenimiento en la Rampa (-) 468 de la U.M. Alpayana?
- ¿Cuáles son los costos operativos utilizando escáner Geokret 2.0 en el lanzamiento con shotcrete para mejorar el sostenimiento en la Rampa (-) 468 de la U.M. Alpayana?
- ¿En qué manera se incrementan los parámetros de seguridad utilizando escáner Geokret 2.0 en el lanzamiento con shotcrete para mejorar el sostenimiento en la Rampa (-) 468 de la U.M. Alpayana ?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

- Mejorar el sostenimiento con Shotcrete mediante la aplicación del sistema escáner laser Geokret 2.0 en la Rampa (-) 468 de la U.M. Alpayana.

1.3.2. *Objetivos específicos*

- Mejorar la precisión del espesor de shotcrete mediante la aplicación de escáner laser Geokret 2.0 durante el sostenimiento en la Rampa (-) 468 de la U.M. Alpayana.
- Determinar los costos operativos del sostenimiento utilizando escáner Geokret 2.0 en el lanzamiento con shotcrete para mejorar el sostenimiento en la Rampa (-) 468 de la U.M. Alpayana.
- Determinar el incremento de los parámetros de seguridad después de utilizar el escáner laser Geokret 2.0 en el lanzamiento con shotcrete para mejorar el sostenimiento en la Rampa (-) 468 de la U.M. Alpayana.

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

En las operaciones mineras subterráneas la estabilidad de labores permanentes merece inversión de tiempo y dinero, dependen de estas la producción de mineral como el transporte. Para ello se requiere de diseños efectivos, seguros para el personal como para los equipos, utilizando tecnología moderna acorde a estos tiempos.

1.5. HIPÓTESIS

1.5.1. *Hipótesis General*

- Se obtendrá un mejoramiento del Shotcrete en la Rampa (-) 468 de la U.M. Alpayana con la aplicación del Sistema escáner laser Geokret 2.0.

1.5.2. *Hipótesis Especificas*

- Se mejorará la precisión del espesor de shotcrete mediante la implementación del sistema escáner Geokret 2.0 en la rampa (-) 468 de la U.M. Alpayana.
- Se reducirán los costos operativos del Shotcrete con la implementación del Sistema escáner laser Geokret 2.0 en la rampa (-) 468 de la U.M. Alpayana.

- Se reducirá la exposición del personal al riesgo de caída y estallido de rocas con la implementación del Sistema escáner laser Geokret 2.0 en la rampa (-) 468 de la U.M. Alpayana.

1.6. VARIABLES E INDICADORES

1.6.1. Variables

1.6.1.1. Variable Independiente

- Aplicación del Escáner Laser Geokret 2.0. en el lanzamiento con shotcrete.

1.6.1.2. Variable Dependiente

- Mejoramiento del sostenimiento de la rampa (-) 468

1.6.2. Indicadores

- Escaneo 3D
- Cálculo de Volúmenes
- Análisis de secciones
- %
- Pulgadas
- \$/m²

Tabla 1*Cuadro de Variables e Indicadores*

	Variable	Indicadores
Independiente	Aplicación de Escáner	Escaneo 3D
	Laser Geokret 2.0 en lanzamiento con shotcrete	Cálculo de Volúmenes Análisis de secciones
Dependiente	Mejoramiento del sostenimiento de la rampa (-) 468	Eficiencia (%) Espesor de shotcrete (pulgadas) Costo/shotcrete (\$/m ²)

Fuente: Elaboración Propia

1.7. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1. Tipo de Investigación

La presente investigación es del tipo CUANTITATIVO ya que utilizaremos datos numéricos, procesos estadísticos y seguiremos una secuencia de investigación.

1.7.2. Nivel de la Investigación

Correlacional, ya que asociaremos conceptos y variables y su relación en términos estadísticos.

1.7.3. Diseño de Investigación

El diseño de la investigación será NO EXPERIMENTAL, ya que no podemos manipular nuestra variable independiente

1.8. POBLACIÓN Y MUESTRA

1.8.1. Población

Tenemos como población a la Rampa 468 (-) de la U.M. Alpayana.

1.8.2. Muestra

Seleccionamos la muestra NO PROBABILISTICA de la rampa 468 (-), el nivel 1, por ser representativa para la investigación. En específico el lanzamiento del Shotcrete durante el mes de agosto del año 2020.

1.9. TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

- Para la investigación se utilizaron los siguientes registros
- Observación Directa
- Apuntes en cuaderno de campo
- Revisión de informes

1.10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS

Para una mejor interpretación de los datos y poder tomar una decisión correcta a futuro se utilizaron las siguientes herramientas:

- Hoja de cálculo: Excel

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION

2.1.1. *Antecedente Nacional*

Institución: Universidad Nacional del Centro del Perú

Tesis: Programa de funcionamiento del robot Shotcrete Alpha 20 para mejorar su operatividad en la Empresa Robocon Servicios Sac Um San Cristobal

Autor: (Huachaca Huaman, 2017)

Conclusiones:

Los Indicadores MTTR Y MTBF nos revelan que tan eficiente es la UM San Cristóbal en detectar los problemas que se puedan presentar y que tanto se demoran para solucionarlos cuando se presentan. Los valores del Contrato difieren con los valores reales porque el Contrato no toma en cuenta algunas fallas. El promedio de MTBF fue de 18.2 horas y de MTTR es de 5.8, además de un MTBR promedio de 29.8, considerando estos datos se obtuvieron en forma mensual.

2.2. BASES TEÓRICAS

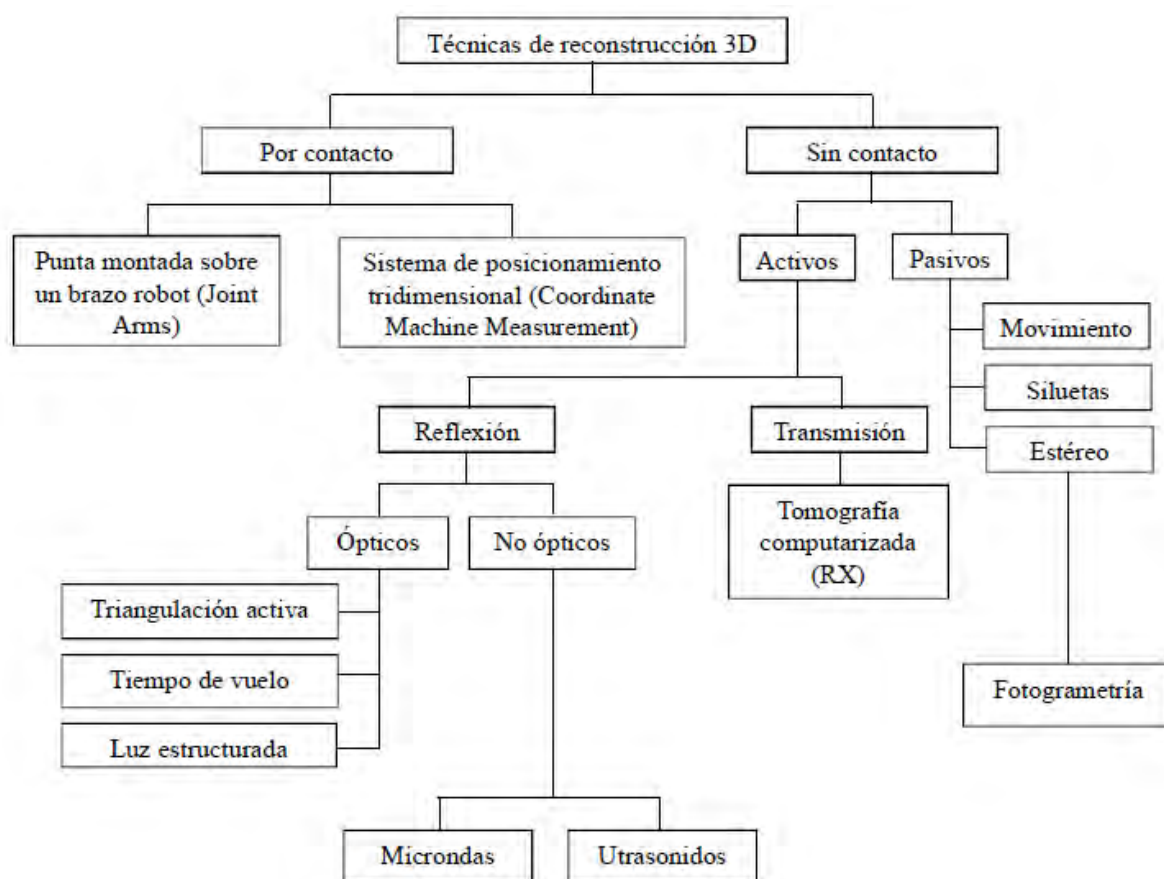
2.2.1. *Representación Tridimensional*

La representación o reconstrucción tridimensional (3D) es el proceso por el cual objetos o grupos de objetos son reconstruidos o representados digitalmente en un aparato electrónico (Tablet, computadora, etc.) manteniendo sus características físicas como volumen, forma, dimensiones, etc. En la actualidad existen una diversidad de métodos para la representación

tridimensional de objetos, según Rocchini se dividen en dos grandes grupos mostrados en la siguiente figura:

Figura 1

Tipos de escaneo 3D



Fuente: (Viera Rodríguez, 2019)

Las técnicas por contacto se basan en la medición de los objetos por contacto directo, son más lentas y al entrar en contacto con el objeto estos pueden resultar dañados.

Las técnicas sin contacto usan equipos que emiten energía en forma de luz o sonido para analizar la superficie del objeto, estas se caracterizan por emitir radiación. Esta medición se realiza con el análisis de la energía transmitida o reflejada por la superficie de los objetos.

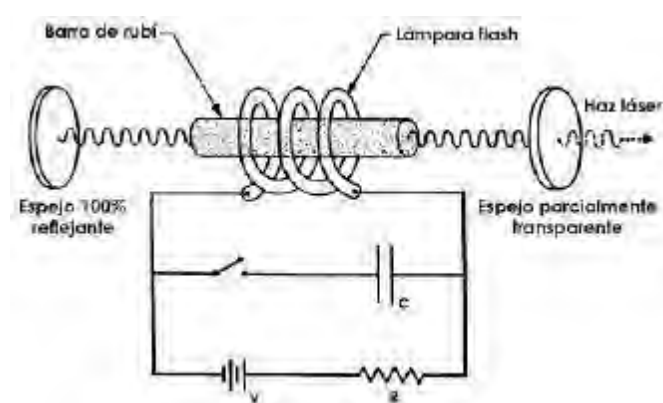
2.2.2. Fundamentos del escáner laser

2.2.2.1. Laser

Llamamos laser a un instrumento capaz de crear ondas de luz utilizando una banda estrecha del espectro.

Figura 2

Elementos de un laser



Fuente: (Vargas, 2016)

Un láser típico emite luz de longitud de onda de forma definida en un divergente y estrecho haz de luz. Podemos comparar el mecanismo de función del láser con los transistores, estos amplifican o generan señales electrónicas de microondas como un láser genera o amplifican la luz. La palabra laser es el acrónimo del idioma inglés Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, que significa ampliación de la luz por emisión inducidas de radiación.

2.2.2.2. Equipos laser escáner y escaneo laser

El equipo laser escáner está formado por dos componentes esenciales: un mecanismo de barrido y un dispositivo de medida de distancia. El mecanismo de barrido es un mecanismo

en formado de espejos que funcionan desviando el láser en direcciones verticales y horizontales.

Estos instrumentos son capaces de medir muchas distancias en varias cantidades de puntos variando ángulos y direcciones, esto midiendo el valor de la reflectancia de las diversas superficies impactadas por el láser, analizando el entorno y describiendo la superficie tomando datos en las coordenadas x, y, z para una futura reconstrucción tridimensional, estos puntos forman una denominada nube de puntos que serán procesadas a través de un software de computadora o Tablet formando así el objeto en tres dimensiones.

Una de las muchas ventajas de estos modernos métodos es la capacidad de tomar varios puntos un periodo de tiempos relativamente corto, reuniendo información acerca de su geometría garantizado una cobertura completa.

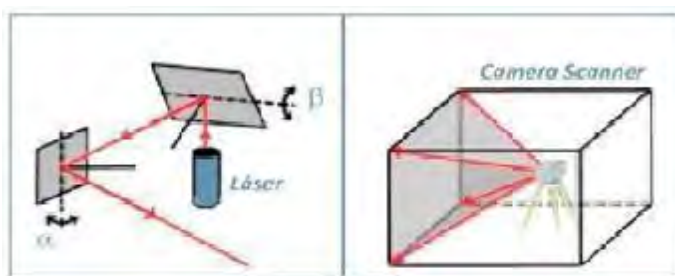
Por el sistema de barrido se clasifican en:

2.2.2.2.1. *Escáner de cámara*

Se denomina así por su visibilidad, operatividad y campo de acción que se asemeja a una cámara fotográfica.

Figura 3

Escáner de cámara



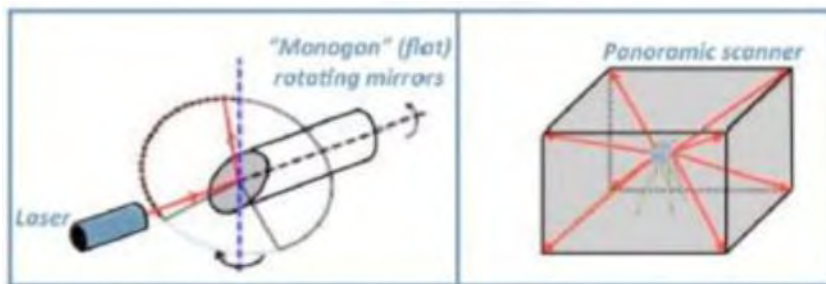
Fuente: (Tang, Sun, Zhang, & Zhao, 2000)

2.2.2.2. Escáner panorámico

Muy similar a teodolitos, realiza barridos en forma horizontal y vertical de hasta 360°, realiza barridos completos a excepción de su propia base

Figura 4

Escáner Panorámico



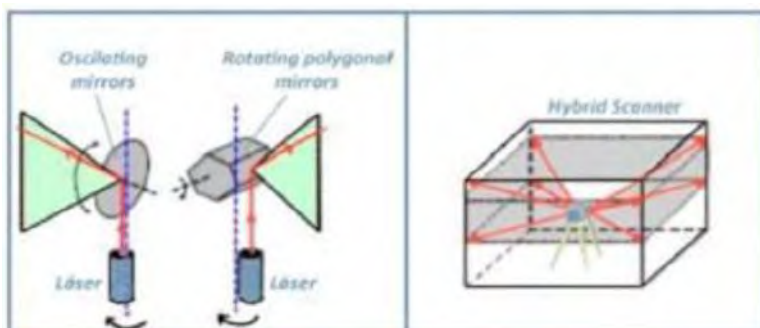
Fuente: (Yuchen, L., H. M. , & B. G. , 2000)

2.2.2.3. Escáner Híbrido

Combinación de los anteriores, gira por intervalos horizontales, toma todo lo que tiene alrededor.

Figura 5

Escáner Híbrido



Fuente: (Yuchen, L., H. M. , & B. G. , 2000)

2.2.2.3. Clasificación por posición

2.2.2.3.1. Equipos Estáticos

Generalmente puestos sobre trípodes o plataformas estables, estos equipos se mantienen inmóviles durante la toma de datos, la ventaja de estos equipos es la precisión y la alta densidad de puntos.

Figura 6

Equipo estatico



Fuente: (Viera Rodríguez, 2019)

2.2.2.3.2. Equipos dinámicos

Estos equipos están montados sobre vehículos analizando grandes distancias y tomando inmensa cantidad de datos.

Figura 7

Equipo Dinamico



Fuente: (Viera Rodríguez, 2019)

2.2.3. Aplicaciones de los sistemas de escáner laser

Entre las diversas aplicaciones tenemos:

- Topografía
- Geología y minería
- Patrimonio cultural y arquitectura
- Obras civiles e infraestructuras
- Plantas industriales
- Prevención de incendios
- Medición de volúmenes en canteras
- Temblores y terremotos
- Derrumbes y hundimientos
- Entretenimiento
- Catastro
- Subestaciones de alta tensión

2.2.3.1. Topografía

Se utiliza para levantamientos topográficos de alta precisión en la recolección de datos dentro del campo para componer un modelo tridimensional de los datos levantados

Muchos equipos topográficos vienen implementados con este tipo de tecnología

Figura 8

Escaner usado en topografía



Fuente: (Viera Rodríguez, 2019)

2.2.3.2. Geología y minería

Recoge información de superficies complejas formadas geoméricamente por procesos geológicos en las rocas como recoger información de lugares inaccesibles.

Se utiliza en los siguientes casos

- Volumen de material extraído
- Topografía a cielo abierto
- Topografía subterránea: Cámaras y pilares
- Cubicación de material
- Topografía en zonas inestables
- Cubicación de avances

2.2.4. Geokret 2.0

Es un conjunto de equipos que ofrecen una solución completa con el escaneo del Shotcrete en labores y construcciones subterráneas haciendo la aplicación del cemento

lanzado mucho más autónomo e inteligente con fines de incremento de seguridad del sostenimiento, asegurando la máxima calidad en las proyecciones lanzadas evitando el desperdicio del material y sus costes innecesarios.

Figura 9

Introducción al Geokret 2.0



Fuente: Putzmeister y Leica Geosystems, soluciones avanzadas e inteligentes.

El sistema Geokret 2.0 está compuesto con un escáner láser tridimensional, evita el uso de cables en la transmisión de datos, ya que está compuesto con un sistema Wi-Fi y Bluetooth, esto permite mucha flexibilidad y su posición en el frente de trabajo. El escaneo se realiza en un tiempo promedio de un minuto o 60 segundos evitando retroceso en el ciclo normal de trabajo, puede ser colocado en el equipo robotizado de uso exclusivo para Shotcrete o ir montado sobre el trípode.

El sistema incluye una Tablet con la app Geokret integrada a esta, app de fácil uso, con sencillos pasos para generar y reportar proyectos. Incluye la licencia ilimitada del software 3DReshaper, software que analiza los espesores, volúmenes, áreas, etc. para reportes especializados.

Figura 10

Uso del Geokret 2.0



Fuente: (Putzmeister Ibérica S.A.)

Figura 11

Uso del sistema escaner Geokret



Fuente: (Putzmeister Ibérica S.A.)

Figura 12*Beneficios del escaner laser Geokret 2.0*

Fuente: (Putzmeister Ibérica S.A.)

2.2.4.1. Geokret integrada con una app en su Tablet

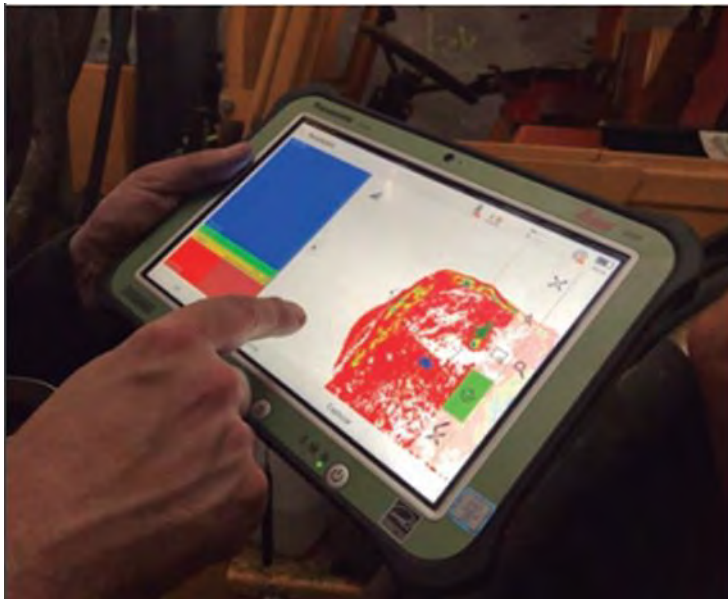
La aplicación Putzmeister es una app creada para procesar el escaneo del shotcrete instalada en una potente Tablet resistente a los ambientes en los que trabajara. Tiene las siguientes características:

- Personalización de mediciones

- De fácil uso
- Capaz de descargar informes
- Tablet con sistema operativo Windows y muy resistente
- Salida USB y HDMI

Figura 13

Tablet del Sistema escaner Geokret 2.0



Fuente: (Putzmeister Ibérica S.A.)

2.2.4.2. Escáner laser 3D

Realiza el escaneo laser en 3D montado sobre un trípode o un equipo robotizado, tiene las siguientes características

- Posee un alcance de hasta 60 metros
- Equipo pequeño y liviano: 1 kg, 16 cm de altura x 10 cm de ancho
- Funda con protección
- Transmisión vía Wi-fi y Bluetooth
- Escaneos en 60 segundos

Figura 14

Escaner Laser 3D



Fuente: (Putzmeister Ibérica S.A.)

2.2.4.3. Licencia Software 3DReshaper

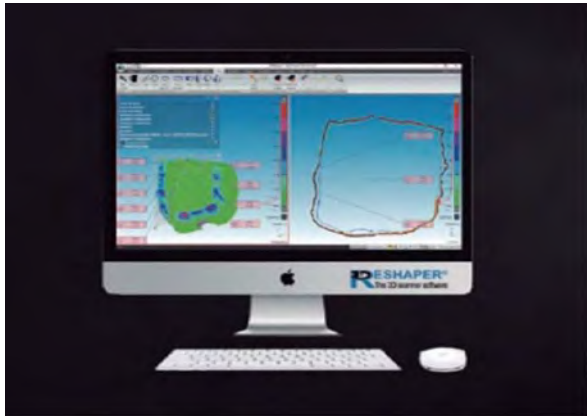
La licencia ilimitada incorporada para un análisis exhaustivo sobre las mediciones.

Tiene las siguientes características:

- Análisis por secciones
- Desargas en PDF
- Calculo del cubitaje y rebote
- Geolocalización de las mediciones
- Representación grafica

Figura 15

Software 3D Reshaper



Fuente: (Putzmeister Ibérica S.A.)

2.2.4.4. Accesorios

Contiene los siguientes accesorios

- Funda protectora del laser
- Batería
- Trípode
- Maletín de transporte
- Cargadores

2.2.5. *Sostenimiento con concreto lanzado*

Shotcrete o Concreto lanzado lleva el nombre de la mezcla “preconfeccionada” de cemento, agua, fibra, agua y aditivos plastificantes. Esta mezcla es transportada al lugar del trabajo mediante tuberías, maquinaria, etc., y se proyecta a gran velocidad a través de una manguera con aire comprimido sobre la superficie rocosa, a este proceso se le añade aditivos acelerantes para el rápido fraguado del cemento. Este proceso puede ser a través de vía seca o húmeda.

2.2.6. Shotcrete vía seca

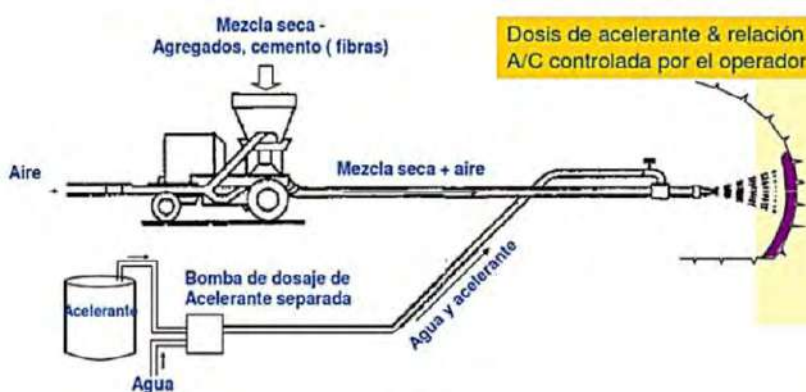
En la proyección de shotcrete por vía seca únicamente se pre mezclan los materiales secos, y la mezcla se transporta por mangueras mediante aire comprimido; el agua necesaria para la hidratación es aplicada en la boquilla. En el método por vía seca se puede agregar un acelerante bien en la boquilla (como un líquido) o bien se puede agregar al material seco como polvo antes del bombeo.

El método por vía seca genera una gran cantidad de polvo en el ambiente que conlleva riesgos para la salud de los operadores a largo plazo. Además, como la proyección manual para el operador es muy exigente físicamente, no se puede concentrar al 100% en la calidad del acabado.

La tecnología de este tipo ha tenido un desarrollo siendo netamente artesanal, es variable en la calidad de depender de la voluntad del operador la aplicación del agua y la relación agua/cemento; el rebote irregular muestra una estructura de gradación discontinua y finalmente la compatibilidad entre los diversos tipos de cemento y los acelerantes ultrarrápidos ha sido un problema de difícil solución.

Figura 16

Aplicación del Shotcrete vía seca



Fuente: Manual de Shotcrete

2.2.6.1. Ventajas

- Los equipos son más pequeños y adaptables a las limitaciones de espacio físico de las labores.
- En la boquilla se tiene control del agua y de la consistencia de la mezcla
- Velocidad de proyección alta 80 -100m/s
- Transportable a mayor distancia
- El shotcrete trabaja rápidamente en zonas con flujo de agua y alcanza buena resistencia.

2.2.6.2. Desventajas

- El tiempo de lanzado es más lento requiere cuatro trabajadores como mínimo.
- Mayor polución, requiere de EPP adecuados
- No adecuado para labores de secciones 4.0 x 4.0m

2.2.7. Shotcrete vía Húmeda

Es una técnica de lanzado de cemento en el cual los insumos como el cemento, agua y áridos (como aditivo opcional están las fibras) se procesan en una planta de concreto o en un equipo móvil de mezclado, finalizado este proceso, la mezcla se transporta para ser vaciados en una bomba. Para proyectar la mezcla sobre la roca se transporta a una boquilla junto al aire comprimido, es en este punto donde se incorporan los aditivos acelerantes para el rápido fraguado de la mezcla.

Este tipo de lanzado del cemento tiene las siguientes características

- Equipos de alto costo inicial, pero bajo costo en mantenimiento
- Bajo porcentaje de rebote en comparación al concreto lanzado via seca, de 5% a 15%

- Mejor adaptabilidad para volúmenes altos
- Mayor rendimiento, hasta 25m³/hora
- Generan baja polución

2.2.7.1. Insumos del Shotcrete vía Húmeda

a) Cemento Portland

Proporciona la resistencia y la mayoría de beneficios, su fraguado es un proceso químico que depende de su hidratación, tiempo y humedad, interviene en pequeña proporción. Para la mezcla que será lanzada sobre la roca se utiliza cemento portland.

b) Agregado

Según el tipo de agregado, sea fino o grueso, este determina la granulometría. Representan la mayor parte de la mezcla.

c) Agua

Elemento encargado de la hidratación de la mezcla y en contacto con el cemento proporciona la capacidad de fraguado y endurecimiento del cemento para formar un sólido junto a los agregados

d) Aditivo Hiperplastificante

Utilizados para incrementar la resistencia final del concreto, este aditivo tiene la capacidad de incrementar la trabajabilidad de la mezcla sin la necesidad de perder resistencia en la mezcla, es un reductor de agua. La cantidad usada de este material varia de 0.5% a 2% en relación al peso del cemento, es recomendable seguir las indicaciones del fabricante.

e) Aditivos Acelerantes

Son aceleradores de fraguado que se añaden a la mezcla en la manguera de distribución, esta manera de agregar este tipo de aditivos es usada en el Shotcrete vía húmeda. Este aditivo genera cristales de ettringita formando un tipo de gel entre las partículas de cemento, esta formación puede ser muy rápida acelerando así el proceso de rigidización y fraguado del cemento.

f) Fibras de Refuerzo

Tiene como función principal dotar de capacidad de carga posterior a la fisuración del concreto lanzado. Son filamentos alargados que se distribuyen a través del hormigón fresco.

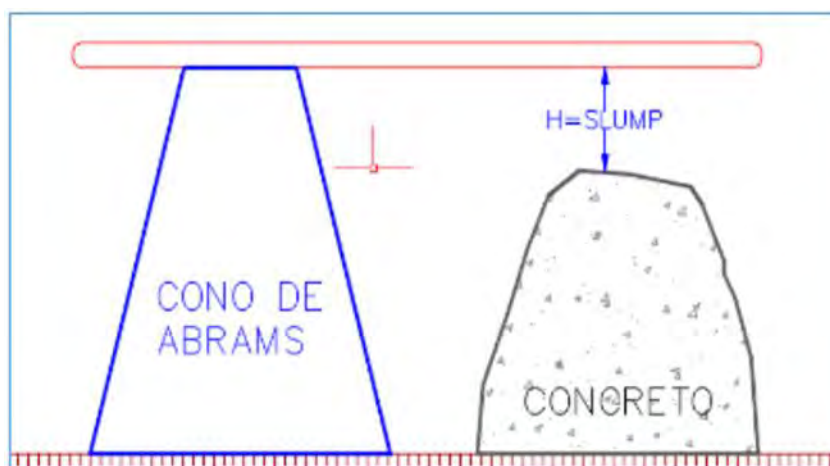
2.2.8. Propiedades del Shotcrete

2.2.8.1. Slump

Es el asentamiento del concreto medido en milímetros, también es el descenso del concreto en su estado plástico.

Figura 17

Cono de Abrams



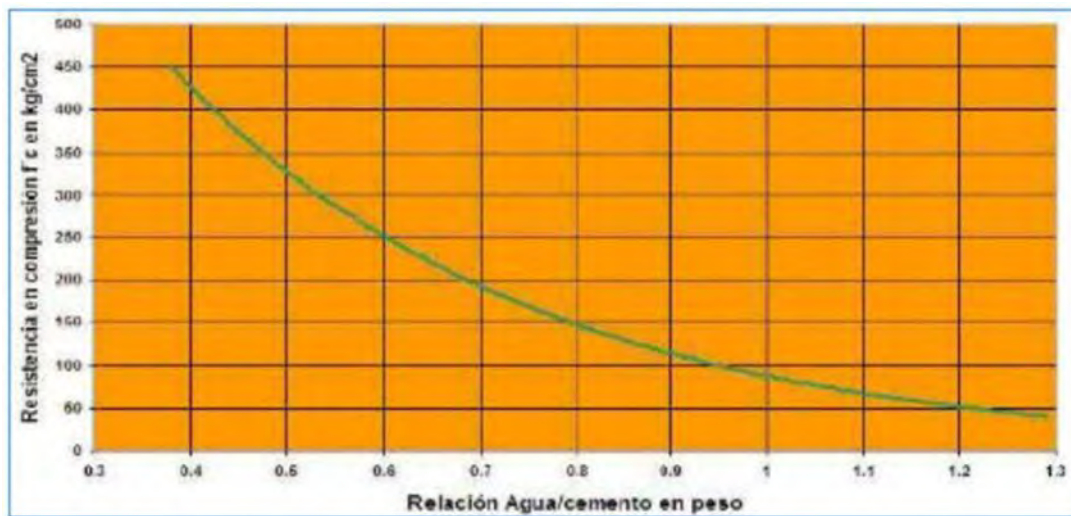
Fuente: (Gonzales Rentería & Muñoz Castañeda, 2017)

2.2.8.2. Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión es la propiedad para soportar una carga o fuerza por unidad de área, es la principal propiedad del Shotcrete, esta depende de la relación agua/cemento. En una mezcla de Shotcrete vía húmeda este valor varía entre 0.4 a 0.5

Figura 18

Resistencia a la compresión



Fuente: Área de Geomecánica Cía. Minera Alpayana

2.2.8.3. Resistencia Temprana

Las condiciones del área de trabajo requieren alcanzar una resistencia mínima a poco tiempo del lanzamiento del concreto, normalmente a pocas horas luego de la proyección. Esta resistencia temprana se debe al aditivo acelerante en la boquilla de la manguera al momento de lanzar la mezcla. A esta reacción la denominamos resistencia inicial y tiene una duración aproximada de hasta 220 minutos.

2.2.8.4. Factor de Seguridad

Es la relación entre la capacidad de resistencia del material C y la fuerza de tensión o fuerza perturbadora D , el factor de seguridad se define como $F=C/D$.

Si este factor resulta ser menor a uno, la probabilidad de derrumbe se realiza, para considerar un diseño aceptable se toma como referencia trabajos previos exitosos llegando a la conclusion de 1.3 como factor de seguridad para labores temporales y 1.5 a 2 para labores permanentes.

2.2.9. Sostenimiento con Shotcrete vía Húmeda

2.2.9.1. Dosificación y transporte

La mezcla se realiza en una planta fuera de la mina, posterior a esto se transporta a en un equipo Mixer con una capacidad de 6m³ a través de la bocamina principal llegando al frente de trabajo.

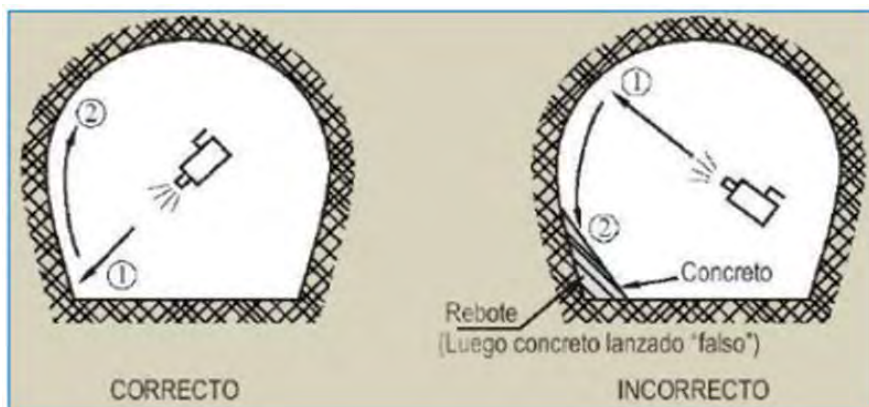
El lanzamiento del concreto se realiza con equipos robot Alpha 2.0 con los procedimientos y estándares operacionales.

2.2.9.2. Procedimiento de lanzado

El sostenimiento con concreto lanzado se realiza en labores permanentes y temporales de acuerdo a la clasificación Geomecanica de la labor.

Figura 19

Proceso del lanzado del Shotcrete

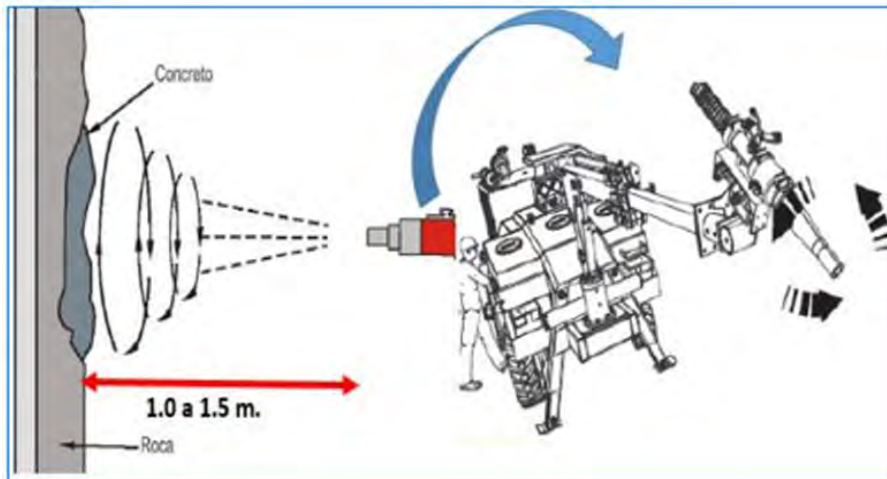


Fuente: Control de calidad INPECON SAC

El lanzamiento de la mezcla se realiza en avanzada, iniciando en el hastial, techo y finalizando en el otro hastial.

Figura 20

Distancia de lanzamiento del shotcrete



Fuente: Control de calidad INPECON SAC

Se realiza perpendicularmente a la superficie, a una distancia de 1.5 a 1 metro de distancia entre la roca y la boquilla.

2.2.9.3. Ciclo de operaciones

Se toma en cuenta el tiempo de fraguado del cemento, en promedio 2 horas considerado como tiempo para el sostenimiento en el ciclo de minado.

Figura 21

Ciclo de operaciones

Perforacion	Vol.	Limpieza	Sostenimiento	Perforacion	Vol.	Limpieza	Sostenimiento
2.50 h	0.5 h	2.00 h	2.00 h	2.50 h	0.5 h	2.00 h	2.00 h
Ciclo total : 07 horas				07 horas			

Fuente: Cía. Minera Alpayana

2.2.9.4. Porcentaje de rebote

Rebote se considera a la mezcla que no se adhiere a la pared de la labor, entre las causas tenemos:

- Granulometría de la mezcla
- Relación Agua/Cemento
- Velocidad de proyección
- Distancia de Proyección
- Destreza del operador
- Eficiencia de Hidratación

2.3. DEFINICION DE TERMINOS

- Escáner laser: Es un dispositivo que analiza el entorno para tomar datos de su forma y, en ocasiones, también del color. Esta captura con un haz de rayos láser te permite construir modelos digitales tridimensionales, es decir, nubes de puntos con los datos necesarios para generar un modelo virtual del entorno.
- Factor de Seguridad: Este factor puede entenderse como la relación entre la resistencia al corte real, calculada del material en el talud y los esfuerzos de corte críticos que tratan de producir la falla, a lo largo de una superficie supuesta de posible falla.
- Geomecánica: La geomecánica es el estudio de cómo se deforman los suelos y las rocas, hasta terminar a veces en su falla, en respuesta a los cambios de esfuerzos, presión, temperatura y otros parámetros ambientales. En la industria petrolera, la geomecánica tiende a enfocarse en las rocas, pero la distinción se vuelve confusa porque las rocas no consolidadas pueden comportarse como sólidos.

- Optimización: Optimizar significa obtener los mejores resultados posibles obtenidos por medio de una actividad o estrategia. Del este verbo deriva la palabra optimización, cuyo concepto varía de acuerdo a las diferentes situaciones en las que se puede desenvolver. (CMI, 2020)
- Peligro: Situación o característica intrínseca de algo capaz de ocasionar daños a las personas, equipos, procesos y ambiente. (DS 024, MINEM, 2016)
- Prevención de Accidentes: Combinación de políticas, estándares, procedimientos, actividades y prácticas en el proceso y organización del trabajo, que establece el empleador con el fin de prevenir los riesgos en el trabajo y alcanzar los objetivos de Seguridad y Salud Ocupacional. (DS 024, MINEM, 2016)
- Rampa: Un túnel o una galería inclinados que sirve de acceso a las labores mineras, desde la superficie, o como conexión entre niveles de una mina subterránea. (
- Riesgo: Probabilidad de que un peligro se materialice en determinadas condiciones y genere daños a las personas, equipos y al ambiente. (DS 024, MINEM, 2016)
- Shotcrete: Cemento y hormigón o mortero colocado por proyección neumática de alta velocidad desde una boquilla. Sus componentes son áridos, cemento y agua, y se puede complementar con materiales finos, aditivos químicos y fibras de refuerzo. El shotcrete se puede realizar con equipos robotizados o manualmente, por el método de vía húmeda o vía seca. Cuál es el método más adecuado depende tanto de las dimensiones de la obra y la cantidad de hormigón a proyectar, como de las circunstancias logísticas (Putzmeister Ibérica S.A.)
- Sostenimiento: El sostenimiento de roca es el término empleado para describir los procedimientos y los materiales utilizados para mejorar la estabilidad y mantener la capacidad portante de la roca circundante a una excavación subterránea. El objetivo principal del sostenimiento es movilizar y conservar la resistencia de la masa rocosa,

de tal manera que la excavación pueda autosostenerse (Support in underground hard rock Mines, Evert Hoek), manteniéndola abierta y segura para su propósito previsto y su vida útil.

CAPITULO III

ASPECTOS GENERALES DEL AREA DE ESTUDIO

3.1. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

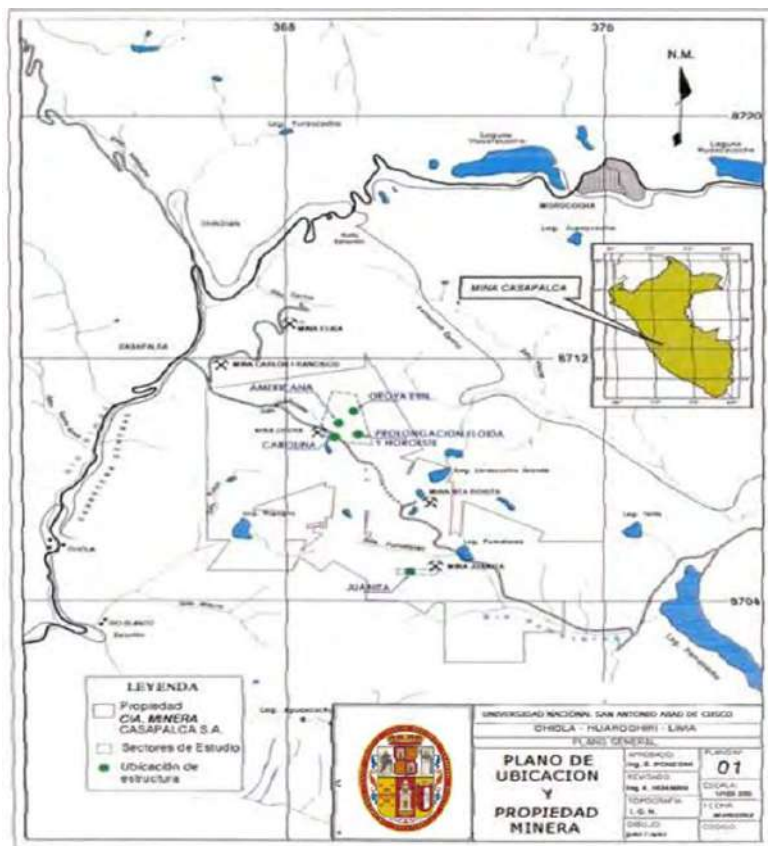
3.1.1. Ubicación

La Compañía Minera Alpayana S. A. (antes Compañía Minera Casapalca) está ubicada en los andes del Departamento de Lima, Provincia de Huarochiri, Distrito de Chicla, como podemos ver en la figura 1, con una altura de 4400 m.s.n.m. en las coordenadas UTM:

- 366 762 E
- 8 710 455 N

Figura 22

Ubicación de la U.M. Alpayana



Fuente: Área de Geología de la U.M. Alpayana.

3.1.2. Accesibilidad

Para acceder al campamento de la U. M. Alpayana existen dos rutas:

- Ruta Lima – Alpayana, con una distancia de 128 kilómetros de carretera asfaltada, con un tiempo de recorrido de tres horas
- Ruta Huancayo – La Oroya, con una distancia de 65 kilómetros de carretera asfaltada. La Oroya – Casapalca, con una distancia de 35 kilómetros de carretera en construcción, con un tiempo de recorrido de tres horas.

3.2. CLIMA Y VEGETACION

3.2.1. Clima

Propio de la región Puna el clima que presenta esta zona es generalmente frío y seco, la temperatura en invierno puede alcanzar los 13 °C y por las noches cae hasta los -11 °C, en verano las temperaturas de día suelen llegar a los 20 °C y por las noches hasta los -15 °C.

Durante los meses de enero a marzo se hace presente la nevada acompañada de fuertes lluvias, el resto del año presenta clima seco con pocas precipitaciones pluviales.

Los fuertes vientos en esta región son comunes por las tardes llegando hasta los 97 km/h aproximadamente.

3.2.2. Flora

Incluye pajonales o estepas de gramíneas, formando el césped de esta región están comunidades de plantas pulviniformes y cespitosas, en las zonas húmedas que son denominadas como bofedales y oconales, incluye estrato arbustivo muy intenso en zonas rocosas. Predomina el Ichu (*Stipa Ichu*).

3.3. RECURSOS

3.4. GEOLOGIA DEL YACIMIENTO

3.4.1. Geología Regional

La geología regional del yacimiento que forma la Unidad minera Alpayana están definidas de la siguiente manera:

3.4.1.1. Formación Goyllarisquisga

Compuesta de areniscas y lutitas, incluye calizas en formas de capas, estratificadas con capas diafásicas o basálticas.

Esta formación está reconocida como la más longeva de toda esta región, esta formación está compuesta principalmente de cuarcita de grano fino con el color blanco predominante con una intercalación y manto de carbón. Esta formación presenta afloramientos que han sido hallados en las cuencas acuíferas pequeñas de Huayamay muy próximas al túnel Gratton.

3.4.1.2. Formación Machay

Esta formación esta sobreyaciendo al grupo de la formación Goyllarisquisga, cuya composición consta de calizas gris aluzadas y bituminosas (son denominadas calizas Jumasha), también afloran cerca del túnel Gratton.

3.4.1.3. Formación Bellavista

Componen esta formación principalmente tipos de calizas grises y tobas volcánicas. Se encontró en el interior de Casapalca una capa de pizarra con anhidrita intercalada.

3.4.1.4. Formación Rio Blanco

Esta formación está compuesta por un grupo de tufos notoriamente bien estratificados, muy cercanos a la formación Bellavista. Caracterizado por el volcán Rio Blanco que está compuesto por las rocas más jóvenes del país.

3.4.1.5. Formación Casapalca

Notamos una clara afloración de esta formación en la parte sur y norte del campamento Carmen, está formado por una de las estructuras más antiguas de afloramientos de la región formando así una estructura anticlinal dentro de Casapalca que es atravesado por el río Rimac. Esta formación la componen un conjunto de rocas sedimentarias que están divididas en dos partes:

- a) Miembro Capas Rojas: La característica roja principal se debe a la difusión de Hematita sobre los cerros que conforman la formación Casapalca, también está presente la Lutita roja intercalada junto a la presencia de areniscas calcáreas.
- b) Formación Carmen: Existe un conjunto de envolturas de conglomerados junto a piedras calizas que cubren la capa roja, esta a su vez salpican una capa de arenisca, tova, agregados volcánicos y lutitas, las potencias miden de 80 a 200 metros.

3.4.1.6. Volcánico San Francisco

Esta formación aflora en la zona Este del campamento Carmen, incluye en su composición rocas volcánicas de carácter inconsistente por encima de la formación Casapalca, esta formación está dividida en:

- a) Volcánicos Tablachaca: Se caracteriza por estar compuesto con rocas volcánicas de pórfido rojo grisáceo.

- b) Volcánicos Carlos Francisco: Se caracteriza por estar compuesto de rocas volcánicas de color gris.

3.4.1.7. Tufos Yauliyacu

Esta formación de origen volcánico posee un característico color rojo intenso, está ubicado por encima de la formación Carlos Francisco.

3.4.1.8. Formación Bellavista

Formación ubicada sobre los estratos de Carlos Francisco, se ubica en la zona Sur y Sur-Este del campamento Carmen. Son unidades estratigrafías que afloran, caracterizadas por su color gris marrón a negro, representadas por las calizas y margas.

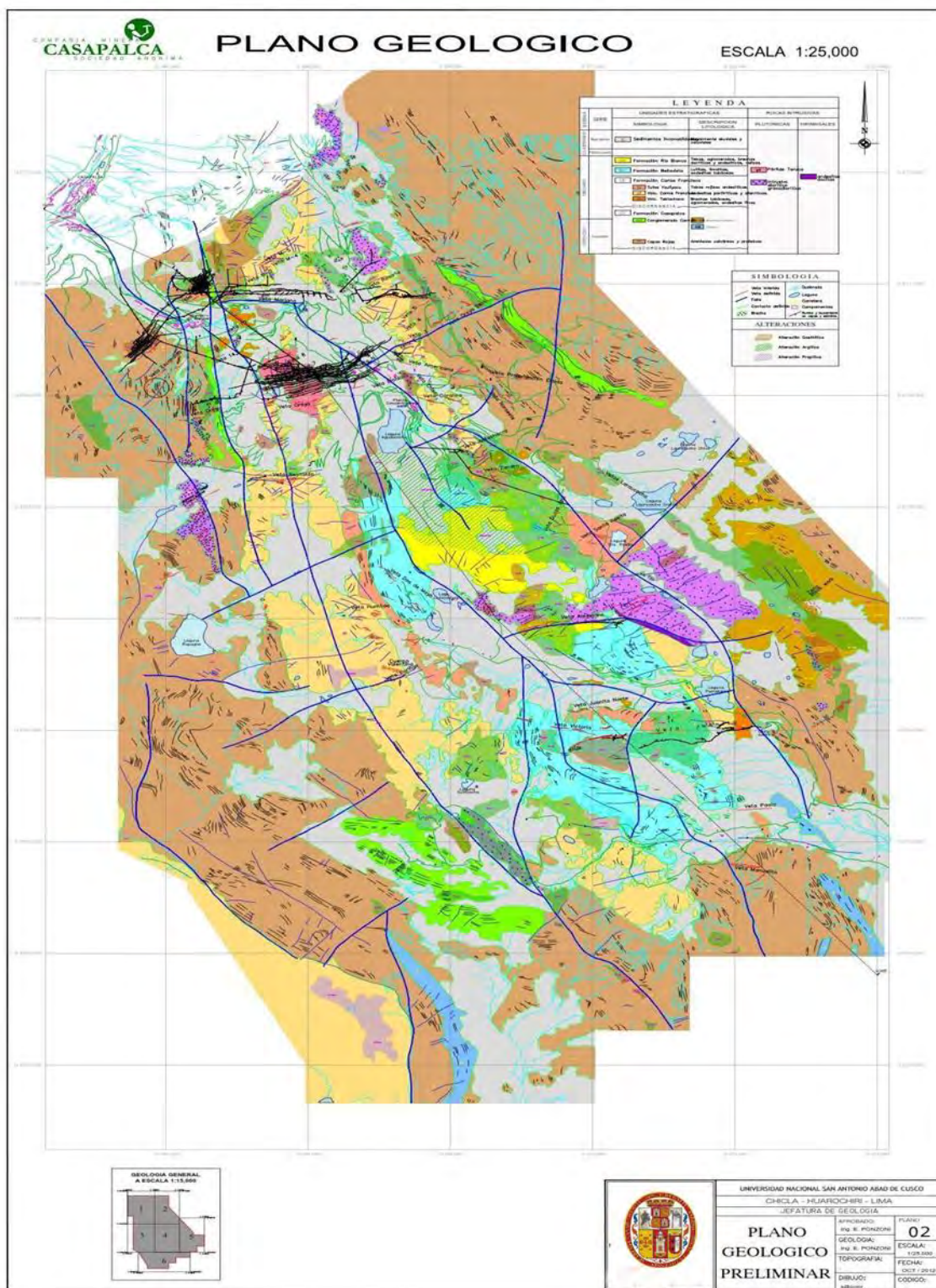
3.4.1.9. Depósitos Cuaternarios

Dentro de la zona Casapalca existen grandes variedades de escombros glaciares y depósitos de formación reciente, entre estos tenemos:

Pleistoceno, ubicado por debajo de los depósitos glaciares recientes, a una altura de 4300 m.s.n.m. a 4500 m.s.n.m. existen una serie de poderosas lluvias terminales con temperaturas bajas formando estos depósitos.

Figura 23

Plano Geológico Regional



Fuente: Área de Geología U.M. Alpayana

3.4.2. Geología Local

Dentro del área de estudio tenemos las formaciones geológicas siguientes:

3.4.2.1. Volcánico San Francisco

Compuesto por fragmentos de brechas que contienen minerales como la hipocalcita y el cuarzo, compuesto por una corriente andina que posee minerales como pirita, galena, esfalerita que están rellenas de grietas formando vetas con cristales superficiales de clorita y calcita.

3.4.2.2. Formación Carmen – Aguas Calientes

Son depósitos de cuarzo y carbonato, formados con una capa roja, son usados como minerales de esfalerita, pirita y galena.

3.4.2.3. Tipo Corina

Compuesto por esfalerita, jamesonta y poca ganga.

3.4.2.4. Tipo Americana

Constituido por carbonatos clovables, incluyen pirita, esfalerita, una menor porción de galena. Se ubica en la Zona Este de la bocamina principal.

3.4.2.5. Tipo Chisay

Forman estas vetas minerales como: calcopirita, bornita, pirita en forma de vetas y diseminados acompañados de malaquita. en mineral de ganga tenemos a: calcita, dolomita, barita y rodocrosita, estas menas de ganga se presentan en poca frecuencia. Tiene como roca circundante a Carlos Francisco, que es una roca volcánica con pórfidos distribuidos.

3.4.3. Geología Estructural

La formación estructural se debe a diversos movimientos tectónicos en la zona andina, desplazando las zonas débiles formadas anteriormente, los causantes de la mineralización fue la actividad magmática presente en la época del mioceno tardío ocasiono emplazamiento de intrusivos ácidos.

En la zona de Casapalca, San Cristobal y Morococha se formaron un sistema estructural de gran extensión que incluyen fallas, pliegues y fracturas debido a un sistema de esfuerzos como producto de un ciclo tectónico andino en la época terciaria y el pleistoceno en los andes y el centro del Perú. Estas estructuras manejan formas de emplazamiento de rocas intrusivas y mineralización en las vetas.

3.4.3.1. Pliegues

El posterior fracturamiento y el plegamiento son rasgos importantes en la zona de Casapalca, este plegamiento es notorio y muy extenso, como consecuencia se produjo la formación de sinclinales y anticlinales.

a) Anticlinales – Sinclinales: El sinclinal de Aguascocha – Pumatea es el mas importante, posee una dirección de Noroeste- Sureste con una longitud aproximada de 9 kilómetros. Cubre toda la zona de Casapalca.

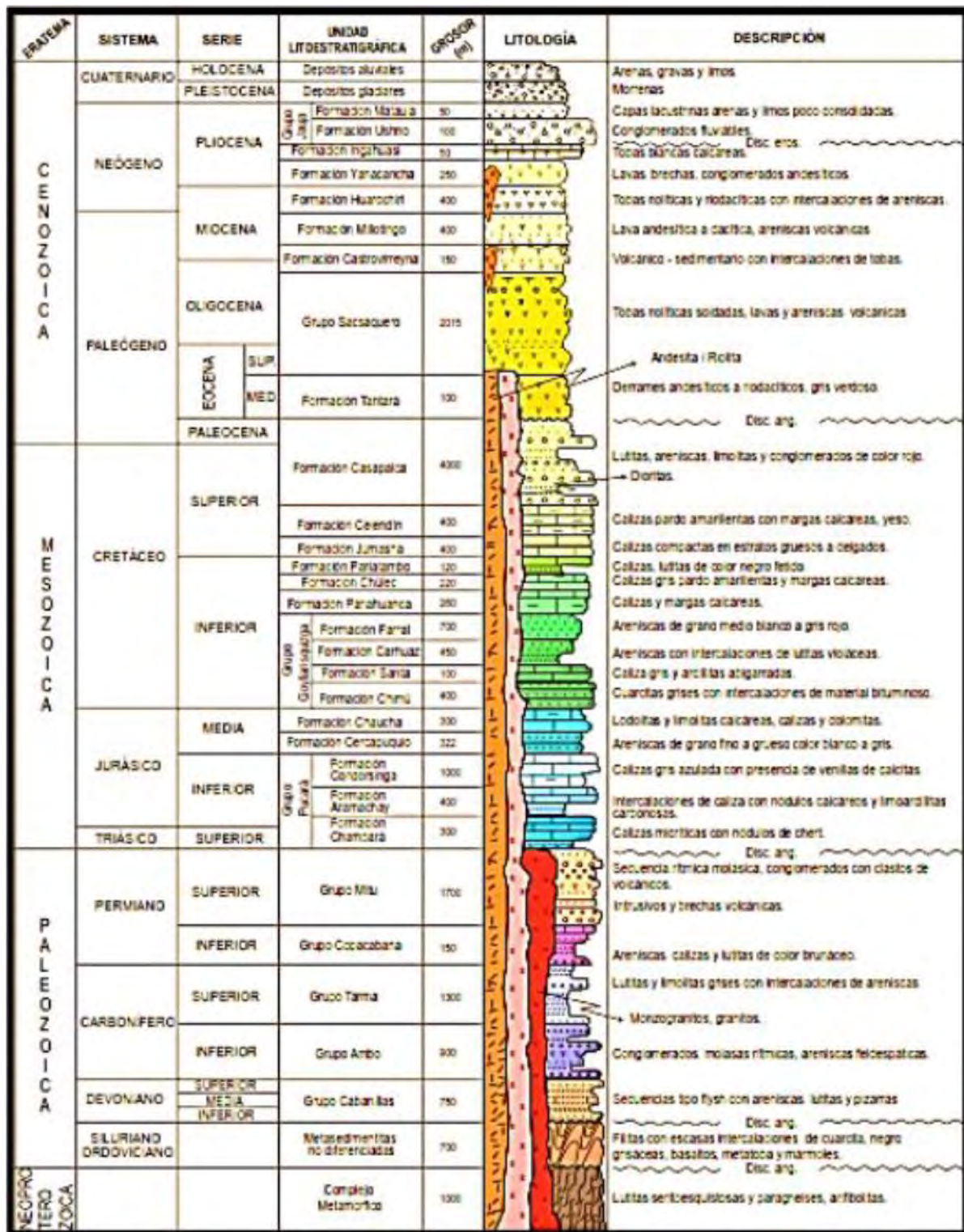
En esta zona se encuentra el anticlinal de Casapalca con una longitud aproximada de 2 kilómetros, que posee un eje paralelo a la diagonal, mencionamos también el anticlinal de Puquio cuya extensión es de un kilómetro y posee una longitud aproximada de un kilómetro.

Estos plegamientos controlan todo tipo de rupturas y fallas transversales en el eje diagonal que forma la estructura principal a causa de la mineralización de esta estructura.

b) Fallas – Fracturas: Una falla sinclinal en el eje sinclinal Pumatarea – Aguascocha en la estructura con mayor importancia en la zona de minera Casapalca, esta falla tiene una dirección Norte-Sur, se caracteriza por ser de solución hidrotermal. Existen rompimientos que son controlados según la resistencia de capacidad de su roca circundante. Existen casos de roca no favorable donde se observan minúsculas grietas dentro de la roca, esto principalmente en la familia Bellavista y la familia Rio Blanco.

Figura 24

Plano Geologico Estructural



Fuente: Área de Geología U.M. Alpayana

3.4.4. Geología Económica

La U.M. Alpayana explota un yacimiento polimetálico de tipo denominado Cordillerano, estos minerales se encuentran en forma de cuerpos mineralizados y vetas, estas vetas fueron formadas por el relleno de fracturas, tienen como característica principal ser de carácter mesotermal, indicador de una gran profundización en su mineralización. En el caso de los cuerpos mineralizados estos fueron formados por el reemplazamiento de capas favorables de lutitas, caliza y areniscas adyacentes a las vetas y desplazamiento metasomático.

3.4.4.1. Cuerpos Mineralizados

a) Cuerpo Mery: Localizada en zona Carmen y tiene forma alargada. La mineralización que presenta es irregular, se encuentran en este cuerpo minerales como calcopirita, tetraedrita en pocas cantidades, esfalerita marmatita, los rellenos de cavidades vacías están dados por galena, cuarzo y carbonatos.

Otros cuerpos mineralizados reconocidos hasta el momento son: Mery, Carmen, Escondida, Patty, Vivian, Chiara, etc.

b) Cuerpos y vetas Menores: Entre las vetas tenemos a Sofia, Esperanza y Anita.

3.4.4.2. Mineralogía

a) Minerales de Mena: Tetraedrita, marmatita, calcopirita, tenantita, esfalerita.

b) Minerales de ganga: Calcita, rodrococita, pirita, hematita.

c) Elementos Económicos: Ag, Zn, Pb, Cu.

3.4.4.3. Recursos Minerales: Reservas Minerales

Para el año 2020 procesó 150 000 TM de mineral al mes y tiene una reserva probada de 8'256,000 TM de mineral con una ley promedio de 3,44% de Zn; 0,32% de Cu; 0,31% de Pb y 1,36 Oz/tc de plata. Casapalca es una mina subterránea perteneciente al grupo de mediana

minería, como empresa moderna hace uso intensivo de tecnología de punta en sus diferentes actividades.

Tabla 2

Reserva de minerales

certeza	T.M.S	A.V.C	A.M.m	Ag Onz/Tc	Pb%	Cu %	Zn %	US \$ T.M.S
Vetas								
Probado	1052.39	1.07	1.26	5.97	1.52	0.24	2.05	53.1
Probable	668.88	1.25	1.44	5.69	1.51	0.23	2.13	52.2
Sub total	1721.27	1.14	1.33	5.86	1.52	0.23	2.08	52.75
Cuerpos								
Probado	1945.131	16.75	16.85	1.33	0.29	0.33	3.5	29.63
Probable	589.634	29.57	29.67	1.46	0.39	0.31	3.28	29.24
Sub total	2534.785	19.73	19.83	1.36	0.31	0.32	3.44	29.77
Total								
Probado	2997.521	11.25	11.38	2.96	0.72	0.3	2.99	38.06
Probable	1258.514	14.52	14.67	3.71	0.99	0.27	2.67	41.44
Total	4256.036	12.21	12.35	3.18	0.8	0.29	2.89	39.06

Fuente: Muñoz, 2019

3.5. GEOMECANICA DEL YACIMIENTO

3.5.1. Característica Geomecanica de la zona de estudio

Figura 25

Tabla Geomecania

Reg. 01-2557018 MINA CASAPALCA SOSTENIMIENTO SEGUN OSI MODIFICADO LABORES MINERAS DE PREPARACION Y DESARROLLO (2.80 x 8.0 m. de Luz)			
(4) TIPO DE SOSTENIMIENTO		(2) CONDICION RESISTENCIA y/o CONDICION SUPERFICIAL	
A	SIN SOPORTE o PERNO OCASIONAL. (CONTROL DE BLOQUES DESTABLES).	MUY BUENA (MUY RESISTENTE, FRESCA) SUPERFICIE DE LAS DISCONTINUIDADES MUY RUGOSAS E INALTERADAS, CERRADAS. (Rc > 250 MPa) (SE ASTILLA o ROMPE CON 04 o MAS GOLPES DE LA PICOTA)	(MB)
B	PERNO SISTEMATICO A 1.5 x 1.8 m.		
C1	PERNO SISTEMATICO A 1.5 x 1.5 m.		
C2	PERNO SISTEMATICO A 1.5 x 1.5 m.) y MALLA o SHOTCRETE CON FIBRA 2" pulg.		
D	PERNO SISTEMATICO A 1.2x1.2 m. (CPO.) y 1.0x1.0 m. (VETAS) y MALLA o SHOTCRETE CON FIBRA 3" pulg. o CUADRO DE MADERA Esp. 1.2 x 1.4 m. y MARCHAVANTES.		
E	CIMBRAS o CUADROS. Esp. 0.8 a 1.0 m. SOPORTE PREVENTIVO Shl. 2" por 3" o MARCHAVANTES.	BUENA (RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES RUGOSAS, LEV. ALTE. INDIA. MANCHAS DE OXIDACION, LIG. EK. ABIERTA. (Rc: 100 a 250 MPa) (SE ROMPE CON 03 GOLPES DE LA PICOTA)	(B)
		REGULAR (MODER. RESIST., LEVE A MOD. ALTER.) DISCONTINUIDADES LISAS, MODERADAMENTE ALTERADA, LIBERAMENTE ABIERTAS. (Rc 50 a 100 MPa) (SE ROMPE CON 02 GOLPES DE LA PICOTA)	(R)
		MALA (BLANDA, MUY ALTERADA) SUPERFICIE PULIDA CON ESTRIACIONES, MUY ALTERADA, HELADO IMPACTO o DOPPEL (CON GOLPES DE MACHO) o (SE INDENTA SUPERFICIALEMENTE) o (ESTRACKONIB)	(M)
		MUY MALA (MUY BLANDA, EXTREMAD. ALTERADA) SUPERFICIE HULIDA Y ESTERIDA, MUY ABIERTA CON RELLENO DE ARCILLAS BLANDAS/FALLA (Rc < 25 MPa) (SE DISREGA o INDENTA PROFUNDAMENTE) (SE HACE HUECO)	(MH)
(1) CONDICION ESTRUCTURAL		Abaco con relacion RMR (3) CARACTERISTICAS DEL MACIZO ROCOSO	
<p>LEVEMENTE FRACTURADA. TRES A MENOS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES MUY ESPACIADAS ENTRE SI. (2 A 5 FRACTURAS POR METRO) (LF) (RQD 75 - 90%) (RQD = 115 - 3.3 Jh.)</p>	35 30	A1 A2 A3 A4 A5	A1 A2 A3 A4 A5
<p>MODERADAMENTE FRACTURADA. MUY BIEN TRABADA, NO DISTURBADA, BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES. (F) (RQD 50 - 75%) (6 A 11 FRACTURAS POR METRO)</p>	25 20	B1 B2 B3 B4 B5	B1 B2 B3 B4 B5
<p>MUY FRACTURADA. MODERADAMENTE TRABADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES (MF) (RQD 25 - 50%) (12 A 20 FRACTURAS POR METRO)</p>	15 10	C1 C2 C3 C4 C5	C1 C2 C3 C4 C5
<p>INTENSAMENTE FRACTURADA. PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO, CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERCEPTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS O IRREGULARES. (IF) (RQD 0 - 25%) (MAS DE 20 FRACTURAS POR METRO)</p>	5 0	D1 D2 D3 D4 D5	D1 D2 D3 D4 D5

Fuente: Área Geomecanica U.M. Alpayana

La Unidad Minera Alpayana utiliza datos que fueron registrados luego del mapeo geomecanico para caracterizar su masa rocosa, utiliza el método denominado “Método Directo por celdas de detalle”. Este método realiza mediciones sistemáticas enfocándose en las discontinuidades que presenta una extensión de unidad de medición en la roca de dicha excavación subterránea.

Para realizar estas medidas se tomaron en cuenta el tipo de roca, presencia de agua, intemperización, espesor del relleno, tipo de relleno, rugosidad, apertura, persistencia, espaciado, orientación, sistemas de discontinuidades.

3.5.1.1. Distribución de Discontinuidades

Se hace uso del software DIPS versión 5.103 de Rocsciencie Inc. (2004) para establecer las características estructurales menores y mayores de la distribución de discontinuidades a través de una técnica de proyección estereográfica equireal que utiliza dicho software. Este software presenta una mejor facilidad grafica para la representación de estos estereogramas, con su versión mejorada 3.12 creada por Hoek en la Universidad de Canadá.

Las figuras muestran común enfoque general los tipos de discontinuidades que forman la masa estructural rocosa en los cuerpos Chiara y Esperanza. Presenta tres tipos de sistema:

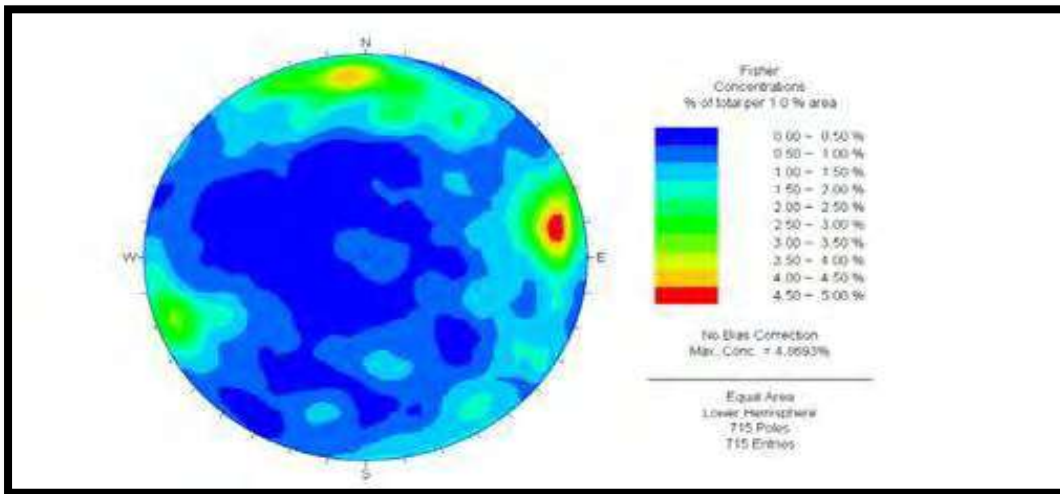
Sistema 1: Buzamiento 74 SW y Rumbo N12w

Sistema 2: Buzamiento 76SE y Rumbo N82E

Sistema 3: Buzamiento 76NE y Rumbo N20W

Figura 26

Diagrama General Estereográfico de Contornos del composito

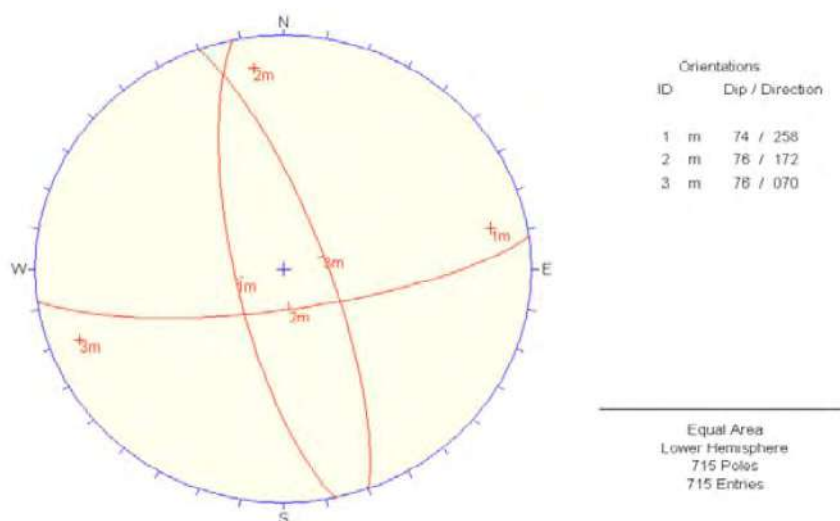


Fuente: Área de Geomecánica U.M. Alpayana

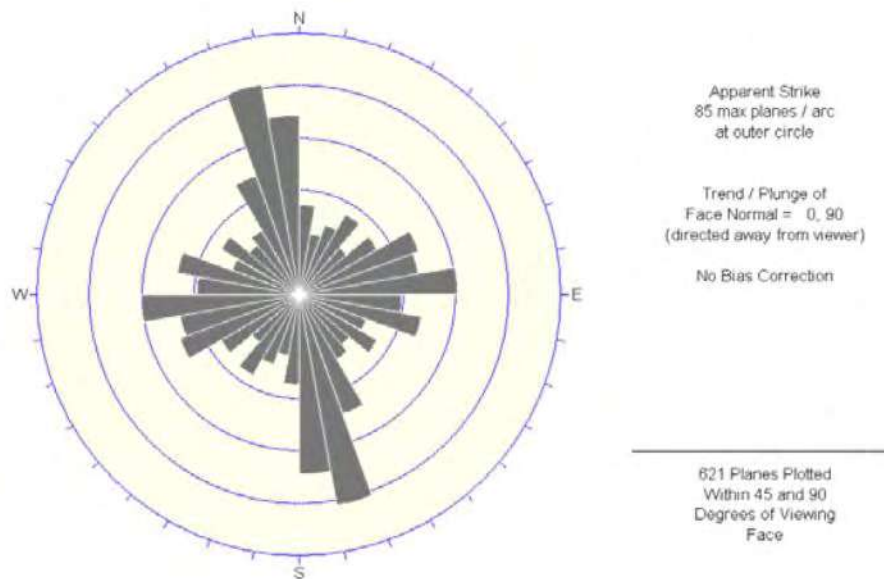
Estos tres sistemas están formados en su mayoría por diaclasas, el gráfico y análisis estereográfico no se aprecian otros sistemas de fallas por la gran cantidad de data que forman estos.

Figura 27

Diagrama estereográfico de planos principales



Fuente: Área de Geomecánica U.M. Alpayana

Figura 28*Diagrama de roseta de discontinuidades*

Fuente: Área de Geomecánica U.M. Alpayana

3.5.2. Clasificación de la masa rocosa

La masa rocosa se clasifica haciendo uso del criterio de clasificación geomecánica RMR de Bieniawski de 1989, la roca intacta fue sometida a procedimientos de laboratorio para hallar el valor de resistencia a la compresión de la roca intacta. Para determinar los valores de la calidad de roca RQD se realizó el análisis de parámetros de frecuencia lineal de discontinuidades por metro lineal de fracturamiento según lo propuesto por Priest and Hudson el 1986.

Se modificó el criterio RMR para una mejor clasificación de acuerdo a la unidad minera:

Criterio RMR modificado para la clasificación del macizo rocoso.

Tabla 3*Clasificación Geomecánica RMR de la U.M. Alpayana*

Tipo de Roca	Rango RMR	Calidad según RMR
II	>60	Buena
IIIA	51-60	Regular A
IIIB	41-50	Regular B
IVB	31-40	Mala A
IVB	21-30	Mala B
V	<20	Muy Mala

Fuente: Área de Geomecánica U.M. Alpayana

La mina presenta roca de calidad Regular B RMR 41 a 50 clasificación IIIB en su mayoría, en sitios poco frecuentes se presenta roca Mala A RMR 31-40 IVA.

3.5.3. Zonificación Geomecánica del Macizo Rocoso

La masa rocosa bajo estudio se dividió en áreas de estudio con características mecánicas y estructurales similares para aplicar métodos de cálculo de mecánica de rocas.

Siguiendo este criterio y los resultados que presente serán validados solo la masa rocosa que presenten propiedades físicas similares, para ellos realizamos dominios estructurales o zonificaciones. Un claro ejemplo es la masa rocosa del cuerpo Mery, que presenta en su mayoría roca de calidad IIIA Regular a II Buena, por esta clasificación estas rocas forman un dominio estructural principal. Todas estas clasificaciones y zonificaciones fueron desarrolladas por el Departamento de Geomecánica de la unidad Minera Alpayana.

3.5.4. Condiciones de Agua Subterranea

La presencia de agua no es significativa en el área de estudio, esto esta corroborado con los trabajos en campo, la zona presenta condiciones secas a húmedas en pocos casos, a veces se observan condiciones mojadas con poco goteo en el área de trabajo. Esto determina un poco influencia en la condición de estabilidad sobre las excavaciones.

3.5.5. Esfuerzos in-situ

Los esfuerzos in-situ se determinan a través de la teoría de esfuerzo vertical de Hoek Y Brow de 1978, que considera la profundidad en la excavación para la estimación del esfuerzo vertical y la carga litostatica. Para determinar el esfuerzo horizontal se hace uso de la constante “k” que representa la relación entre el esfuerzo vertical y horizontal, para determinar este último se hace uso del criterio se “Shoerey” de 1994.

Un problema dentro de la unidad minera Alpayana es el denominado estallido de rocas que ocurre en los niveles más profundos de la mina y están directamente relacionados a los altos esfuerzos a los que está sometido el macizo rocoso.

3.6. MÉTODO DE EXPLOTACIÓN

3.6.1. Capacidad de Producción

La unidad minera Alpayana produce 150 000 Tm de mineral por mes con una ley promedio de 73% de Pb, 6.2 Onz/Ag, 0.3% de Cu y 2.32% de Zn

3.6.2. Sistema de Minado

La unidad Minera Alpayana actualmente viene realizando el método de corte y relleno ascendente mecanizado con taladros largos y el método corte y relleno convencional con relleno hidráulico.

3.6.2.1. Labores mineras

La explotación minera cuenta con 18 niveles, con profundidad promedio de 900 m. con planes de profundización a futuro. Tiene 3 accesos: El túnel Alex desde el nivel 1 con una altura de 4300 msnm, el túnel Gubbins desde el nivel 4 con una altura de 4225 msnm y el tercer acceso ubicado en el campamento Carmen del nivel 435 con una altura de 4440 msnm.

La explotación se divide en cuatro zonas: Oroya, Esperanza, Cuerpo Mery y Gubbinz. Los valores de Ag y profundidad se encuentran en la zona Esperanza y Oroya.

Un aproximado del 60% de la producción se extrae a través del túnel Alex haciendo uso del pique 650 que cuenta con un skip de capacidad de 10 toneladas. Un 30% de la producción se extrae a través del pique 790, este pique cuenta con una skip de 5 toneladas de capacidad. Finalmente, el 10% restante se extrae a través del túnel Gubinz mediante una flota de 10 volquetes.

La explotación minera se realiza aplicando los métodos de explotación siguiente: en la zona de cuerpos con métodos mecanizados y la zona de vetas angostas con métodos convencionales y semimecanizados

3.6.3. Método de corte y relleno ascendente convencional

Se inicia desde la parte inferior del tajo, finalizando en avanzada en la parte superior, en su paso se deja una capa de material con una altura que mide 3 metros sobre una galería de transporte que se usará como puente, dejando así cortes de mineral en forma de rebanada horizontal. Este puente servirá como piso para dar paso a la explotación.

3.6.3.1. Preparación

- Se construye una galería con dimensiones 2.40 x 2.40 m de transporte sobre la veta que tiene un ancho promedio de 0.3m con variaciones de 0.8 m.

- Se construyen chimeneas de doble compartimento con secciones de 1.20 x 2.40, según el diseño y área de planeamiento estas chimeneas tienen una altura de 50 metros desde el nivel inferior hasta el nivel superior de tajo, equidistando 50 metros entre chimeneas.
- Cuenta con un buzón de 5m con una sección de 1.2 x 2.4 para seguir con la construcción de subniveles con secciones de 0.9 x 2.4

3.6.3.2. Perforación

Los taladros son perforados horizontalmente en forma de Breasting, esta perforación permite seleccionar minerales de baja ley para posteriormente se dejados en el tajeo como relleno.

Se realiza con máquinas Stoper, con una altura de perforación de 2.5 m, cuenta con una malla de perforación de en la zona mineralizada de 0.3 x 0.3. Para la perforación en la zona no mineralizada se hace uso de perforadoras Jack Legg con barrenos de 8 pies y cuentan con una malla de perforación de 0.5 x 0.5.

3.6.3.3. Voladura

Para la zona mineralizada y no mineralizada se utiliza emulsión, carmex y mecha rápida. Emulnor de 1000, 3000 y 5000 de Famesa y Emulnex de 45, 65 y 80% de fabricación de EXSA, todo depende al tipo de voladura a emplearse. Los accesorios usados son carmex junto con mecha rápida z18 para el iniciado, con sus respectivos conectores, amarres y mechas rápidas.

3.6.3.4. Limpieza

Para la limpieza del mineral se utilizan los rastrillos o también llamados scrappers, estos rastrillos están conectados a un Winche que está compuesto de 1 a 2 tamboras con su motor eléctrico de 15 a 40 Hp de potencia, posee un cable de hasta 150 metros.

3.6.3.5. Sostenimiento

Se emplean los Jack Pots, este sostenimiento en contacto directo con las cajas permite realizar la limpieza del mineral con total seguridad. Es similar a un cono de seguridad

3.6.3.6. Relleno

Se utiliza relave que proviene de la planta, estos relaves se depositan en cajones alimentación para posteriormente ser bombeado en dos silos con una capacidad de 210 m³, estos se llenan en un aproximado de 9 horas, pasado este tiempo es bombeado directamente a interior mina con un tiempo promedio de llenado de 2h 45min.

En los tajeos se colocan los respectivos enrejados y puntales de línea, esta altura de relleno tiene que ser la adecuada para continuar con la etapa de perforación y realizar el siguiente corte que mide aproximadamente unos 2.20 m. finalizada esta etapa seguimos con la instalacionb de tuberías temporales en el tajeo de relleno.

3.6.4. Método de explotación sublévele Stopping

Es el arranque del puente entre los niveles de perforación, son en ambos sentidos: Ascendente y descendente. La distancia entre los niveles varía entre los 80 y 100 metros, este método posee dos variantes

- Taladros en abanico
- Taladros paralelos (LHB)

Figura 29

Diseño y Preparación de bancos de 20 metros



Fuente: U.M. Alpayana

3.6.4.1. Diseño y preparación de la explotación

Figura 30

Diseño y Preparación de bancos de 30 metros



Fuente: U.M. Alpayana

Parámetros de SLS en Alpayana

Tabla 4***Parámetros de SLS en Alpayana***

Altura de tajo	50 – 100
Altura de Subniveles (bancos)	25m
Ancho de tajos en vetas	1.8 – 3.0 m
Ancho de tajos en cuerpo	3 – 35 m
Longitudes en tajos	6 – 120m
Mineralización en vetas y cuerpos	
Buzamiento	45° - 85°
Restablecimiento del equilibrio del macizo rocoso	Relleno detrítico
Producción Mensual Tajos	133 000 TMS
Producción mensual de preparación y desarrollo	5000 TMS
Sección de la Rampa de acceso	4 x 4 m

Fuente: U.M. Alpayana

3.6.5. Método de taladros largos paralelo

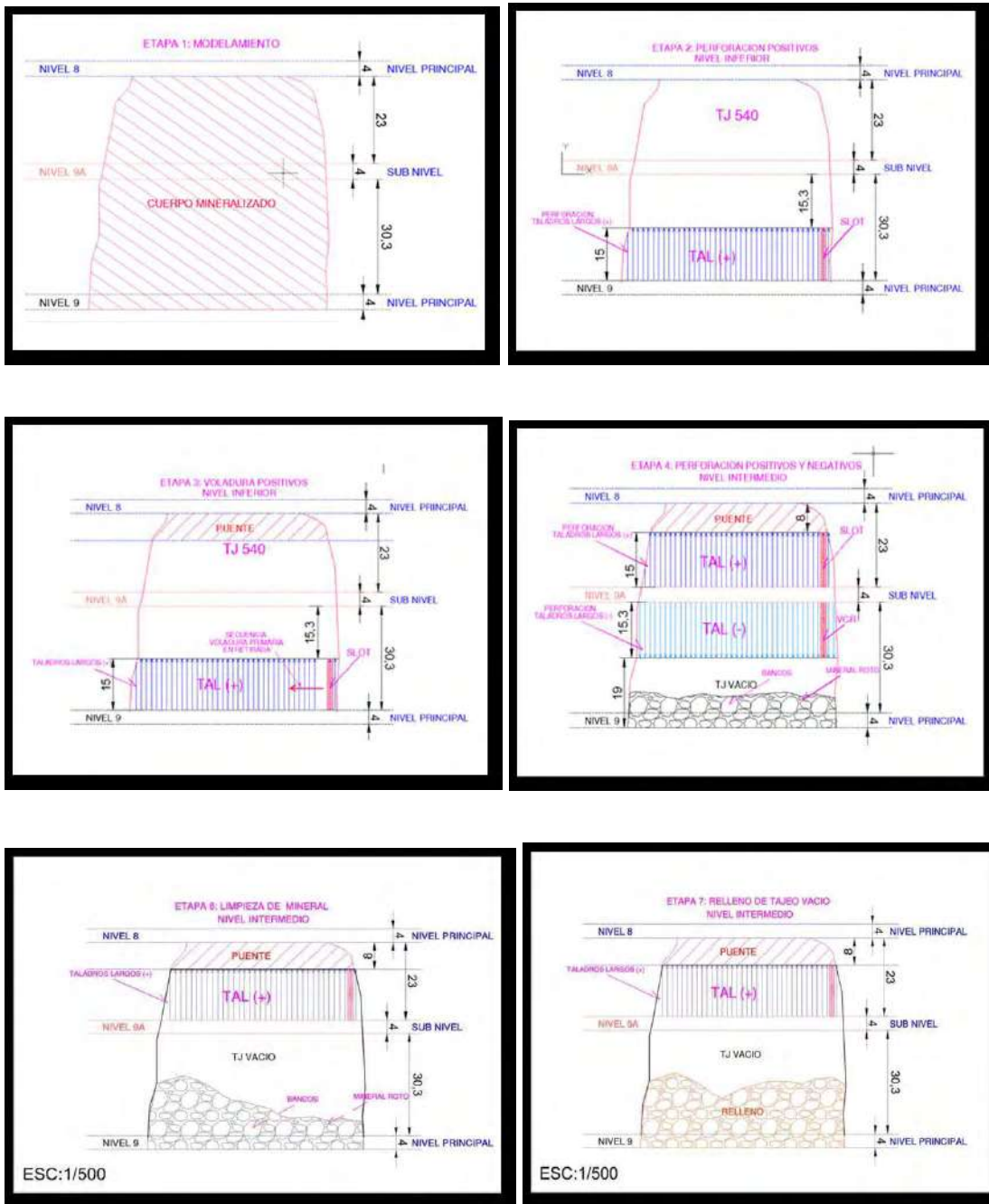
Aplicado en bloques de mineral con potencias menores, estas potencias varían entre los 1.5 hasta los 3.00m, como plataforma de perforación y desplazamiento de equipos Scooptram están los subniveles con una sección de 2.5 x 2.5 m.

El buzamiento de 75° en estas vetas permiten la factibilidad del uso de este método de explotación, lo que favorece al desplazamiento del material en el tajo. Las chimeneas son usadas como cara libre con una sección de 2 x 2 m, construidas en los extremos del tajo. La distancia entre subniveles es de 15m, ubicados en estos subniveles se inicia con la perforación de taladros paralelos al bz de la veta en dirección descendente y ascendente, esta

longitud de perforación varía entre los 12 y 15m como máximo, para evitar la desviación de taladros se emplean brocas de 64 mm. La explotación se hace en rebanadas verticales y en retirada.

Figura 31

Ciclo de explotación Taladros Largos



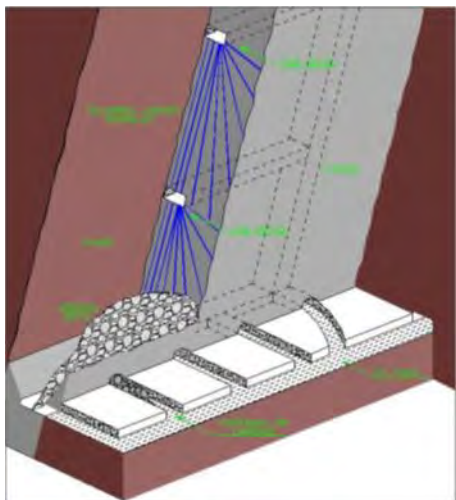
Fuente: U.M. Alpayana

3.6.6. Método de taladros largos en abanico

Aplicado en cuerpos diseminados con una perforación de 15m. y este varía de acuerdo a las medidas del block de mineral.

Figura 32

Método de taladros largos en abanico



Fuente: Métodos de Explotación Atlas Copco

La distancia entre los subniveles es de 30m, a partir de este se realizan los taladros descendentes y ascendentes formado abanicos.

3.6.6.1. Preparación

Se accede mediante cortadas a través de la rampa en la caja piso del tajeo, se desarrolla una galería de extracción en el nivel base construida en forma paralela a la mineralización para la recuperación del mineral explotado. Se construyen chimeneas que servirán como cara libre para el proceso de voladura.

3.6.6.2. Perforación

Se usan equipos Simba H1254 de barrenos largos para galerías, es capaz de perforar barrenos paralelos, descendentes ya ascendentes. Este equipo posee un rango de 51 a 98 mm de diámetro equipo con un martillo en cabeza.

3.6.6.3. Voladura

Se hace uso de agentes de voladura como ANFO, EXAMON con sus respectivos cebos con emulnor y fulminante, finalizando con la colocación de un tapón.

3.6.6.4. Limpieza

Realizado por equipos Scoop R 1600 de 6 Yd de capacidad, equipado con un sistema de control remoto evitando así exposiciones al peligro del operador.

CAPITULO IV

OPTIMIZACION DEL SOSTENIMIENTO CON SHOTCRETE APLICANDO EL ESCANER GEOKRET 2.0

4.1. METODO DE APLICACIÓN DEL SHOTCRETE ACTUAL

El área de geomecanica es la encargada de realizar los estudios para determinar el tipo de sostenimiento a usar según el tipo de labor.

4.1.1. *Estudio Geomecanico para la Rampa (-) 468*

Se hace un estudio del macizo rocoso para definir su comportamiento y realizar la planificación y proyección del avance de la RP (-) 468.

4.1.1.1. **Objetivos y alcances**

Se tiene como objetivo realizar el estudio geomecánico del macizo rocoso para ver las condiciones a presentarse en el avance de la RP (-) 468 Nv. 1, para eso se tiene que determinar el factor de seguridad de la excavación considerando la profundidad a la que se viene trabajando.

Los objetivos planteados son:

- Determinación de la condición Litoestratigráfico.
- Caracterización y propiedades geomecánicas de la masa rocosa.
- Determinar la condición estructural y condición de resistencia de la masa rocosa.
- Clasificación geomecánica de la masa rocosa.
- Zonificación geomecánica del área en evaluación
- Evaluación de las condiciones de estabilidad

4.1.1.2. Aspectos Técnicos

Respecto a la evaluación técnica básica del estudio son los siguientes:

- Se caracterizó estructural y litológicamente la masa rocosa, a través de mapeos geotécnicos aplicando GSI, método de caracterización de la masa rocosa usada por la unidad minera.
- Zonificación geomecánica del área de estudio en función al mapeo.
- Se evaluaron las propiedades físico-mecánicas de la roca, con el martillo de geólogo y el martillo Schmidt, la ejecución de ensayos de laboratorio con el Equipo de Carga Puntual, la utilización de criterios de falla apropiados para estimar los parámetros de resistencia de la roca intacta, discontinuidades y masa rocosa.

4.1.2. Geología Estructural

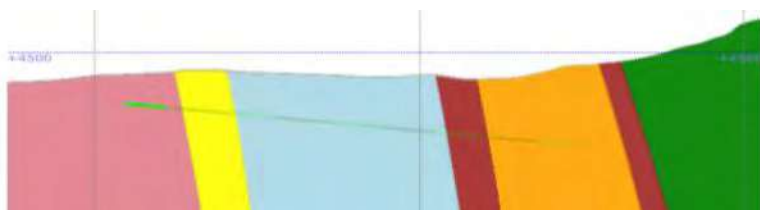
Pliegues: Uno de los rasgos más importantes en la mina de Casapalca es el plegamiento y posteriormente el fracturamiento.

Fallas: Los mayores rasgos estructurales de la mina de Casapalca se encuentran formados por fallas, fracturas, cuyo rumbo general es Este-Oeste formadas por la veta esperanza y veta Oroya en forma casi perpendicular al gran eje del sinclinal Pumatarea – Aguascocha, anticlinal Casapalca.

Las fallas y fracturas están controladas por las rocas encajonantes de las estructuras mineralizadas.

Figura 33

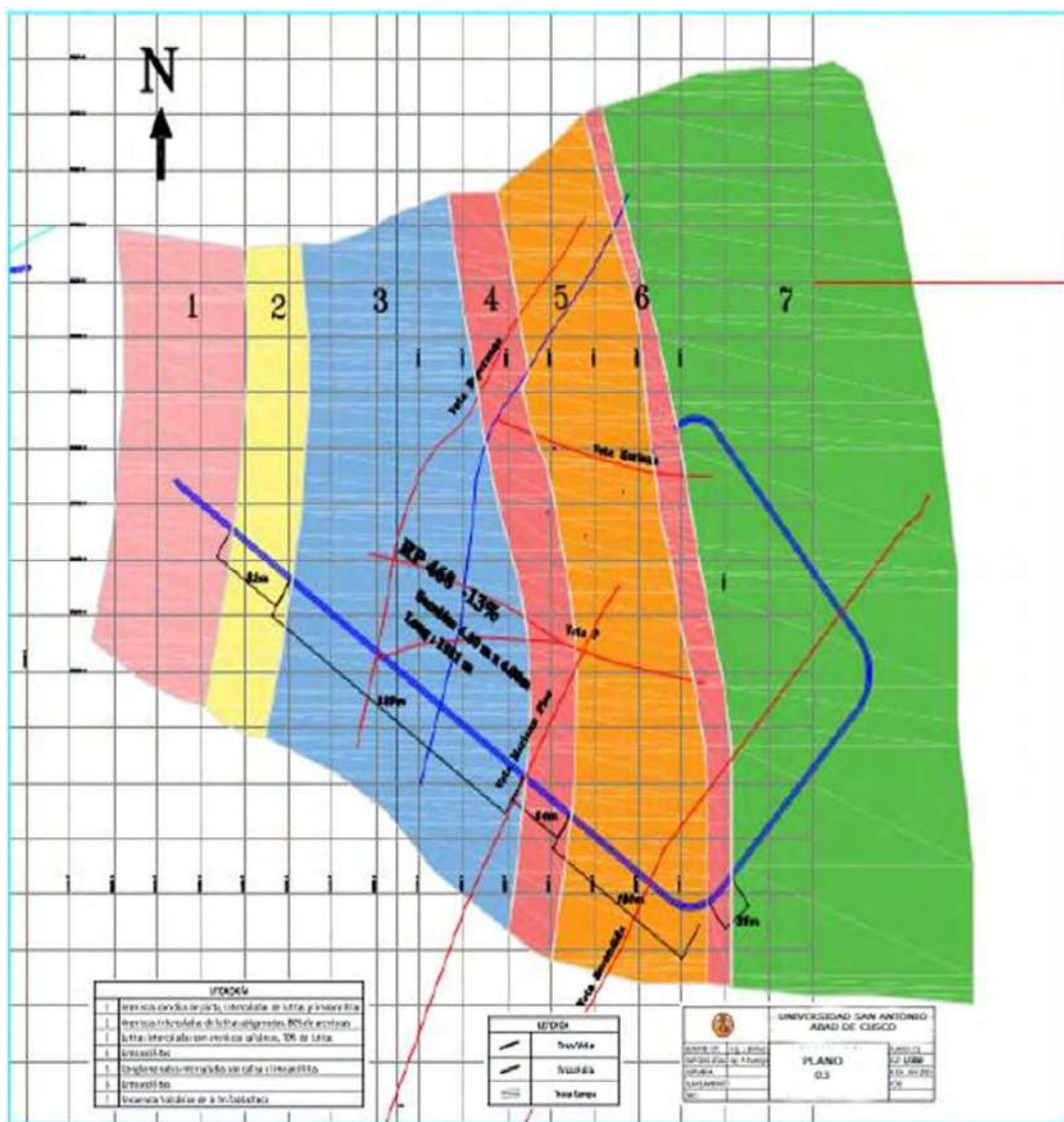
Plano en Perfil de la zona de la rampa



Fuente: U.M. Alpayana

Figura 34

Plano en Planta de la zona de Rampa



Fuente: U.M. Alpayana

4.1.3. Control estructural según el mapeo Geomecánico

El cuadro muestra el control estructural en función al mapeo de celdas en campo

Tabla 5

Control estructural en función al mapeo

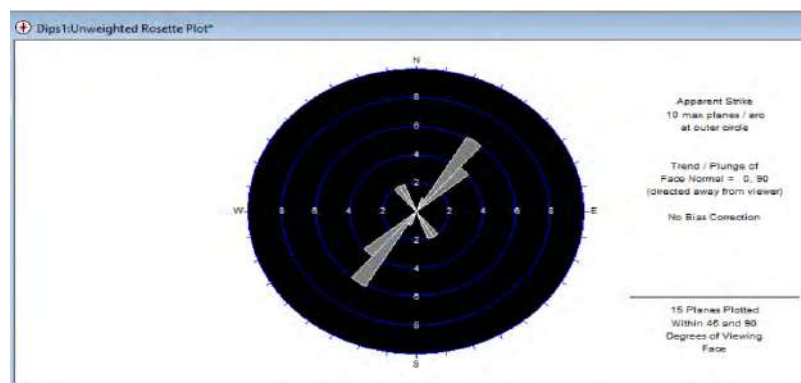
ID	DIP	Dip Direction	TIPO DE DIS.
1	75	130	Falla
2	70	120	Falla
3	72	125	Junta
4	69	240	Junta
5	43	210	Estratificación
6	52	240	Estratificación
7	56	235	Estratificación
8	44	255	Estratificación
9	75	120	Falla
10	71	230	Junta
11	46	126	Estratificación
12	57	130	Estratificación
13	42	110	Estratificación
14	46	119	Estratificación
15	45	122	Estratificación
16	52	131	Estratificación
17	54	122	Estratificación
18	60	137	Estratificación

Fuente: Área Geomecanica U.M. Alpayana

Se observa el diagrama de rosetas donde el fracturamiento muestra una orientación NE-SW siendo la estratificación el principal control estructural entre las discontinuidades

Figura 35

Diagrama de Rosetas



Fuente: Área Geomecanica U.M. Alpayana

4.1.4. Esfuerzo del estado técnico

Está relacionado con el proceso de subducción de la Placa de Nazca en la Placa Continental. El movimiento relativo de las placas tiene una dirección de N 80 E. Se infiere que este estado de esfuerzos influye en que el Esfuerzo Vertical sea menor al Esfuerzo Horizontal en zonas mediana profundas, localmente muestra una arenisca con estratificación casi perpendicular a la superficie incrementando el esfuerzo horizontal en el control de esfuerzos.

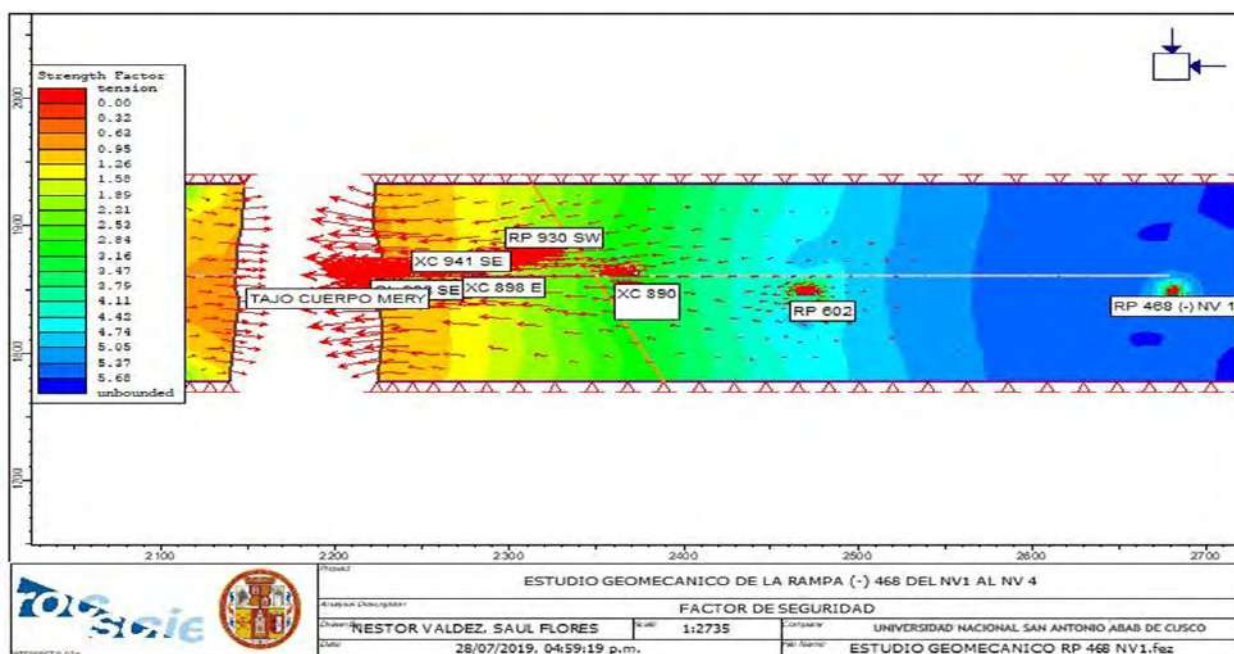
4.1.5. Software Phase2: Análisis de esfuerzos inducidos

Para el cálculo de los esfuerzos inducidos se ha utilizado el Método Numérico de Elementos Finitos contenido en el Software Phase2.0, V.8.0 se ha considerado la Arenisca como roca principal, y mineral al diseminado.

Los datos ingresados para este modelo son en base al resultado de resistencias de las areniscas y lutitas y son los siguientes son:

Figura 36

Estudio Geomecanico de la Rampa (-) 468 del Nv1 al Nv4

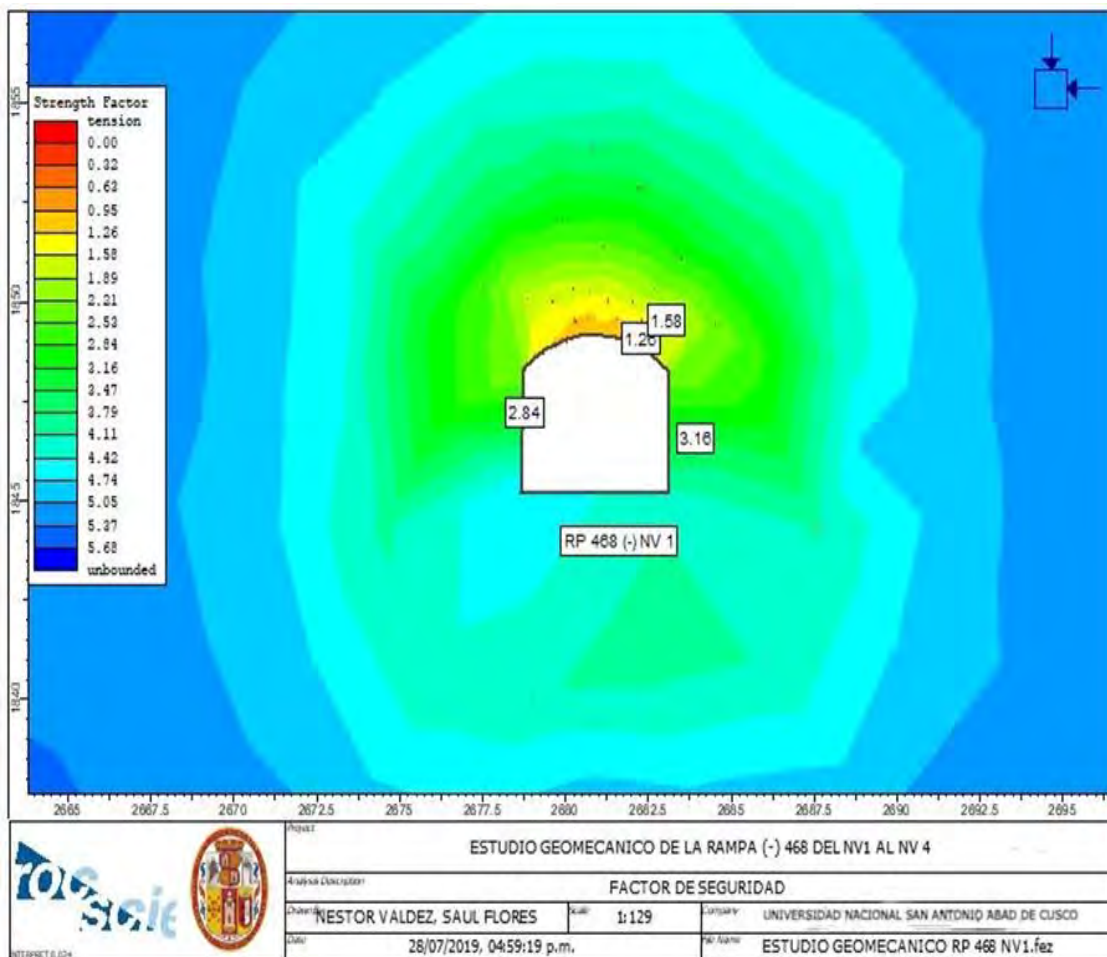


Fuente: Área Geomecanica U.M. Alpayana

El siguiente grafico muestra la rampa principal 468 (-) en su primera etapa muestra el macizo rocoso sin sostenimiento después del disparo, generando una aréola con factores de seguridad FS:1.26, FS: 1.89 en el borde de la corona mostrando cierta inestabilidad de forma local, luego en la imagen de la derecha se muestra la misma labor con un sostenimiento de pernos helicoidales más shotcrete pesado dando mayor estabilidad al tajo con factores de seguridad de FS: 1.89, FS:1.89.

Figura 37

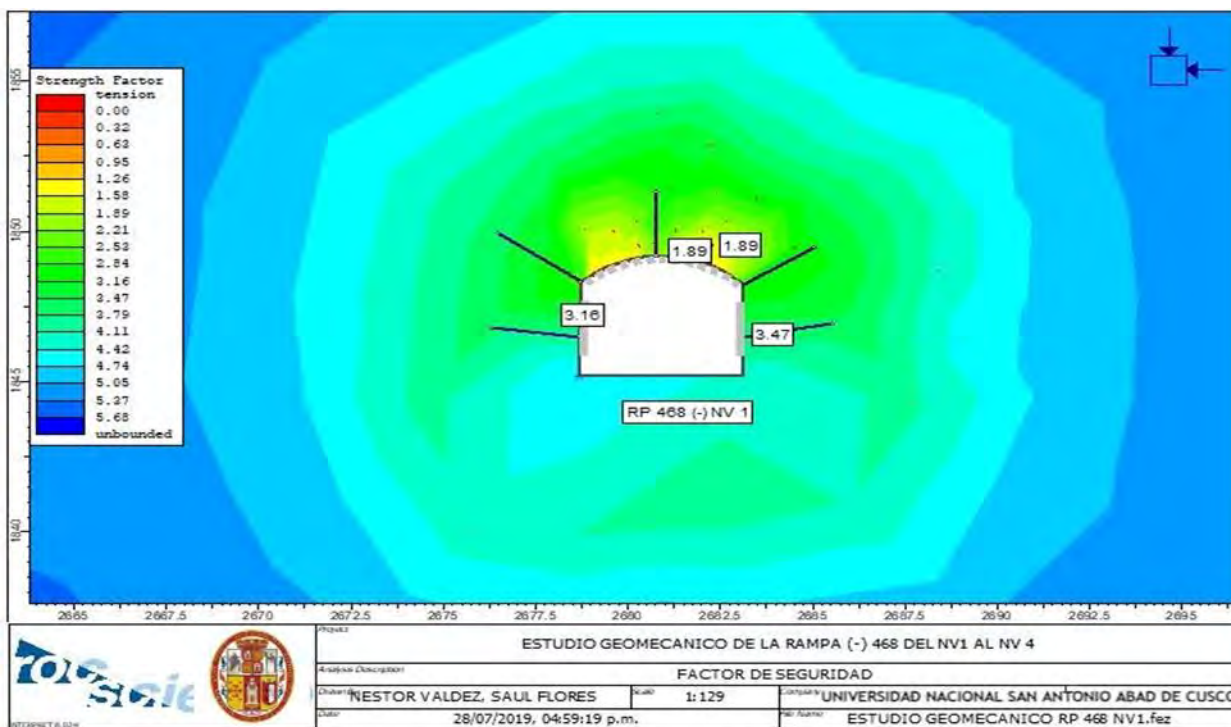
Análisis de factor de seguridad



Fuente: Área Geomecanica U.M. Alpayana

Figura 38

Análisis de factor de seguridad con el uso de pernos helicoidales



Fuente: Área Geomecanica U.M. Alpayana

4.1.6. Registro de lanzamiento de Shotcrete en la Rampa (-)468

La siguiente tabla muestra los registros del lanzado del Shotcrete durante el Mes de Agosto del 2019, muestra los m³ lanzados y el espesor del shotcrete, datos importantes para esta investigación.

Tabla 6

Registro de Lanzamiento de Shotcrete en la Rampa (-) 468

GUAR DIA/TU RNO	HORA DE INICI	HOR A DE SALI	NIV EL	LABOR	ZONA	CUERPO	M 3	ESPE SO R	MIXER	ROBOT
NOCHE	03:55	04:22	20	RP(-) 468	INTERMEDI A	ESPERAN ZA	4	2"	MIXER 2	ALPHA20
NOCHE	01:30	02:00	20A	RP(-) 468	BAJA	ESPERAN ZA	4	2"	TORNADO	ALPHA20

DIA	02:30	15:50	20A	RP(-) 468	BAJA	ESPERANZA	8	2"	TORNADO/ MIXER2	ALPHA20
NOCHE	02:50	04:50	20	RP(-) 468	BAJA	ESPERANZA	8	2"	TORNADO/ MIXER2	ALPHA20
DIA	15:55	17:05	20	RP(-) 468	BAJA	ESPERANZA	8	2"	TORNADO/ MIXER2	ALPHA20
DIA	12:30	13:15	20	RP(-) 468	BAJA	ESPERANZA	4	2"	TORNADO	ALPHA20
NOCHE	05:20	06:20	20	RP(-) 468	BAJA	ESPERANZA	8	2"	TORNADO/ MIXER2	ALPHA20
NOCHE	01:30	02:00	20	RP(-) 468	BAJA	ESPERANZA	4	2"	TORNADO	ALPHA20
DIA	13:30	14:00	20	RP(-) 468	BAJA	ESPERANZA	4	2"	MIXER 2	ALPHA20
DIA	13:51	14:56	20	RP(-) 468	BAJA	ESPERANZA	8	2"	MIXER 2	4210
NOCHE	01:30	02:00	20	RP(-) 468	BAJA	ESPERANZA	4	2"	TORNADO / MIXER2	ALPHA20
DIA	12:40	01:20	20	RP(-) 468	BAJA	ESPERANZA	4	2"	TORNADO	ALPHA20
NOCHE	12:00	12:30	20	RP(-) 468	BAJA	ESPERANZA	4	2"	MIXER2	4210
NOCHE	00:40	01:05	20	RP(-) 468	BAJA	ESPERANZA	4	2"	MIXER2	4210

Fuente: Área Geomecánica U.M. Alpayana

4.1.7. Análisis de Precios Unitarios

Se realizó el análisis de precio unitario del Shotcrete para tener en cuenta las pérdidas aproximadas por rebote y desprendimiento del material al momento de la proyección del material.

Tabla 7*Análisis de Precios Unitarios*

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
LANZADO DE SHOTCRETE -VÍA HÚMEDA					
Personal Requerido	32.2		Sistema trabajo	14x7	
Rendimiento / Mes	1,000.00	m ³	20		
				S./m3	1,072.14
Descripción	Costo Unitario	Unidad	Cantidad		Costo/m3
PERSONAL					
Jefe de Planta	15,201.90	MES	1		15,201.90
Operador Planta	4,800.60	MES	3		14,401.80
Asistente de Planta	5,600.70	MES	1		5,600.70
Ayudante Planta	4,000.50	MES	3		12,001.50
Ing. Supervisor Seguridad	7,200.90	MES	0.2		1,440.18
Capataz	5,120.64	MES	3		15,361.92
Mecánico Electricista	5,120.64	MES	3		15,361.92
Electricista	5,600.70	MES	2		11,201.40
Ayudante Robot	3,937.60	MES	3		11,812.80
Laboratorista	5,120.64	MES	1		5,120.64
Operador Mixer	5,709.52	MES	6		34,257.12
Operador Lanzado	5,906.40	MES	3		17,719.20
Operador Camión Grúa	2,030.65	MES	3		6,091.96
Alimentación					9,917.60
					175,490.64
					175.49
IMPLEMENTOS					
Global x Guardia	5.11	Gdia	644		3,288.83
					3.29
MATERIALES					
Cemento	15.23	Bol.	9,500.00		144,685.00
Arena	23	m3	1,000.00		23,000.00
Fibra de acero	4.79	kg.	20,000.00		95,810.00
Acelerante de fragua	2.53		32,300.00		81,754.53
Plastificante Estabilizador	9.75		4,037.50		39,361.69
Calibradores	1.63	Uni.	10,000.00		16,250.00
					400,861.22
					400.86
MAQUINARIA Y EQUIPO					
Planta Versa	33.75	MES	1.00	208 hrs	7,020.00
Laboratorio	7.03	MES	1.00	208 hrs	1,462.50
Mini cargador	60.43	MES	1.00	208 hrs	12,569.09
MIXKRET 4	98.11	MES	2.00	416 hrs	81,625.90
Equipo Lanzador	107.09	MES	1.00	416 hrs	44,549.64
Camión Grúa	95.61	MES	1.00	333.33 hrs	31,870.13
Camioneta	21.22	MES	1.00	333.33 hrs	7,073.66
					186,170.92
					186.17
SUB TOTAL					
					765.81

GASTOS GENERALES	0.25	191.45
UTILIDAD	0.15	114.87
PRECIO UNITARIO S./ m ³		1,072.14

Fuente: Área Geomecánica U.M. Alpayana

4.1.8. Evaluación del porcentaje de rebote y rendimiento

Tabla 8

Evaluación del porcentaje de rebote y rendimiento

Sección	4x4	m
Eficiencia por m ³ de Shotcrete	12.3	m ³ de Shotcrete por m ²
Rebote	8 a 12	%

Fuente: Área Geomecánica U.M. Alpayana

4.2. APLICACIÓN DEL GEOKRET EN EL ESPESOR DEL SHOTCRETE

4.2.1. Implementación del sistema Geokret 2.0 en el Shotcrete de la Rampa (-)468

Se puede observar que en la mayoría de labores se cumplía con el espesor (2") mínimo de shotcrete, pero también se pudo evidenciar el sobre espesor en muchas zonas de lanzado. Esta información obtenida con Geokret, permitirá a la supervisión ajustar este sobre-Espesor optimizando así su operación de shotcrete reduciendo los costos de operación y el operador mejorar su técnica de lanzado.

En los trabajos de escaneo de las labores se estableció los siguientes valores de espesores designados con los siguientes colores.

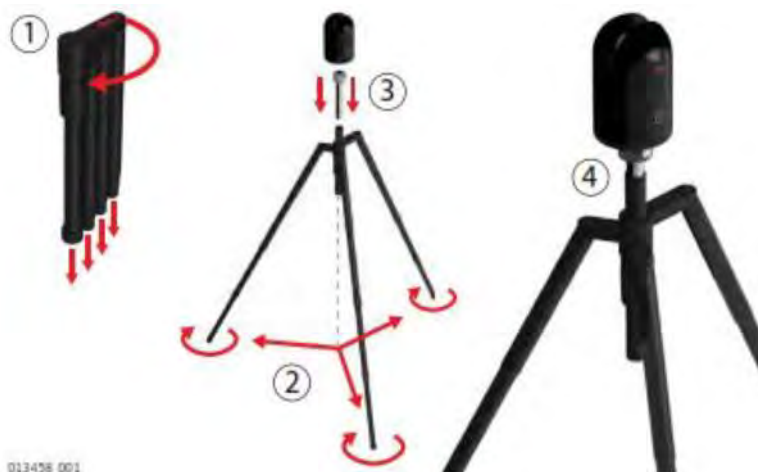
La recepción del Geokret por los operadores es positiva, ellos saben que la utilización de esta herramienta les ayudara a optimizar y uniformizar su lanzado y alcanzar en menor tiempo los espesores solicitados por Geomecánica y así obtener una zona segura de trabajo.

4.3. APLICACIÓN EFECTIVA EN TIEMPO REAL

Preparativos para el uso del escáner

Figura 39

Preparativos del tripode



Fuente: Metal Mecánica S.A.

Figura 40

Preparativos del tripode2



Fuente: Metal Mecánica S.A.

Paso 1: Ubicación del trípode y el Scanner en la labor a escanear

Figura 41

Figura 38: Ubicacion del tripode



Fuente: Metal Mecánica S.A.

Figura 42

Posicionamiento del tripode



Fuente: Metal Mecánica S.A.

Paso 2: Presionar el botón del Scanner (1 seg.) para encender el Scanner (se enciende y parpadea unos segundos el aro de luz amarilla); cuando el aro de luz se muestra de color verde. En ese momento el scanner se encuentra listo para enlazarse con la Tablet e iniciar el Escaneo.

Figura 43

Encendido del escaner

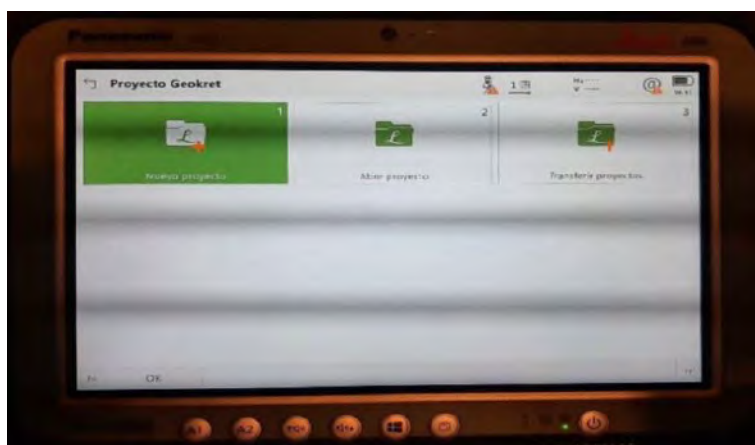


Fuente: Metal Mecánica S.A.

Paso 3: Prender la Tablet y esperar que se muestre la pantalla de la aplicación del Scanner (fig. N°40), Luego debe ingresar en la capeta nuevo proyecto e ingresar los datos del lugar donde se realizara el trabajo para poder ubicarlo cuando desee enviarlo o revisarlo (fig. B), luego de confirmar los datos ingresados aparecerá la pantalla desde le solicitara realizar el 1 escaneo (fig. N°41).

Figura 44

Encendido de la tablet

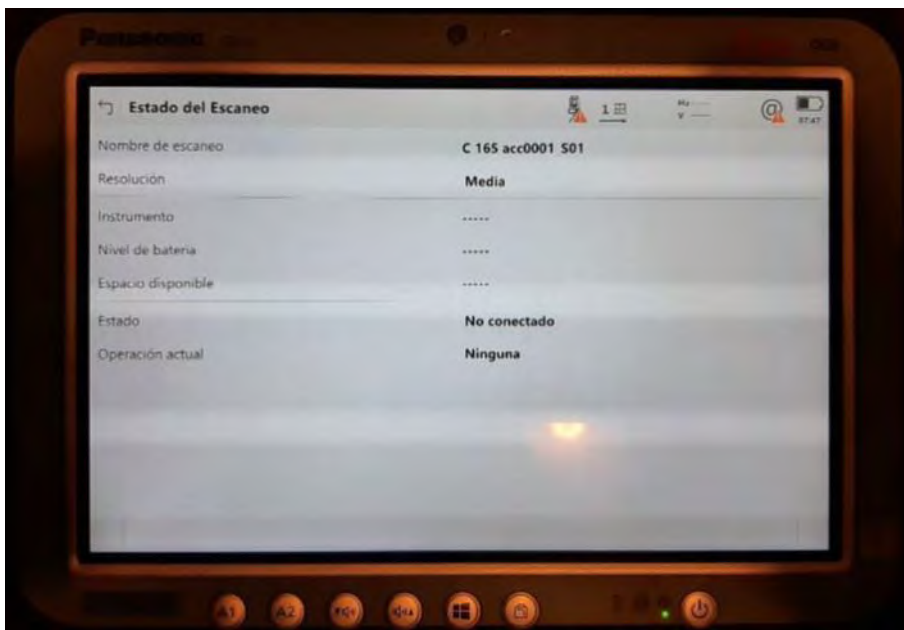


Fuente: Metal Mecánica S.A.

Paso 4: Una vez el Scanner prendido (luz verde encendida) y confirmando realizar el 1er Escaneo, en la Tablet aparecerá la pantalla de esperando la conexión con el scanner (fig. 42) luego de establecida la conexión (fig. 41) estará listo para iniciar el escaneo, Como se puede observar en esta pantalla aparecen los datos del scanner, así como el nivel de batería y el estado de la memoria. Solo debe presionar iniciar.

Figura 45

Programación del escaneo



Fuente: Metal Mecánica S.A.

Paso 5: Realizado el escaneo se visualizará en la Tablet la imagen generada en 360° (fig. 42); sucedido esto se deberá regresar a la pantalla anterior mediante la fecha atrás que se encuentra en la parte superior izquierda y regresará a la pantalla de la fig. C, donde le solicitará el nuevo escaneo. Que se realizara después del lanzamiento de concreto. Puede apagar la Tablet presionando el botón de apagado unos segundos, quedando en espera de ser encendida nuevamente cuando realice el 2do escaneo.

Cuando termine el Scanner de transferir los datos a la Tablet quedara en espera con la luz verde encendida, en este momento se puede apagar el Scanner presionando el botón del Scanner durante 4 seg. En este instante el aro de luz del Scanner parpadea en color amarillo durante unos segundos y se apaga, en este momento puede retirar el Scanner de la zona de trabajo.

¡SE PUEDE PROCEDER A REALIZAR EL LANZADO DE SHOTCRETE EN LA LABOR!

Figura 46

Resultado del escaneo



Fuente: Metal Mecánica S.A.

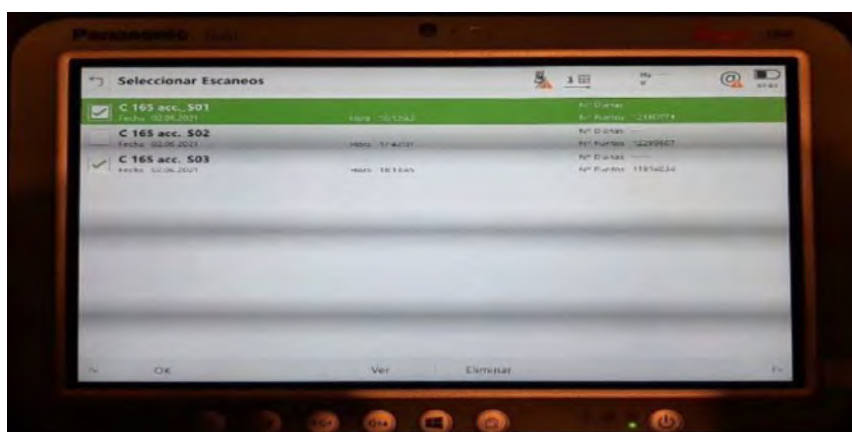
Paso 6: Realizado el lanzamiento se puede volver a ubicar el Scanner en la zona a escanear (no necesariamente en la misma posición) y encender el Scanner paso 2. Así mismo encender la Tablet y ubicarse en el proyecto correspondiente (importante) fig. 43; luego puede iniciar el escaneo según lo descrito desde el paso 4.

¡Se pueden realizar escaneos cuantas veces lo requiera después de cada lanzamiento (pasadas) siguiendo los procedimientos descritos!

Paso 7: Cuando se haya generado 2 o más escaneos podrá visualizar en la Tablet; la pantalla donde se observan las 2 o más imágenes a comparar (Fig. 44), por defecto se compararán la primera y última imagen generada. Confirmando (ok), si presiona (ver) se mostrará la imagen en 360° resaltada de color verde.

Figura 47

Configuración para ver resultados

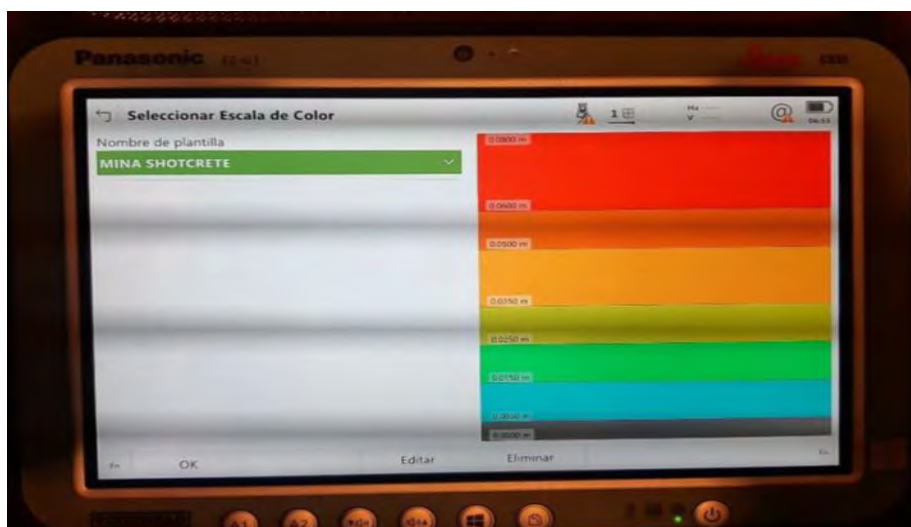


Fuente: Metal Mecánica S.A.

Paso 8: Confirmando las imágenes a comparar (Ok); se mostrará en la Tablet la imagen para confirmar los colores asignados a los espesores definidos. (Fig. 45)

Figura 48

Selección de escala de colores

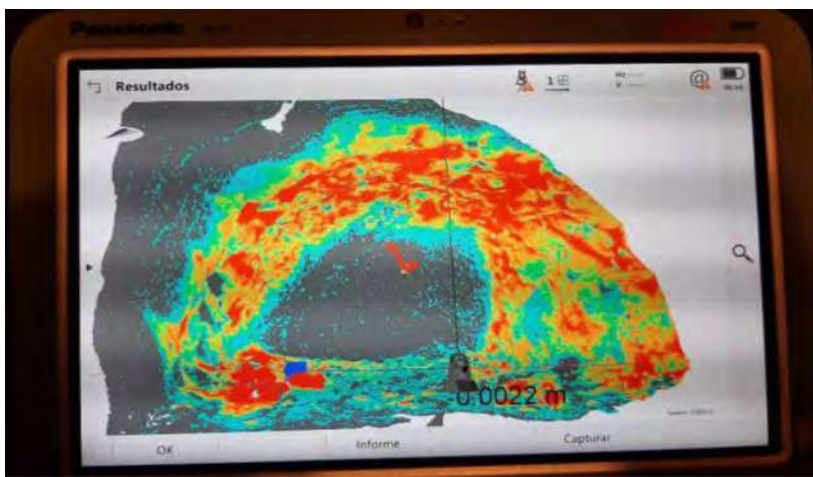


Fuente: Metal Mecánica S.A.

Paso 9: Confirmando (ok) se mostrará en la Tablet los espesores según los colores asignados. (Fig. 46) es aquí donde el operador puede corregir los espesores, decidiendo donde se requiere volver aplicar shotcrete y donde ya no es necesario, según el espesor indicado por el área de Geomecánica.

Figura 49

Resultados según colores asignados



Fuente: Metal Mecánica S.A.

Figura 50

Resultados según colores

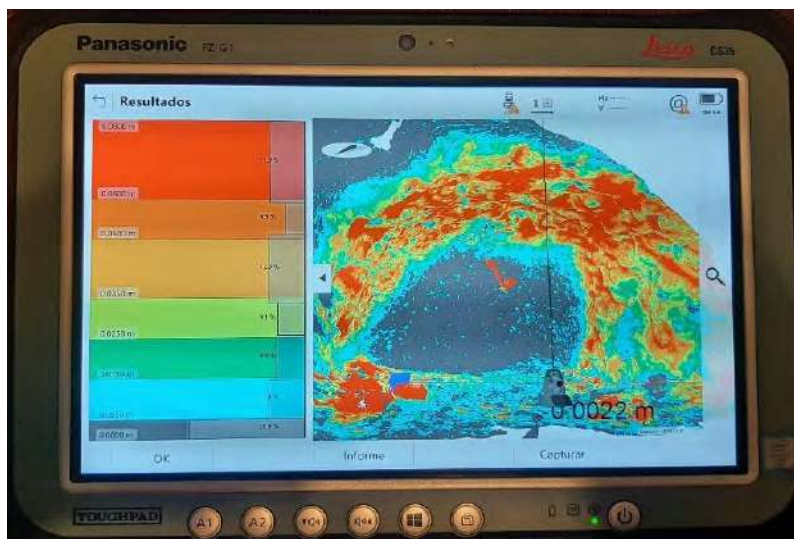


Fuente: Metal Mecánica S.A.

Paso 10: Nos ubicamos en la pantalla de visualización de espesores y presionando en el círculo en rojo indicado en la fig. I se puede visualizar la pantalla donde se observará el % de espesores logrados en el lanzado. (Fig. 45).

Figura 51

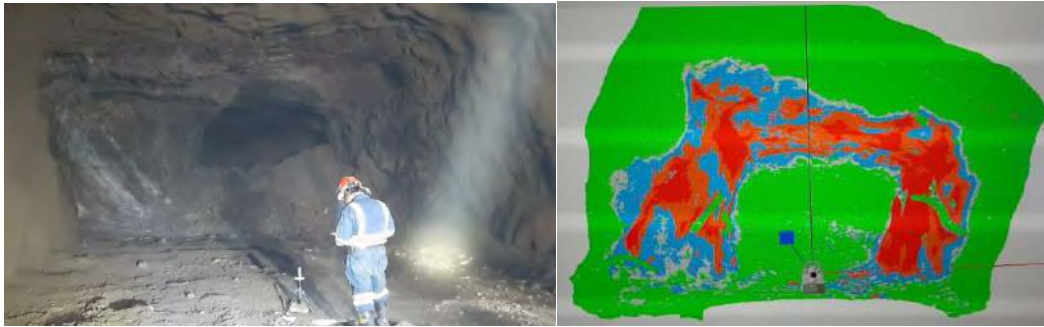
Resultados según colores



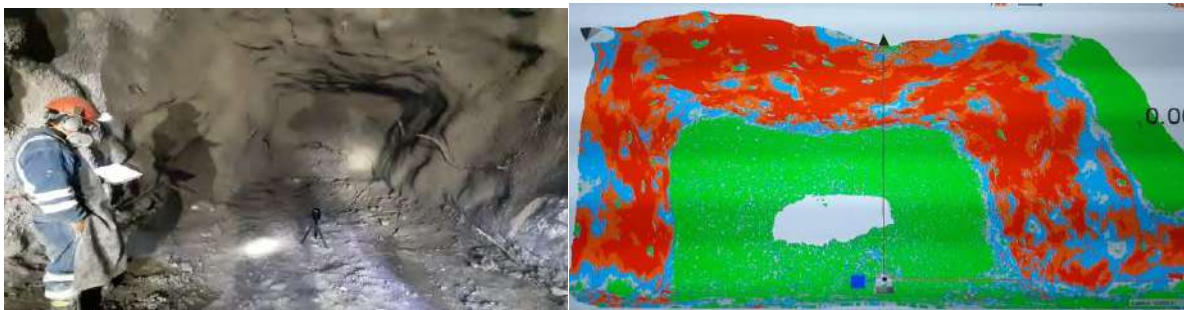
Fuente: Metal Mecánica S.A.

4.4. CALIDAD DE PROYECCION DEL SHOTCRETE

Uno de los beneficios del uso del escáner láser Geokret es el análisis del espesor del shotcrete en tiempo real, permitiendo la aplicación en zonas que no resultaron con el espesor deseado como se muestra en las siguientes imágenes:

Figura 52*Analisis de espesor**Fuente: Área Geomecanica U.M. Alpayana*

Según el código de colores, la siguiente proyección del Shotcrete presenta partes en las que el espesor no tiene una medida de 2", tomando las acciones correctivas del caso se necesita una segunda aplicación del Shotcrete para alcanzar la medida deseada:

Figura 53*Analisis de espesor**Fuente: Área Geomecanica U.M. Alpayana*

Luego de la segunda aplicación el escáner laser no muestra una mejor distribución del Shotcrete, llegando así al espesor deseado.

4.5. APLICACION DEL GEOKRET EN EL CALCULO DE MATERIAL DESPERDICIADO

Una de las herramientas del Geokret 2.0 es el análisis y cálculo del espesor del shotcrete como se muestra en la siguiente tabla:

Figura 54

Resultado del análisis de volumen del shotcrete



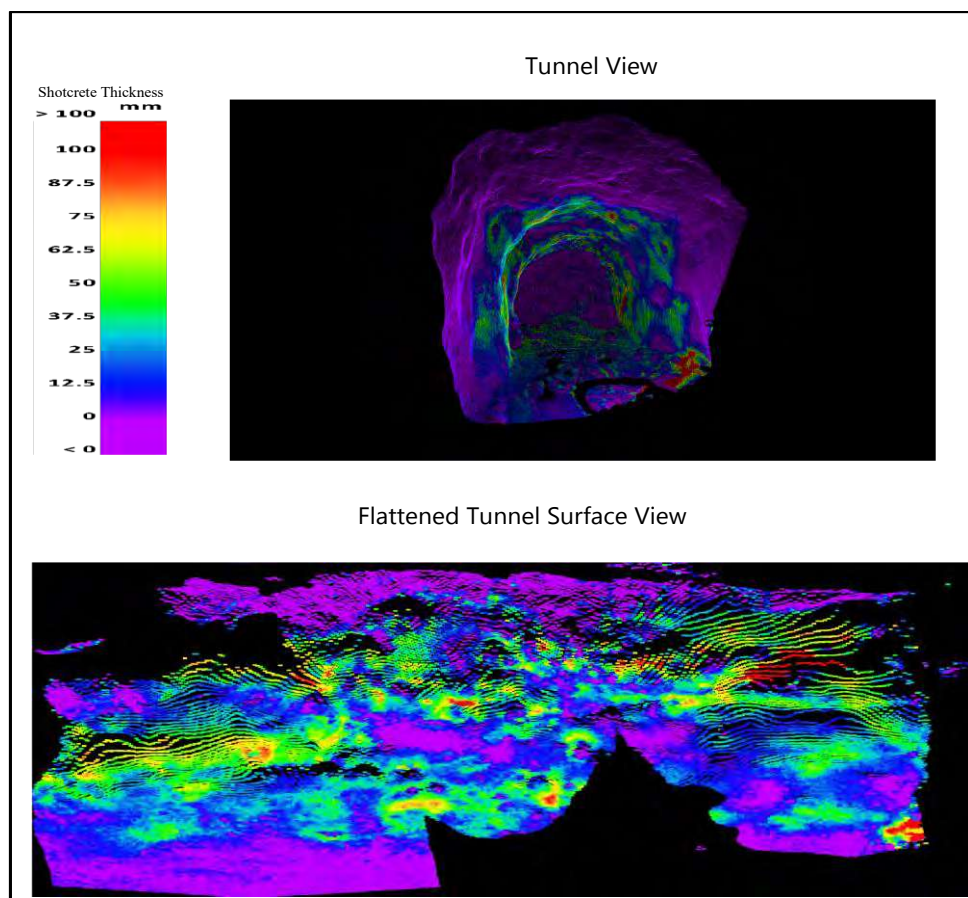
SHOTCRETE THICKNESS REPORT

<p>Site: Alpayana Location: Lima Date: 27 September 2019 Time: 15:11</p> <p>Shotcrete applied at: 0mm Average Thickness: 20mm Shotcrete Volume: 2.32m³</p>	<p>Tunnel Dimensions</p> <p>Length: 11.48m Width: 5.71m Height: 6.18m</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------

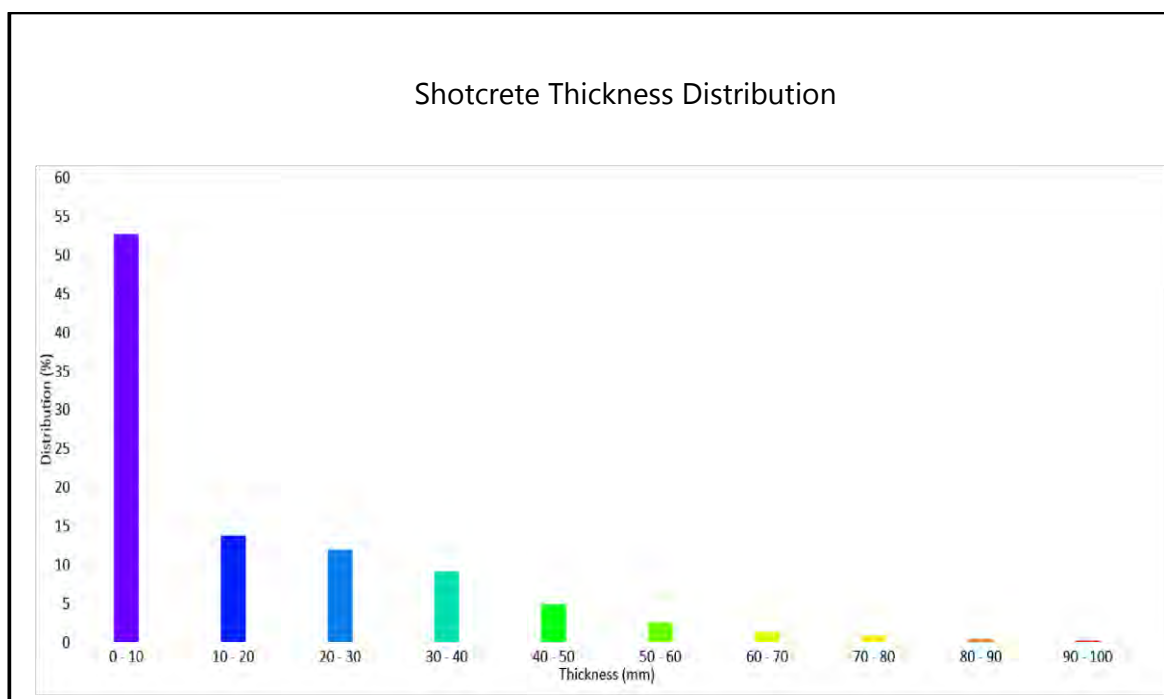
Fuente: Metal Mecánica S.A.

Figura 55

Análisis del volumen del Shotcrete



Fuente: Metal Mecánica S.A.

Figura 56*Análisis del volumen del shotcrete*

Fuente: Metal Mecánica S.A.

Como se puede observar en las imágenes, el escáner laser Geokret tiene la opción de generar reportes del volumen del shotcrete al final de la proyección. Facilitando así el cálculo del material desperdiciado.

Tabla 9*Registro de lanzado del Shotcrete con escáner laser*

FECHA	MES	GUAR DIA/TU RNO	HORA DE INICI O	HORA DE SALIDA	NIV EL	LABOR	FASE	ZONA	CUERPO	M 3	ESP ESO R	REB OTE %
20/09/2020	SETIEMBR E	NOCHE	03:45	04:22	20	RP(-) 468	PREPARACION	INTERMED IA	ESPERANZ A	4	2"	9
21/09/2020	SETIEMBR E	NOCHE	01:45	02:00	20A	RP(-) 468	PREPARACION	BAJA	ESPERANZ A	4	2"	10
22/09/2020	SETIEMBR E	DIA	02:35	15:50	20A	RP(-) 468	PREPARACION	BAJA	ESPERANZ A	8	2"	7
22/09/2020	SETIEMBR E	NOCHE	02:40	04:50	20	RP(-) 468	PREPARACION	BAJA	ESPERANZ A	8	2"	6
23/09/2020	SETIEMBR E	DIA	14:55	17:05	20	RP(-) 468	PREPARACION	BAJA	ESPERANZ A	8	2"	7
24/09/2020	SETIEMBR E	DIA	12:35	13:15	20	RP(-) 468	PREPARACION	BAJA	ESPERANZ A	4	2"	5
24/09/2020	SETIEMBR E	NOCHE	05:25	06:20	20	RP(-) 468	PREPARACION	BAJA	ESPERANZ A	8	2"	6

25/09/2020	SETIEMBR E	NOCHE	01:35	02:00	20	RP(-) 468	PREPARACION	BAJA	ESPERANZ A	4	2"	7
26/09/2020	SETIEMBR E	DIA	13:40	14:00	20	RP(-) 468	PREPARACION	BAJA	ESPERANZ A	4	2"	8
27/09/2020	SETIEMBR E	DIA	13:41	14:56	20	RP(-) 468	PREPARACION	BAJA	ESPERANZ A	8	2"	10
28/09/2020	SETIEMBR E	NOCHE	01:35	02:00	20	RP(-) 468	PREPARACION	BAJA	ESPERANZ A	4	2"	8
29/09/2020	SETIEMBR E	DIA	12:30	01:20	20	RP(-) 468	PREPARACION	BAJA	ESPERANZ A	4	2"	9
29/09/2020	SETIEMBR E	NOCHE	12:00	12:30	20	RP(-) 468	PREPARACION	BAJA	ESPERANZ A	4	2"	9
30/09/2020	SETIEMBR E	NOCHE	00:40	01:05	20	RP(-) 468	PREPARACION	BAJA	ESPERANZ A	4	2"	6

Fuente: Área de Geomecánica U.M. Alpayana

4.5.1. Eficiencia y rebote del shotcrete

Tabla 10

Eficiencia y rebote del Shotcrete

FECHA	REBOTE %	EFICIENCIA POR M ³ DE VOLUMEN DE SHOTCRETE EN M ² SOSTENIDO
20/09/2020	9	12.5
21/09/2020	10	12.5
22/09/2020	7	12.5
22/09/2020	6	12.5
23/09/2020	7	12.5
24/09/2020	5	12.5
24/09/2020	6	12.5
25/09/2020	7	12.5
26/09/2020	8	12.5
27/09/2020	10	12.5
28/09/2020	8	12.5
29/09/2020	9	12.5
29/09/2020	9	12.5
30/09/2020	6	12.5

Fuente: Área geomecánica U.M. Alpayana

4.6. BENEFICIOS EN SEGURIDAD DEL GEOKRET

- La aplicación del Shotcrete es más eficiente, corrige los errores en el espesor manteniendo un espesor mayor o igual al requerido, asegurando así el factor de seguridad en el sostenimiento
- Evita la exposición del personal al peligro.

CAPITULO V

ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. CUADRO COMPARATIVO DE RESULTADOS TÉCNICOS Y ECONÓMICOS

5.1.1. Cuadro comparativo de los resultados en el Rebote del Shotcrete

Como muestra la siguiente tabla, el rebote antes del uso del escáner laser no podía ser medido con exactitud, solo era posible determinar aproximaciones, no obstante, con el uso del escáner laser es posible un registro más preciso.

Tabla 11

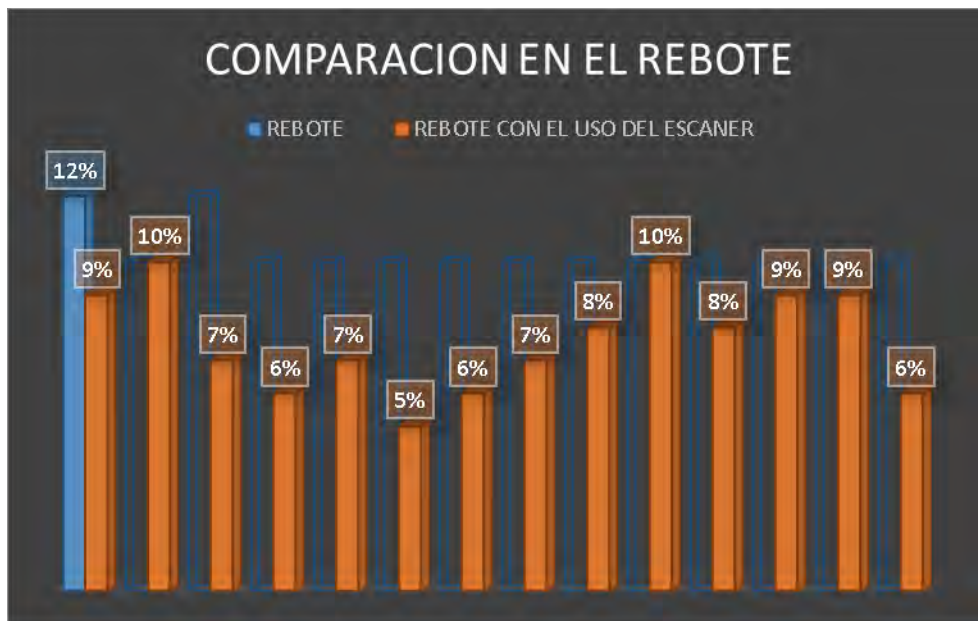
Comparación en el rebote

REBOTE SIN EL USO DEL ESCANER	REBOTE CON EL USO DEL ESCANER
12%	9%
10%	10%
12%	7%
10%	6%
10%	7%
10%	5%
10%	6%
10%	7%
10%	8%
10%	10%
10%	8%
10%	9%
10%	9%
10%	6%

Fuente: Área Geomecánica U.M. Alpayana

Figura 57

Comparación gráfica en el rebote



Fuente: Elaboración Propia

5.1.2. Eficiencia en metros cuadrados lanzados por metro cúbico de shotcrete

La aplicación del escáner laser permite el adiestramiento y mejora en la eficiencia del lanzamiento del shotcrete de los trabajadores, permitiendo un lanzamiento más preciso, evitando las zonas delgadas y las zonas con exceso de mezcla lanzada.

Tabla 12

Cuadro comparativo de eficiencia

EFICIENCIA SIN USO DE ESCANER	EFICIENCIA USANDO ESCANER
	GEOKRET 2.0
12.3 m ²	12.5m ²

Fuente: Elaboración Propia

Figura 58

Cuadro grafico comparativo en la eficiencia



Fuente: Elaboración Propia

5.2. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS ECONÓMICOS

La disminución en el rebote representa una disminución en los costos de la aplicación del Shotcrete como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 13

Promedio de rebote

Rebote Promedio	Rebote Usando Escaner Laser
10%	8%

Fuente: Elaboración Propia

Esto representa un 2% en promedio de material que no se desperdicia, lo que representa un ahorro de:

Tabla 14

Precio del 2% promedio

PRECIO UNITARIO S./ m ³	1,072.14
Precio del 2%	21.4428

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 15*Ahorro mensual y anual de costos*

M³ lanzados promedio/turno	24
Total de m³/mes	720
Costo de ahorro/m³ (2%)	s/ 21.44
Ahorro total/mes	s/ 15438.32
Ahorro anual	s/ 185265.79

Fuente: Elaboración Propia

CONCLUSIONES

- Mediante la aplicación del escáner laser Geokret 2.0 se logró una mejora importante en la calidad de proyección del Shotcrete de la rampa (-) 468 del Nv. 1 en la Unidad Minera Alpayana con el uso fácil y amigable del equipo que muestra las zonas de exceso y zonas de carencias, junto al software que realiza un análisis rápido y preciso que genera informes de la proyección del Shotcrete en espesor, volumen y secciones optimizando de esta manera todo el proceso
- Mediante la aplicación del escáner laser Geokret 2.0 se incrementa la seguridad de los trabajadores, minimizando su exposición al peligro como se incrementa la seguridad en el sostenimiento optimizando la eficiencia de lanzado del shotcrete.
- Mediante la aplicación del escáner laser Geokret 2.0 se logró una disminución en los costos del lanzado de shotcrete, reduciendo un 2% en promedio el rebote, logrando así un considerable ahorro.
- Mediante la aplicación del escáner laser Geokret 2.0 se logró un incremento en la eficiencia del lanzamiento del shotcrete de 12.3 metros cuadrados sostenidos con un metro cubico de shotcrete a 12.5 metros cuadrados sostenidos con un metro cubico de shotcrete.
- Mediante la aplicación del escáner laser Geokret 2.0 se logra un mejor adiestramiento del personal encargado de la aplicación del Shotcrete, corrigiendo errores al instante.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda al área de geomecánica la implementación del escáner laser Geokret 2.0 en la construcción de otras rampas, como la implementación en la construcción de cruceros o labores permanentes para una mejor eficiencia en el sostenimiento.
- Se recomienda la capacitación del uso del escáner laser Geokret 2.0 a todo el personal encargado de la aplicación del shotcrete.
- Se recomienda al área de geomecánica la adquisición de más unidades de este escáner laser para los diversos frentes de trabajo.
- Se recomienda al área de geomecánica la implementación del escáner laser Geokret 2.0 para la optimización de los costos de Shotcrete ya que este reduce el porcentaje de rebote y mejora la precisión

Referencias

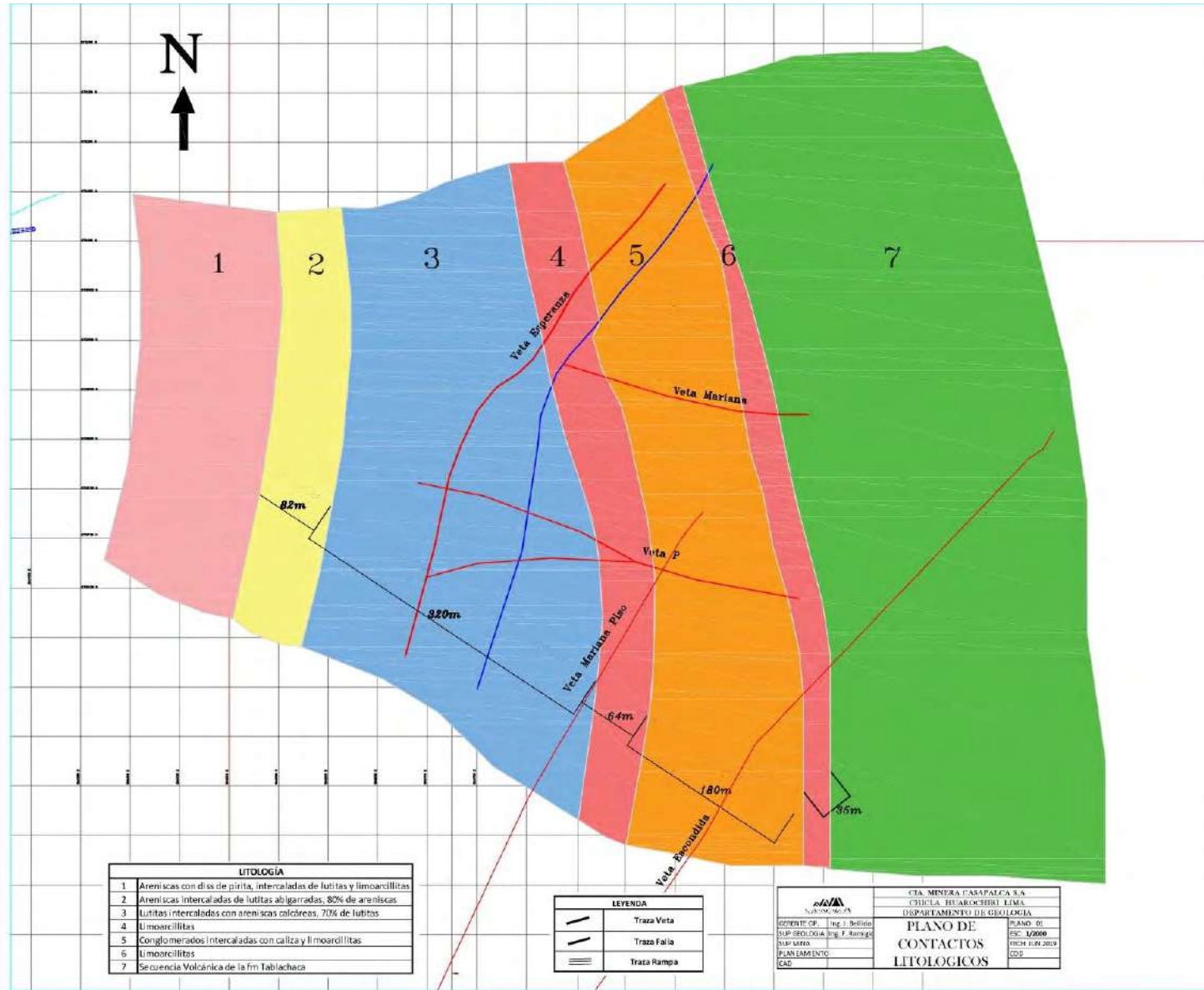
- Gonzales Rentería, M. E., & Muñoz Castañeda, V. H. (2017). *Estimación de la correlación entre la resistencia cilíndrica a la compresión y la velocidad de pulso ultrasónico en el concreto convencional*. Universidad señor de Sipan, Peru.
- Huachaca Huaman, A. P. (2017). *Programa de funcionamiento del robot Shotcrete Alpha 20 para mejorar su operatividad en la Empresa Robocon Servicios Sac Um San Cristobal*. Universidad Nacional de Centro del Peru, Huancayo. Obtenido de URI: <http://hdl.handle.net/20.500.12894/4917>
- Putzmeister Ibérica S.A. (s.f.). *Putzmeister*. Obtenido de <https://www.putzmeister.com/web/european-union/privacy-policy>
- Tang, Y., Sun, P., Zhang, H., & Zhao, R. (2000). Practical three-dimensional computer vision techniques for full-field surface measurement. 39(1). doi:10.1117/1.602345
- Vargas, V. A. (2016). *Caracterización de muestras de carbón, provenientes de la mina del cerrejón ubicada en el departamento de la guajira, utilizando la técnica de espectroscopía fotoacústica*. Universidad de La Guajira, Guajira.
- Viera Rodríguez, a. (2019). *Diseño de Metodología de trabajo para el escaneo con tecnología láser 3d, aplicada a la arquitectura patrimonial*. Universidad de la República, Uruguay.
- Yuchen, H., L., L., H. M. , S., & B. G. , P. (2000). Practical three-dimensional computer vision techniques for full-field surface measurement. *Optical Engineering*, 39(1).
- Hernandez-Sampieri, Roberto; Mendoza Torres, Christian Paulina (2019) “Metodología de la Investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta” mc graw hill education.
- Bieniaswski, Z T. (1995). “Classification of Rock Masses for Engineering:Principies and Practice. *Comprehensive Rock Engineering*” ed. J.A. Hudson.
- Hoek ET. AL. (1994), “Índice de resistencia geológica GSI, para clasificar a la masa rocosa, estimar la resistencia de la masa rocosa y el sostenimiento.”
- Carrasco, M. O. (2015). “Shotcrete: Guia chilena del hormigon Proyectado” (II ed.). Santiago: Instituto del Cemento y del Hormigon de Chile.
- Salinas, A (2020) “Procedimientos del uso del escáner Geokret 2.0” Metal Tecnica S.A.C. Maquinarias y Servicios.
- muñoz Bravo, Kleiber Humberto (2019) “Propuesta De Mejoramiento En El Sistema De Sostenimiento Mediante Shotcrete Vía Húmeda En Sección Cuerpos Zona Alta – Compañía Minera Casapalca – Huarochiri – Lima” Tesis - Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

ANEXOS

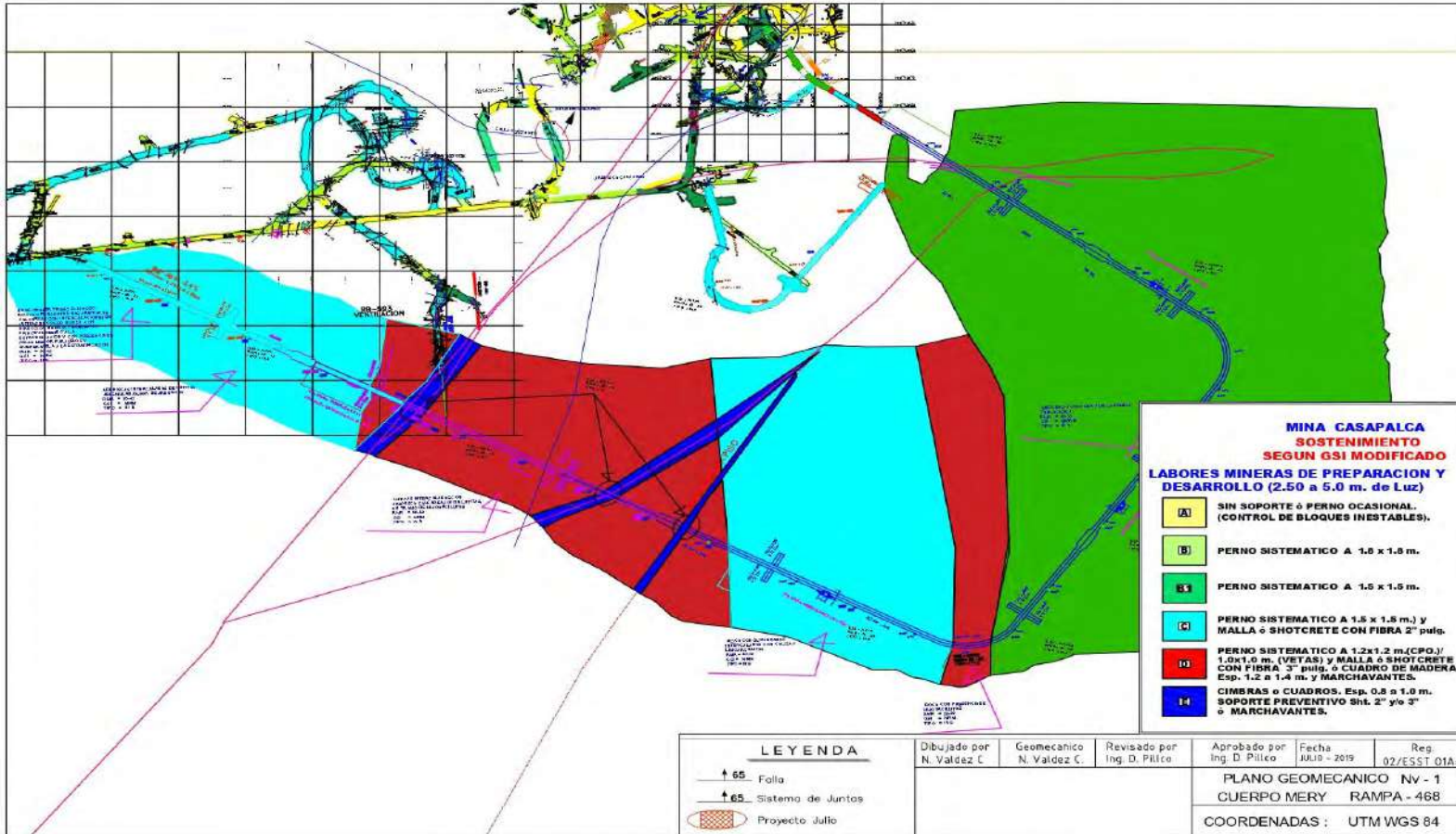
ANEXO 1: Matriz de consistencia

Matriz de Consistencia					
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Tipo de Investigación	Variable Independiente	Dimensiones
¿En qué medida la aplicación del escáner laser Geokrert 2.0 en el lanzamiento con shocrete mejora el sostenimiento en la Rampa (-)468 de la UM Alpayana?	Aplicar el escáner laser Geokrert 2.0 en el lanzamiento con shocrete para mejorar el sostenimiento en la Rampa (-)468 de la UM Alpayana	Con la aplicar el escáner laser Geokrert 2.0 en el lanzamiento con shocrete se mejora el sostenimiento en la Rampa (-)468 de la UM Alpayana	Cuantitativo Correlacional	Aplicación del escáner Laser Geokret 2.0 en el lanzamiento de Shotcrete	Parámetros de Diseño Costos Operativos Parámetros de Seguridad Precisión del laser
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Especificas	Diseño de Investigación	Variable Dependiente	Dimensiones
<p>¿Cómo son los parámetros de diseño utilizando el escáner laser Geokrert 2.0 en el lanzamiento con shocrete para mejorar el sostenimiento en la Rampa (-)468 de la UM Alpayana?</p> <p>¿Cuáles son los costos operativos utilizando el escáner laser Geokrert 2.0 en el lanzamiento con shocrete para mejorar el sostenimiento en la Rampa (-)468 de la UM Alpayana?</p> <p>¿Cuáles son los parámetros de seguridad utilizando el escáner laser Geokrert 2.0 en el lanzamiento con shocrete para mejorar el sostenimiento en la Rampa (-)468 de la UM Alpayana?</p>	<p>Determinar los parámetros de diseño utilizando el escáner laser Geokrert 2.0 en el lanzamiento con shocrete para mejorar el sostenimiento en la Rampa (-)468 de la UM Alpayana</p> <p>Determinar los costos operativos utilizando el escáner laser Geokrert 2.0 en el lanzamiento con shocrete para mejorar el sostenimiento en la Rampa (-)468 de la UM Alpayana</p> <p>Determinar los parámetros de seguridad utilizando el escáner laser Geokrert 2.0 en el lanzamiento con shocrete para mejorar el sostenimiento en la Rampa (-)468 de la UM Alpayana</p>	<p>Con la determinación de los parámetros de diseño utilizando el escáner laser Geokrert 2.0 en el lanzamiento con shocrete se mejora el sostenimiento en la Rampa (-)468 de la UM Alpayana</p> <p>Con el cálculo de los costos operativos utilizando el escáner laser Geokrert 2.0 en el lanzamiento con shocrete mejora el sostenimiento en la Rampa (-)468 de la UM Alpayana</p> <p>Los parámetros de seguridad utilizando el escáner laser Geokrert 2.0 en el lanzamiento con shocrete mejora el sostenimiento en la Rampa (-)468 de la UM Alpayana</p>	experimental	No Mejoramiento del sostenimiento de la rampa (-) 468	Eficiencia en el espesor Mejora de la seguridad Reducción de costos Mejora del factor de seguridad

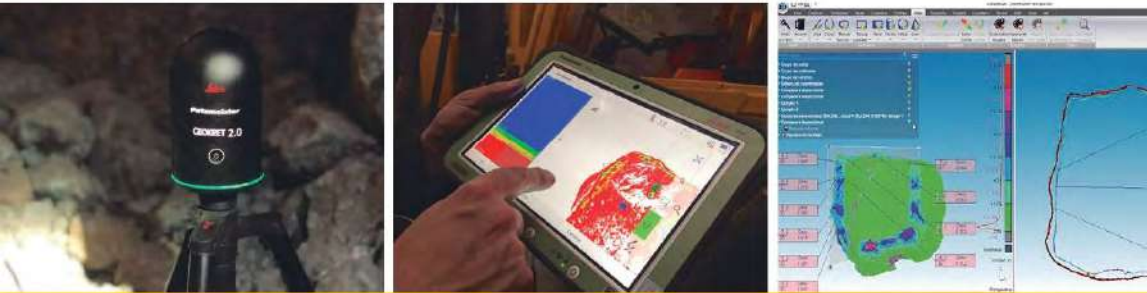
ANEXO 2: CONTACTOS LITOLÓGICOS RP 468 NV 1 - NV.4



ANEXO 3: Zonificación Geomecanica de la RP 468 Nv. 2



ANEXO 4: Putzmeister: Información del Geokret 2.0



Geokret 2.0

Solución completa para la aplicación inteligente de shotcrete

Solución completa

Desarrollado junto con Leica Geosystems



Geokret app integrada en una robusta tablet

Putzmeister Geokret es una aplicación especialmente diseñada para realizar escaneos de shotcrete de manera fácil e intuitiva en obra, en unos pocos clicks. Se integra en una robusta tablet idónea para los duros ambientes subterráneos en los que trabajará.

- Fácil e intuitivo uso
- Personalización de mediciones
- Descarga de informes
- Salidas USB y HDMI
- Acceso directo desde el Escritorio a la app Geokret
- Tablet de alta resistencia con IP65 y sistema operativo Windows
- Comunicación via Wifi y Bluetooth al láser



Escáner láser 3D

Montado sobre su equipo robotizado para shotcrete o en el trípode incorporado, podrá hacer escaneos 3D de alta resolución de hasta 360° o acotar al frente que precise.

- El equipo más pequeño de mercado: 1kg, 165 mm de altura, x 100 mm de diámetro
- Alcance de 60 m
- Escaneos en tan solo 60 seg, no interfiere en el ciclo de trabajo
- Transmisión via Wifi o Bluetooth a la tablet
- Funda de protección incorporada



Licencia Software 3DReshaper

Con la licencia única del potente software 3DReshaper podrá realizar análisis e informes exhaustivos sobre sus mediciones.

- Cálculo de cubitajes y rebotes
- Análisis por secciones
- Comparativas
- Descarga en PDF
- Geolocalización de sus mediciones
- Informes personalizados y representaciones gráficas



Accesorios

- Funda protectora del láser
- Trípode
- Baterías
- Cargadores
- Maletín de transporte



Putzmeister y Leica Geosystems, soluciones avanzadas e inteligentes

Putzmeister cuenta con más de 30 años de experiencia en shotcrete en túneles y minas subterráneas alrededor de todo el mundo. Nuestros equipos robotizados para shotcrete garantizan una proyección robotizada de alta seguridad para el operador con una calidad del acabado profesional.

Leica Geosystems, empresa suiza reconocida por sus productos de alta calidad y el desarrollo de soluciones innovadoras, para capturar, analizar y presentar datos geoespaciales inteligentes, lleva revolucionado al mundo de la medición y topografía desde hace casi 200 años.

Geokret 2.0 une la experiencia en shotcrete en ambientes subterráneos de Putzmeister con la tecnología de Leica, logrando una aplicación de shotcrete inteligente, eficiente y segura.

Desarrollado junto con:

Leica
Geosystems

Aplicación inteligente de shotcrete



Incremento en la seguridad del sostenimiento. Sabrá al momento el estado real de su proyección.



Ahorro de costes ya que podrá medir exactamente su desperdicio de material.



Mejora de la calidad de la proyección. Conoce las zonas de exceso y carencias de material y optimiza la proyección.



Aplicación Geokret de fácil uso y diseño amigable, para centrarse en lo importante, su proyección de shotcrete.



Escaneeo de hasta 360° de la galería en tan solo 60 sg, sin ralentizar el ciclo normal de trabajo, con un alcance de 60 m y muy preciso (garantizamos un error de solo 1 mm).



Transmisión de información sin cables: flexibilidad de posicionamiento del láser.



Potente software para análisis exhaustivo de los datos recabados en sus proyecciones de hormigón. Compare, analice y optimice.



Generación de informes personalizados y descargables: espesores, volúmenes, secciones.



Desarrollado junto con Leica del grupo Hexagon, empresa líder en el mundo de la medición, con presencia y soporte postventa en todo el mundo.



” Solución completa para aplicación inteligente de shotcrete en ambientes subterráneos ”

ANEXO 5: planta de producción nivel 14 minera casapalca





ANEXO 6: planta de producción nivel 1

