

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**“Evaluación geomecánica para mejora del sostenimiento aplicado en la
rehabilitación del Pique Central, unidad de acumulación
Yauricocha - 2022”**

Tesis para optar el título profesional de:
Ingeniero de Minas

Presentado por:
Bach. Ramirez Huaña Kevin Roy

Asesor:
Ing. Miguel Prado Arones

Ayacucho - Perú

2024

DEDICATORIA

El presente informe está dedicado a Dios, por culminar mi carrera de manera satisfactoria y emprender en el rubro minero, a mis padres quienes me han apoyado y brindado el máximo soporte y ha sido para mí un gran ejemplo de trabajo y esfuerzo brindándome su apoyo y sus consejos para ser de mí una mejor persona, a Rocio taipe cabezas por su gran apoyo en todo momento, a mis hermanos por sus palabras y su compañía, a los ingenieros que me encaminaron con su aprendizaje y me brindaron su experiencia de esta difícil y hermosa carrera de Ingeniería de Minas.

Agradezco a mis compañeros y amigos, tanto actuales como pasados, por haber compartido desinteresadamente sus conocimientos, experiencias y emociones, contribuyendo así a mi desarrollo como un destacado profesional y líder en el sector

AGRADECIMIENTO

A la UNSCH, por brindarnos sus aulas y compartir años de esfuerzo y lucha por brindarnos conocimiento a través de los docentes de grandes trayectorias.

Quiero agradecer a la empresa minera LOS ANDES CS SAC por confiar en mí para llevar a cabo el proyecto de rehabilitación de los Piques Central y Mascota, lo cual ha sido fundamental para el desarrollo de esta tesis.

A los ingenieros Edwin Huaytalla Bautista, Joee Lopez Pavis y muchos ingenieros más que desde el inicio del proyecto me apoyaron en ser una buena persona, un profesional de acuerdo a la competitividad del mundo actual.

A la Compañía Minera Corona de Sierra Metals por acogernos en sus labores y aprender de ellos y de interactuar diario para mejorar las condiciones y llevar una impecable labor. A los grandes ingenieros que laboran en Corona por brindar sus palabras emotivas tanto operacional como profesional.

RESUMEN

El propósito principal de este estudio es analizar la geomecánica del Pique Central con el objetivo de mejorar su sostenibilidad durante la investigación en la Unidad de Acumulación Yauricocha de Sociedad Minera Corona SA en 2023.

Los objetivos específicos incluyen evaluar la subsidencia del pique central durante su rehabilitación, determinar el estado de los cuadros de sostenimiento, analizar cómo la geomecánica influye en el transporte de personal y materiales, y evaluar el sistema de izaje según las condiciones geomecánicas del pique central.

La hipótesis principal sostiene que la evaluación geomecánica impacta en el sustento del pique central durante su rehabilitación. Las hipótesis secundarias abordan la influencia de la subsidencia en el sostenimiento, el estado de los cuadros en la rehabilitación, la mejora en el transporte y la influencia del sistema de izaje.

Se utilizó un método de investigación No Experimental Transaccional con enfoque descriptivo y correlacional, enfocándose en el Pique Central de la Unidad de Acumulación Yauricocha.

Concluyendo, los resultados indican que la evaluación geomecánica fue crucial en el sostenimiento del Pique Central durante su rehabilitación, con un factor de seguridad de 1.5. Se evaluó el macizo rocoso para llegar a esta conclusión, considerando el modelo geomecánico y las condiciones del pique central.

Palabras clave: modelo geomecánico, pique, sostenimiento, factor de seguridad

ABSTRACT

The main purpose of this study is to analyze the geomechanics of the Central Shaft with the aim of improving its sustainability during the investigation at Sociedad Minera Corona SA's Yauricocha Accumulation Unit in 2023.

The specific objectives include evaluating the subsidence of the central shaft during its rehabilitation, determining the state of the support frames, analyzing how geomechanics influences the transportation of personnel and materials, and evaluating the lifting system according to the geomechanical conditions of the central shaft.

The main hypothesis maintains that the geomechanical evaluation impacts the support of the central shaft during its rehabilitation. The secondary hypotheses address the influence of subsidence on support, the state of the frames in rehabilitation, the improvement in transportation, and the influence of the lifting system.

A Non-Experimental Transactional research method was used with a descriptive and correlational approach, focusing on the Central Shaft of the Yauricocha Accumulation Unit.

In conclusion, the results indicate that the geomechanical evaluation was crucial in supporting the central shaft during its rehabilitation, with a safety factor of 1.5.

The rock mass was evaluated to reach this conclusion, considering the geomechanical model and the conditions of the central shaft.

Keywords: geomechanical model, shaft, support, safety factor

INDICE

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
INDICE DE TABLAS	11
INDICE DE ILUSTRACION	14
INDICE DE ANEXOS	16
INTRODUCCIÓN	17
CAPITULO I	19
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	19
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	19
1.2.1. Problema General.....	19
1.2.2. Problemas Específicos	20
1.3. FORMULACIÓN DE OBJETIVOS	20
1.3.1. Objetivo General.....	20
1.3.2. Objetivos Especificos.....	20
1.4. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	21
1.4.1. Hipótesis General	21
1.4.2. Hipótesis Específicos.....	21
1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	21
1.5.1. Importancia.	22
1.6. LIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	22
1.7. ALCANCE	22
1.8. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	22

1.8.1.	Variable Independiente.....	22
1.8.2.	Variable Dependiente:	22
1.8.3.	Operacionalización de las Variables.....	23
CAPITULO II		24
MARCO TEORICO		24
2.1.	ANTECEDENTES NACIONALES	24
2.2.	ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	28
2.3.	BASES TEÓRICAS	31
2.4.	TÉRMINOS BÁSICOS.....	39
CAPÍTULO III		41
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		41
3.1.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	41
3.1.1.	Tipo.....	41
3.1.2.	Diseño de la investigación	41
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	42
3.2.1.	Población	42
3.2.2.	Muestra.....	42
3.3.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	42
3.3.1.	Técnicas	42
3.3.2.	Trabajo de Gabinete	42
3.3.3.	Instrumentos	42
3.4.	CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN	42
CAPÍTULO IV		44
CARACTERIZACIÓN DEL ÁMBITO DEL ESTUDIO		44

4.1.	ASPECTOS GENERALES DE UNIDAD MINERA YAURICOCHA	44
4.1.1.	Ubicación	44
4.1.2.	Accesibilidad	44
4.1.3.	Clima y Vegetación	46
4.2.	GEOLOGÍA	46
4.2.1.	Geología Regional	46
4.2.2.	Geología Estructural	47
4.2.3.	Geología Local	49
4.2.3.1.	Unidad estratigráfica	49
4.2.3.2.	Roca intrusiva	49
4.2.3.3.	Estructuras locales	49
4.2.4.	Mineralización	52
4.3.	DESCRIPCIÓN DEL PIQUE CENTRAL	52
4.4.	CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA DEL ENTORNO AL PIQUE	55
4.4.1.	Alineamiento del pique central por efectos de la subsidencia.	57
4.4.2.	Esfuerzos del macizo rocoso	57
4.4.3.	Mapeo Geomecánico	58
4.4.4.	Cálculo de discontinuidades	60
4.5.	EVALUACIÓN GEOMECÁNICA	61
4.6.	CÁLCULO DEL R.M.R.	62
4.6.1.	Índice R.M.R.	63
4.6.2.	Cálculo del RQD por estaciones de medición	66
4.6.3.	Valoración R.M.R.	67
4.6.4.	Sostenimiento a aplicar	69
4.6.5.	Cálculo del Factor de Seguridad	71
4.7.	TIPOS DE SOSTENIMIENTO ACTIVO	72

4.7.1.	Sostenimiento con Pernos Helicoidales.....	72
4.7.2.	Sostenimiento con Split Set.....	72
4.7.3.	Sostenimiento con Pernos de Anclaje de Fricción Hydrabolt.....	73
4.8.	TIPOS DE SOSTENIMIENTOS PASIVOS	73
4.8.1.	Sostenimiento con Madera.....	73
4.8.2.	Sostenimiento con Cimbras Metálicas	74
4.8.3.	Sostenimiento con concreto lazado o shotcrete.....	75
4.9.	SISTEMA DE SEGURIDAD PARA REHABILITACIÓN DEL PIQUE CENTRAL.....	75
4.9.1.	Alcance	76
4.9.2.	Elaboración de línea de base del sistema de gestión de la seguridad	76
4.9.3.	Objetivos y metas.....	76
4.9.4.	Identificación de peligros y evaluación de riesgos laborales y mapa de riegos. 76	
4.9.5.	Capacitación en seguridad y salud en el trabajo.	76
4.9.6.	Plan de contingencias.....	77
4.9.7.	Gestión de seguridad	77
4.9.8.	Control de riesgos críticos.....	78
4.9.9.	Indicadores de seguridad.	81
4.10.	REHABILITACIÓN DEL PIQUE CENTRAL	86
4.10.1.	Inspección del Pique Central.....	86
4.10.2.	Mejora del Sostenimiento	101
4.10.3.	Tipo de Sostenimiento de Rehabilitación	102
4.10.4.	Ciclo de Sostenimiento de Rehabilitación	103
4.10.5.	Desaforrado de cuadro y limpieza	104
4.10.6.	Sostenimiento con perno helicoidal.....	105
4.10.7.	Cable Bolting	105
4.10.8.	Shotcrete.....	107

4.10.9. Viga H	107
4.10.10. Cuadros Reforzado Brackets	108
4.10.11. Encostillado	108
CAPÍTULO V	109
5.1. RESULTADOS	109
5.2. DISCUSIÓN	111
5.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS	111
CONCLUSIONES	113
RECOMENDACIONES	114
BIBLIOGRAFÍA	115
ANEXOS	118

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de las variables	23
Tabla 2: Resistencia de Roca	35
Tabla 3: Discontinuidades.....	36
Tabla 4: Estructura de Testigo	37
Tabla 5: Índice calidad de roca	38
Tabla 6: Elaboración de diagrama gant	43
Tabla 7: Accesibilidad	44
Tabla 8: Ubicación de la mina.....	45
Tabla 9: Geología regional.....	48
Tabla 10: Contacto con Brecha	54
Tabla 11: Caracterización Geomecánica.....	55
Tabla 12: Dirección de Subsistencia	56
Tabla 13: Conos de subsidencia.....	56
Tabla 14: Aplomado Pique Central	57
Tabla 15: Esfuerzos Macizo Rocoso	57
Tabla 16: Esfuerzo Vertical	58
Tabla 17: Celda 01 – Nv 360	58
Tabla 18: Celda 02 – Nv 410	59
Tabla 19: Celda 03 – Nv 465	59
Tabla 20: Celda 04 -Nv 520	59
Tabla 21: Estación 01 – Nv 360	60
Tabla 22: Sets de discontinuidades	60
Tabla 23: Estación 02 – Nv 410	60
Tabla 24: Sets de discontinuidades	60
Tabla 25: Estación 03 – Nv 465	61

Tabla 26: Sets de discontinuidades	61
Tabla 27: Estación 04 Nv - 520.....	61
Tabla 28: Sets de discontinuidades	61
Tabla 29: Calidad de Rocas según la Geomecanica.....	62
Tabla 30: Resistencia del Material Rocoso.....	63
Tabla 31: Calidad de la Roca.....	64
Tabla 32: Esparcimiento de las Continuidades.....	64
Tabla 33: Hendidura de las caras de la discontinuidad	64
Tabla 34: Continuidad o permanencia de la discontinuidad	64
Tabla 35: Rugosidad.....	65
Tabla 36: Cambios de la discontinuidad	65
Tabla 37: Relleno de las discontinuidades	65
Tabla 38: Condiciones del Agua Subterránea	65
Tabla 39: Calculo RQD 01	66
Tabla 40: Calculo RQD 02	66
Tabla 41: Calculo RQD 03	66
Tabla 42: Calculo RQD 04	67
Tabla 43: Resumen RQD.....	67
Tabla 44: Valoración RMR 01-Nv 360	67
Tabla 45: Valoración RMR 02-Nv 410	68
Tabla 46: Valoración RMR 03-Nv 465	68
Tabla 47: Valoración RMR 04-Nv 520	69
Tabla 48: Cartilla geomecánica GSI	69
Tabla 49: Resultados RMR 01.....	70
Tabla 50: Resultados RMR 02.....	70
Tabla 51: Resultados RMR03.....	70

Tabla 52: Resultados RMR 04.....	71
Tabla 53: Factor de seguridad Protodiakonov	71
Tabla 54: Factor de seguridad Terzaghi	71
Tabla 55: objetivos y metas por seguridad	76
Tabla 56: resumen por seguridad del año 2022.	81
<i>Tabla 57: Índice de frecuencia.....</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 58: Índice de severidad.....</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 59: Índice de accidentabilidad.....</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 60: Análisis de accidente año 2022.</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 61: Horas hombre trabajadas año 2022.</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 62: Horas hombre capacitados.</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 63:Resumen de Inspecciones.....</i>	<i>85</i>
Tabla 64: Capacidad de pernos.....	105
Tabla 65: Capacidad de cable bolting.....	106
Tabla 66: RQD Final	109
Tabla 67: Valoración RMR.....	109
Tabla 68:Valoración RMR.....	109
Tabla 69: Sostenimiento a Aplicar	110
Tabla 70: Aplicación de sostenimiento	110
Tabla 71:Aplomado de pique	111
Tabla 72: Evaluación 1 y 2.....	111
Tabla 73: Prueba T de Student.....	112
Tabla 74: Validez	112

INDICE DE ILUSTRACION

Ilustración 1: Split set.....	73
Ilustración 2: Sostenimiento con cimbras metálicas	74
Ilustración 3: Zona de relleno.....	87
Ilustración 4: Apertura cónica	88
Ilustración 5: Proyección topográfica	88
Ilustración 6: Pique central.....	89
Ilustración 7: Compartimiento de piques (cable bolting)	90
Ilustración 8: Cámara de pique (Perfil)	90
Ilustración 9: Distancias de Bearing set.....	91
Ilustración 10: Sección transversal de Bearing set	92
Ilustración 11: Enfierrado de Bearing set.....	92
Ilustración 12: Pernos de anclaje	93
Ilustración 13: Aplicación de pernos	93
Ilustración 14: Vista en planta de los pernos de anclaje	93
Ilustración 15: Aplicación de shotcrete	94
Ilustración 16: Aplicación concreto y viga	94
Ilustración 17: Aplicación de Bearing set y Viga	95
Ilustración 18: Nivel cero – superficie:	96
Ilustración 19: Inspección 01	96
Ilustración 20: Inspección 02	97
Ilustración 21: Inspección 03	98
Ilustración 22: Inspección 04	98
Ilustración 23: Inspección 05	99

Ilustración 24: Inspección 06	99
Ilustración 25: Inspección 06	100
Ilustración 26: Inspección 07	100
Ilustración 27:Rehabilitación Pique	101
Ilustración 28: Castillo Pique Central	102
Ilustración 29: Cuadros a instalar sostenimiento	103
Ilustración 30: Actividades Rehabilitación.....	104
Ilustración 31: Desaforrado de cuadros	104
Ilustración 32: Sostenimiento perno.....	105
Ilustración 33: Instalación Cable Bolting	106
Ilustración 34: Lanzado Shotcrete	107
Ilustración 35: Instalación H.....	108
Ilustración 36: Instalación de Brackets	108
Ilustración 37: Rehabilitación de encostillado y escaleras	108

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Pique Central	118
Anexo 2: Condiciones Pique Central	118
Anexo 3: Matriz de consistencia	119
Anexo 4: Tapón de seguridad.....	120
Anexo 5: Tapón deflector	120
Anexo 6: Vista en planta cuadro	121
Anexo 7: Brackets.....	121
Anexo 8: Shotcrete	122
Anexo 9: Perforación	122
Anexo 10: Vigas H	122
Anexo 11: Coordinación por seguridad los andes y sociedad minera corona.	123
Anexo 12: IPERC Continuo	123
Anexo 13: Procedimientos de trabajo	124

INTRODUCCIÓN

Este trabajo realizado en la unidad minera titulado "Evaluación geomecánica para mejora del sistema de sostenimiento en la rehabilitación del Pique Central, Unidad de Acumulación Yauricocha – 2022" surgió como respuesta a los desafíos encontrados en las operaciones con el objetivo de garantizar la permanencia en la vida de la mina en el Pique Central durante su rehabilitación. Se determinaron que era necesario llevar a cabo una evaluación geomecánica para mejorar el sostenimiento aplicado en la rehabilitación de dicho pique.

En ese sentido la importancia de evaluar el macizo rocoso determina qué tipo de sostenimiento se debe de aplicar por cada nivel o cuadro a rehabilitar considerando que las condiciones geomecánicas son variables y aún más cuando los tipos de rocas son de mala calidad o presentan fracturas y presencia de agua.

Un pique es una labor importante dentro de las operaciones mineras por tanto las buenas condiciones de estas labores determinaran la eficiencia en las operaciones, lo complicado está en mantener que estas condiciones se mantengan en el tiempo considerando algunos factores como el tipo de sostenimiento puedan fatigarse o fallar y complicar su permanencia, además el estandarizar en un solo tipo de sostenimiento en el pique también hace inviable ya que el entorno del macizo rocoso sufre alteración de intemperismo lo que requieren usar otros insumos de sostenimiento.

El presente estudio se estructuró en capítulos los cuales describen las etapas de la investigación:

Capítulo I: En esta etapa abordamos la exposición del problema actual, con el que planteamos el problema principal, así como los problemas secundarios, la hipótesis general y las específicas, y los objetivos. También se abordaron aspectos relacionados como es la etapa de justificación, además de la importancia de la investigación, cuáles

fueron las limitaciones de la investigación y el alcance de la investigación.

Capítulo II: Se enfocó en buscar y revisar antecedentes a nivel nacional e internacional, además de explorar las bases teóricas que sustentan el estudio.

El Capítulo III: Proporciona una descripción detallada de la metodología empleada en el desarrollo de la investigación.

El Capítulo IV: Presenta como se caracteriza del entorno donde se desarrolló la investigación, cuáles fueron las particularidades de la mina involucrada además una descripción pormenorizada de todo el desarrollo investigativo, incluyendo

las fechas de desarrollo de actividades, entre otros.

Finalmente, en el Capítulo V se exponen los resultados obtenidos durante el desarrollo de la investigación.

Después de estos capítulos se incluyen las conclusiones, las recomendaciones.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la Realidad Problemática

La presente investigación tiene como objetivo argumentar que es necesario evaluar el Pique Central para mejorar su sostenimiento durante la rehabilitación, garantizando así una vida útil prolongada de este trabajo mediante la implementación de nuevas tecnologías de sostenimiento, tanto pasivas como activas, en el mantenimiento y rehabilitación de estas labores.

La empresa minera, Sociedad Minera Corona S.A. está evaluando la condición del Pique Central, ya que se encuentra en condiciones subestándares que deben ser identificadas, evaluadas y abordadas durante el proceso de rehabilitación. La principal razón detrás de esta rehabilitación es la necesidad de la mina de seguir produciendo minerales de los niveles inferiores.

La Unidad Minera depende en gran medida de las labores de extracción a través de los piques de forma vertical, por lo tanto, es crucial mantener en condiciones estándar los piques como el Mascota, el Pique Central, el Cachi Cachi y el Yauricocha para asegurar la extracción continua de minerales a medida que estos se encuentren a mayores profundidades con el tiempo.

Es importante mencionar que el Pique Yauricocha está construido dentro de un macizo rocoso competente, lo que facilita las condiciones adecuadas para llevar a cabo la rehabilitación del Pique Central.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿La operatividad del pique no ofrece el normal servicio que debe cumplir en las operaciones mineras en la Unidad de Acumulación Yauricocha – 2022?

1.2.2. Problemas Específicos

¿De qué manera influye la subsidencia en el sostenimiento del pique central en su rehabilitación, Unidad de Acumulación Yauricocha – 2022?

¿De qué manera influye la condición de los elementos de cuadros de sostenimiento del pique central en su rehabilitación, Unidad de Acumulación Yauricocha – 2022?

¿El servicio de transporte de personales y materiales sufre constantes deterioros en la Unidad de Acumulación Yauricocha – 2022?

¿El sistema de izaje sufre paradas imprevistas en el manejo de control en la casa winche en la Unidad de Acumulación Yauricocha – 2022?

1.3. Formulación de Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- ✓ Evaluar la condición geomecánica para mejorar el sostenimiento del pique central en su rehabilitación, Unidad de Acumulación Yauricocha – 2022

1.3.2. Objetivos Específicos

- ✓ Evaluar la subsidencia del pique central en su rehabilitación, Unidad de Acumulación Yauricocha – 2022.
- ✓ Determinar la condición de los cuadros del sostenimiento del pique central en su rehabilitación, Unidad de Acumulación Yauricocha – 2022.
- ✓ Determinar cómo la evaluación geomecánica influye en la mejora de transporte de personales y materiales en la Unidad de Acumulación Yauricocha – 2022.
- ✓ Evaluar el sistema de izaje de acuerdo a las condiciones geomecánicas del

pique central en la Unidad de Acumulación Yauricocha – 2022.

1.4. Formulación de Hipótesis

1.4.1. Hipótesis General

- ✓ La evaluación geomecánica facilitará a la rehabilitación del pique central en la Unidad de Acumulación Yauricocha – 2022.

1.4.2. Hipótesis Específicos

- ✓ La subsidencia del macizo rocoso influye en el sostenimiento del pique central en su rehabilitación, Unidad de Acumulación Yauricocha – 2022.
- ✓ La condición de los cuadros de sostenimiento del pique central influye en su rehabilitación, Unidad de Acumulación Yauricocha – 2022.
- ✓ La evaluación geomecánica influye en la mejora de transporte de personales y materiales en la Unidad de Acumulación Yauricocha – 2022.
- ✓ El sistema de izaje del pique central influye en la evaluación geomecánicas en la Unidad de Acumulación Yauricocha – 2022.

1.5. Justificación e Importancia de la Investigación

Actualmente en la Unidad de Acumulación Yauricocha - Sociedad Minera Corona S.A. - la extracción se realiza a través de piques, que incluyen el Pique Mascota que se encuentra en el Nv. 720 al Nv. 1120, además del Pique Central que se encuentra en el Nv. 260 al Nv. 990, además tiene el Piqué Cachi Cachi que se encuentra en el Nv. 720 al Nv. 900. Con el paso de los años, estos piques se vuelven inactivos a medida que las reservas minerales se encuentran a profundidades cada vez mayores, lo que exige que la extracción de minerales continúe al ritmo habitual.

En vista de esta obligación de mantener constante el proceso productivo y de minerales y asegurar como extraer el desmonte, se ha decidido rehabilitar este pique, tras la realización de estudios geomecánicos. Algunos de estos piques no cumplen con los requisitos para ser profundizados, lo que resalta aún más la importancia de evaluar y llevar a cabo el mantenimiento y la rehabilitación del Pique Central.

1.5.1. Importancia.

La relevancia de este estudio se enfoca en:

- La conveniencia de implementar nuevas tecnologías de rehabilitación como parte de la mejora continua dentro de las operaciones mineras.
- La importancia social, destacando específicamente el ámbito laboral que implica la participación de los trabajadores en la ejecución de la labor a investigar.

1.6. Limitación de la Investigación

Las limitaciones fueron:

- ✓ La confidencialidad de los datos de la empresa principal durante la investigación, por lo que se basó en investigaciones realizadas en la parte referencial.
- ✓ Falta de información, inspecciones o reportes.

1.7. Alcance

Esta referido a las actividades de evaluación de la calidad de la roca en las operaciones de rehabilitación, administración.

1.8. Variables de Investigación

1.8.1. Variable Independiente

Evaluación geomecánica

1.8.2. Variable Dependiente:

Sostenimiento del pique

1.8.3. Operacionalización de las Variables

Tabla 1: Operacionalización de las variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
EVALUACION GEOMECANICA	ESTABILIDAD	RESISTENCIA DE LA ROCA
	MODELAMIENTO	ESPACIAMIENTO
	SOSTENIMIENTO	RESISTENCIA DE DISCONTINUIDADES
SOSTENIMIENTO DEL PIQUE	OPERACIONES DE REHABILITACION	CUMPLIMIENTO DEL PROGRAMA
	SOSTENIMIENTO APLICADO	SELECCIÓN DEL TIPO DE SOSTENIMIENTO

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes Nacionales

Según el estudio llevado a cabo por Valladolid (2019) en su investigación titulada "DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE LA PROFUNDIZACIÓN DEL POZO 740 – Nv 1750 AL Nv 1800 - SOCIEDAD MINERA AUSTRIA DUVAS S.A.C.", se determina que la Sociedad Minera Austria Duvaz (SMAD) ha decidido profundizar su pozo principal, el Pozo 740, desde el nivel 1730 hasta el nivel 1800, después de un análisis detallado de aspectos técnico, operativo y económico con el objetivo de explotar los recursos minerales presentes por debajo del nivel 1750 y ampliar la vida útil de la mina. La investigación se enfoca en describir y explicar el proceso de profundización del pozo 740 del nivel 1750 al nivel 1800, concluyendo que este proyecto permitirá la extracción óptima de los recursos minerales probados en niveles inferiores al 1700, los cuales ascienden a 650 000 toneladas métricas. La inversión necesaria para llevar a cabo la profundización se estima en S/. 3 976 489 y se espera que la ejecución del proyecto tenga una duración de 10 meses.

Según Tecsi (2019), en su estudio realizado "Profundización del pique manuelita utilizando equipo alimak y plataforma blasting set en la Cia. Minera Morococha – Junin", en la Compañía Minera Argentum, se describe que es una empresa minera de zinc en el Perú que en el año 2011 tenía una contribución promedio de 430 Kg Au mensuales, operando a un ritmo de 45,500 TM/mes con una ley de cabeza promedio de 10.00 Au gr/TM. El trabajo de tesis se llevó a cabo en la unidad minera Morococha, donde se profundiza la mina a través de la rampa 900 con el objetivo de crear más labores de producción para explotar nuevas

zonas mineralizadas y reemplazar las ya agotadas. Para agilizar las operaciones de profundización, se deben construir proyectos de desarrollo como chimeneas para ventilación, servicios, caminos, etc.

El estudio realizado buscaba mejorar la eficiencia, velocidad, sostenimiento y seguridad en la construcción de chimeneas utilizando el método Raise Climber. Se concluyó que la implementación del equipo Alimak y la plataforma de trabajo Blasting set optimizó en un 55 % el tiempo de ejecución del pique Manuelita en comparación con el método convencional. La construcción de la chimenea con el sistema mecanizado Alimak mostró ser más rentable a pesar de su mayor costo por metro, debido a su reducción del 30% en tiempo de ejecución. Por otro lado, el uso del Blasting set facilitó la instalación de los sets de cuadros y sirvió como medida de protección durante la voladura.

Finalmente, se destaca que el avance diario con el equipo Alimak debe ser de al menos 5 pies lineales, con un abastecimiento constante de 90 psi de presión de aire para garantizar la rentabilidad en la ejecución de la chimenea. La utilización del Blasting set permitió cumplir con un 96.71 % de lo planificado durante cinco semanas, con la instalación de 2.4 cuadros por semana.

(Borja, 2024). En su investigación titulada "Análisis geomecánico para la construcción del proyecto pique principal utilizando el sistema Alimak y Raise Boring - Unidad Minera San Andrés – Compañía Minera Aurífera Retamas S.A. – MARSA – La Libertad – 2021", se aborda la necesidad de realizar un estudio para la edificación del Proyecto Pique MARSA, ubicado en las instalaciones de la empresa Minera Aurífera Retamas S.A. en el distrito de Parcoy; Llacuabamba.

La ejecución de este proyecto no solo busca incrementar las reservas minerales al alcanzar vetas auríferas más profundas para asegurar la continuidad de la explotación minera a largo plazo, sino también facilitar la extracción del mineral mediante la excavación del pique. La Rampa Principal Patrick, que actualmente se utiliza para transportar el mineral a la superficie, presenta condiciones de inestabilidad debido al deterioro de los sistemas de fortificación. Este estudio se centra en la Geomecánica y en determinar el análisis geomecánico para la construcción del Proyecto Pique Principal MARSA mediante los métodos de excavación del sistema Alimak y Raise Boring en la Unidad Minera San Andrés. Los objetivos principales incluyen la extracción del mineral y desmonte de los Niveles 3220 a 2620 a mediano plazo, y profundizar la mina desde el Nivel 2620 hacia abajo. Se plantea utilizar un sistema de izaje de personal capaz de transportar a 54 personas por viaje en una jaula con 3 niveles, con una disponibilidad de 17.5 horas por día. El mineral/desmonte se transportará en un Skip de 8.211 toneladas a 10.00 metros por segundo, mientras que el personal será trasladado a 7.00 metros por segundo. Se concluye que el método de construcción de chimeneas mecanizado con plataforma trepadora Alimak es el más apropiado para ser aplicado en Minera Aurífera Retamas S.A. – Marsa, por su eficiencia y rentabilidad en comparación con el sistema convencional. Los resultados del proceso de zonificación geomecánica se detallan en el Anexo, mostrando las características geomecánicas de cada "dominio geomecánico" en el eje del proyecto Pique y su entorno físico.

Gago (2023). En su investigación sobre el impacto del diseño y la profundización del pique 650 en la producción de mineral en Compañía Minera Alpayana S.A.C. Chicla, Huarochirí, señala que los piques no solo sirven como punto de

comunicación entre el interior y el exterior de una mina subterránea, sino que también facilitan el transporte de recursos minerales, trabajadores, materiales y servicios necesarios para el funcionamiento de la empresa minera. Por lo tanto, es crucial seleccionar adecuadamente el lugar, la logística, las técnicas y la tecnología para su construcción.

Para evaluar las mejores opciones de construcción y diseño del pique, se analizan las fases de montaje y se realiza un análisis costo-beneficio que considera aspectos como limpieza, ventilación, soporte, perforación, voladura y bombeo. Este análisis se basa en información recopilada de consultores expertos, datos del mundo minero y conocimientos académicos en ingeniería y física.

Según el estudio de Gago, la influencia del diseño y la profundización del pique 650 tiene un impacto positivo en la producción de mineral en Compañía Minera Alpayana S.A.C. Chicla, Huarochirí, generando una ganancia por tonelada de mineral significativa. Además, se identifican las características geomecánicas de la roca en la que se realiza el pique, así como los parámetros dimensionales del diseño del pique 650, que están en consonancia con los factores geológicos y geomecánicos para aumentar el volumen de mineral extraído.

(Castillo, 2019). En su trabajo de tesis titulado “Factores geológicos, técnicos y económicos, en la construcción mecanizada del pique circular en la U.M. Animon-Chungar, Volcán Compañía Minera S.A.A, menciona que es considerado como el sistema de izaje más avanzado en la actualidad. El estudio realizado por Castillo (2019) se centra en los factores geológicos, técnicos y económicos que influyeron en el diseño y construcción de este pique, con el objetivo de proporcionar información relevante para profesionales del sector

minero. En cuanto a los factores geológicos, se realizaron estudios de fisiografía, geomecánica, hidrogeología e hidroquímica para determinar la calidad de la roca. En cuanto a los factores técnicos, se consideró el cronograma de actividades, estándares de excavación y sostenimiento, asignación de personal calificado y el uso de equipos especializados como el Galloway y Cryderman. En términos económicos, se invirtieron 13,313,207 dólares en el proyecto, con una producción estimada de 4000 TMPD en la etapa inicial y un TIR del 32% en 2018, aumentando a un 35% en 2019 debido al incremento en la producción.

2.2. Antecedentes Internacionales

Según Tello (2021), en su investigación sobre la implementación del pique inclinado M1 en la mina Mollopongo del Grupo Minero Bonanza en Ecuador durante el año 2020, se destaca que la producción minera depende no solo de la perforación, voladura, limpieza y relleno, sino también de las operaciones de izaje y extracción, especialmente debido a que la zona productiva se encuentra a una profundidad de 160 metros distribuida en tres niveles. Por lo tanto, es crucial optimizar estas actividades para mejorar la eficiencia. Es importante mencionar que la mina no puede expandirse más allá de cierta profundidad debido a la presencia de la mina Huanahe a 765 metros sobre el nivel del mar, que explota las mismas vetas, pero a mayores profundidades.

Ante esta situación, se implementó un plan operativo a corto plazo para reducir los costos de la mina, que incluyó la puesta en operación del pique inclinado M1 y la construcción de infraestructuras como los pocket, distribuidos en diferentes niveles con capacidad para transportar minerales y desmonte, además de un

sistema mecánico para facilitar la disposición de la carga al invertir el skip. Esta nueva infraestructura logro reducir la distancia de acarreo hacia la superficie de 270 metros a solo 80 metros.

En resumen, la implementación del pique inclinado M1 ha tenido un impacto positivo en la reducción de los costos de izaje y extracción en la mina Mollopongo, eliminando los gastos de mantenimiento del pique inclinado P1 y optimizando la distribución de las actividades laborales en el interior de la mina.

Por otra parte, en su investigación titulada "Examen de las operaciones subterráneas que afectan a la productividad y propuesta de mejora en la mina Pique Curipamba Portovelo - El Oro", Auquilla (2019) señala que su estudio parte de la evaluación de la situación actual de la mina "Pique Curipamba", identificando los factores que afectan a la productividad, con el objetivo de implementar medidas de control y mejoras en áreas como la perforación, la voladura, la carga y transporte, las instalaciones subterráneas y la seguridad en la industria minera. Estas actividades son fundamentales para la minería subterránea, ya que influyen directamente en los procesos de producción minera. El trabajo de investigación y campo realizado concluyó que las propuestas de mejora planteadas conducirán a una optimización de recursos y una mayor eficiencia del personal, lo que resultará en un incremento de la productividad.

En su investigación titulada "Plan de excavación para el pique Belén en la concesión Papercorp código 495, ubicado en La Fortuna, parroquia Ponce Enríquez, cantón Ponce Enríquez, provincia de Azuay" se destaca que la empresa Cóndor de Oro, en régimen de pequeña minería, enfrenta la disminución de sus reservas en el nivel actual de explotación, lo que reduce la vida útil de la mina y la lleva a profundizar hasta el nivel 1066 m.s.n.m. para ampliar los frentes de

explotación.

Los objetivos del trabajo incluyen el diseño de la excavación del pique Belén por parte de Cóndor de Oro en la concesión Papercorp, junto con la caracterización geológica y geomecánica del macizo rocoso. Se encontró que en la zona de excavación hay tobas andesíticas y brechas de calidad media según el índice RMR.

Se establecieron los parámetros necesarios para la perforación, voladura, ventilación, desagüe e izaje, con un diseño de excavación que se extiende desde la cota 1081 m.s.n.m. hasta la 1066 m.s.n.m. El estudio de laboratorio de una muestra tomada en el lugar de la excavación mostró condiciones favorables para la excavación, con una resistencia adecuada del macizo rocoso.

El análisis de estabilidad y deformaciones sugiere la implementación de bulones y hormigón proyectado para fortificar el pique y garantizar la seguridad durante la excavación.

Según la investigación de Muzo (2020) sobre el diseño de excavación de un pique en el sector veta 320 en el área minera “El Corazón” operada por Agroindustrial. El Corazón S.A., se detalla el proyecto con sus dimensiones, geometría, profundidad, operatividad, tiempo de servicio y costo de implementación.

Se incluye un análisis detallado de parámetros geológicos, geotécnicos, mineros y económicos, respaldado por el uso de programas informáticos para definir las características del pique.

Se propone un diseño con 3 compartimentos, incluyendo galerías laterales para el manejo del agua subterránea y un bolsillo de mineral.

La excavación se ajusta a las necesidades de la mina, siendo rentable económicamente y cumpliendo con normas de seguridad. Además, se menciona el resultado de los ensayos de resistencia y peso específico de las

muestras de roca, así como el rendimiento esperado de la perforación y carga de explosivos para la excavación del pique.

En resumen, el diseño detallado del pique incluye una plantilla de perforación óptima con 70 barrenos, de los cuales 66 están cargados con explosivos.

Se estima un rendimiento del 95% en la perforación, con una longitud real de 1.14 m por barreno.

Cada pega generará aproximadamente 18.76 m³ de material volado y se necesitarán 50.71 toneladas de material volado, con una cantidad específica de perforación y carga de explosivos por metro cúbico obtenidos.

2.3. Bases Teóricas

En cualquier operación minera, el sostenimiento de las labores es un proceso costoso que puede ralentizar la producción, pero que es esencial para garantizar la seguridad del personal y del equipo.

Existen diferentes métodos de refuerzo de la roca, siendo los pernos los más efectivos debido a su rapidez de instalación y bajo costo.

Para lograr la estabilidad en las zonas de trabajo subterráneas, es fundamental elegir el sostenimiento adecuado basado en una evaluación geomecánica previa que considere diversos factores como el tipo de roca, presencia de fallas, juntas y agua subterránea.

➤ Los piques

Son esenciales en la extracción de minerales y se realizan en forma descendente y ascendente para facilitar la comunicación.

El personal debe ser capacitado específicamente para esta tarea y cada uno debe tener una responsabilidad particular para manejarla correctamente.

Los piques son labores verticales o inclinadas, construidas en forma descendente con

diferentes secciones. Es importante realizar estudios para asegurar una infraestructura adecuada en la construcción de los piques. El sistema de pique vertical permite un acceso más rentable y rápido a las zonas más profundas, extrayendo el mineral mediante izado de skip.

El avance en los piques se realiza a través de estratos de diferentes durezas, por lo que se requiere un diseño de perforación y tronadura capacitado para tronar rocas de distintas durezas.

Algunas minas optan por la sustitución de su sistema habitual de extracción por el izado por piques a medida que sus reservas minerales van quedando más profundas con el paso de los años.

➤ **Importancia**

La construcción del pique es esencial en las minas subterráneas ya que es por donde se transfieren todos los suministros necesarios para la explotación, como la ventilación, el transporte de mineral, personas, electricidad, aire comprimido, agua y bombeo.

Es crucial planificar su diseño inicial de manera adecuada, ya que una vez excavado, es difícil de modificar.

Por ello, se debe considerar cuidadosamente su ubicación, dimensiones, método de profundización, revestimiento de las paredes, conexiones en los niveles y maquinaria de extracción.

Además, se debe diseñar su capacidad pensando en futuras ampliaciones de producción.

➤ **Evaluación del macizo rocoso**

La evaluación geomecánica es un análisis detallado de los parámetros geológicos que afectan la estabilidad del macizo rocoso en las operaciones mineras.

Esta evaluación incluye la caracterización de la roca según su clasificación

geomecánica, así como detalles sobre su tipo, grado de fracturamiento, presencia de discontinuidades y agua subterránea.

Con base en los resultados de la evaluación geomecánica, se determina el tipo de sostenimiento necesario para garantizar la estabilidad de la roca en las labores subterráneas. Además, esta evaluación también orienta en la elección del método de excavación y diseño del minado para maximizar la seguridad y eficiencia en las operaciones mineras.

➤ **Índice de Designación de la Calidad de la Roca Según Deere**

El índice de calidad de la roca (RQD) creado por Deere ofrece una manera cuantitativa de medir la calidad de la roca a partir de los testigos de perforación.

El RQD se calcula como el porcentaje de piezas de testigos de más de 100 mm de longitud intactas.

Se utiliza para la estandarización y registro de los núcleos de perforación, y sirve para clasificar los macizos rocosos y identificar zonas de roca de mala calidad que puedan afectar las estructuras construidas.

Es necesario que los testigos tengan al menos 54.7 mm de diámetro y sean perforados con un cilindro de doble tubo.

➤ **Índice de la Calidad de la Roca**

Según Palmstrom (1982), el RQD puede ser calculado a partir del número de discontinuidades por unidad de volumen que se pueden observar en afloramientos rocosos o socavones.

$$RQD = 115 - 3.3 J_v$$

Además, se indica que la relación sugerida para masas rocosas sin arcillas es

la siguiente: $J_v = \Sigma$ (número de discontinuidades por unidad de longitud de todas las familias de discontinuidades).

Se destaca que el RQD es un parámetro que varía en función de la dirección y puede cambiar considerablemente, especialmente dependiendo de la orientación del taladro.

El empleo del conteo volumétrico de discontinuidades puede resultar muy útil para disminuir esta dependencia direccional.:

Donde J_v es la suma del número de discontinuidades por unidad de longitud de todas las familias de discontinuidades, conocido como el conteo volumétrico de discontinuidades.

Donde el RQD es un parámetro direccionalmente dependiente y su valor puede cambiar significativamente, dependiendo sobre todo de la orientación del taladro.

El uso del conteo volumétrico de discontinuidades puede ser muy útil en la reducción de esta dependencia direccional". (Palmstrom, 1982).

➤ **RMR**

El RMR permite categorizar el macizo rocoso y predecir el tiempo de mantenimiento y la longitud de un vano.

Se compone de seis parámetros que permiten una clasificación detallada del macizo rocoso:

- Resistencia compresiva del material rocoso
- Calidad de la roca (RQD)
- Espaciamiento de las discontinuidades
- Condición de las discontinuidades
- Condiciones del agua subterránea
- Orientación de las discontinuidades

Al aplicar este sistema de clasificación, se dividen las masas rocosas en regiones estructurales y cada región se clasifica por separado.

Para calcular el índice RMR, se suma el valor de cinco variables o parámetros, lo que resulta en un valor índice conocido como RMR básico.

Además, se considera la orientación de las discontinuidades con respecto a la excavación como el sexto parámetro.

El valor del RMR varía entre 0 y 100.

Siguiendo los pasos propuestos por Belandría, el primer paso consiste en calcular el parámetro de resistencia de la roca utilizando una tabla de índices equivalentes de resistencia de la roca.

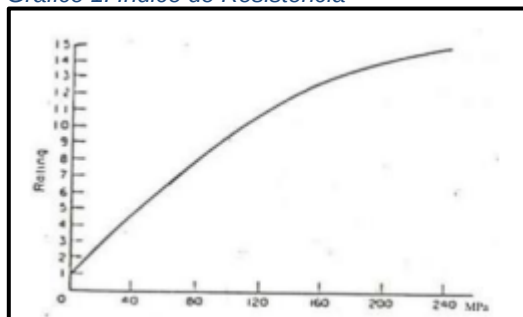
Tabla 2: Resistencia de Roca

DESCRIPCIÓN	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE (MPa)	ENSAYO DE CARGA PUNTUAL (MPa)	VALORACIÓN
Extremadamente dura	>250	> 10	15
Muy dura	100 - 250	4 - 10	12
Dura	50 - 100	2 - 4	7
Moderadamente dura	25 - 50	1 - 2	4
Blanda	5 - 25		2
Muy blanda	1 - 5		1
	< 1	< 1	0

Fuente: Geomecánica Yauricocha

Además, para verificar el índice de resistencia, será necesario contrastarlo con el grafico de cálculo de compresión simple, como se muestra a continuación:

Gráfico 1: Índice de Resistencia



Fuente: Geomecánica Yauricocha

A. Para determinar la calidad de la roca, es necesario agregar algunos componentes al cálculo que ya hemos revisado, como por ejemplo:

- Realizar un análisis de trozos de rocas testigos mayores de 10 cm obtenidos en sondeos.
- Contar el número total de discontinuidades que interceptan una unidad de volumen (1 m³) del macizo rocoso, definido por el parámetro Jv.
- Calcular la densidad o frecuencia de las discontinuidades (λ) de acuerdo con la teoría de Hudson.

B. Para calcular el parámetro de separación de discontinuidades y clasificar el espaciamiento de las mismas, se puede consultar la tabla proporcionada.

Descripción de discontinuidades

Tabla 3: Discontinuidades

DESCRIPCIÓN	ESPACIADO DE LAS JUNTAS	TIPO DE MACIZO ROCOSO	VALORACIÓN
Muy separadas	> 2 m	Sólido	20
Separadas	0,6 - 2 m.	Masivo	15
Moderadamente juntas	200- 600 mm.	En bloques	10
Juntas	60 - 200 mm.	Fracturado	8
Muy juntas	< 60 mm.	Machacado	5

Fuente: Geomecánica Yauricocha

➤ Procedimiento de evaluación de la roca

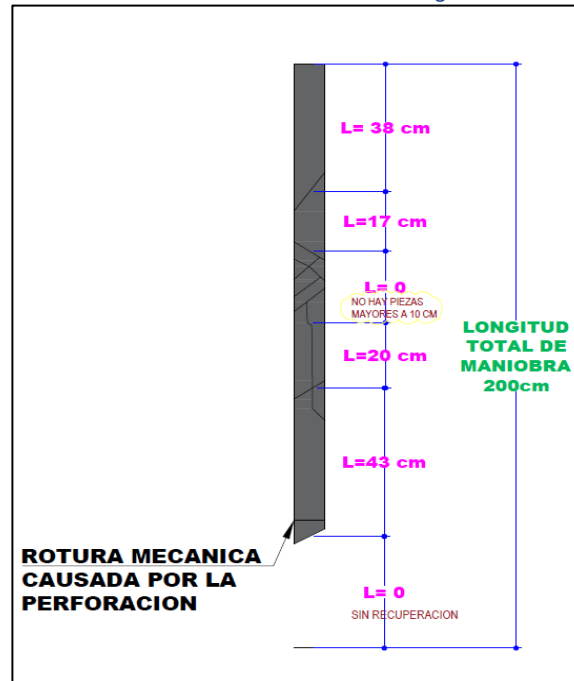
El registro del índice de calidad de la roca debe llevarse a cabo inmediatamente después de la recuperación del núcleo, ya que algunas rocas pueden desintegrarse debido a la desecación, alivio del estrés o hinchazón con el tiempo.

Se recomienda esperar 24 horas antes de medir el índice de calidad de estas rocas.

Según Barrera, es importante realizar la medición del índice de calidad durante la perforación o en caso de variación en la litología, asegurándose de que la longitud de la maniobra no exceda los 1.5 metros y que el diámetro mínimo de los testigos sea de 48 mm.

La medición de la longitud del testigo se realiza en el eje medio, tomando en cuenta los fragmentos que tengan un diámetro completo.

Tabla 4: Estructura de Testigo



Fuente: Elaboración propia

Para calcular el índice de calidad, es importante tomar en cuenta únicamente los fragmentos de material rocoso fresco, descartando aquellos que presentan un alto grado de alteración y meteorización (a partir del grado IV), para los cuales se asigna un índice de calidad de roca del 0%.

Además, es necesario medir la longitud de los fragmentos frescos que midan 10 centímetros (100 mm) o más, para luego sumarlos a la longitud total de los fragmentos.

También se consideran las piezas de roca formadas por fracturas naturales, como uniones, zonas de cizalla, planos de estratificación o planos de división que resultan en superficies de separación, para la estimación del índice.

Los fragmentos en el núcleo a ambos lados de los saltos de núcleo causados por la perforación se consideran como una sola pieza.

➤ Fundamento del estudio

Para determinar el índice de calidad de roca, se debe sumar las longitudes de

los fragmentos de testigo mayores a 10 cm y relacionar esta medida con la longitud total del tramo de perforación, utilizando la fórmula proporcionada por Barrera.

Esta fórmula consiste en sumar las longitudes de todos los tramos mayores a 10 cm, dividirlo entre la longitud total del tramo y luego multiplicarlo por 100 para obtener el porcentaje.

Una vez calculado el índice, se puede determinar la calidad de la roca consultando la tabla de referencia proporcionada.

Tabla 5: Índice calidad de roca

Índice en %	Calidad de la roca
<25	Muy mala
25-50	Mala
50-75	Media
75-90	Buena
90-100	Muy buena

Fuente: Área Geomecánica

➤ **Sostenimiento de piques**

El sostenimiento en la minería subterránea consiste en el uso de materiales y técnicas para mejorar la estabilidad del macizo rocoso. Según Del Río, los elementos de sostenimiento como pernos de roca, cables, mallas, concreto lanzado, cimbras de acero, entre otros, son fundamentales para reducir las inestabilidades en las excavaciones mineras, los elementos de sostenimiento se clasifican en activos (como pernos de roca) y pasivos (como cimbras de acero), y según el material empleado, en maderas o aceros y concreto, para la instalación de cimbras metálicas, es importante considerar aspectos como la evolución de las cargas, la correcta colocación de los elementos de soporte, y el bloqueo adecuado para garantizar la eficacia del sostenimiento. Además, el control de calidad en la instalación de cimbras metálicas es esencial para su buen desempeño, el sostenimiento con cuadros de madera es utilizado en macizos rocosos fracturados y ayuda a soportar las cargas y prevenir fallas

por pandeo. Por otro lado, los pernos de roca son útiles para reducir deformaciones y estabilizar bloques rocosos en excavaciones, el sostenimiento con concreto, a través de métodos de mezcla seca o húmeda, es fundamental para brindar soporte en la minería subterránea. La tecnología shotcrete es comúnmente utilizada en este sistema, ofreciendo diversas ventajas en términos de compactación y resistencia.

2.4. Términos Básicos

- Sostenimiento: Se refiere a los métodos y materiales utilizados para mejorar la estabilidad y resistencia de las rocas cerca de una excavación subterránea, con el fin de poder soportar las cargas que estas generan (Champi & López, 2015, pág. 18).

- RMR: Según el libro Ingeniería Geológica, el RMR es un sistema de clasificación de macizos rocosos desarrollado por Bieniawski en 1973, con actualizaciones posteriores en 1979 y 1989. Permite relacionar la calidad de un macizo rocoso con parámetros geotécnicos, facilitando así el diseño de excavaciones y sostenimientos en túneles (Gonzáles, Ferrer, Ortuño, & Oteo, Ingeniería Geológica, 2004, pág. 230).

- GSI: Se refiere al Índice de Resistencia Geológica, el cual complementa el criterio de falla en roca y estima la reducción de la resistencia del macizo en diversas condiciones geológicas (Hoek, 2002).

- Macizo rocoso: Se define como un conjunto de matriz rocosa y discontinuidades, con un comportamiento heterogéneo, discontinuo y anisotrópico debido a la presencia y orientación de las discontinuidades, lo que condiciona su comportamiento geomecánico e hidráulico (Gonzáles, Ferrer, Ortuño, & Oteo, Ingeniería Geológica, 2007, pág. 715).

- Índice de Designación de la Calidad de la Roca (RQD): Proporciona una evaluación cuantitativa de la calidad de una masa rocosa, basada en testigos de perforación diamantina (Deere, 194).

- Mapeo geomecánico: Consiste en recopilar información in situ sobre el macizo rocoso, describiendo las condiciones del mismo incluyendo las diaclasas, el ambiente y la clasificación del tipo de macizo rocoso. Se utilizan diversas herramientas geomecánicas para llevar a cabo este proceso (Mendieta, 2014).

- Pernos de roca: Estos sistemas de refuerzo se utilizan para reducir las deformaciones en una roca aflojada, así como para redistribuir los esfuerzos en la roca circundante a una excavación (Mendieta, 2014).

- Perno helicoidal: Se trata de una barra de acero con forma ovalada y resaltes en forma de hilo helicoidal izquierdo, diseñada para reforzar la resistencia del macizo rocoso manteniendo su carga a través de la adherencia.

- Split sets: Consiste en un tubo con ranuras a lo largo de su longitud, con un extremo ahusado y un anillo soldado para mantener una platina en su lugar.

- Swellex: Es un tipo de perno de anclaje por fricción que combina la resistencia al deslizamiento con el ajuste mecánico. Está formado por un tubo plegado de diámetro original que se despliega para crear un anclaje repartido (Mendieta, 2014).

- Shotcrete: Se refiere a un tipo de concreto aplicado neumáticamente a alta velocidad sobre una superficie, compuesto por cemento, agregado, agua, aditivos y elementos de refuerzo (Mendieta, 2014).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño de Investigación

3.1.1. Tipo

La investigación No Experimental implica la observación de fenómenos en su entorno natural sin manipulación intencional de variables, seguido por el análisis posterior de los mismos.

Los diseños transeccionales buscan recopilar datos en un solo momento o período único para describir y analizar la incidencia e interrelación de variables en ese instante específico.

Por otro lado, la investigación descriptiva busca detallar propiedades y características importantes de un fenómeno, incluyendo la descripción de tendencias en un grupo o población en particular.

Esta investigación se enfoca en especificar y describir las propiedades geomecánicas de la masa rocosa para evaluar su calidad y analizarla según los parámetros establecidos por la geomecánica.

Los estudios correlacionales tienen como objetivo describir las relaciones entre variables significativas mediante coeficientes de correlación, los cuales ofrecen información sobre el grado, intensidad y dirección de las relaciones.

Por ende, esta investigación busca medir y describir la relación entre la calidad del macizo rocoso y la estabilidad de las excavaciones, con el propósito de proponer medidas de control ante posibles problemas de estabilidad en las operaciones mineras.

3.1.2. Diseño de la investigación

La investigación no experimental se llevará a cabo en el estudio geomecánico

de la aplicación del sostenimiento en la rehabilitación del pique central, ya que no se realizará ninguna manipulación de la variable independiente.

3.2. Población y Muestra

3.2.1. Población

Los Piques que se encuentran en la Mina

3.2.2. Muestra

Pique Central y su layout correspondiente

3.3. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

3.3.1. Técnicas

Se ha diseñado un sistema de cartillas y formatos impresos para cada actividad que son fáciles de usar. Además, se utilizan una libreta de campo, un cronómetro, un flexómetro y una cámara fotográfica para la recolección.

3.3.2. Trabajo de Gabinete

Valoración y confirmación de la información recopilada, teniendo en cuenta las muestras obtenidas.

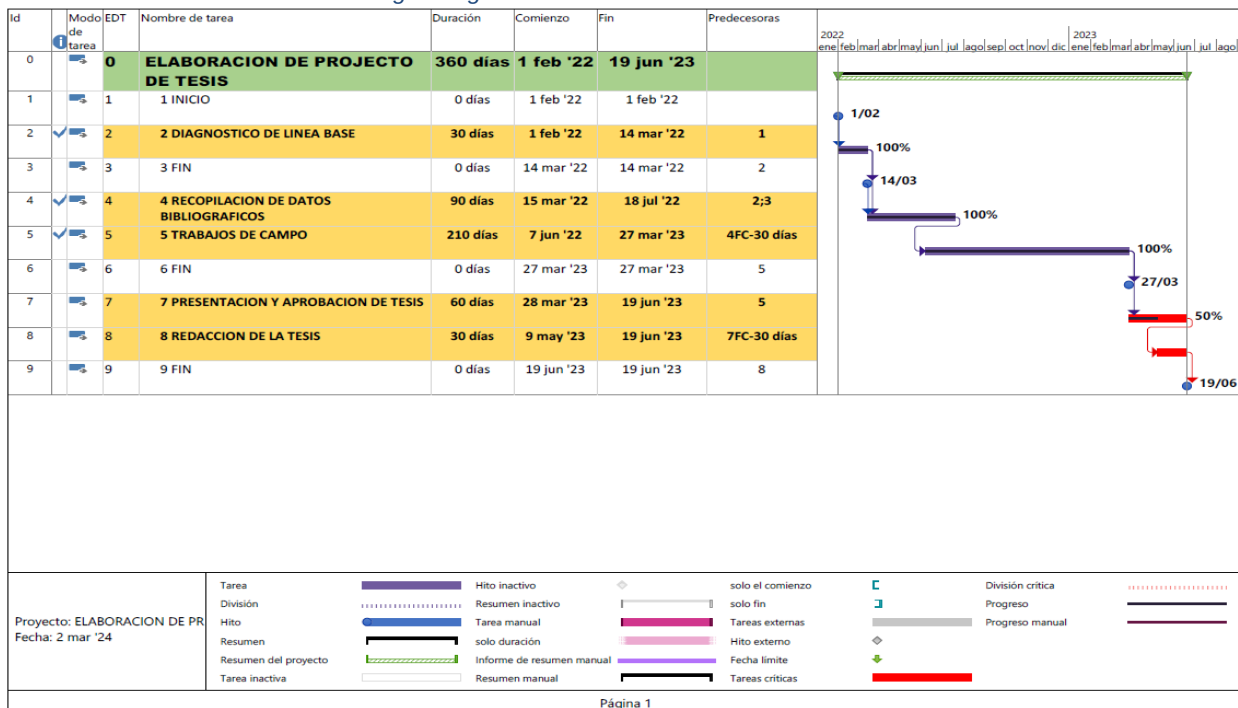
3.3.3. Instrumentos

Se usará fichas de análisis para recopilar y organizar la información relevante que se encontrará en la literatura consultada.

3.4. Cronograma de Ejecución

En la elaboración de este proyecto se ha considerado el progreso desde su inicio hasta su finalización, siguiendo una secuencia temporal que se apoya en la examinación, entendimiento y valoración de cada una de las tareas vinculadas al tema de estudio.

Tabla 6: Elaboración de diagrama gant



Página 1

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO IV

CARACTERIZACIÓN DEL ÁMBITO DEL ESTUDIO

4.1. Aspectos Generales de Unidad Minera Yauricocha

4.1.1. Ubicación

La mina de Yauricocha se localiza en Alis, Yauyos, Lima, a unos 12 km al oeste de la Divisoria Continental. Está en la zona alta de la cordillera Occidental de los Andes, cerca de la línea Divisoria Continental y en las fuentes de un afluente del río Cañete, que desemboca en el Océano Pacífico. Sus coordenadas geográficas son:

- ✓ - Latitud Sur: 12.3105
- ✓ - Longitud Oeste: 75.7219
- ✓ Tiene una altitud media de 4,600 m.s.n.m.

4.1.2. Accesibilidad

Las principales vías de acceso a la mina Yauricocha incluyen la carretera central Lima - Huancayo - Yauricocha, que tiene una longitud de 420 km y está completamente pavimentada desde Lima hasta Huancayo y Chupaca, a partir de donde la carretera se convierte en tierra hasta llegar a la Mina Yauricocha. Otra opción es la panamericana Sur Lima - Cañete - Yauricocha, que atraviesa el valle del río Cañete y tiene una extensión de 370 km. También se puede llegar por la carretera asfaltada de Ayacucho, Huanta, Huancayo, que sigue el cauce del río Mantaro y cubre 261 km, seguido de un tramo de 103 km desde Huancayo hasta la Unidad Minera Yauricocha.

Tabla 7: Accesibilidad

ACCESO A LA UNIDAD MINERA YAURICOCHA							
RUTA 1 - 6 HORAS		RUTA 2 - 7 HORAS		RUTA 3 - 7 HORAS		RUTA 4 - 9 HORAS	
Lima - Cañete	150 km	Lima - La Oroya	174 km	Lima - Jauja	180 km	Ayacucho - Huancayo	261 km
Cañete - Yauricocha	225 km	La Oroya - Huancayo	124 km	Jauja - Huancayo	108 km	Huancayo - Yauricocha	103 km
		Huancayo - Yauricocha	103 km	Huancayo - Yauricocha	103 km		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 8: Ubicación de la mina



Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Clima y Vegetación

El clima en esta zona es muy frío, con dos estaciones claramente diferenciadas. La estación húmeda va desde noviembre hasta abril, con principalmente lluvias sólidas como nieve y granizo.

En cambio, la estación seca se extiende de mayo a octubre.

Durante la estación húmeda, las precipitaciones sólidas ayudan a alimentar los glaciares, que luego se derriten para formar arroyos que fluyen por las laderas y alimentan las lagunas.

4.2. Geología

4.2.1. Geología Regional

En Yauricocha, se encuentran las areniscas Goyllarisquizga del cretácico inferior, las cuales también se pueden observar en otras zonas como La Oroya, Morococha, Tarma, Chaucha, y Pachacayo.

Estas capas tienen un espesor de aproximadamente 300 metros y están compuestas por areniscas gruesas de color blanco a plumizo, a veces bandeadas con lutitas carbonáceas, vetas de carbón de baja calidad y arcilla.

Además, presentan inserciones de caliza de buena calidad en sus extremos superior e inferior. Por encima de estas están las calizas Mchay del cretácico medio, con un espesor de alrededor de 700 metros, que presentan intercalaciones de lutitas carbonáceas cerca del contacto con las areniscas inferiores.

Las capas rojas Casapalca del cretácico superior y terciario inferior, con un espesor aproximado de 2,000 metros, están compuestas principalmente por lutitas, lodolitas y areniscas de tonos rojizos, intercaladas con conglomerados y capas de caliza gris blanca o amarillenta.

4.2.2. Geología Estructural

La erosión pliocénica es claramente evidente en el campo abierto ondulado al noreste de la divisoria continental, mientras que, al suroeste, a pesar de los profundos valles y cañones, se pueden observar reliquias de la erosión superficial, marcadas por una elevación promedio de 5000 metros sobre el nivel del mar.

En esa misma dirección, los valles altos del levantamiento "Chacra" de D. Mc Laughlin están bien definidos.

Hacia abajo desde los 3,400 metros sobre el nivel del mar, el "Cañón" o último gran período de elevación presenta gargantas profundas con una profundidad de miles de metros.

Los valles por encima de los 4,000 metros muestran los efectos de la glaciación pleistocénica, con morrenas laterales y terminales, valles en forma de "U", valles colgantes y lagunas excavadas por glaciares que están muy desarrollados en la zona. (Quispe, 2018)

Concesion Yauricocha

Legend

- Contornos Geologicos
- Falla Yauricocha
- Geologia estructural
- Vetas Victoria
- lakes
- Depositos Glaciares
- Deslizamiento
- Form. Jumasha (Caliza)
- Formacion Carhuaz
- Formacion Casapalca
- Formacion Celendin (France Chert)
- Formacion Chuleo/Parihuanca
- Formacion Pariatambo
- Formacion Tantara
- Granodioritas (Intrusivo)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA

GEOLOGIA REGIONAL YAUICOCHA

4.2.3. Geología Local

4.2.3.1. Unidad estratigráfica

Mesozoico es el período geológico en el que se formaron las rocas de la Unidad Minera Yauricocha, específicamente la Formación Jumasha, compuesta principalmente por calizas y dolomías con un espesor de 400m.

Esta formación es subyacente a la Formación Celendín, la cual se compone de arena, areniscas, lutitas rojas y yeso.

La Formación Casapalca, ubicada en la quebrada Chumpe, está formada por calizas grises y areniscas marrones, con suelos eluviales en el margen derecho.

Los depósitos cuaternarios incluyen los depósitos eluviales, fluvio glaciales y tecnogénicos, que cubren la quebrada de Chumpe y proceden de las formaciones Celendín y Casapalca, con presencia de limo arcilloso y gravas. Los depósitos tecnogénicos son producto de la actividad minera, con presencia de gravas limosas y arcillosas en el botadero de Chumpe.

4.2.3.2. Roca intrusiva

Principalmente, las rocas en la zona están formadas principalmente por minerales debido a la interacción con las rocas sedimentarias. Se encuentran en las bocaminas principales y están compuestas de granodiorita y cuarzo-monzonita.

4.2.3.3. Estructuras locales

Falla Yauricocha

La estructura más importante en el Distrito Minero Yauricocha es la Falla Yauricocha, que se extiende por 10.0 km en dirección Noroeste-Suroeste y se encuentra en altitudes de 4600 a 5000 m.s.n.m.

En los cerros Pucacocha, Uchcapri, Leonpitacana y Carhuanisho, se encuentran

diferentes tipos de rocas como calizas, lutitas silicificadas, areniscas calcáreas silicificadas, y derrames andesíticos a riodacíticos.

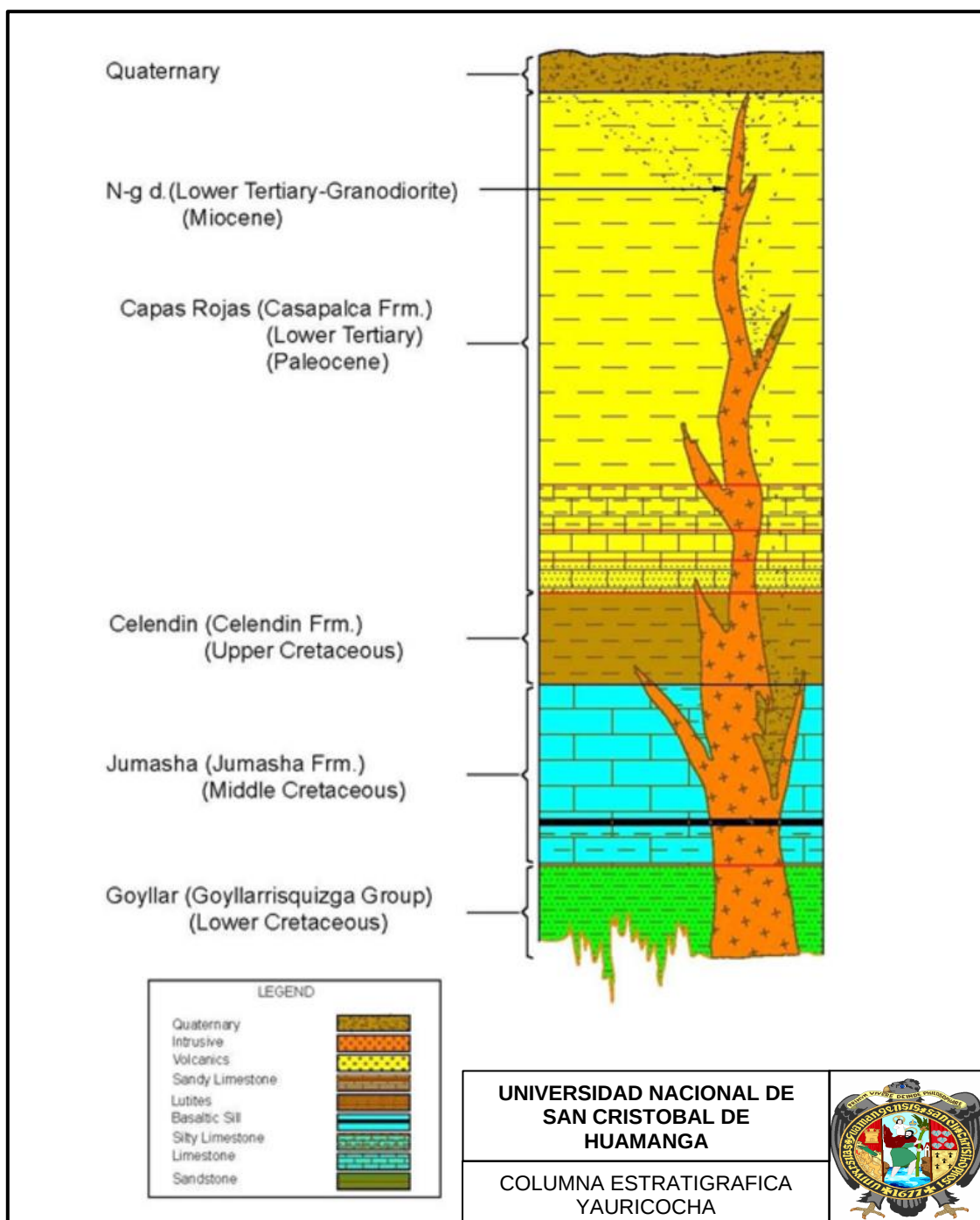
Además, en el sector suroeste de estos cerros se encuentra un intrusivo granodiorítico llamado Stock Éxito.

Esta zona está asociada a la falla regional Yauricocha, que forma parte del sistema de Fallas Chonta.

En estos cerros también se observa una anomalía de color causada por minerales de alteración y oxidación asociados a la Falla Yauricocha.

Las Formaciones Jumasha y Casapalca, junto con la Falla Yauricocha, son estructuras favorables para albergar depósitos minerales en la zona, siendo la Formación Jumasha conocida por depósitos como Antamina, Yauricocha, San Valentín, Raura, Uchucchacua y Los Heraldos Negros, la Formación Casapalca por depósitos como Huarón y Casapalca, y la Falla Yauricocha por los depósitos de Yauricocha. (Valencia, 2020)

Tabla 10: Geología local



Fuente: Geología Yauricocha

4.2.4. Mineralización

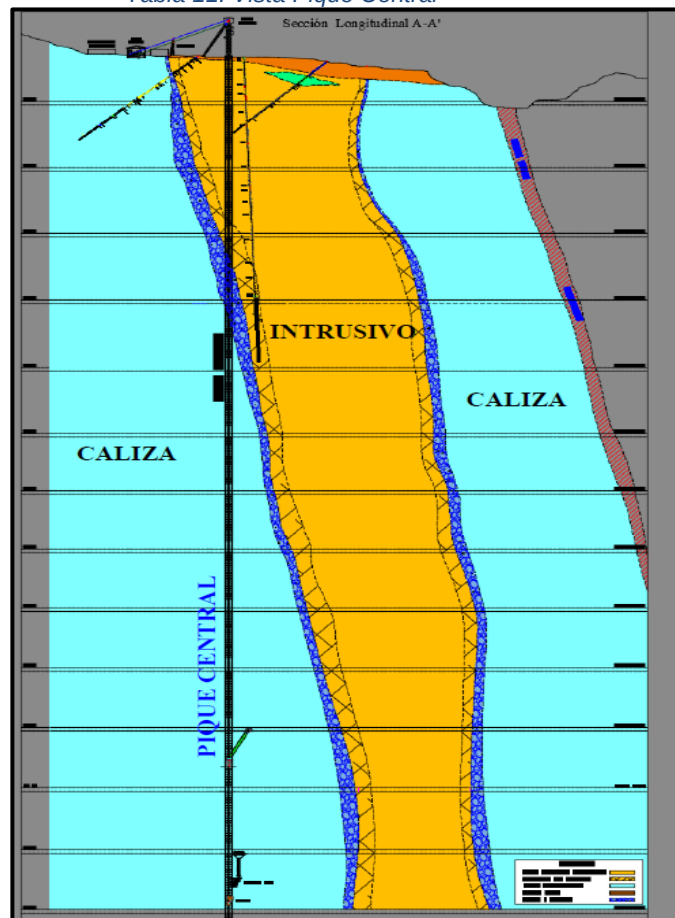
- La mineralización en la Unidad Minera Yauricocha está compuesta principalmente por minerales como pirita, cuarzo, enargita, calcopirita, bornita y covelita en el centro de los cuerpos minerales, mientras que en la periferia se encuentran masas sueltas de pirita, galena y esfalerita en una ganga de caliza, arcilla y cuarzo. También se ha encontrado presencia de oro nativo asociado a estos sulfuros.
- En cuanto a la mineralización de mena, se han identificado diferentes tipos de minerales como pirita, marcasita, enargita, calcopirita, bornita, covelita, tetrahedrita, tenantita, galena, esfalerita y geocronita, con características y asociaciones particulares en los cuerpos minerales.
- Por otro lado, los minerales de ganga presentes en la Unidad Minera Yauricocha incluyen cuarzo, especularita, siderita, calcita, fluorita, baritina y magnetita, cada uno con su propia distribución y asociación dentro de los cuerpos minerales diamantinas, la magnetita se encuentra asociada con pirita y calcopirita". (Quispe, 2018).

4.3. Descripción del Pique Central

La entrada principal a la mina se hace a través del Pique Central, donde se encuentra el winche de elevación a una altitud de 4,645.7 metros sobre el nivel del mar y desciende hasta los 3,951.2 metros sobre el nivel del mar. Este pique tiene tres compartimentos para transportar materiales, personal y mineral, con estaciones cada 50 metros en los puntos 300, 720, 770, 820, 870 y 920. Los skips usados pueden cargar entre 2 y 3 toneladas de desecho, dependiendo de la profundidad. Con una potencia de 300 hp, los skips alcanzan una velocidad de 4.7 metros por segundo y descargan el mineral en el nivel 720 (Túnel Yauricocha) para ser transportado en carros mineros

a la planta metalúrgica "Chumpe" a 3.7 kilómetros de distancia. La seguridad de los dispositivos se verifica mensualmente a través de señales de timbre, comunicación telefónica o radio. Se incluye un diagrama longitudinal del Pique Central para su referencia.

Tabla 11: Vista Pique Central



Fuente: Geomecánica Yauricocha

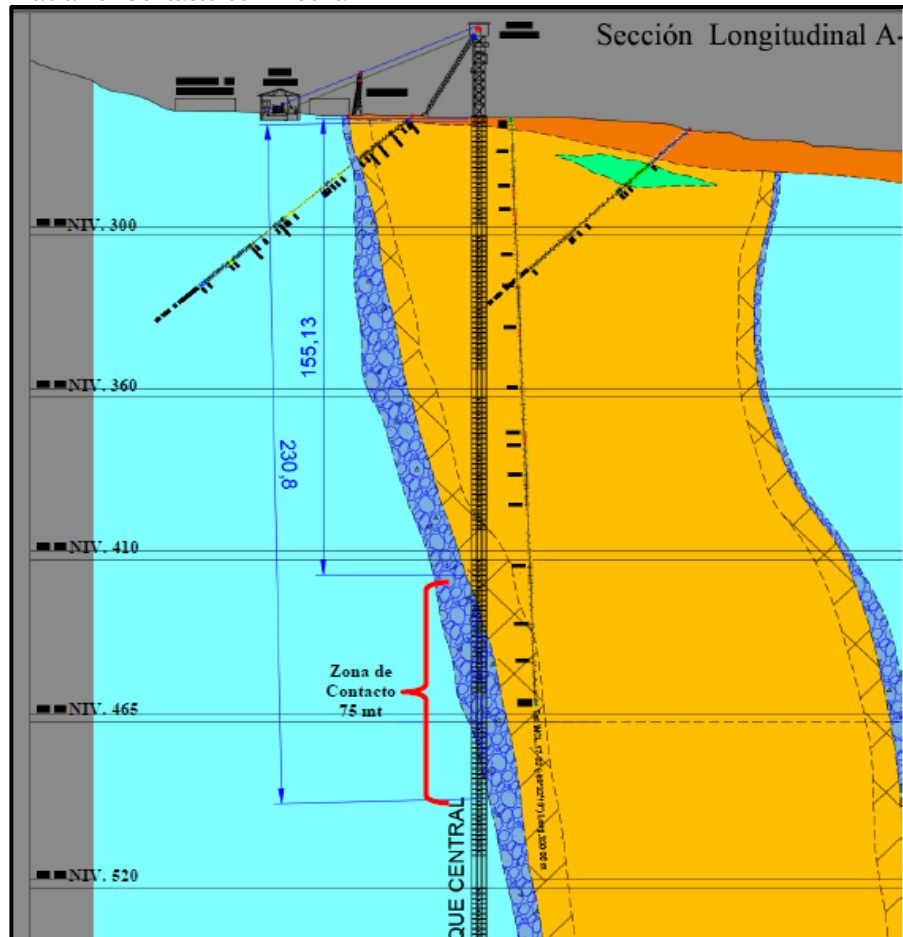
El Pique Central se ubica en la zona litológica de Caliza, sin embargo, tanto este como el Pique Mascota atraviesan una zona de brecha en el punto de unión entre la caliza y la intrusión.

El Pique Central atraviesa esta área desde una profundidad de 155 metros hasta 230 metros, desde el Nivel 415 hasta el Nivel 495, mientras que el Pique Mascota atraviesa el contacto desde una profundidad de 110 metros hasta 138 metros, desde

el Nivel 377 al Nivel 400.

Se presenta una visualización longitudinal del Pique Central mientras atraviesa este punto de contacto de brecha.

Tabla 10: Contacto con Brecha



Fuente: Geomecánica Yauricocha

De acuerdo con el informe del Pique Central, se realizaron tareas de arreglo y conservación en el año 2010, según la información brindada por el personal del pique. Estas labores incluyeron sustituir paneles y reforzar con aros de concreto en las zonas de contacto, lo cual tomó alrededor de 7 meses de rehabilitación desde la superficie hasta el nivel 465. Como consecuencia, hasta la fecha actual (agosto 2022), podemos confirmar que el Pique Central ha tenido una prolongación de su vida útil de 9 años más contados desde esa fecha.

4.4. Caracterización geomecánica del entorno al pique

Con el fin de analizar cómo el relleno en la superficie del tajo principal afecta a las estructuras principales cercanas, como los Piques Central, se realizó una evaluación geomecánica del macizo rocoso utilizando el método RMR de Bieniawski (1989) y la determinación de los parámetros de resistencia de la roca mediante el criterio de Hoek Brown.

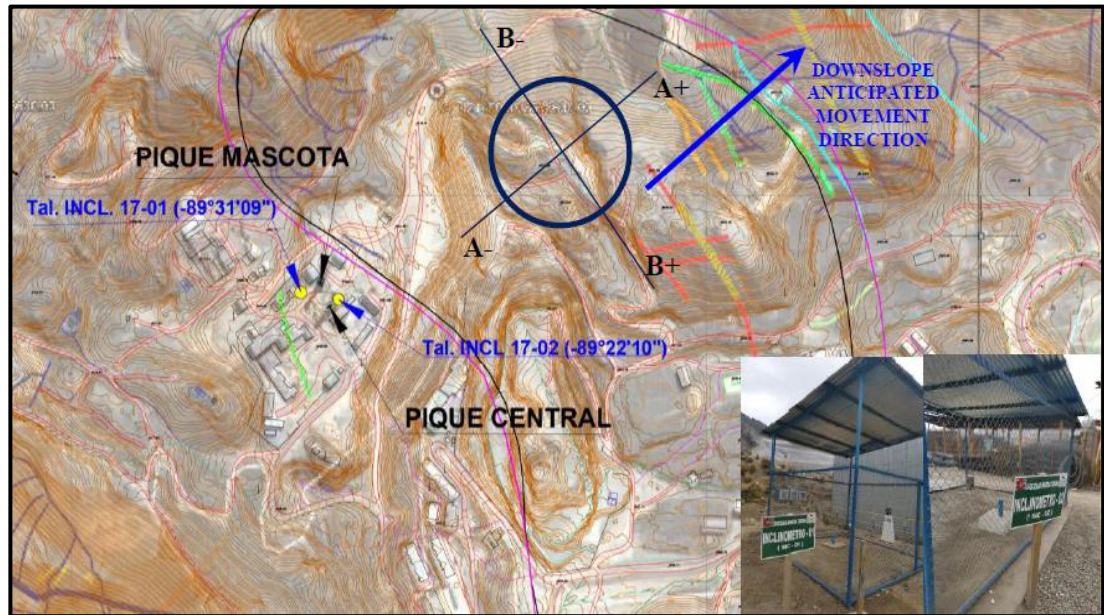
Estos parámetros fueron incluidos en un modelo geomecánico para calcular las deformaciones máximas (plastificación de las paredes rocosas) del tajo con y sin relleno, lo cual proporciona información sobre la estabilidad física de los piques.

Tabla 11: Caracterización Geomecánica



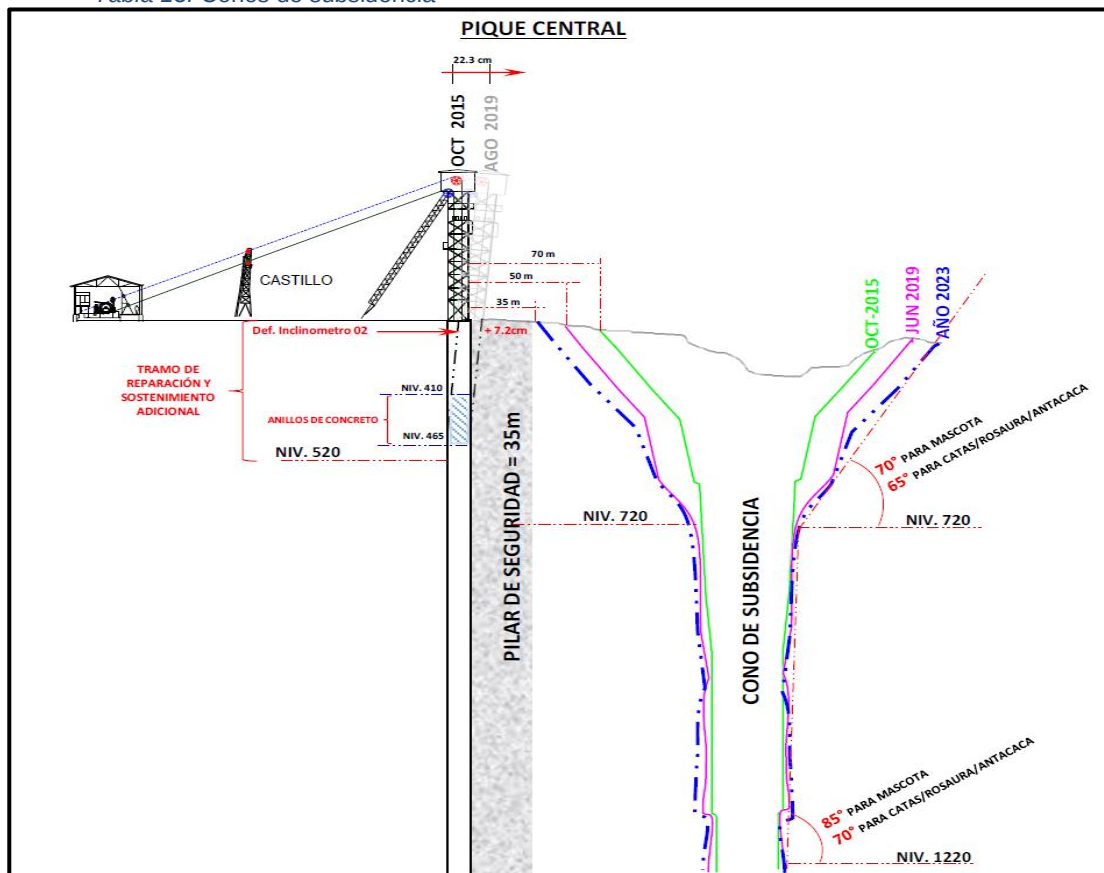
Fuente: Geomecánica Yauricocha

Tabla 12: Dirección de Subsistencia



Fuente: Geomecánica Yauricocha

Tabla 13: Conos de subsidencia

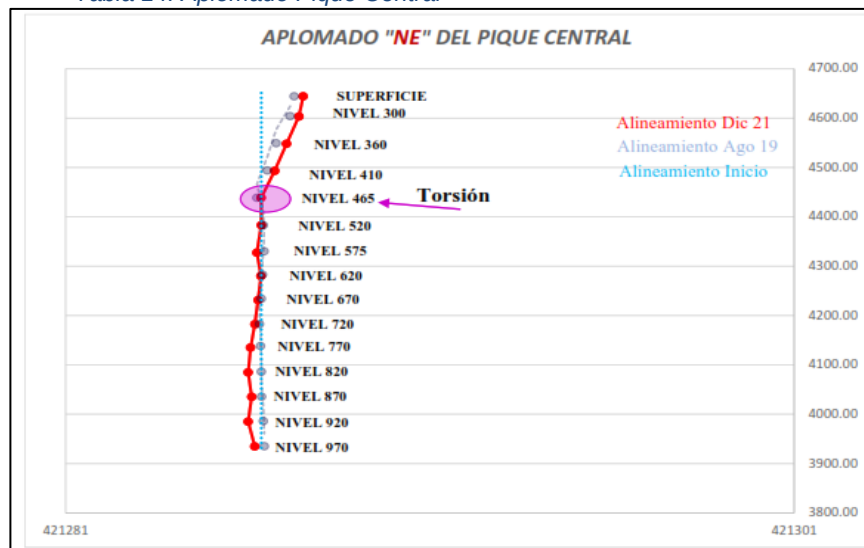


Fuente: Geomecánica Yauricocha

4.4.1. Alineamiento del pique central por efectos de la subsidencia.

Se cuenta con dos comparaciones de aplomado, una realizada en agosto de 2019 y otra en diciembre de 2021, que nos permiten verificar las deflexiones monitoreadas a través del inclinómetro y los puntos de deformación con el robot Leica TM50 en el Aplomado del Pique Central.

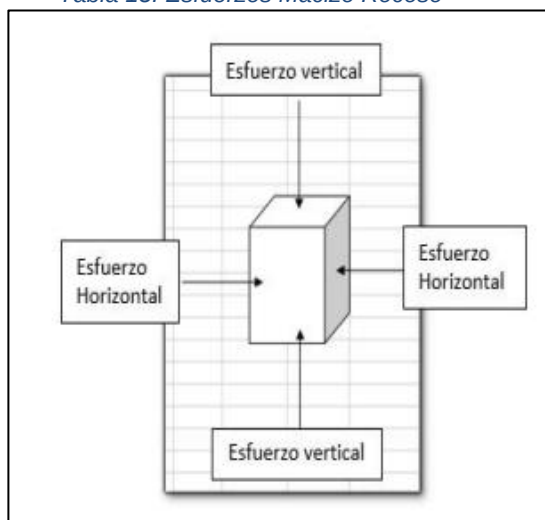
Tabla 14: Aplomado Pique Central



Fuente: Geomecánica Yauricocha

4.4.2. Esfuerzos del macizo rocoso

Tabla 15: Esfuerzos Macizo Rocos



Fuente: Geomecánica Yauricocha

El Yauricocha está ubicado en el Nivel 720 con una profundidad de 460 metros y una presión vertical de 12.4 Mpa en el macizo rocoso. .

Tabla 16: Esfuerzo Vertical

PROFUNDIDAD (Z)	VALOR MEDIO DE LA RAZÓN DE ESFUERZOS (K)	ESFUERZO HORIZONTAL (MPa) σ_h
40	2.8	3.1
100	1.3	3.5
150	1.0	3.9
205	0.8	4.4
260	0.7	4.8
315	0.6	5.3
360	0.6	5.8
410	0.5	6.0
460	0.5	6.4
510	0.5	6.8
560	0.5	7.2
610	0.5	7.6
660	0.5	8.0

Fuente: Geomecánica Yauricocha

4.4.3. Mapeo Geomecánico

En la elaboración del mapeo geotécnico se tuvieron en cuenta los datos obtenidos en cada punto mediante el método directo de celdas de detalle, donde se aplicó el índice RMR para determinar el tipo de roca. Se consideraron las discontinuidades identificadas a diferentes distancias en la roca expuesta y observada. Los datos recolectados en el campo incluían la siguiente información:

Tabla 17: Celda 01 – Nv 360

MEDICION	1
LABOR	PIQUE CENTRAL
TIPO	PERMANENTE
FRACTURAS	11 fract/mt
RESISTENCIA	ROTURA/02 GOLPES PICOTA
ESPACIAMIENTO	0.07m
PERSISTENCIA	04 m
JUNTAS	
APERTURA	CERRADA
RUGOSIDAD	LIGERA
RELLENO	DURO < 5 mm
INTEMPERIZACION	LIGERA
AGUA	HUMEDO
AJUSTE POR ORIENTACION	REGULAR / 5

Fuente: Geomecánica Yauricocha

Tabla 18: Celda 02 – Nv 410

MEDICION	2
LABOR	PIQUE CENTRAL
TIPO	PERMANENTE
FRACTURAS	16 fract/mt
RESISTENCIA	ROTURA/02 GOLPES PICOTA
ESPACIAMIENTO	0.09m
PERSISTENCIA	05 m
JUNTAS	
APERTURA	0.8 mm
RUGOSIDAD	LIGERA
RELLENO	DURO < 5 mm
INTEMPERIZACION	LIGERA
AGUA	HUMEDO
AJUSTE POR ORIENTACION	REGULAR / 5

Fuente: Geomecánica Yauricocha

Tabla 19: Celda 03 – Nv 465

MEDICION	3
LABOR	PIQUE CENTRAL
TIPO	PERMANENTE
FRACTURAS	20 fract/mt
RESISTENCIA	ROTURA/01 GOLPES PICOTA
ESPACIAMIENTO	0.1m
PERSISTENCIA	06 m
JUNTAS	
APERTURA	0.1 mm
RUGOSIDAD	LIGERA
RELLENO	DURO < 5 mm
INTEMPERIZACION	FUERTE
AGUA	HUMEDO
AJUSTE POR ORIENTACION	REGULAR / 5

Fuente: Geomecánica Yauricocha

Tabla 20: Celda 04 -Nv 520

MEDICION	4
LABOR	PIQUE CENTRAL
TIPO	PERMANENTE
FRACTURAS	23 fract/mt
RESISTENCIA	INDENTA SUPERFICIAL
ESPACIAMIENTO	0.2m
PERSISTENCIA	08 m
JUNTAS	
APERTURA	0.5 mm
RUGOSIDAD	LISA
RELLENO	SUAVE < 5 mm
INTEMPERIZACION	FUERTE
AGUA	HUMEDO
AJUSTE POR ORIENTACION	REGULAR / 5

Fuente: Geomecánica Yauricocha

4.4.4. Cálculo de discontinuidades

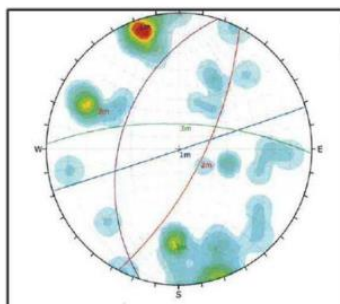
El uso de diagramas gráficos muestra 04 sistemas de discontinuidades en el área analizada, compuesto por grietas y fracturas.

Tabla 21: Estación 01 – Nv 360

SISTEMAS	ESTRUCTURA	ORIENTACION	DIP	DIP DIRECCION
S1	PRINCIPAL	NE-SW	89	162
S2	PRINCIPAL	NE-SW	69	117
S3	PRINCIPAL	NE-SW	69	2
S4	SECUNDARIO	NE-SW	42	287

Fuente: Geomecánica Yauricocha

Tabla 22: Sets de discontinuidades



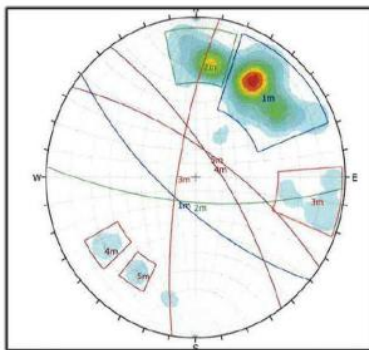
Fuente: Geomecánica Yauricocha

Tabla 23: Estación 02 – Nv 410

SISTEMAS	ESTRUCTURA	ORIENTACION	DIP	DIP DIRECCION
S1	PRINCIPAL	NW-SE	69	220
S2	PRINCIPAL	NW-SE	72	184
S3	SECUNDARIO	NW-SE	76	289
S4	SECUNDARIO	NE-SW	70	55
S5	SECUNDARIO	NW-SE	70	34

Fuente: Geomecánica Yauricocha

Tabla 24: Sets de discontinuidades



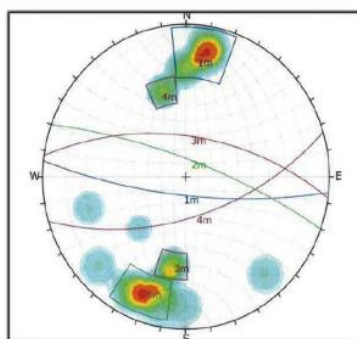
Fuente: Geomecánica Yauricocha

Tabla 25: Estación 03 – Nv 465

SISTEMAS	ESTRUCTURA	ORIENTACION	DIP	DIP DIRECCION
S1	PRINCIPAL	NW-SE	76	186
S2	PRINCIPAL	NW-SE	77	120
S3	SECUNDARIO	NW-SE	60	8
S4	SECUNDARIO	NE-SW	60	163

Fuente: Geomecánica Yauricocha

Tabla 26: Sets de discontinuidades



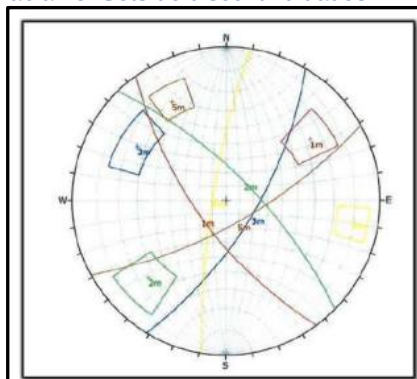
Fuente: Geomecánica Yauricocha

Tabla 27: Estación 04 Nv - 520

SISTEMAS	ESTRUCTURA	ORIENTACION	DIP	DIP DIRECCION
S1	PRINCIPAL	NW-SE	68	234
S2	PRINCIPAL	NW-SE	71	45
S3	SECUNDARIO	NW-SE	68	121
S4	SECUNDARIO	NE-SW	80	279
S5	SECUNDARIO	NE-SW	72	151

Fuente: Geomecánica Yauricocha

Tabla 28: Sets de discontinuidades



Fuente: Geomecánica Yauricocha

4.5. Evaluación Geomecánica

La evaluación de la geomecánica es importante para determinar las características de las rocas alrededor de las estructuras mineralizadas, con el objetivo

de garantizar una explotación minera segura y rentable. Esta información es fundamental para planificar y diseñar las operaciones mineras, seleccionar equipos, diseñar perforaciones, voladuras y mantener la estabilidad de las labores mineras en la superficie y en el subsuelo. (Quispe, 2018)

Tabla 29: Calidad de Rocas según la Geomecánica

Tipos de rocas	RMR	% distribución	Secciones	Zonas
IIB	61-80	0%	3x3, 3.5x3, 3.5x3.5	II, III, V, profundización
III A	51-60	10%	3x3, 3.5x3, 3.5x3.5	II, III, V, profundización
III B	41-50	50%	3x3, 3.5x3, 3.5x3.5	II, III, V, profundización
IV A	31-40	15%	3x3, 3.5x3, 3.5x3.5	II, III, V, profundización
IV B	21-30	20%	3x3, 3.5x3, 3.5x3.5	II, III, V, profundización
VA	0-20	5%	3x3, 3.5x3, 5	II, III, V, profundización
		100%		

Fuente: Geomecánica Yauricocha

4.6. Cálculo del R.M.R.

El Rock Mass Rating (RMR) permite categorizar el macizo rocoso y determinar el tiempo de mantenimiento y longitud de un vano.

Este método consta de seis parámetros que ofrecen una clasificación detallada del macizo rocoso:

- Resistencia a la compresión del material rocoso (Mpa)
- Calidad de la roca (RQD)
- Espaciamiento de las discontinuidades
- Condiciones de las discontinuidades, que incluyen la apertura, continuidad, rugosidad, cambios y relleno de las discontinuidades.
- Condiciones del agua subterránea, que pueden ser completamente seco, húmedo, con presión moderada o fuerte.
- Orientación de las discontinuidades en el macizo rocoso. (Quispe, 2018).

4.6.1. Índice R.M.R.

El índice RMR se obtiene sumando los valores de las 5 variables calculadas, lo que resulta en un valor índice denominado RMR básico. Posteriormente, se agrega el parámetro 6 que se refiere a la orientación de las discontinuidades con respecto a la excavación. El resultado final del RMR varía entre 0 y 100.

Los pasos a seguir son los siguientes:

- A. Calcular la resistencia compresiva del material rocoso utilizando la tabla proporcionada.:

Tabla 30: Resistencia del Material Rcoso

DESCRIPCIÓN	RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE (Mpa)	ENSAYOS DE CARGA PUNTUAL (Mpa)	VALORACIÓN
Extremadamente dura	>250	>10	15
Muy dura	100-250	4 - 10	12
Dura	50-100	2 - 4	7
Moderadamente dura	25-50	1 - 2	4
Blanda	5 - 25	<1	2
Muy Blanda	1-5		1
	<1		0

Fuente: Geomecánica Yauricocha

Según Palmstrom (1982), la calidad de una roca puede determinarse calculando el índice RQD a partir del número de discontinuidades visibles por unidad de volumen en afloramientos rocosos o cavidades. Además, el autor sugiere una relación específica para masas rocosas sin arcilla:

$$RDQ = 115 - 3.3 J_v$$

J_v es la medida de la cantidad total de discontinuidades por unidad de longitud de todas las familias de discontinuidades, también denominado como el recuento volumétrico de discontinuidades.

Tabla 31: Calidad de la Roca

RQD	CALIDAD DE LA ROCA
0 - 25%	Muy mala
25 - 50%	Mala
50 - 75%	Regular
75 - 90 %	Buena
90 - 100%	Excelente

Fuente: Geomecánica Yauricocha

- B. Distribución de las discontinuidades: Se presenta a continuación una tabla que describe cómo clasificar la separación o el espaciamiento de las discontinuidades.

Tabla 32: Esparcimiento de las Continuidades

DESCRIPCIÓN	ESPACIO DE LAS JUNTAS	TIPO DE MACIZO ROCOSO	VALORACIÓN
Muy separadas	> 2m	Sólido	20
Separadas	0.6 - 2m	Masivo	15
Moderadamente juntas	200 - 600 mm	En bloques	10
Juntas	60 - 200 mm	Fracturado	8
Muy juntas	< 60mm	Machado	5

Fuente: Geomecánica Yauricocha

- C. La condición de las discontinuidades se determina a partir de los datos que se presentan a continuación:

Tabla 33: Hendidura de las caras de la discontinuidad

GRADO	DESCRIPCIÓN	SEPARACION DE LAS CARAS	VALORACIÓN
1	Abierta	>5mm	0
2	Moderadamente abierta	1 - 5 mm	1
3	Cerrada	0.1 - 1 mm	4
4	Muy cerrada	<0.1 mm	5
5	Ninguna	0	6

Fuente: Geomecánica Yauricocha

Tabla 34: Continuidad o permanencia de la discontinuidad

GRADO	DESCRIPCIÓN	CONTINUIDAD	VALORACIÓN
1	Muy baja	<1 m	6
2	Baja	1 - 3 m	4
3	Media	1- 10 m	2
4	Alta	10 - 20 m	1
5	Muy alta	>20 m	0

Fuente: Geomecánica Yauricocha

Tabla 35: Rugosidad

GRADO	DESCRIPCIÓN	VALORACIÓN
1	Muy rugosa	6
2	Rugosa	5
3	Ligeramente rugosa	3
4	Lisa	1
5	Plana (espejo de falla)	0

Fuente: Geomecánica Yauricocha

Tabla 36: Cambios de la discontinuidad

GRADO	DESCRIPCIÓN	VALORACIÓN
1	Descompuesta	0
2	Muy alterada	1
3	Moderadamente alterada	3
4	Ligeramente alterada	5
5	No alterada	6

Fuente: Geomecánica Yauricocha

Tabla 37: Relleno de las discontinuidades

GRADO	DESCRIPCIÓN	VALORACIÓN
1	Blando > 5mm	0
2	Blando < 5mm	2
3	Duro > 5mm	3
4	Duro < 5mm	5
5	Ninguno	6

Fuente: Geomecánica Yauricocha

- D. Las condiciones del agua subterránea son determinantes en el funcionamiento de un macizo rocoso fracturado.

Por lo general, el agua que se encuentra en el interior proviene del flujo que circula por las grietas y fisuras de las rocas (permeabilidad secundaria), aunque en ocasiones las filtraciones a través de la matriz rocosa (permeabilidad primaria) también pueden tener un papel significativo.

Tabla 38: Condiciones del Agua Subterránea

CAUDAL POR 10 M DE TÚNEL	RELACIÓN AGUA - TENSION PPAL MAYOR	DESCRIPCIÓN	VALORACIÓN
Nulo	0	Seco	15
< 10 litros / min	<0.1	Ligeramente Humedo	10
10 - 25 litros / min	0.1 - 0.2	Húmedo	7
25 -125 litros / min	0.2 - 0.5	Goteando	4
>125 litros / min	>0.5	Fluyente	0

Fuente: Geomecánica Yauricocha

4.6.2. Cálculo del RQD por estaciones de medición

Según Palmstrom, la estimación del RQD se basa en la cantidad y longitud de las discontinuidades.

En la estación 01, se identificaron 11 fracturas, lo que resultó en un RQD del 79%.

Tabla 39: Calculo RQD 01

ESTACION	Nv 360
N° DE FRACTURAS	11
RQD	78.7
RQD	79%

Fuente: Geomecánica Yauricocha

Estación 02

En la estación 02 se identificaron un total de 16 fracturas, lo que representa un 62% de RQD.

Tabla 40: Calculo RQD 02

ESTACION	Nv 410
N° DE FRACTURAS	16
RQD	62.2
RQD	62%

Fuente: Geomecánica Yauricocha

Estación 03

En la estación 03 se identificaron un total de 20 fracturas, lo que equivale al 49% de RQD.

Tabla 41: Calculo RQD 03

ESTACION	Nv 465
N° DE FRACTURAS	20
RQD	49
RQD	49%

Fuente: Geomecánica Yauricocha

Estación 04

En la estación 04 se detectaron un total de 23 fracturas, lo que representa

aproximadamente un 39% del total RQD

Tabla 42: Calculo RQD 04

ESTACION	Nv 520
N° DE FRACTURAS	23
RQD	39.1
RQD	39%

Fuente: Geomecánica Yauricocha

La evaluación total del RQD se resume en un análisis completo de la calidad de la roca, considerando diversos factores que determinan su resistencia y estabilidad:

Tabla 43: Resumen RQD

ESTACION	NV 360	NV 410	NV 465	NV 520
RQD	79%	62%	49%	39%

Fuente: Geomecánica Yauricocha

4.6.3. Valoración R.M.R.

En la estación 01 - Nv 360 se utiliza la matriz RMR para evaluar su condición, según los criterios y medidas establecidas se obtiene un valor de 56 en la escala RMR, lo que indica que la roca se clasifica como III Regular / III-A.

Tabla 44: Valoración RMR 01-Nv 360

VALORACION R.M.R.							
CLASIFICACION 1 - Nv 360							
	PARAMET.	VALORES					VALOR
RCU		>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25(2)<5(1)<1(10)	10
RQD %		90-100(20)	75-90 (15)	50-75(11)	25-50 (8)	<25(3)	15
ESPACIO (m)		>2(20)	0.6-2(15)	0.2-0.6 (10)	0.06-0.2(6)	<0.06(5)	6
JUNTAS	PERSISTENCIA	<1 m (6)	1-3 m (4)	3-10 m (2)	10-20 m(1)	>20 m (0)	2
	APERTURA	Cerrada(6)	<0.1 mm Aper(5)	0.01-1 mm(4)	1-5 mm(2)	>5 mm (0)	6
	RUGOSIDAD	Muy rugosa(6)	Rugoso(5)	Ligero(3)	Liso (1)	Falla (0)	3
	RELLENO	Limpio(6)	Duro<5mm(4)	Duro>5mm(2)	Suave<5mm(1)	Suevae>5mm(0)	4
	INTEMP.	Sana(6)	Ligero(5)	Moderado(7)	Fuerte(2)	Decompuesto(0)	5
AGUA SUBTERRANEA		SECO(15)	Humedo(10)	Mojado(7)	Goteo(4)	Flujo(0)	10
AJUSTE ORIENTACION		MUY FAVORABLE(0)	Favorable(-2)	Regular(-5)	Desfavorable(-10)	Muy desfavorable(-12)	-5
R.M.R.							56
CLASE							
R.M.R.		100-81	80-61	60-41	40-21	20-0	III-A
DESCRIPCION		I-MUY BUENA	II-BUENA	III-REGULAR	IV-MALA	V-MUY MALA	

Fuente: Geomecánica Yauricocha

La estación 02 - Nv 410 ha sido evaluada utilizando la matriz RMR para valorarla, siguiendo los criterios y parámetros correspondientes. Como resultado, se ha obtenido un valor RMR de 49, lo que la clasifica como una roca de nivel III Regular / III-B.

Tabla 45: Valoración RMR 02-Nv 410

VALORACION R.M.R.							
CLASIFICACION 2 - Nv 410							
	PARAMET.	VALORES					VALOR
RCU		>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25(2)<5(1)<1(10)	9
RQD %		90-100(20)	75-90 (15)	50-75(11)	25-50 (8)	<25(3)	11
ESPACIO (m)		>2(20)	0.6-2(15)	0.2-0.6 (10)	0.06-0.2(6)	<0.06(5)	6
JUNTAS	PERSISTENCIA	<1 m (6)	1-3 m (4)	3-10 m (2)	10-20 m(1)	>20 m (0)	2
	APERTURA	Cerrada(6)	<0.1 mm Aper(5)	0.01-1 mm(4)	1-5 mm(2)	>5 mm (0)	4
	RUGOSIDAD	Muy rugosa(6)	Rugoso(5)	Ligero(3)	Liso (1)	Falla (0)	3
	RELLENO	Limpio(6)	Duro<5mm(4)	Duro>5mm(2)	Suave<5mm(1)	Suevae>5mm(0)	4
	INTEMP.	Sana(6)	Ligero(5)	Moderado(7)	Fuerte(2)	Decompuesto(0)	5
AGUA SUBTERRANEA		SECO(15)	Humedo(10)	Mojado(7)	Goteo(4)	Flujo(0)	10
AJUSTE ORIENTACION		MUY FAVORABLE(0)	Favorable(-2)	Regular(-5)	Desfavorable(-10)	Muy desfavorable(-12)	-5
R.M.R.							49
CLASE							
R.M.R.		100-81	80-61	60-41	40-21	20-0	III-B
DESCRIPCION		I-MUY BUENA	II-BUENA	III-REGULAR	IV-MALA	V-MUY MALA	

Fuente: Geomecánica Yauricocha

Se emplea la metodología RMR para evaluar la estación 03 - Nv 465, siguiendo los criterios y estándares se obtiene un valor de RMR 40 que categoriza la roca como III Regular / IV-A.

Tabla 46: Valoración RMR 03-Nv 465

VALORACION R.M.R.							
CLASIFICACION 3 - Nv 465							
	PARAMET.	VALORES					VALOR
RCU		>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25(2)<5(1)<1(10)	7
RQD %		90-100(20)	75-90 (15)	50-75(11)	25-50 (8)	<25(3)	8
ESPACIO (m)		>2(20)	0.6-2(15)	0.2-0.6 (10)	0.06-0.2(6)	<0.06(5)	8
JUNTAS	PERSISTENCIA	<1 m (6)	1-3 m (4)	3-10 m (2)	10-20 m(1)	>20 m (0)	2
	APERTURA	Cerrada(6)	<0.1 mm Aper(5)	0.01-1 mm(4)	1-5 mm(2)	>5 mm (0)	4
	RUGOSIDAD	Muy rugosa(6)	Rugoso(5)	Ligero(3)	Liso (1)	Falla (0)	3
	RELLENO	Limpio(6)	Duro<5mm(4)	Duro>5mm(2)	Suave<5mm(1)	Suevae>5mm(0)	1
	INTEMP.	Sana(6)	Ligero(5)	Moderado(7)	Fuerte(2)	Decompuesto(0)	2
AGUA SUBTERRANEA		SECO(15)	Humedo(10)	Mojado(7)	Goteo(4)	Flujo(0)	10
AJUSTE ORIENTACION		MUY FAVORABLE(0)	Favorable(-2)	Regular(-5)	Desfavorable(-10)	Muy desfavorable(-12)	-5
R.M.R.							40
CLASE							
R.M.R.		100-81	80-61	60-41	40-21	20-0	IV-A
DESCRIPCION		I-MUY BUENA	II-BUENA	III-REGULAR	IV-MALA	V-MUY MALA	

Fuente: Geomecánica Yauricocha

La estación 04 - Nv 520 se somete a la evaluación de valoración RMR, según la cual cumple con los requisitos y parámetros y recibe un valor de 25 en la escala RMR, lo cual la clasifica como una roca de calidad regular III / III-B.

Tabla 47: Valoración RMR 04-Nv 520

VALORACION R.M.R.							
CLASIFICACION 4 - Nv 520							
	PARAMET.	VALORES					VALOR
RCU		>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25(2)<5(1)<1(10)	6
RQD %		90-100(20)	75-90 (15)	50-75(11)	25-50 (8)	<25(3)	3
ESPACIO (m)		>2(20)	0.6-2(15)	0.2-0.6(10)	0.06-0.2(6)	<0.06(5)	6
JUNTAS	PERSISTENCIA	<1 m (6)	1-3 m (4)	3-10 m (2)	10-20 m(1)	>20 m (0)	2
	APERTURA	Cerrada(6)	<0.1 mm Aper(5)	0.01-1 mm(4)	1-5 mm(2)	>5 mm (0)	2
	RUGOSIDAD	Muy rugosa(6)	Rugoso(5)	Ligero(3)	Liso (1)	Falla (0)	1
	RELLENO	Limpio(6)	Duro<5mm(4)	Duro>5mm(2)	Suave<5mm(1)	Suevae>5mm(0)	1
	INTEMP.	Sana(6)	Ligero(5)	Moderado(7)	Fuerte(2)	Decompuesto(0)	2
AGUA SUBTERRANEA		SECO(15)	Humedo(10)	Mojado(7)	Goteo(4)	Flujo(0)	7
AJUSTE ORIENTACION		MUY FAVORABLE(0)	Favorable(-2)	Regular(-5)	Desfavorable(-10)	Muy desfavorable(-12)	-5
R.M.R.							25
CLASE							
R.M.R.	100-81	80-61	60-41	40-21	20-0		IV-B
DESCRIPCION	I-MUY BUENA	II-BUENA	III-REGULAR	IV-MALA	V-MUY MALA		

Fuente: Geomecánica Yauricocha

Tabla 48: Cartilla geomecánica GSI

[illegible]

Fuente: Geomecánica Yauricocha

4.6.4. Sostenimiento a aplicar

Según los resultados de la RMR, se deben seguir los controles correspondientes según

la tabla GSI para la estación 01 - Nv 360, que incluyen la aplicación de Pernos Helicoidales

+ Malla Electrosoldada.

Tabla 49: Resultados RMR 01

CARTILLA G.S.I.					
ESTACION	1 - Nv 360	A	B	C	D
LABOR	PIQUE	Fracturamiento Moderado (F)	Regular (R)	F/R	PERNOS HELICOIDALES+MALLA ELECTROSOLDADA
FRACTURA	11 frac/m				
RESISTENCIA	02 Golpes/picota				
FACTORES	Agua Subterranea				
G.S.I.	F/R				
SOSTENIMIENTO APLICAR	PERNOS HELICOIDALES+MALLA ELECTROSOLDADA				

Fuente: Geomecánica Yauricocha

De acuerdo a los hallazgos de la Evaluación del Riesgo de Mecanismos de Ruptura (RMR), se requiere la aplicación de medidas de control siguiendo las recomendaciones establecidas en la tabla GSI para la estación 02 - Nivel 410. Esto implica la instalación de Pernos Helicoidales y Malla Electrosoldada como parte de las acciones a implementar.

Tabla 50: Resultados RMR 02

CARTILLA G.S.I.					
ESTACION	2 - NV 410	A	B	C	D
LABOR	PIQUE	Muy Fracutado (MF)	Regular (R)	MF/R	PERNOS HELICOIDALES+MALLA ELECTROSOLDADA
FRACTURA	16 frac/m				
RESISTENCIA	02 Golpes/picota				
FACTORES	Agua Subterranea				
G.S.I.	MF/R				
SOSTENIMIENTO APLICAR	PERNOS HELICOIDALES+MALLA ELECTROSOLDADA				

Fuente: Geomecánica Yauricocha

Según los resultados de RMR, se deben implementar los controles de acuerdo con la clasificación de la tabla GSI. En el caso de la estación 03 con nivel 465, se recomienda utilizar pernos helicoidales, malla y shotcrete.

Tabla 51: Resultados RMR03

CARTILLA G.S.I.					
ESTACION	3 - NV 465	A	B	C	D
LABOR	PIQUE	Muy Fracutado (MF)	Pobre (P)	MF/P	PERNOS HELICOIDALES+MAL LA + SHOTCRETE
FRACTURA	20 frac/m				
RESISTENCIA	01 Golpes/picota				
FACTORES	Agua Subterranea				
G.S.I.	MF/P				
SOSTENIMIENTO APLICAR	PERNOS HELICOIDALES+MALLA + SHOTCRETE				

Fuente: Geomecánica Yauricocha

Según los resultados del Registro de Mediciones de Rocas (RMR), se deben seguir los controles según la tabla de Índice de Calidad del Soporte (GSI), que indica

que para la estación 04 – Nv 520 se recomienda utilizar una combinación de Acero tipo H, Malla y Shotcrete.

Tabla 52: Resultados RMR 04

CARTILLA G.S.I.					
ESTACION	4 - NV 520	A	B	C	D
LABOR	PIQUE	Intensa Fractura(IF)	Pobre (P)	IF/P	ACERO TIPO H + MALLA+SHOTCRETE
FRACTURA	23 frac/m				
RESISTENCIA	Indenta Superficial				
FACTORES	Agua Subterranea				
G.S.I.	IF/P				
SOSTENIMIENTO APLICAR	ACERO TIPO H + MALLA+SHOTCRETE				

Fuente: Geomecánica Yauricocha

4.6.5. Cálculo del Factor de Seguridad

Para confirmar el respaldo del diseño de acuerdo con los tipos de roca III-A, III-B, IV-A y IV-B, así como garantizar la estabilidad de la labor, se llevó a cabo un análisis estructural de cuñas utilizando el programa Unwedge.

El propósito de este análisis es comprobar que el sistema de soporte recomendado en la Tabla geomecánica GSI sea suficiente para mantener la estabilidad de la labor.

Para lograr este objetivo, es necesario que el Factor de Seguridad sea superior a 1.5, que es el valor mínimo requerido para garantizar condiciones de trabajo seguras.

Tabla 53: Factor de seguridad Protodiakonov

ESTACION	R.M.R.	CARGA TOTAL (TON)	FACTOR DE SEGURIDAD(TON)
		PROTODIAKONOV	PROTODIAKONOV
1 / 2 / 3 / 4	<20	37.4	1.5
	21-30	22.4	2.6
	31-40	13.52	4.3

Fuente: Geomecánica Yauricocha

Tabla 54: Factor de seguridad Terzaghi

ESTACION	R.M.R.	CARGA TOTAL (TON)	FACTOR DE SEGURIDAD(TON)
		TERZAGHI	TERZAGHI
1 / 2 / 3 / 4	<20	30.9	1.5
	21-30	30.09	1.9
	31-40	9.61	6

Fuente: Geomecánica Yauricocha

4.7. Tipos de Sostenimiento Activo

4.7.1. Sostenimiento con Pernos Helicoidales

Los pernos de anclaje son barras de acero en forma helicoidal con un diámetro de 19 mm y una masa de 2.275 kg por metro. Son ideales para trabajos permanentes debido a su excelente capacidad de soporte.

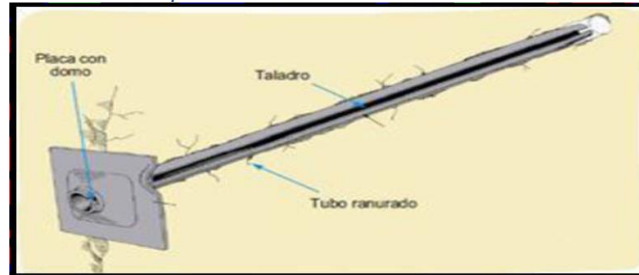
Estos pernos están disponibles en longitudes de 2, 4, 6 y 8 pies, y tienen una capacidad de anclaje de 2.5 a 3 toneladas por pie.

Sus características técnicas incluyen el tipo de perno, la longitud, el diámetro y la capacidad de anclaje.

4.7.2. Sostenimiento con Split Set

Según Sanchez (2013), el Split Set es un tubo de acero especial con tratamiento anticorrosivo, ranurado longitudinalmente, que al ser introducido en un taladro de menor diámetro y expandido genera fuerzas friccionantes para ofrecer sostenimiento inmediato. Este tipo de sostenimiento metálico temporal trabaja por fricción y consiste en un tubo ranurado a lo largo de su longitud, con un extremo ahusado y otro con un anillo soldado para mantener la platina. Al ser presionado dentro de un taladro de menor diámetro, se genera una presión radial a lo largo de toda su longitud contra las paredes del taladro, cerrando parcialmente la ranura. La fricción entre la superficie del taladro y el tubo ranurado constituye el anclaje que se opone al movimiento de la roca circundante, logrando una tensión de carga indirectamente. Los split set se utilizan principalmente para refuerzo temporal en terrenos de calidad regular a mala, y no se recomienda su uso en roca intensamente fracturada y débil.

Ilustración 1: Split set



Fuente: Mendieta Britto, 2014

Las características técnicas del Split Ser incluyen un perno de tubo de acero, con longitudes que van desde 4 a 12 pies y diámetros que varían entre 35 y 46mm.

Además, tiene una capacidad de anclaje que va desde 1 a 1.5 Ton/pie.

4.7.3. Sostenimiento con Pernos de Anclaje de Fricción Hydrabolt

Es un perno de fricción que se puede instalar de forma rápida, al cual se le añade agua a altas presiones (250-300 Bares). Se expande desde los 29 mm de diámetro inicial hasta los 41 mm, gracias a su válvula de no retorno. El agua presente en su interior ejerce una presión constante radial a lo largo de la longitud del taladro.

4.8. Tipos de Sostenimientos Pasivos

4.8.1. Sostenimiento con Madera

Según la revista (Sostenimiento en Minería subterránea, 2013), se pretende mantener abiertas las labores mineras durante la explotación mediante el uso de sostenimiento con madera.

Este sostenimiento compensa el equilibrio inestable de las masas de roca que soporta, por lo que la estructura debe colocarse lo más cerca posible al frente para minimizar el reajuste del terreno antes de su colocación.

La estructura debe ser rígida para reducir al mínimo el reajuste que se produce después de la instalación, y debe estar formada por piezas fáciles de construir, manipular e instalar.

Las partes de la estructura que van a recibir las mayores presiones o impactos deben tener características y ubicación que minimicen su efecto sobre la estructura principal.

4.8.2. Sostenimiento con Cimbras Metálicas

Según la revista (Sostenimiento en Minería subterránea, 2013), se pretende mantener abiertas las labores mineras durante la explotación mediante el uso de sostenimiento con madera.

Este sostenimiento compensa el equilibrio inestable de las masas de roca que soporta, por lo que la estructura debe colocarse lo más cerca posible al frente para minimizar el reajuste del terreno antes de su colocación.

La estructura debe ser rígida para reducir al mínimo el reajuste que se produce después de la instalación, y debe estar formada por piezas fáciles de construir, manipular e instalar.

Las partes de la estructura que van a recibir las mayores presiones o impactos deben tener características y ubicación que minimicen su efecto sobre la estructura principal.

Ilustración 2: Sostenimiento con cimbras metálicas



Fuente: Elaboración Propia

4.8.3. Sostenimiento con concreto lazado o shotcrete

En esta investigación de carácter descriptivo-explicativo, se busca analizar el impacto del uso de sostenimiento con shotcrete vía húmeda con fibra metálica en la prevención de caídas de rocas en la Sociedad Minera Corona S.A - Yauricocha 2017, ubicada en el distrito de Alis, provincia de Yauyos, departamento de Lima.

Se han identificado los problemas de estabilidad del terreno y, a través de estudios geomecánicos en los tajeos Antacaca 920 y Antacaca 970, se busca determinar el diseño de sostenimiento más adecuado en términos de RMR, Q y GSI, priorizando la seguridad del personal.

Se comparó el uso de fibras metálicas en el shotcrete vía húmeda con el uso de fibras sintéticas, que era la práctica previa en estos tajeos.

4.9. Sistema de seguridad para Rehabilitación del Pique Central.

Antes de iniciar con la rehabilitación del Pique Central fase III Nv 260 – Nv 520 se realiza el plan de seguridad.

La Rehabilitación de Pique Central Fase III consiste en el reforzamiento de la estructura de cuadros de madera (cuadros colgantes), así mismo el reforzamiento del macizo rocoso según la evaluación y recomendación del área de geomecánica comprendidos desde el NV.260 al NV. 520. Esto con la finalidad de garantizar el sistema de izaje de personal, material, herramientas, como la extracción de mineral y desmonte.

La técnica y metodología del proceso de rehabilitación del pique son acorde a lo establecido por las Especificaciones Técnicas del Proyecto con Sociedad Minera Corona, los mismos que podrán ser modificados durante la realización de los

trabajos, teniendo en cuenta las condiciones constructivas que podrían presentarse.

4.9.1. Alcance

En todas las actividades operativas subterráneas y superficie para rehabilitar el Pique Central – SOCIEDAD MINERA CORONA S.A

4.9.2. Elaboración de línea de base del sistema de gestión de la seguridad

Se utilizará la “Lista de verificación de los lineamientos del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo está basada en la Ley N° 29783”.

4.9.3. Objetivos y metas

Tabla 55: objetivos y metas por seguridad

OBJETIVOS	METAS
OBJETIVO 1: Alcanzar la meta de los Indicadores de Seguridad	
Índice de frecuencia	= 0
Índice de severidad	= 0
Índice de accidentabilidad	= 0
OBJETIVO 2:	
Reducir la probabilidad/posibilidad de ocurrencia de incidentes/accidentes	
OBJETIVO 3:	
Minimizar la exposición a condiciones subestándares del personal “Los Andes” en las actividades operativas en la Rehabilitación del Pique Central Sociedad Minera Corona - Unidad de Yauricocha.	
OBJETIVO 4:	
Controlar los RIESGOS CRÍTICOS en la Rehabilitación del Pique Central.	
OBJETIVO 5:	
Alcanzar las horas hombre de capacitación por mes	= 8
OBJETIVO 6:	
Mejorar la gestión y utilización de las herramientas de gestión en Seguridad.	>= 90%

Fuente: Elaboración Propia

4.9.4. Identificación de peligros y evaluación de riesgos laborales y mapa de riegos.

Metodología aplicada en la elaboración del IPERC BASE, IPERC ESPECIFICO E IPERC CONTINUO Y mapa de riesgos.

4.9.5. Capacitación en seguridad y salud en el trabajo.

Programa de capacitación de seguridad y salud en el trabajo DS024-EM-2016 - anexo 6

4.9.6. Plan de contingencias

Se establecen procedimientos y acciones básicas de respuesta que se toman para afrontar de manera oportuna, adecuada efectiva en el caso de un accidente y/o estado de emergencia durante el desarrollo del trabajo que cubra.

- Manejo de sustancias peligrosas.
- Plan de respuesta a emergencias.

4.9.7. Gestión de seguridad

Las herramientas de gestión, procedimientos, protocolos y reportes, establecidos por Los Andes CS SAC para la realización de los trabajos de Rehabilitación del Pique Central se adjunta según la Política de Seguridad e Higiene, basada en el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería D.S. N°024-2016-EM y su modificatoria D.S. N°023-2017-EM con estándares utilizados en toda obra.

4.9.7.1. Orden de trabajo (LOS ANDES CS SAC)

Es parte de nuestra política empresarial el seguimiento de todas las actividades estará sujeta al control estricto de indicaciones impartidas a los trabajadores (Ordenes de Trabajo), a fin de reducir los accidentes de trabajo.

4.9.7.2. PETAR

Por ser una actividad de alto riesgo esta herramienta se elabora en cada guardia según sea la actividad a realizar, firmada por el ing. De guardia de Los Andes, Ing. de Seguridad y aprobado por el Ing. Supervisor de proyectos SMC SA. Y Seguridad SMC SA.

4.9.7.3. Reporte de capacitación diaria

Esta herramienta será detallada para todas las guardias, durante el tiempo que duren los trabajos, para llevar un control de la capacitación impartida por los supervisores de áreas.

4.9.7.4. Iperc

En cumplimiento del Art. 95 a 97, antes de iniciar con las tareas se deberá realizar la identificación de peligros, evaluarán los riesgos para su salud e integridad física y determinarán las medidas de control más adecuadas. El cual será revisada y liberada por el supervisor a cargo en cumplimiento al Art. 38.

4.9.7.5. Ats

Siendo actividades no rutinarias los trabajos preliminares para la rehabilitación del Pique Central Fase III se empleará el formato ATS de acuerdo al Anexo 11 del D.S 024 – 2016 EM.

4.9.7.6. Reporte de ICAS

Este formato deberá ser detallado por cualquier trabajador de nuestra empresa, la finalidad del mismo es informar de cualquier condición insegura, acción subestándar, peligros y riesgos; a fin de poder tomar las medidas correctivas del caso.

4.9.7.7. Reporte diario.

Estos reportes resumen las actividades realizadas diariamente, que servirán para la elaboración de la valorización correspondiente

4.9.8. Control de riesgos críticos

- Radio de comunicación.
- Cámara de salvataje implementado.
- Lava ojos.
- Extintores.
- Botequín.

- Panel de herramientas de control.

4.9.8.1. Caída de personal a distinto nivel

- Permisos para trabajos en altura para el personal.
- Se implementará equipos de protección contra caídas (arnés de seguridad con sus respectivas líneas de vida y líneas de anclaje)
- Bloquear y/o señalizar los espacios abiertos.
- Bloquear y señalizar los niveles superiores e inferiores
- Capacitación al personal sobre el uso obligatorio de arnés cuando se realizan trabajos dentro o a una distancia menor a 3 mt. del collar del pique (En todo momento el personal del pique usará arnés previamente anclada hacia la línea de vida).

4.9.8.2. Carga suspendida

- Inspección de los puntos de anclaje.
- Inspección de los elementos de izaje como: tecles, Grilletes, Eslingas, estrobos (uso de check list de pre uso de elementos de izaje).
- Evaluación de la carga a usar.

4.9.8.3. Movimiento de equipo(skip/jaula)

- Antes de realizar cualquier Movimiento con la jaula o skip se tendrá que coordinar con el Winchero y Timbrero de SMCSA por radio.
- El personal se retirará de la línea de fuego durante el recorrido de la jaula.
- Capacitación al personal sobre izaje y descenso de jaula.
- El timbrero de SMC SA. Será el único encargado de dar la orden al

Winchero para que puede mover la jaula.

- El supervisor de Los Andes realizara el bloqueo del push button en la estación más cercana al puno de trabajo para evitar movimientos involuntarios de la jaula.

4.9.8.4. Energía eléctrica

- Antes de realizar cualquier trabajo con energía eléctrica se coordinará con Proyectos y Mantenimiento Eléctrico de SMCSA para bloquear la fuente de energía.
- Capacitación al personal sobre realizar trabajos con energía cero.
- Se implementará al supervisor un detector de energía.

4.9.8.5. Espacios abiertos

- Se bloqueará y señalizará todos los espacios abiertos fuera del pique.

4.9.8.6. Proyección de partículas a la vista

- Se controlará el cumplimiento del uso de los EPPs (careta, lentes de seguridad, full face) para el picado de concreto, durante la perforación, durante el lanzado de shotcrete y durante el preparado y vaciado de mezcla de concreto).
- Se tendrán implementados lava ojos con su respectivo check list en la zona de preparado de mezcla y el frente de lanzado.

4.9.8.7. Atrapamiento por operación de equipo de lanzado de shotcrete

- El personal contará con las autorizaciones respectivas para lanzado de shotcrete.

- Se capacitarán en el PETS de lanzado de shotcrete a todo el equipo de trabajo.
- Se hará el seguimiento del rellenado del check list de pre uso de los equipos que se utiliza en el lanzado de shotcrete.

Para el año 2022 en resumen se ha obtenido (0) accidentes leves, (0) accidentes incapacitantes, (0) accidentes mortales y cero (0) accidente con daño a la propiedad registrada en el sistema de Sociedad Minera Corona.

Tabla 56: resumen por seguridad del año 2022.

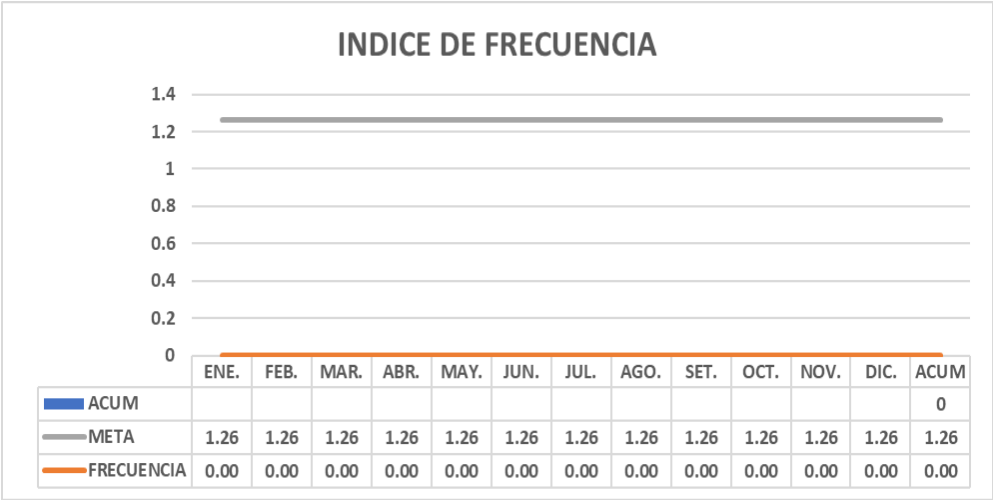
DESCRIPCION	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ACUM. 2022
N° Empleados	5	5	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	10.75
N° Obreros	25	28	29	29	29	27	29	28	28	25	25	25	27.25
N° Trabajadores	30	33	40	41	41	39	41	40	40	37	37	37	38
Accidentes leves	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Accidentes incapacitantes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dias perdidos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Horas Hombre Trabajadas (HHT)	6480	6944	9983	9903	8263	9381	10200	9880	7360	7792	9680	8616	104482
Indice de Frecuencia (IF)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
Indice de Severidad (IS)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0
Indice de Accidentabilidad (IA)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0

Fuente: Elaboración Propia

4.9.9. Indicadores de seguridad.

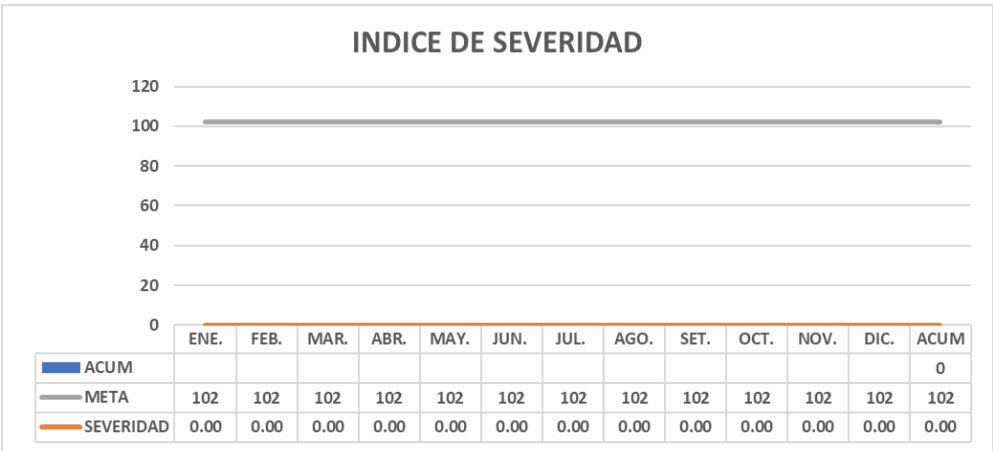
Los indicadores de seguridad se miden a través de los índices de frecuencia, índices de severidad e índice de accidentabilidad; en el mes de diciembre se tienen los siguientes indicadores: IF=00; IS=00; IA=00 y en el acumulado: IF=0.00; IS=0.00, IA=0.00

Tabla 57: Índice de frecuencia.



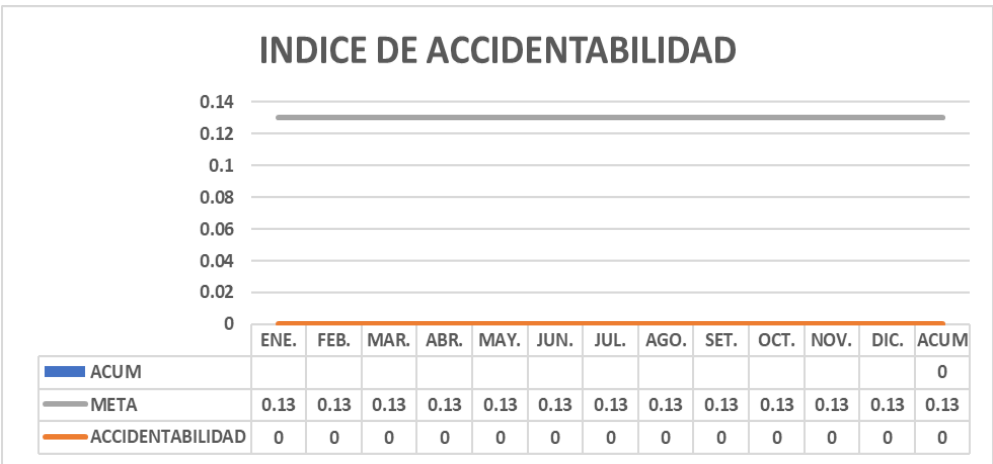
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 58: Índice de severidad.



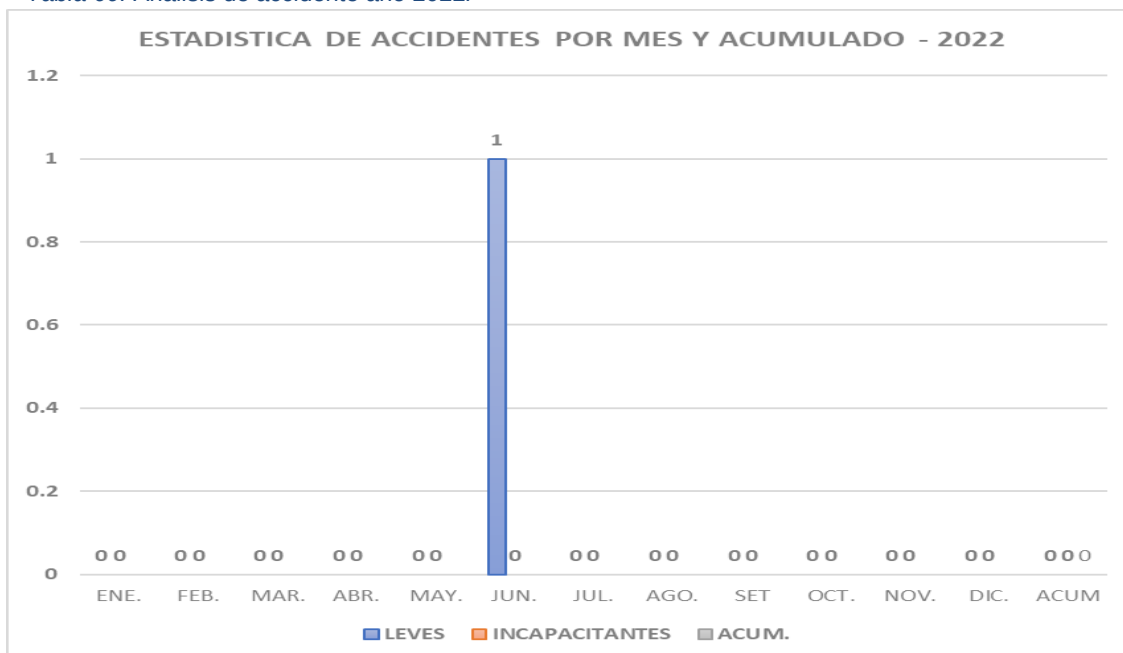
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 59: Índice de accidentabilidad.



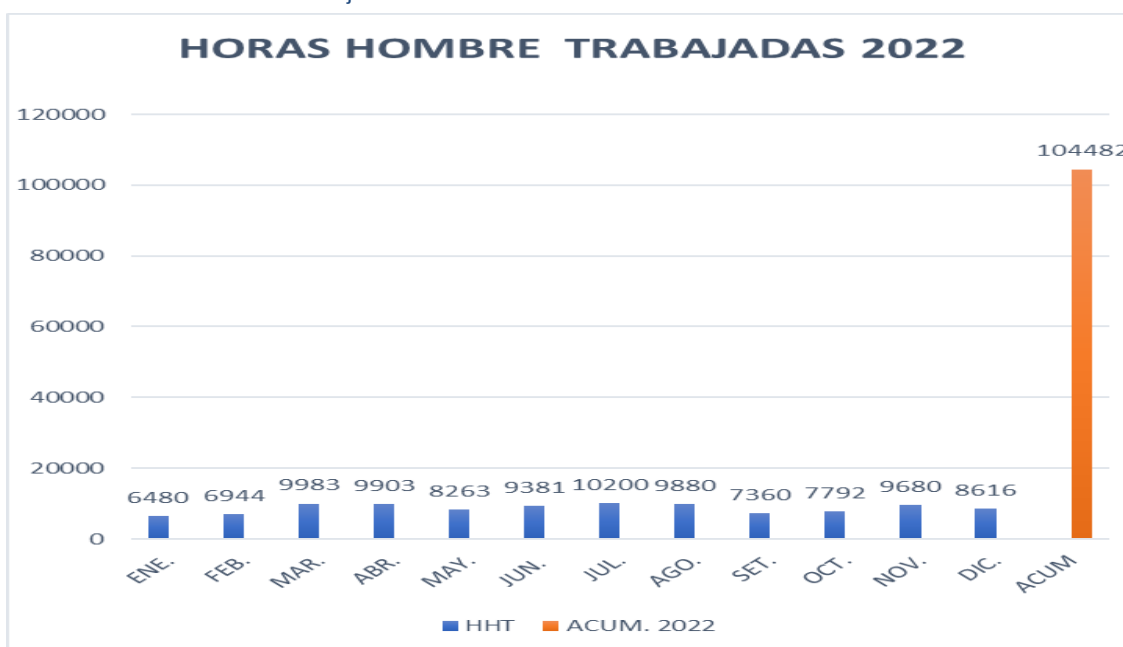
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 60: Análisis de accidente año 2022.



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 61: Horas hombre trabajadas año 2022.



Fuente: Elaboración Propia

4.9.9.1. Capacitación

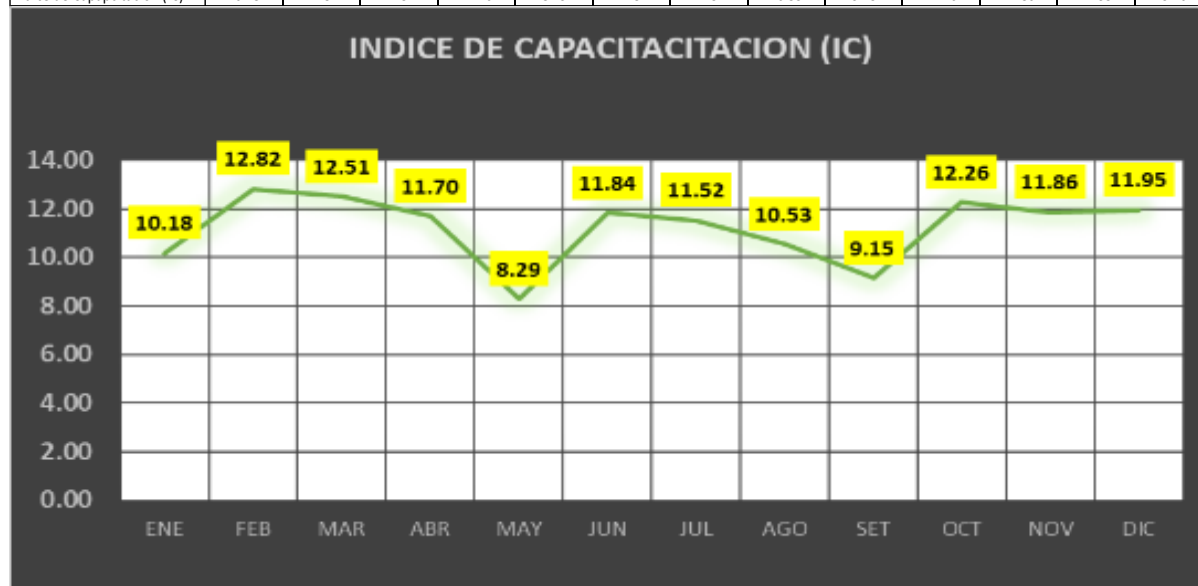
En el mes de diciembre se han realizado un total de 442 horas hombre capacitadas, haciendo un total de 11.95 horas hombre capacitadas por persona, se capacitaron en

temas relacionados al anexo 6, ART. 75 del DS-024-EM-2016 y Medio Ambiente:

- Uso del Autorrescatador
- Parada de seguridad (Riesgos de fatalidad y controles Críticos).
- Mapa de Riesgos y Riesgos Psicosociales
- Manejo defensivo y transporte de personal
- Riesgos Eléctricos.
- Trabajos en Altura, etc

Tabla 62: Horas hombre capacitados.

AS HOMBRE CAPACITADAS													
ITEM	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
N° Trabajadores	30	33	40	41	41	39	41	40	40	37	37	37	456
HHC internas	305.5	423.12	500.5	479.75	339.75	461.75	472.25	421.25	366	453.5	438.75	442	5104.12
HHC externas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indice de Capacitacion (IC)	10.18	12.82	12.51	11.70	8.29	11.84	11.52	10.53	9.15	12.26	11.86	11.95	134.61



Fuente: Elaboración Propia

4.9.9.2. Inspecciones

- En el mes de diciembre se han realizado las inspecciones de acuerdo al programa de inspecciones teniendo un cumplimiento del 96% y con un 94% de acumulado al año.

Tabla 63: Resumen de Inspecciones.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA		PROGRAMA ANUAL DE INSPECCIONES SSOMA 2022														CODIGO: LASC-SEG-PRO-02 VESION: 0 FECHA: 05-01-22 PAGINA: 1/1							
TEMA		AREA RESPONSABLE DE LA INSPECCION	SEGURIDAD SUPERVISOR DE OPERACIONES	ALTA GEENCIA	CSST	Frecuencia	Estado de acciones	CRONOGRAMA 2023												% Avance			
								Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic		Total		
	EQUIPOS ANTICAIDA (ARNES, BLOCK RETRACTIL)	SEGURIDAD - OPERACIONES	X	X		MENSUAL	Programado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	100%		
							Ejecutado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12			
	SISTEMA DE IZAJE (TECLES, PASTECAS, POLEAS)	SEGURIDAD - OPERACIONES	X	X		MENSUAL	Programado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	100%		
							Ejecutado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12			
	SISTEMA CONTRA INCENDIO (EXTINTORES)	SEGURIDAD	X			MENSUAL	Programado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	100%		
							Ejecutado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12			
	INSPECCIONES PLANEADAS DE LABORES	OPERACIONES	X	X		MENSUAL	Programado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	100%	
							Ejecutado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12			
	INSPECCION GERENCIAL	ALTA GERENCIAL	X	X	X	TRIMESTRAL	Programado			1			1			1			1	4	75%		
							Ejecutado			1			1			1			0	3			
	INSPECCIONES DE MATPEL	SEGURIDAD - MANTENIMIENTO	X			SEMANAL	Programado	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36	100%	
							Ejecutado	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36			
	INSPECCION DE BODEGAS Y ALMACENES	SEGURIDAD - OPERACIONES	X	X		SEMANAL	Programado	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36	100%	
							Ejecutado	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36			
	VESTUARIOS SUPERFICIE	SEGURIDAD - MANTENIMIENTO	X	X		MENSUAL	Programado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	83%	
							Ejecutado	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	10			
	INSPECCION DE OFICINAS EN SUPERFICIE	SEGURIDAD	X			MENSUAL	Programado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	100%	
							Ejecutado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12			
	HERRAMIENTAS MANUALES Y EQUIPOS ELÉCTRICOS	SEGURIDAD - OPERACIONES	X			MENSUAL	Programado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	100%	
							Ejecutado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12			
INSPECCION DEL COMITÉ SST	SEGURIDAD - OPERACIONES	X	X	X	MENSUAL	Programado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	100%		
						Ejecutado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12				
INSPECCION DE BOTIQUINES	SEGURIDAD	X			MENSUAL	Programado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	100%		
						Ejecutado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12				
ESTACIÓN DE SALVATAJE	SEGURIDAD	X			SEMANAL	Programado	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36	100%		
						Ejecutado	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36				
INSPECCION DE SEÑALÉTICAS	SEGURIDAD - MANTENIMIENTO	X	X		MENSUAL	Programado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	92%		
						Ejecutado	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	11				
INSPECCION DE KIT ANTIDERRAME	SEGURIDAD OPERACIONES MANTENIMIENTO	X	X	X	MENSUAL	Programado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	92%		
						Ejecutado	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	11				
LAVA OJOS	SEGURIDAD RESIDENCIA	X	X		MENSUAL	Programado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	92%		
						Ejecutado	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	11				
CAMPAMENTOS	SEGURIDAD RESIDENCIA	X	X		MENSUAL	Programado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	100%		
						Ejecutado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12				
INSPECCIONES MA	PUNTOS DE ACOPIO DE RRSS	SEGURIDAD - OPERACIONES	X	X		MENSUAL	Programado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	25%	
							Ejecutado	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	3			
	INSPECCION DE SEÑALÉTICAS	SEGURIDAD - ADMINISTRACION	X	X		MENSUAL	Programado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	100%	
							Ejecutado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12			
	SERVICIOS HIGIENICOS Y LAVADEROS	SEGURIDAD - ADMINISTRACION	X	X		MENSUAL	Programado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	67%
							Ejecutado	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	8			
RESULTADOS						Programado	25	25	26	25	25	26	25	25	26	25	25	26	304				
						Ejecutado	24	23	24	24	24	24	23	25	20	24	25	25	285				
						%	96%	92%	92%	96%	96%	92%	92%	100%	77%	96%	100%	96%	94%				

Fuente: Elaboración Propia

4.10. Rehabilitación Del Pique Central

Según el historial del pique central, en el año 2010 se realizaron trabajos de reparación y mantenimiento que incluyeron el reemplazo de cuadros y el refuerzo con anillos de concreto en las zonas de contacto, llevando aproximadamente 7 meses de rehabilitación desde la superficie hasta el nivel 465. Como resultado, se puede confirmar que el pique central tuvo una vida útil adicional de 9 años hasta agosto de 2019.

El pique central y el pique mascota atraviesan una zona de brecha en el dominio litológico de Caliza, donde el primero lo hace entre las profundidades de 155m y 230m, mientras que el segundo lo hace entre 110m y 138m.

En el pique central, la zona de contacto (brecha alterada) se extiende desde -155m hasta -230m, formando un tramo crítico de 75m, como se muestra en la imagen N° 002. Además, se observa deformación en el castillo del pique central cuando los cables se alinean en la superficie, como se ve en la imagen N° 004.

4.10.1. Inspección del Pique Central

Durante la inspección de los cuadros del pique central, se observó que no habían recibido el mantenimiento adecuado, con problemas más graves en los cuadros por debajo del nivel 465, que presentaban madera reseca y acumulación de material fino compactado.

En una reunión multidisciplinaria, se acordó intervenir urgentemente el cuadro N° 089, donde la solera choca con los lados de la jaula, raspando hasta lograr una separación de 1 pulgada. Entre los cuadros N° 090 y N° 100, se identificaron deformaciones y daños en los anillos de concreto debido a las presiones del terreno.

En el nivel 520, los cables de las jaulas y skip se adhieren al divisor y la estructura del pique debido a la deformación de la excavación. Se estima que al reparar los cuadros del pique central hasta el nivel 520 y mantener una separación mínima de 1 pulgada entre el divisor y la jaula, se podría extender su vida útil a 6.9 meses.

Además, se propone instalar bloques de concreto estructural o cables bolting cada 3.50 metros hasta el nivel 410, seguido de bloques de concretos intermedios hasta el nivel 465 y, finalmente, bloques de concreto o cables bolting cada 3.50 metros hasta el nivel 520. Con este sistema, se podría tolerar una deformación de 12 cm, lo que significaría una vida útil adicional de aproximadamente 2.7 años.

Ilustración 3: Zona de relleno



Fuente: Geomecánica Yauricocha

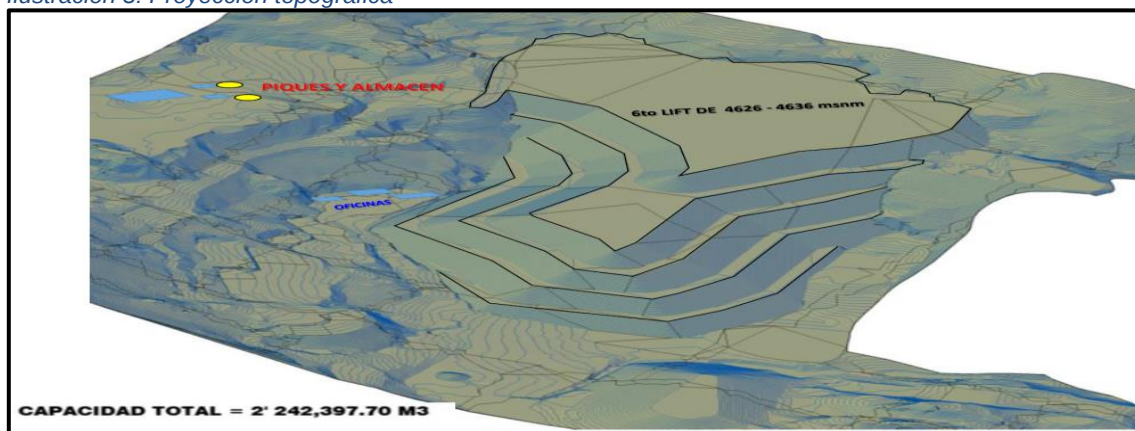
Ilustración 4.: Apertura cónica



Fuente: Geomecánica Yauricocha

Se recomienda continuar con el relleno del área excavada para corregir las deformaciones en el terreno y prolongar la durabilidad del pozo, según lo indicado por los inclinómetros mencionados.

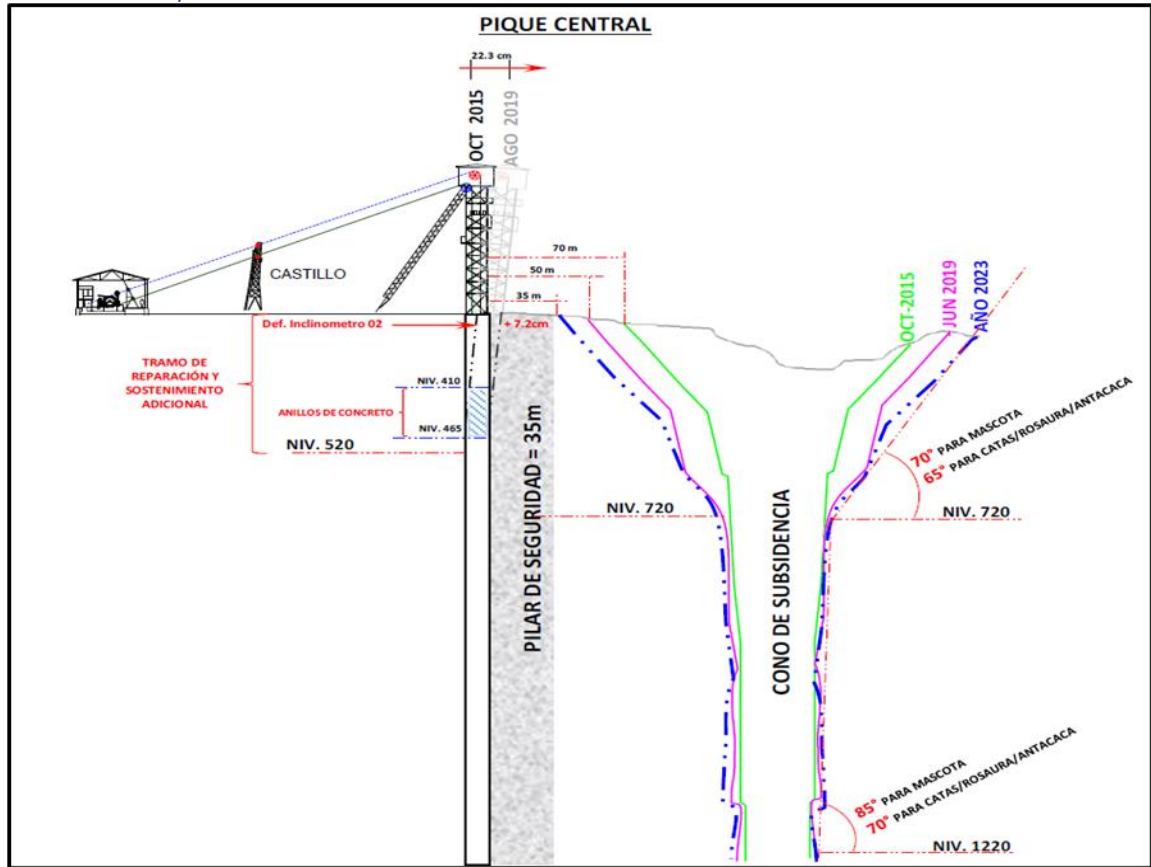
Ilustración 5: Proyección topográfica



Fuente: Geomecánica Yauricocha

Para prevenir que la distorsión causada por la subsidencia en la superficie afecte la estabilidad de los pozos, se necesita asegurar que haya una separación mínima de 35 metros desde el borde del cono de subsidencia. Dicho de otra manera, con una velocidad de avance de 4.05 metros por año (0.011 metros por día), se estima que tomará aproximadamente 3.7 años para que el límite del cono alcance el pilar de seguridad, teniendo en cuenta la distancia de 50 metros desde el borde.

Ilustración 6: Pique central



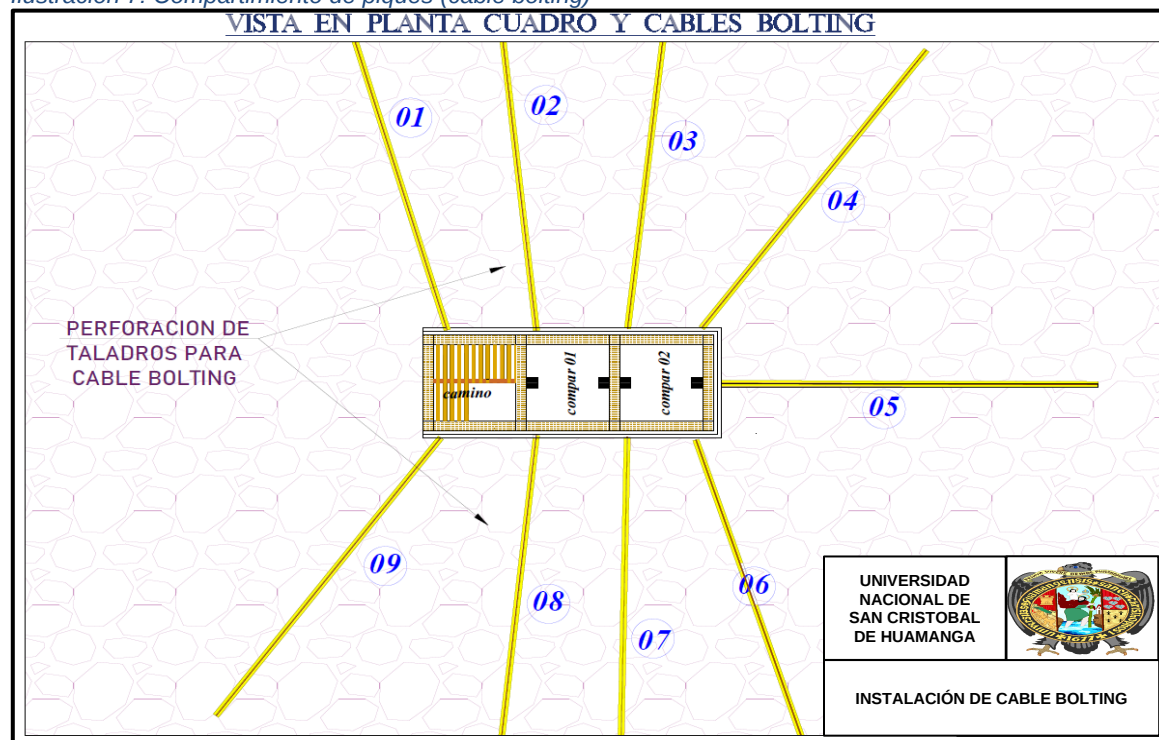
Fuente: Geomecánica Yauricocha

Para evitar la deformación en la excavación del pique central, además de los cuadros de compartimiento instalados en el pique, se propone instalar un soporte mínimo hasta el nivel 520 siguiendo estas recomendaciones:

Desde la superficie hasta el nivel 410, se aconseja colocar soleras de concreto estructural cada 8.6 metros, ancladas en la roca con pernos inyectados con cemento. Como alternativa, se puede considerar la instalación de pernos cables bolting de 0.6 pulgadas (15.24 mm) de diámetro y 7 metros de pretensado a 5 toneladas, con 9 cables por fila y cada 3.5 metros por fila (dejando un cuadro), también inyectados con lechada de cemento en una proporción de 0.42 a 0.45 (18 a 19 litros de agua por cada 42.5 kg de cemento).

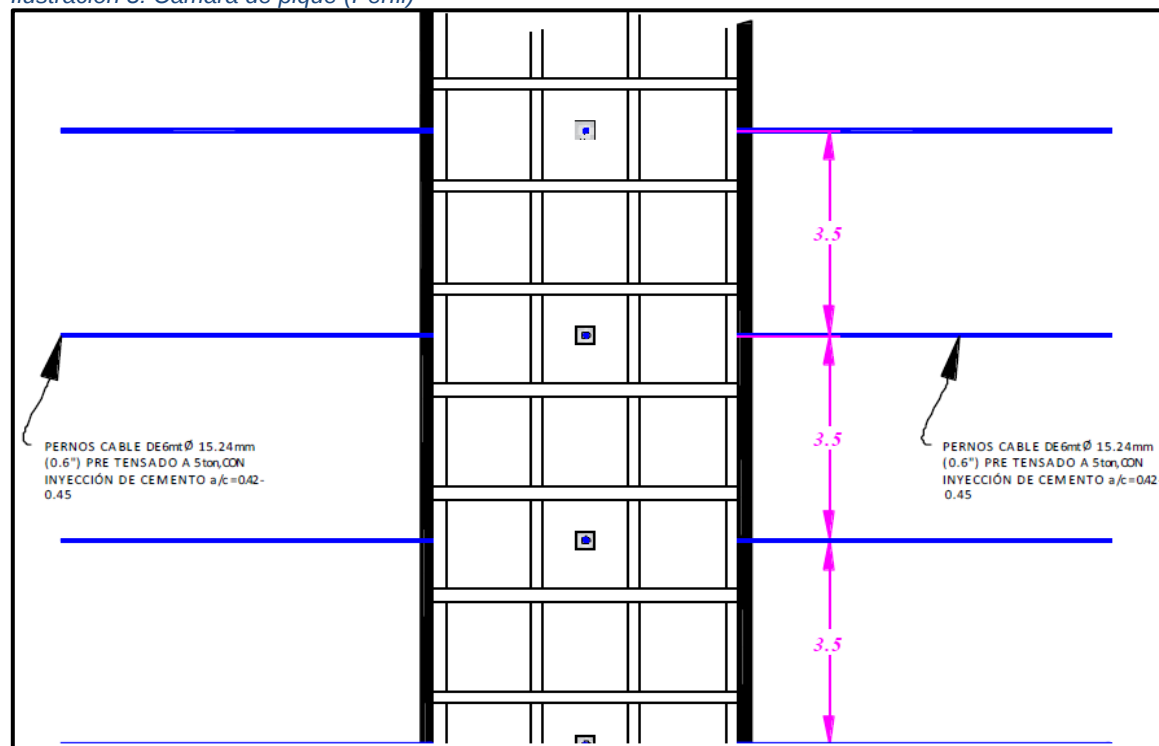
Este tramo debe estar recubierto previamente con shotcrete de 2 pulgadas de espesor, usando 5 kg de fibra sintética o 20 kg.

Ilustración 7: Compartimiento de piques (cable bolting)



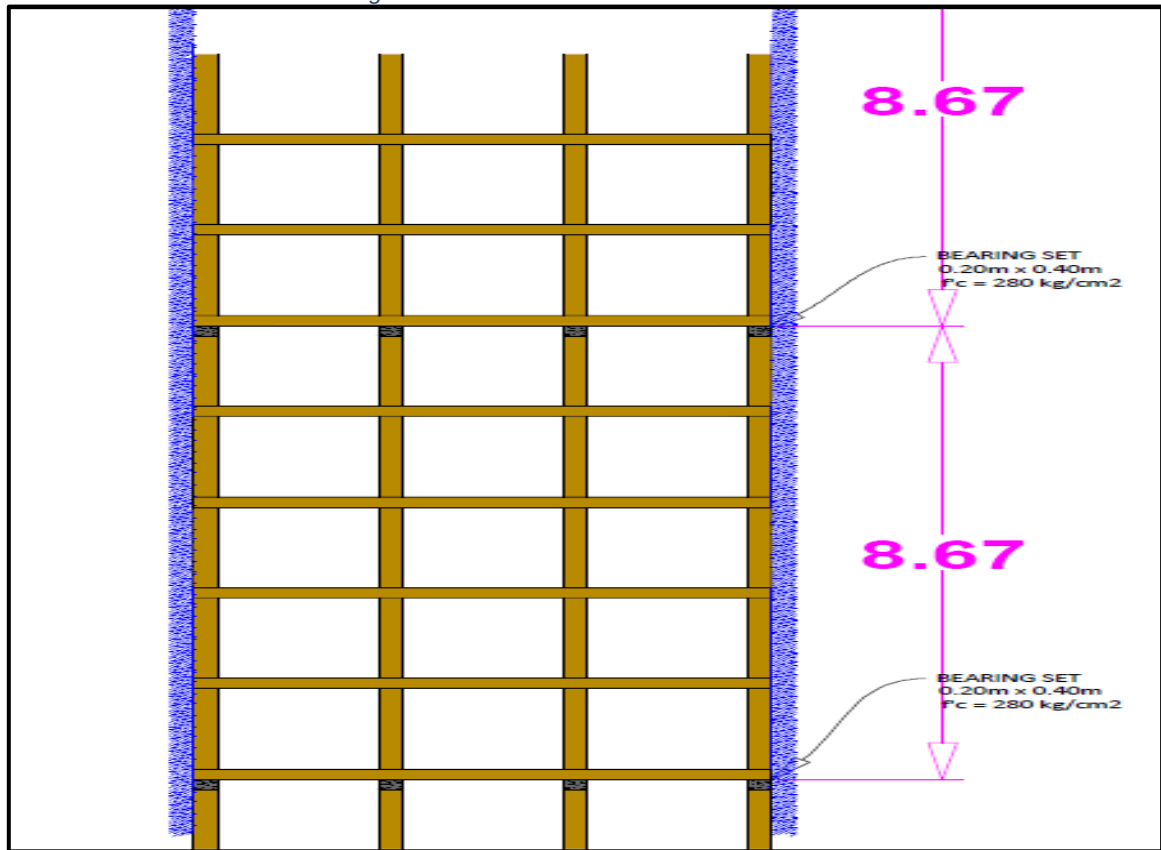
Fuente: Geomecánica Yauricocha

Ilustración 8: Cámara de pique (Perfil)



Fuente: Geomecánica Yauricocha

Ilustración 9: Distancias de Bearing set



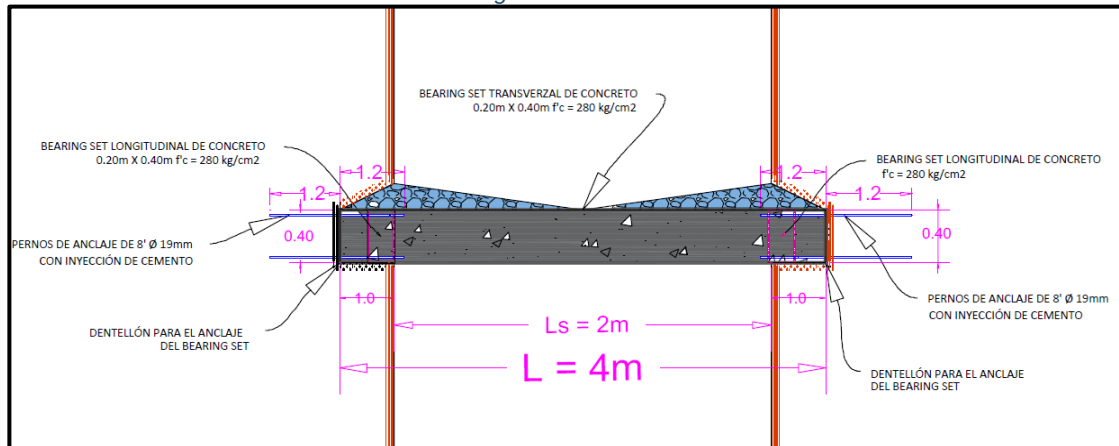
Fuente: Geomecánica Yauricocha

Es importante destacar que, en niveles más profundos, los esfuerzos in-situ serán mayores, lo que puede provocar la aparición de procesos micro sísmicos en las excavaciones.

Estos eventos pueden manifestarse como strain-burst o la expulsión violenta de fragmentos de roca de las paredes de las excavaciones.

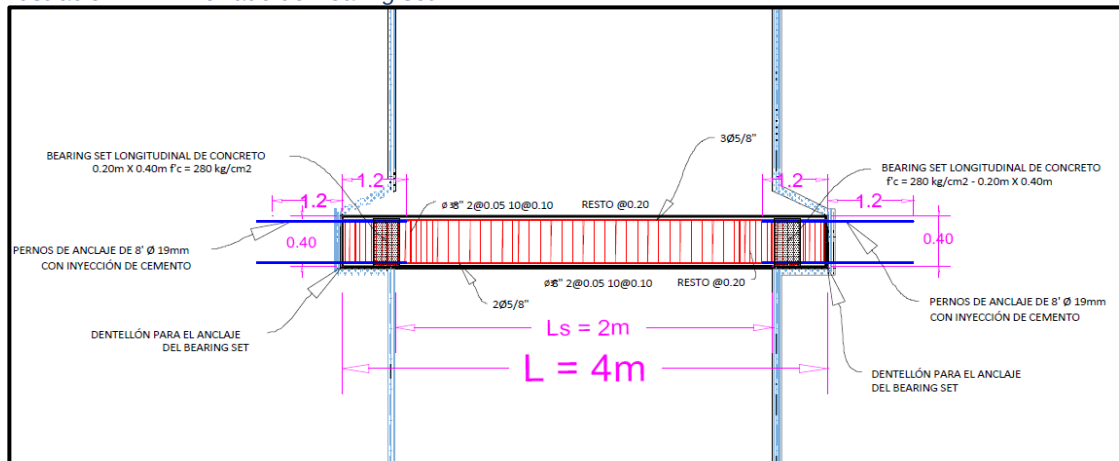
Por lo tanto, se recomienda encarecidamente llevar a cabo mediciones de los esfuerzos in-situ para determinar la magnitud de los esfuerzos generados e inducidos por la actividad minera, y así establecer una estrategia adecuada para el diseño del sistema de sostenimiento.

Ilustración 10: Sección transversal de Bearing set



Fuente: Geomecánica Yauricocha

Ilustración 11: Enfierrado de Bearing set



Fuente: Geomecánica Yauricocha

Nv. 410 al Nv. 465

En la zona donde se observan grandes deformaciones debido a la presencia de la brecha (punto de contacto entre el intrusivo y la caliza), se sugiere la colocación de anillos de concreto estructurales amarrados a la roca utilizando pernos inyectados con cemento cada 1.5 metros de separación.

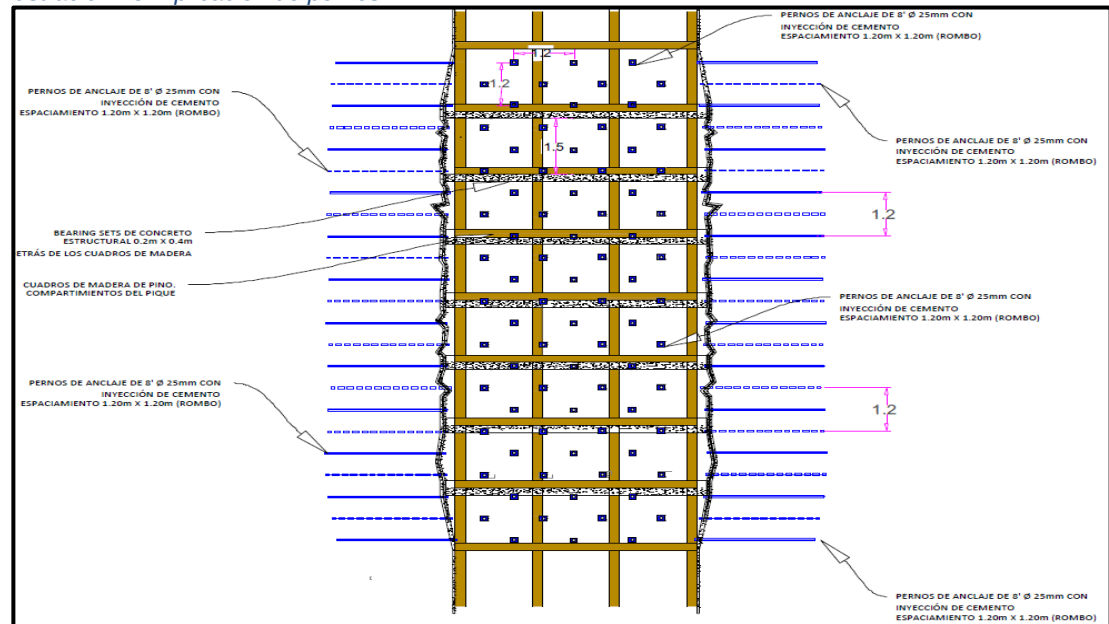
Antes de esto, es necesario aplicar una capa de shotcrete de 2 pulgadas de grosor con 5 kg de fibra sintética o 20 kg de fibra metálica, así como una capa de malla electrosoldada de 4 pulgadas por 4 pulgadas.

Ilustración 12: Pernos de anclaje



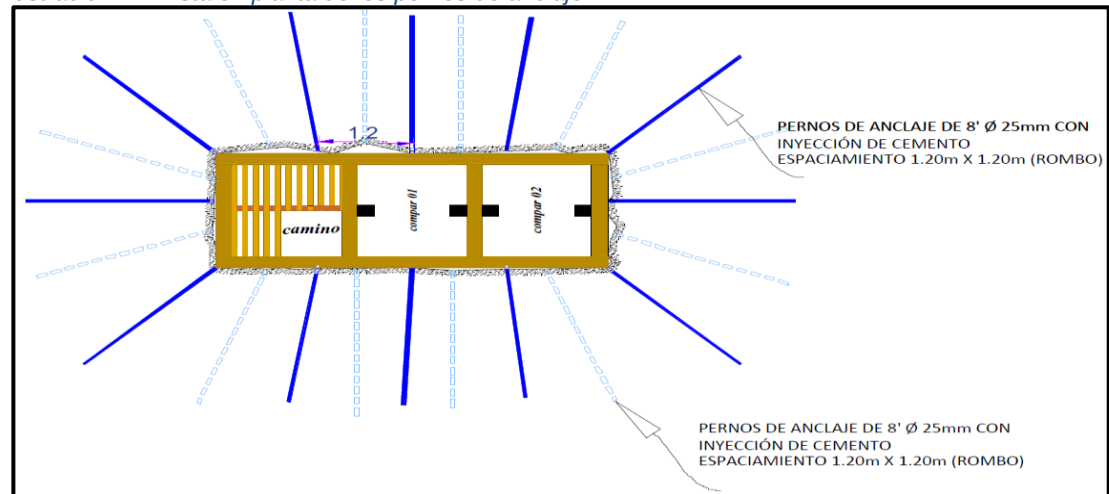
Fuente: Geomecánica Yauricocha

Ilustración 13: Aplicación de pernos



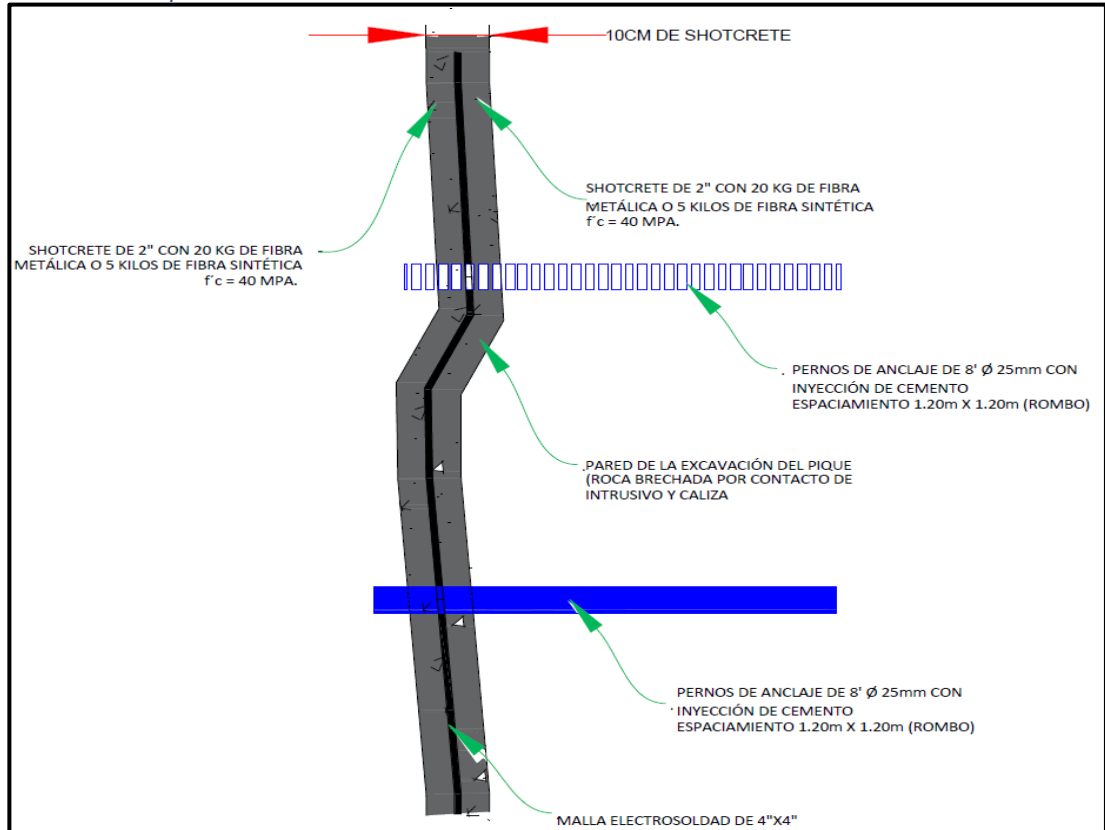
Fuente: Geomecánica Yauricocha

Ilustración 14: Vista en planta de los pernos de anclaje



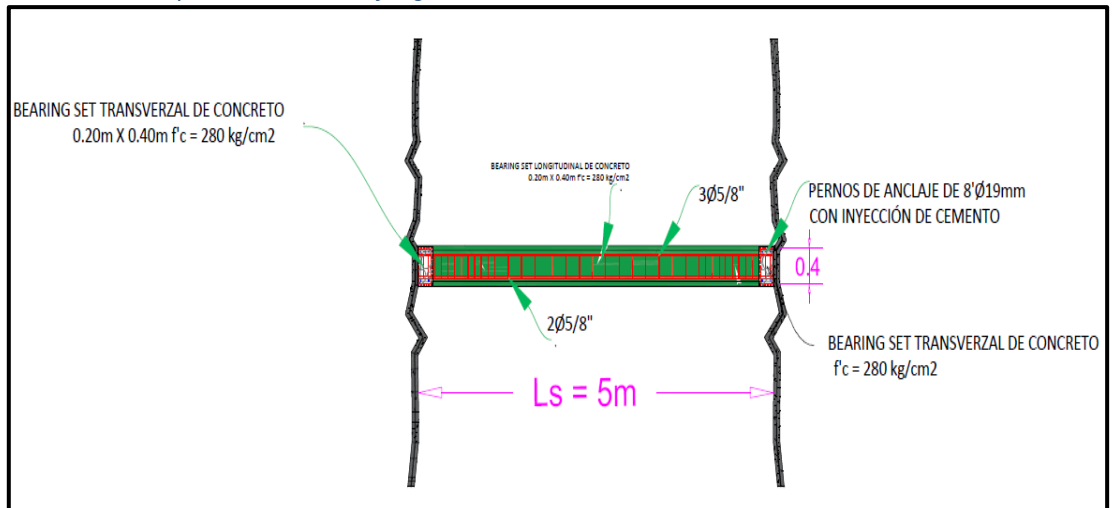
Fuente: Geomecánica Yauricocha

Ilustración 15: Aplicación de shotcrete



Fuente: Geomecánica Yauricocha

Ilustración 16: Aplicación concreto y viga



Fuente: Geomecánica Yauricocha

Nv. 465 al Nv. 520

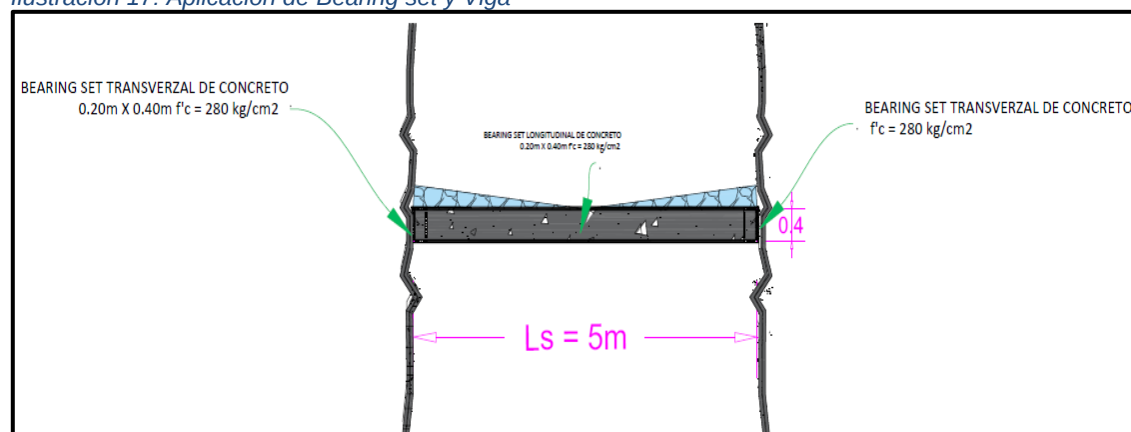
Se recomienda instalar soleras de concreto estructural cada 8.5 metros,

fijadas a la roca con pernos inyectados con cemento.

En caso necesario, se puede considerar la colocación de pernos cables bolting de 0.6 pulgadas de diámetro, pretensados a 5 toneladas, con 9 cables por fila separados cada 3.5 metros y también inyectados con lechada de cemento en una proporción específica.

Además, se debe aplicar shotcrete de 2 pulgadas de espesor en toda la zona, utilizando fibra sintética o metálica para garantizar la seguridad de los trabajadores.

Ilustración 17: Aplicación de Bearing set y Viga



Fuente: Geomecánica Yauricocha

A futuro, se debe considerar la instalación de un nuevo acceso a la mina a mediano y largo plazo, ya que se estima que el pique central y/o mascota tendrán una vida útil de máximo 3 años si no se acelera el proceso de subsidencia en la superficie, a pesar de las labores de rehabilitación y sostenimiento realizadas en el tramo crítico mencionado anteriormente.

El 22 de agosto de 2019, se realizó una inspección multidisciplinaria en el pique central, con el objetivo de evaluar el estado actual de los tramos que van desde el nivel cero hasta el nivel 575, específicamente en áreas identificadas con problemas de inestabilidad según informes geomecánicos y controles geotécnicos,

que incluyen el monitoreo de la subsidencia y las deformaciones a través de inclinómetros.

Ilustración 18: Nivel cero – superficie:



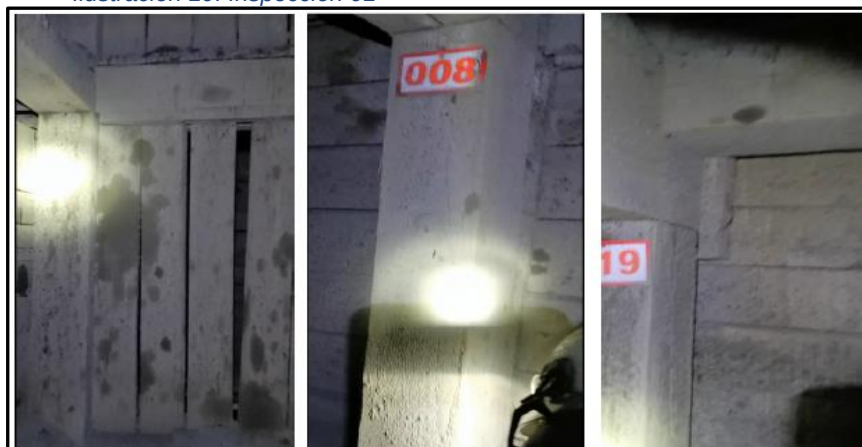
Fuente: Geomecánica Yauricocha

Nv. 0 al Nv. 300

Los compartimentos hasta el nivel 300 presentan una condición aceptable en términos de los cuadros, ya que no se observan deformaciones ni presiones visibles a simple vista.

Sin embargo, se ha detectado que la jaula empieza a vibrar entre los cuadros 19 y 20. Asimismo, se han identificado postes agrietados por desgaste que requieren ser sustituidos.

Ilustración 19: Inspección 01



Fuente: Geomecánica Yauricocha

No se detecta ninguna deformación, aunque se han identificado postes con grietas debido al desgaste natural.

Nv. 300 al Nv.360

Los compartimentos del nivel 300 al nivel 360 presentan cuadros en buen estado, sin deformaciones visibles.

Sin embargo, se ha observado vibración en los cuadros 033 a 035. Además, se han encontrado postes agrietados que necesitan ser reemplazados debido a su deterioro.

Ilustración 20: Inspección 02



Fuente: Geomecánica Yauricocha

No se observan anomalías en los compartimentos del pique que indiquen deformaciones o deterioros.

Ilustración 21: Inspección 03



Fuente: Geomecánica Yauricocha

La fuerza de la vibración de la jaula aumenta significativamente a medida que se avanza del cuadro 050 al 054 (nivel 360), notándose que la abertura del compartimento 02 es de 53 pulgadas en lugar de las 54 pulgadas requeridas. En el tramo que va del Nivel 360 al Nivel 410, los compartimientos están en buen estado sin presentar deformaciones ni presiones visibles; sin embargo, se han identificado postes dañados por el deterioro que necesitan ser reemplazados.

Ilustración 22: Inspección 04



Fuente: Geomecánica Yauricocha

No se observa ningún tipo de deformación, excepto por las grietas que se

encuentran en los postes de los compartimientos del pique.

Nv. 410 a Nv. 465

Durante el rango que va desde el nivel 410 hasta el nivel 465, se pueden notar alteraciones significativas en los marcos de los compartimientos, junto con desperfectos en los anillos de concreto que generan peso adicional sobre los marcos de madera.

Ilustración 23: Inspección 05



Fuente: Geomecánica Yauricocha

Se observa una distorsión considerable en los cuadros 088, 089 y 090, los cuales están haciendo contacto con la jaula.

Ilustración 24: Inspección 06



Fuente: Geomecánica Yauricocha

La grieta ha crecido detrás de los bloques de cemento, ejerciendo fuerza sobre los paneles y las piezas de cemento.

Ilustración 25: Inspección 06



Fuente: Geomecánica Yauricocha

La presión que se genera en los cuadros a raíz de la apertura de la brecha cuadros 097 - 098 es significativa.).

Nv. 465 al Nv. 520

Desde el Nivel 465 hasta el Nivel 520, se observan señales de desgaste en todos los compartimentos, lo cual indica la necesidad de realizar un mantenimiento continuo para extender la vida útil de la madera. Además, a partir del Nivel 465, la jaula sufre vibraciones intensas debido al cierre de las guías.

Ilustración 26: Inspección 07

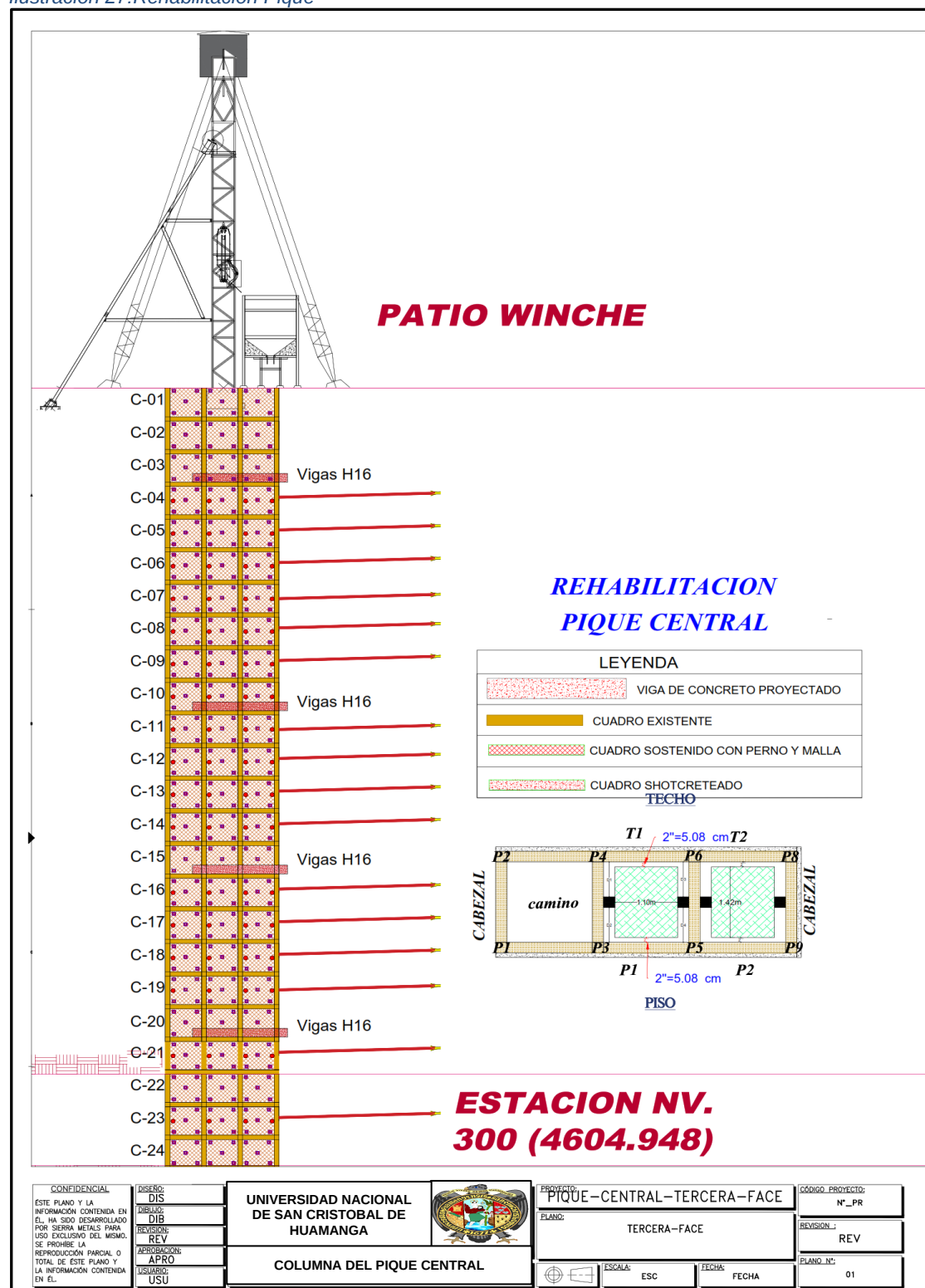


Fuente: Geomecánica Yauricocha

En el nivel 520, se comprobó la ubicación de los cables mientras la jaula se encontraba en el nivel cero y el skip en el nivel 970, notando que el cable estaba firmemente adherido a las guías del lado izquierdo.

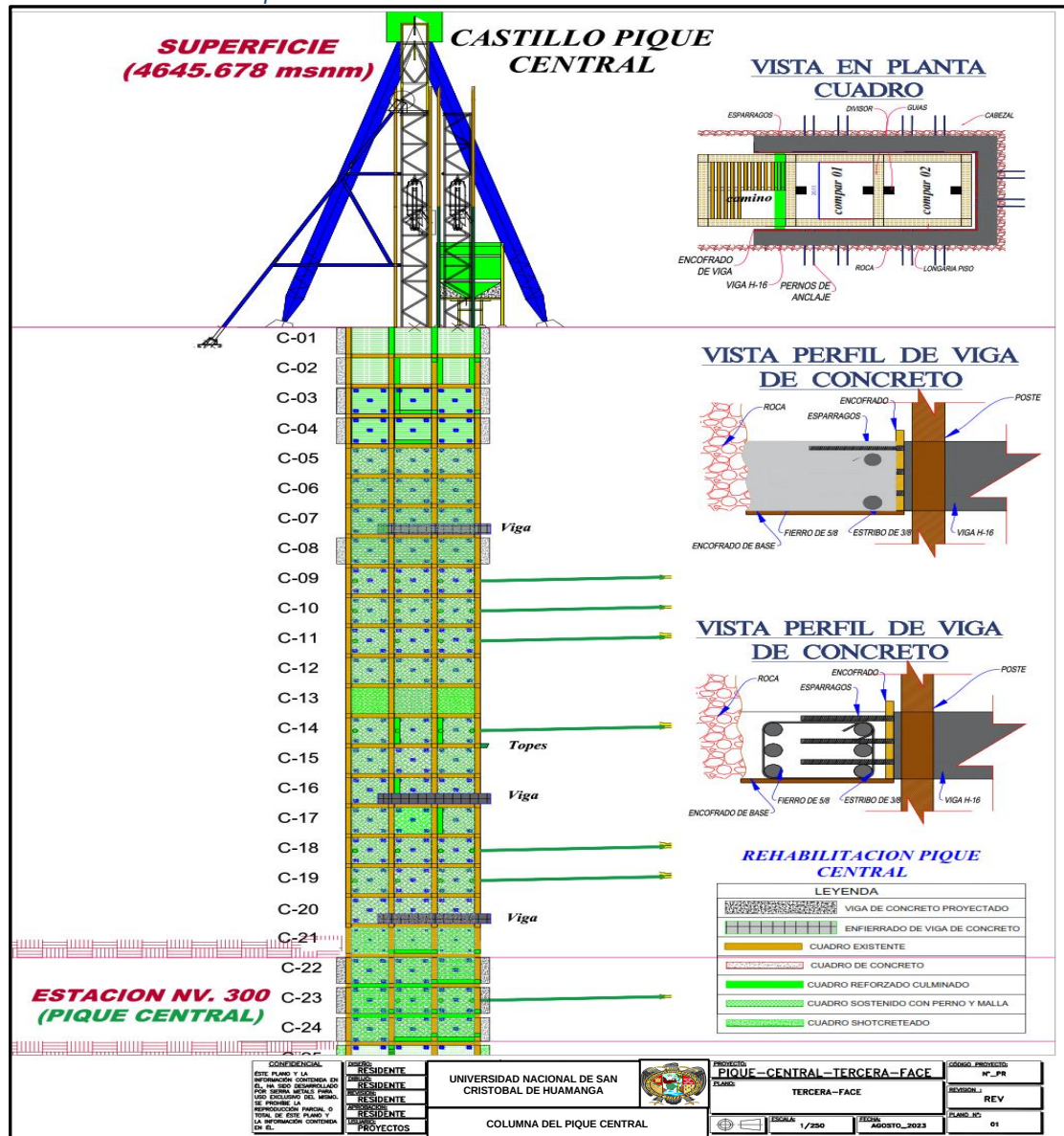
4.10.2. Mejora del Sostenimiento

Ilustración 27: Rehabilitación Pique



Fuente: Geomecánica Yauricocha

Ilustración 28: Castillo Pique Central



Fuente: Geomecánica Yauricocha

4.10.3. Tipo de Sostenimiento de Rehabilitación

El plan de sostenimiento para la rehabilitación del pique central se determinó después de un análisis y evaluación geomecánica del área correspondiente. Se ha considerado utilizar diversos tipos de sostenimiento, como pernos helicoidales, shotcrete, vigas H, cable bolting y reforzamiento de cuadros, siguiendo las recomendaciones proporcionadas por el área de geomecánica.

Ilustración 29: Cuadros a instalar sostenimiento

APLICACIÓN DEL SOSTENIMIENTO											
N° CUADRO	DESAFORRADO + LIMPIEZA	PERNOS HELICOIDAL+MALLA ENTRELAZADA	SHOTCRETE 2"	VIGA H	CABLE BOLTING	CUADROS+BRACKETS	ENCOSTILLADO				
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
	<table><tr><td></td><td>APLICA</td></tr><tr><td></td><td>NO APLICA</td></tr></table>								APLICA		NO APLICA
	APLICA										
	NO APLICA										

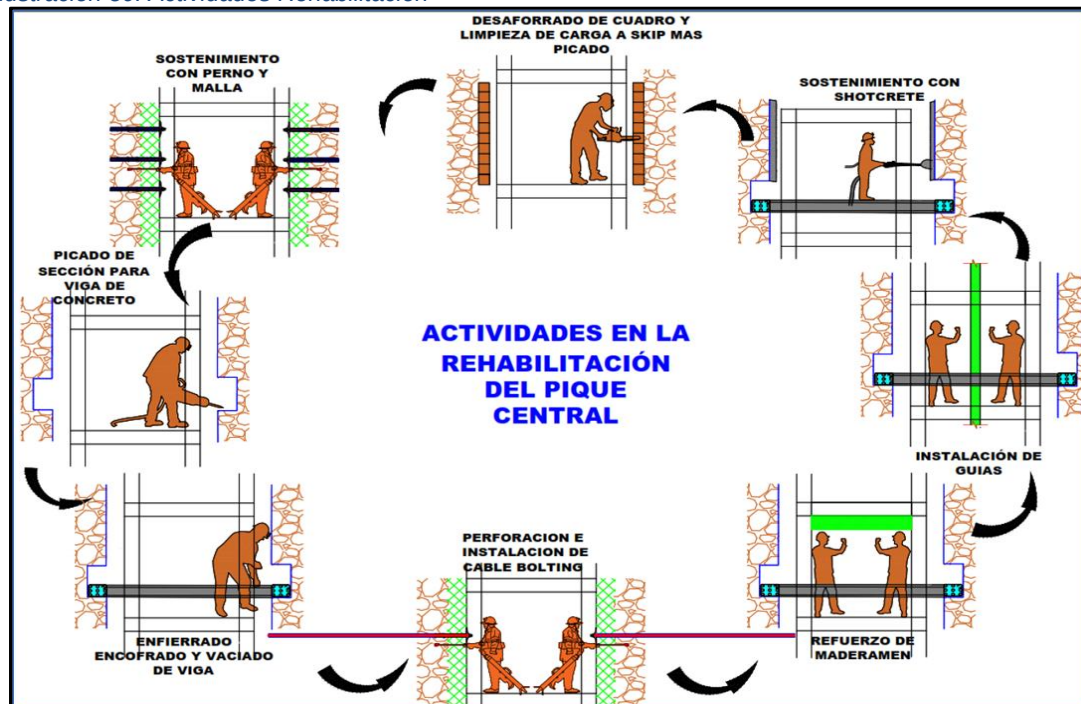
Fuente: Geomecánica Yauricocha

4.10.4. Ciclo de Sostenimiento de Rehabilitación

Durante la fase de recuperación, es importante tener en cuenta el ciclo de rehabilitación siguiendo las sugerencias de mejora en el mantenimiento propuestas por el departamento de geomecánica de la compañía.

En este sentido, el ciclo debe ser estandarizado en las distintas actividades que conforman una secuencia específica.

Ilustración 30: Actividades Rehabilitación



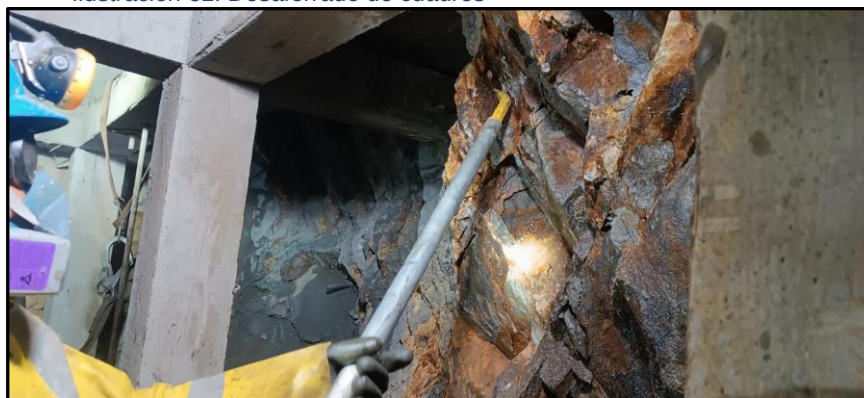
Fuente: Geomecánica Yauricocha

4.10.5. Desaforrado de cuadro y limpieza

Se lleva a cabo el proceso de desmontaje en cada cuadro para realizar una inspección dimensional de los compartimientos, limpiando la carga acumulada de las longarinas y divisores de madera.

Posteriormente, se retiran las tablas del enrejado de los cuadros, eliminando las tablas dañadas para dejar los postes libres y realizar la limpieza de la carga restante.

Ilustración 31: Desaforrado de cuadros



Fuente: Autor

4.10.6. Sostenimiento con perno helicoidal

En este proceso se emplea la máquina de perforación para marcar la malla de perforación donde se colocará el perno.

Una vez finalizada la perforación, se inyecta resina y se instalan los pernos helicoidales. Luego se coloca la malla entrelazada para fijar las placas y las tuercas con el ajuste necesario.

Ilustración 32: Sostenimiento perno



Fuente: Autor

Tabla 64: Capacidad de pernos

PERNO HELICOIDAL DE 8'		
N° PERNO POR CUADRO	CAPACIDAD	CAPACIDAD TOTAL POR PERNO
35	2.7 TN/PIE	21.6 TN

SPLIT SET 5'		
N° SPLIT SET POR CUADRO	CAPACIDAD	CAPACIDAD TOTAL DEL SPLIT SET
21	1.3TN/PIE	6.5 TN

Fuente: Autor

4.10.7. Cable Bolting

Se lleva a cabo el montaje de la máquina perforadora, siguiendo las indicaciones geomecánicas para marcar la malla de perforación.

Se perfora con barras de 7 metros de longitud y al finalizar, se cierran las válvulas de aire y agua, se desinstalan los equipos de aire y agua, se retiran las máquinas perforadoras y se trasladan los cables de bolting y el equipo Sprayboy para

insertar los cables en los taladros perforados, junto con sus respectivas tuberías de entrada y salida. Posteriormente, se cubre el taladro con cemento, aditivos y/o resina para evitar que la lechada de cemento regrese, se colocan las planchas y se instala la bomba peristáltica (Sprayboy) para comenzar con la inyección de la lechada de cemento en los cables de bolting. Una vez que la lechada rebosa por la salida de los cables ya insertados, se realiza el pretensado de los cables de bolting a 5 toneladas con la bomba manual y el cilindro hidráulico.

Ilustración 33: Instalación Cable Bolting



Fuente: Autor

Tabla 65: Capacidad de cable bolting

CABLE BOLTING 21'		
N° CABLES POR CUADRO	CAPACIDAD DE RUPTURA	PRETENSADO
9	30TN/PIE	5 TN/PIE

Fuente: Autor

4.10.8. Shotcrete

Se llevará a cabo la inspección del área de trabajo y se verificará la correcta instalación de los pernos y la malla.

Es importante tener en cuenta el espacio disponible para la proyección del shotcrete y asegurar la colocación segura de la manguera antes de comenzar.

Se recomienda lavar las paredes antes de iniciar la proyección del concreto, manteniendo una distancia estándar y proyectando la boquilla de manera perpendicular.

Se utilizarán calibradores para verificar el espesor recomendado por el área de geomecánica.

Ilustración 34: Lanzado Shotcrete



Fuente: Autor

4.10.9. Viga H

Las vigas H16 serán activadas y colocadas en el área designada para el soporte.

Se instalarán los tecles necesarios para manipular y montar las vigas, y se procederá a nivelar horizontalmente la base de la viga en su posición final, realizando los ajustes correspondientes.

Ilustración 35: Instalación H

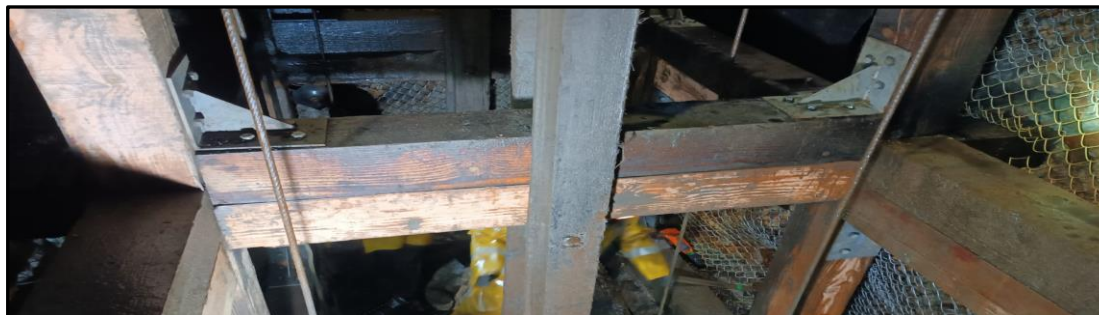


Fuente: Autor

4.10.10. Cuadros Reforzado Brackets

Los soportes en forma de "L" que se utilizan para sujetar los refuerzos de madera en las longarinas y divisores, cuentan con ocho agujeros de $\frac{3}{4}$ de pulgada. Estos se ajustan con tornillos hexagonales de $\frac{5}{8}$ de pulgada de diámetro.

Ilustración 36: Instalación de Brackets

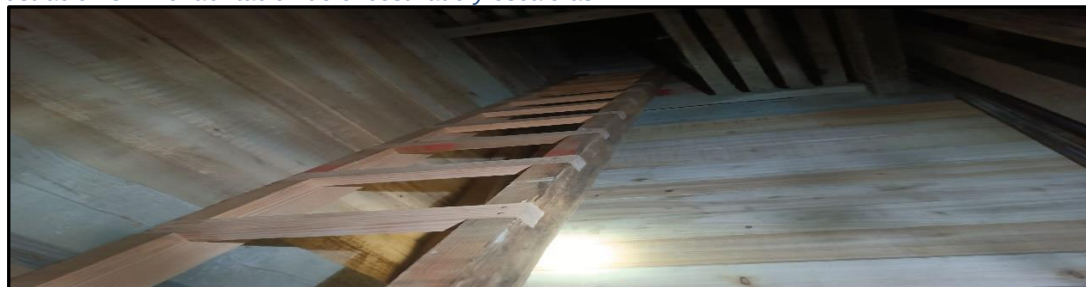


Fuente: Autor

4.10.11. Encostillado

La rehabilitación del camino implicará la sustitución de los descansos y escaleras, así como la eliminación de las barreras de tablas para ser reemplazadas por cortinas, asegurando que los listones estén al ras en el lado interno.

Ilustración 37: Rehabilitación de encostillado y escaleras



Fuente: Autor

CAPÍTULO V

5.1. Resultados

Después de llevar a cabo el análisis geomecánico en las estaciones y estimar la calidad del RQD.

Tabla 66: RQD Final

ESTACION	NV 360	NV 410	NV 465	NV 520
RQD	79%	62%	49%	39%

Fuente: Autor

Este resultado se usó en la evaluación R.M.R. para determinar la valoración teniendo en cuenta las características específicas de cada muestra.

Tabla 67: Valoración RMR

ESTACIÓN	RMR
VALORACION 1 (NV 360)	56
VALORACION 2 (NV 410)	49
VALORACION 3 (NV 465)	40
VALORACION 4 (NV 520)	25

Fuente: Autor

Estos hallazgos se utilizan en la evaluación de la matriz para determinar el R.M.R. y confirmar la clasificación de la roca.

Tabla 68: Valoración RMR

VALORACION R.M.R.						
CLASIFICACION - GENERAL						
NV 360 - CLASE						
R.M.R.	100-81	80-61	60-41	40-21	20-0	III-A
DESCRIPCION	I-MUY BUENA	II-BUENA	III-REGULAR	IV-MALA	V-MUY MALA	
NV 410 - CLASE						
R.M.R.	100-81	80-61	60-41	40-21	20-0	III-B
DESCRIPCION	I-MUY BUENA	II-BUENA	III-REGULAR	IV-MALA	V-MUY MALA	
NV 465 - CLASE						
R.M.R.	100-81	80-61	60-41	40-21	20-0	IV-A
DESCRIPCION	I-MUY BUENA	II-BUENA	III-REGULAR	IV-MALA	V-MUY MALA	
NV 520- CLASE						
R.M.R.	100-81	80-61	60-41	40-21	20-0	IV-B
DESCRIPCION	I-MUY BUENA	II-BUENA	III-REGULAR	IV-MALA	V-MUY MALA	

Fuente: Autor

Estos hallazgos determinan el tipo de sostenimiento que se debe aplicar según la clasificación de la roca, el área de geomecánica aconseja utilizar distintos tipos de sostenimiento dependiendo de la inspección realizada y teniendo en cuenta los resultados de la evaluación.

Tabla 69: Sostenimiento a Aplicar

CARTILLA G.S.I.		
ESTACION	NV 360	SOSTENIMIENTO
SOSTENIMIENTO APLICAR	PERNOS HELICOIDALES + MALLA ELCTROSOLDADA	
ESTACION	NV 410	SOSTENIMIENTO
SOSTENIMIENTO APLICAR	PERNOS HELICOIDALES+ MALLA ELECTROSOLDADA	
ESTACION	NV 465	SOSTENIMIENTO
SOSTENIMIENTO APLICAR	PERNOS HELICOIDALES+ MALLA + SHOTCRETE	
ESTACION	NV 520	SOSTENIMIENTO
SOSTENIMIENTO APLICAR	ACERO TIPO H + MALLA+ SHOTCRETE	

Fuente: Autor

Considerando los resultados obtenidos, se decidió aplicar la técnica de sostenimiento en la rehabilitación del pique central en cada sección, tomando en cuenta la inspección realizada y comparándola con las condiciones del sostenimiento estándar utilizado previamente.

Tabla 70: Aplicación de sostenimiento

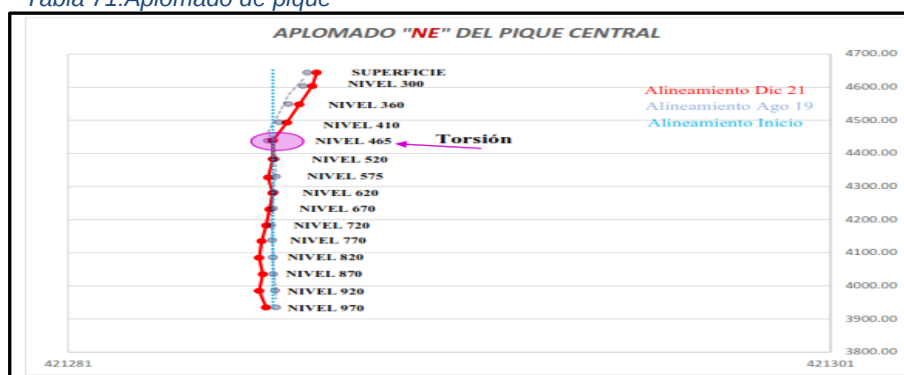
APLICACIÓN DEL SOSTENIMIENTO							
N° CUADRO	DESAFORRADO + LIMPIEZA	PERNOS HELICOIDAL+MALLA ENTRELAZADA	SHOTCRETE 2"	VIGA H	CABLE BOLTING	CUADROS+BRACKETS	ENCOSTILLADO
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
	APLICA						
	NO APLICA						

Fuente: Geomecánica Yauricocha

5.2. Discusión

El cumplimiento de las recomendaciones de sostenimiento durante la rehabilitación del pique será crucial para garantizar su eficiencia y durabilidad, según las especificaciones del área de geomecánica. El trabajo de rehabilitación se llevó a cabo dentro de los plazos acordados entre la contratista y la empresa principal, siguiendo las recomendaciones de sostenimiento en cada área y utilizando herramientas de gestión en todas las etapas del proyecto.

Tabla 71: Aplomado de pique



Fuente: Geomecánica Yauricocha

La utilización de distintos métodos de soporte en función de los resultados obtenidos en la evaluación geomecánica del pique central será crucial para prolongar su vida útil de manera positiva, dado que la roca presenta una baja calidad. Es necesario llevar a cabo inspecciones periódicas para identificar posibles problemas en el soporte que puedan comprometer la estabilidad del pique central.

5.3. Prueba de Hipótesis

Se realiza la evaluación de prueba de Hipótesis

Tabla 72: Evaluación 1 y 2

CUADROS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
SOSTENIMIENTO ESTANDAR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SOSTENIMIENTO CUADRO									1	1	1	1		1				1	1				1	

Fuente: Autor

Hi: La evaluación geomecánica influye significativamente en el sostenimiento del pique central en su rehabilitación, Unidad de Acumulación Yauricocha – 2022.

Ho: La evaluación geomecánica no influye significativamente en el sostenimiento del pique central en su rehabilitación, Unidad de Acumulación Yauricocha – 2022.

Se aplicó la prueba t de Student

Tabla 73: Prueba T de Student

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	1	0.3333333
Varianza	0	0.2318841
Observaciones	24	24
Coefficiente de correlación de Pearson	0.99868745	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	23	
Estadístico t	6.782329983	
P(T<=t) una cola	0.322224274113	
Valor crítico de t (una cola)	1.713871527747	
P(T<=t) dos colas	0.006444485482	
Valor crítico de t (dos colas)	2.06865761	

Fuente: Autor

$$p < 0.05 \longleftrightarrow 0.006444485482 < 0.05$$

Se rechaza Ho, se VALIDA Hi, entonces: La evaluación geomecánica SI influye significativamente en el sostenimiento del pique central en su rehabilitación, Unidad de Acumulación Yauricocha – 2022.

Validez y confiabilidad: Usaremos el SPSS22

Tabla 74: Validez

ALFA DE CRONBACH	Nº DE ELEMENTOS
0.78	24

Fuente: Autor

Grado de fiabilidad: $0.78 > 0.7$ podemos concluir que el instrumento es confiable.

CONCLUSIONES

- 1) La evaluación de la influencia geomecánica facilitó la mejora en el sostenimiento del pique central en su rehabilitación, Unidad de Acumulación Yauricocha – 2022, fue realizada.
- 2) Se evaluó las condiciones de los cuadros del pique central en su rehabilitación, Unidad de Acumulación Yauricocha – 2022.
- 3) El transporte de personal y material mejoro significativamente en el pique central en su rehabilitación, Unidad de Acumulación Yauricocha – 2022.
- 4) La evaluación geomecánico influyo en la mejora del sistema de izaje en el pique central en su rehabilitación, Unidad de Acumulación Yauricocha – 2022

RECOMENDACIONES

- 1) Continuar con la evaluación geomecánica para mantener y mejorar el sostenimiento del pique central durante su uso y su vida útil.
- 2) Identificar y mapear en el pique las áreas donde se observen deformaciones en los cuadros debido a la presencia de brechas y si se considera aplicar anillos de concreto estructural anclados con pernos además de la aplicación de shotcrete
- 3) Evaluar constante la columna y el sistema de izaje para garantizar el transporte de personal y material a interior mina.
- 4) Continuar con Las evaluaciones geomecánicas para mantener operativo el sistema de izaje del Pique Central
- 5) Realizar mediciones de los esfuerzos in-situ para determinar la magnitud de los esfuerzos generados e inducidos por la actividad minera, y así establecer una estrategia adecuada para el diseño del sistema de sostenimiento.
- 6) Identificar y mapear en el pique las áreas donde se observen deformaciones para evaluar la necesidad de instalar cable bolting en labores críticas además de la aplicación de shotcrete para prolongar la estabilidad del pique.
- 7) Elaborar un programa de inspecciones de los piques operativos en la unidad minera para poder identificar las condiciones del sostenimiento.
- 8) Considerar la aplicación del factor de seguridad del sostenimiento del pique central considerando que es un factor variante por las condiciones a presentarse en el sostenimiento del pique.

Bibliografía

- Aquilla, C. (2019). *Análisis de procesos operativos subterráneos que inciden en la productividad y plan de mejora en la mina “Pique Curipamba” Portovelo – El Oro*. Ecuador: Universidad del Azuay. Obtenido de Universidad Central del Ecuador.
- Bocancho, J. (2023). *Diseño de excavación del pique Belén en la concesión Papercorp código 495, ubicado en el sector La Fortuna, parroquia Ponce Enríquez, cantón Ponce Enríquez, provincia de Azuay*. Ecuador: Universidad Central del Ecuador. Obtenido de Universidad Central del Ecuador.
- Borja, I. (2024). *Análisis geomecánico para la construcción del proyecto pique principal mediante el sistema Alimak y Raise Boring - Unidad Minera San Andrés – Compañía Minera Aurífera Retamas S.A. –MARSA – La Libertad – 2021*. Obtenido de UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN.
- Cancela, Cea , Galindo , & Guido. (2010). *Metodología de la Investigación Educativa*. [Madrid]: Universidad Autónoma de Madrid.
- Castillo, G. (2019). *FACTORES GEOLÓGICOS, TÉCNICOS Y ECONÓMICOS, EN LA CONSTRUCCIÓN MECANIZADA DEL PIQUE CIRCULAR EN LA U.M. ANIMON CHUNGAR, VOLCÁN COMPAÑÍA MINERA S.A.A. UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO, Cusco*.
- Champi, & López. (2015). Estudio comparativo de eficiencia de uso de puntales de seguridad simple y con el uso adecuado del jackpot en los tajeos de explotación del nivel 4430 de la cía. Minera Caudalosa Chica S.A.A. Universidad Nacional de Huancavelica.
- Deere. (194). Designación de la calidad de la roca (RQD). USA.
- Gago, E. (2023). *Influencia del diseño y profundización del pique 650 en la producción de mineral en Compañía Minera Alpayana S.A.C. Chicla, Huarochirí*. Huancayo: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ.
- Gonzáles, Ferrer, Ortuño, & Oteo. (2004). *Ingeniería Geología*. [Madri]: Pearson

Educación.

González, Ferrer, Ortuño, & Oteo. (2007). *Ingeniería geológica*. [Madrid]: Prentice Hall.

Guzman. (2018).

Hernández, Fernández, & Baptista. (2010). *Metodología de Investigación*. [México].

Hidalgo, & Moreno. (2011). *Caracterización Geológica y Geomecánica con fines Ornamentales de las Rocas Aflorantes en la serranía el Oso*. . [Venezuela]: Universidad DE Oriente Núcleo DE Bolívar.

Hoek. (2002). *Criterio de Resistencia de Corte*. [Toronto]: NARMS-TAC Conference.

Laurente. (2017). *Uso de shotcrete vía húmeda con fibra metálica y su influencia en la caída de rocas en mina Corona*. Obtenido de Universidad Nacional del Centro.

López. (2009). *Sostenimiento con pernos tipo fore piling en la mina Pallca - Cía Minera Santa Luisa*. . [Lima]: Univerisas Nacional de Ingeniería.

Mendieta. (2014). *OPTIMIZACIÓN DE LOS COSTOS OPERATIVOS EN LA UNIDAD*. [Lima]: Ponificia Universidad Católica del Perú.

Muzo, J. (2020). *Diseño de excavación de un pique en el sector veta 320 ubicado en el área minera "El Corazón" operado por la compañía Agroindustrial El Corazón S.A.* Quito: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR. Obtenido de Universidad del Azuay.

oscar, s. (2016).

Palmstrom. (1982). *Índice de designación de la calidad de la roca (RQD)*.

Pataleón. (2015). *Evaluación Geomecánica para Dimensionamiento, Secuencia de Minado y Relleno de Tajeos de una Mina Subterránea*. [Lima]: Universidad Católica del Perú.

Quispe. (2018). *Evaluación Geomecánica para la elección del tipo de Sostenimiento en el túnel Yauricocha del nivel 720, Sociedad Minera Corona S.A.* [Lima]: Universidad Continental.

Rivero. (2008). *Evaluación Geomecánica de Estrategias de Socavación en Minería Subterránea*. [CHile]: Universidad de Chile.

Sanchez. (2013).

Tecsi, H. (2019). *PROFUNDIZACIÓN DEL PIQUE MANUELITA UTILIZANDO EQUIPO ALIMAK Y PLATAFORMA BLASTING SET EN LA CIA. MINERA MOROCOCHA – JUNIN*. Cusco: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.

Tello, C. (2021). *PUESTA EN OPERACIÓN DEL PIQUE INCLINADO M1 Y SU INFLUENCIA EN LOS COSTOS DE IZAJE Y EXTRACCIÓN EN MINA MOLLOPONGO DELGRUPO MINERO BONANZA – ECUADOR 2020*. Ecuador. Obtenido de Escuela Politecnica del Litoral Guayaquil-Ecuador.

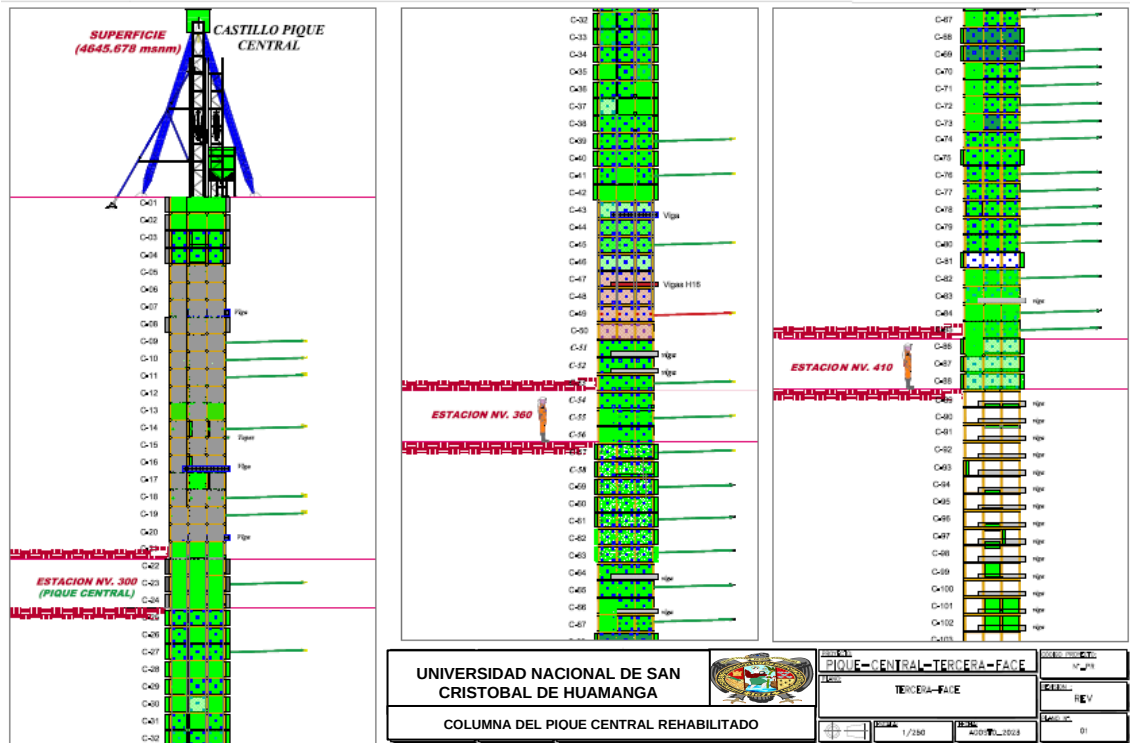
Valencia, A. (2020). *ORE CONTROL Y QA/QC EN LA EXPLOTACIÓN DEL CUERPO ESPERANZA*. Arequipa-Perú: Universidad Nacional de San Agustin de Arequipa.

Valladolid, J. (2019). *PLANEAMIENTO Y DISEÑO DE LA PROFUNDIZACION DEL PIQUE 740-Nv 1750 AL Nv 1800-SOCIEDAD MINERA AUSTRA DUVAS S.A.C*. Huancayo: Universidad nacional del Centro.

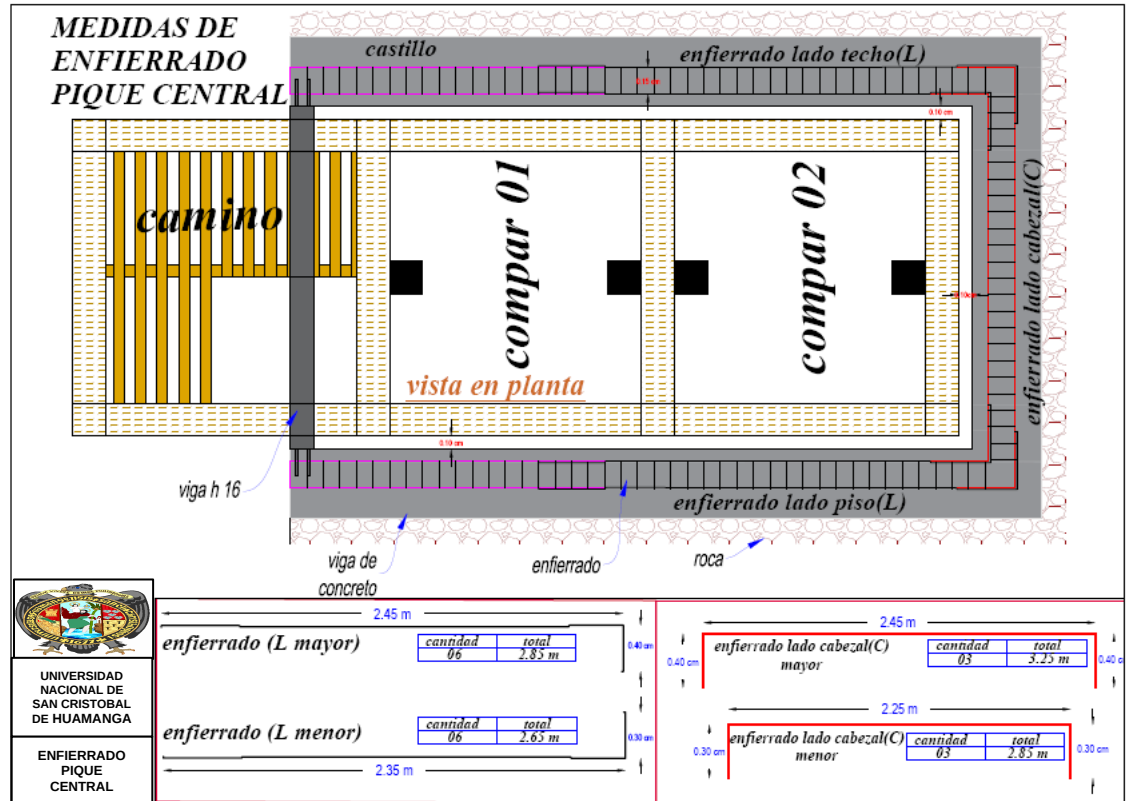
Zeballos, S. (2013).

ANEXOS

Anexo 1: Pique Central



Anexo 2: Condiciones Pique Central

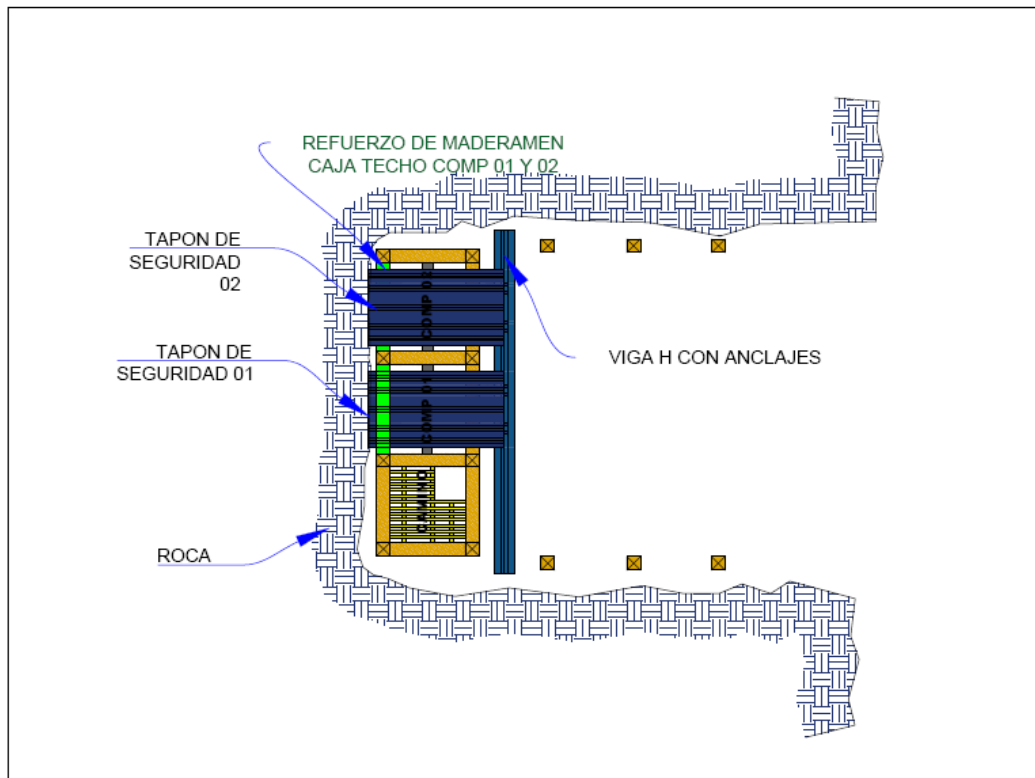


MATRIZ DE CONSISTENCIA

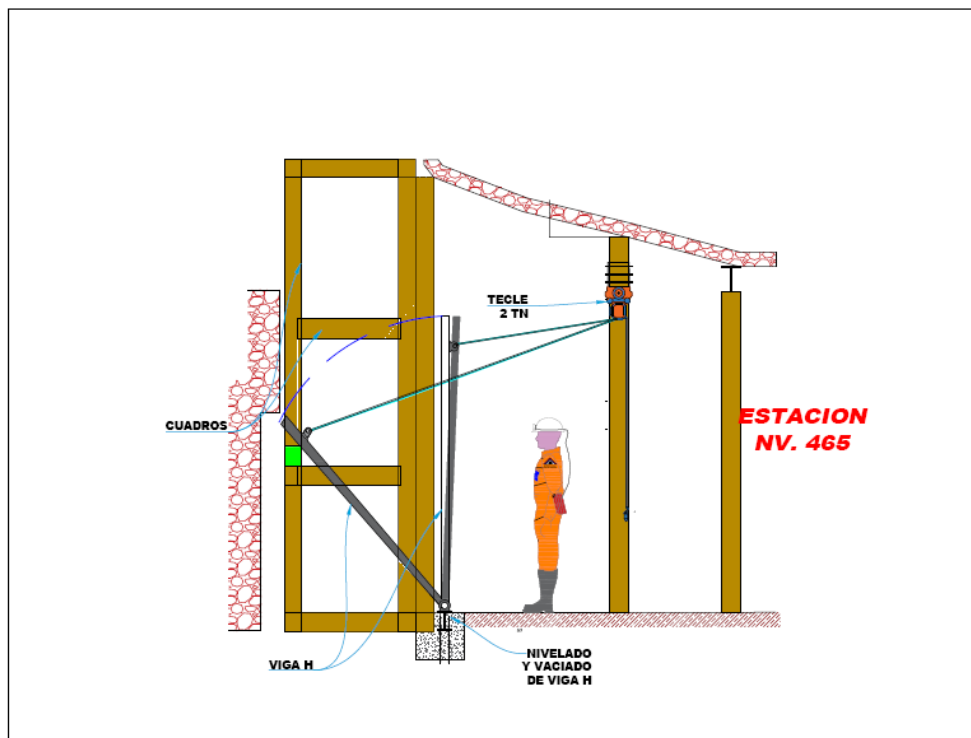
TITULO: " EVALUACIÓN GEOMECAÁNICA PARA MEJORA DEL SOSTENIMIENTO APLICADO EN LA REHABILITACIÓN DEL PIQUE CENTRAL, UNIDAD DE ACUMULACIÓN YAURICOCHA - 2022"

PROBLEMAS GENERAL	OBJETIVOS GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES	METODOLOGIA
¿La operatividad del pique no ofrece el normal servicio que debe cumplir en las operaciones mineras en la Unidad de Acumulación Yauricocha – 2022?	Evaluar la condición geomecánica para mejorar el sostenimiento del pique central en su rehabilitación, Unidad de Acumulación Yauricocha – 2022	La evaluación geomecánica facilitará a la rehabilitación del pique central en la Unidad de Acumulación Yauricocha – 2022.	VARIABLE 1: Evaluación geomecánica	No experimental transaccional Diseño de investigacion: no experimental correlacional
Específicos	Específicos	Específicos	VARIABLE 2: Sostenimiento del pique	Metodo: cuantitativo Poblacion: piques en unidad minera Yauricocha
¿De qué manera influye la subsidencia en el sostenimiento del pique central en su rehabilitación, Unidad de Acumulación Yauricocha – 2022?	Evaluar la subsidencia del pique central en su rehabilitación, Unidad de Acumulación Yauricocha – 2022.	La subsidencia del macizo rocoso influye en el sostenimiento del pique central en su rehabilitación, Unidad de Acumulación Yauricocha – 2022.		
¿De qué manera influye la condición de los elementos de cuadros de sostenimiento del pique central en su rehabilitación, Unidad de Acumulación Yauricocha – 2022?	Determinar la condición de los cuadros del sostenimiento del pique central en su rehabilitación, Unidad de Acumulación Yauricocha – 2022.	La condición de los cuadros de sostenimiento del pique central influye en su rehabilitación, Unidad de Acumulación Yauricocha – 2022.		Muestra: Pique Central
¿El servicio de transporte de personales y materiales sufre constantes deterioros en la Unidad de Acumulación Yauricocha – 2022?	Determinar como la evaluacion geomecanica influye en la mejora de transporte de personales y materiales en la Unidad de Acumulacion Yauricocha – 2022	La evaluación geomecánica influye en la mejora de transporte de personales y materiales en la Unidad de Acumulación Yauricocha – 2022		Tecnicas e instrumentos de recoleccion de datos
¿El sistema de izaje sufre paradas imprevistas en el manejo de control en la casa winche en la Unidad de Acumulación Yauricocha – 2022?	Evaluar el sistema de izaje de acuerdo a las condiciones geomecanicas del pique central en la Unidad de Acumulacion Yauricocha – 2022.	El sistema de izaje del pique central influye en la evaluación geomecánicas en la Unidad de Acumulación Yauricocha – 2022.		Procesamiento y analisis de datos Estadistica descriptiva

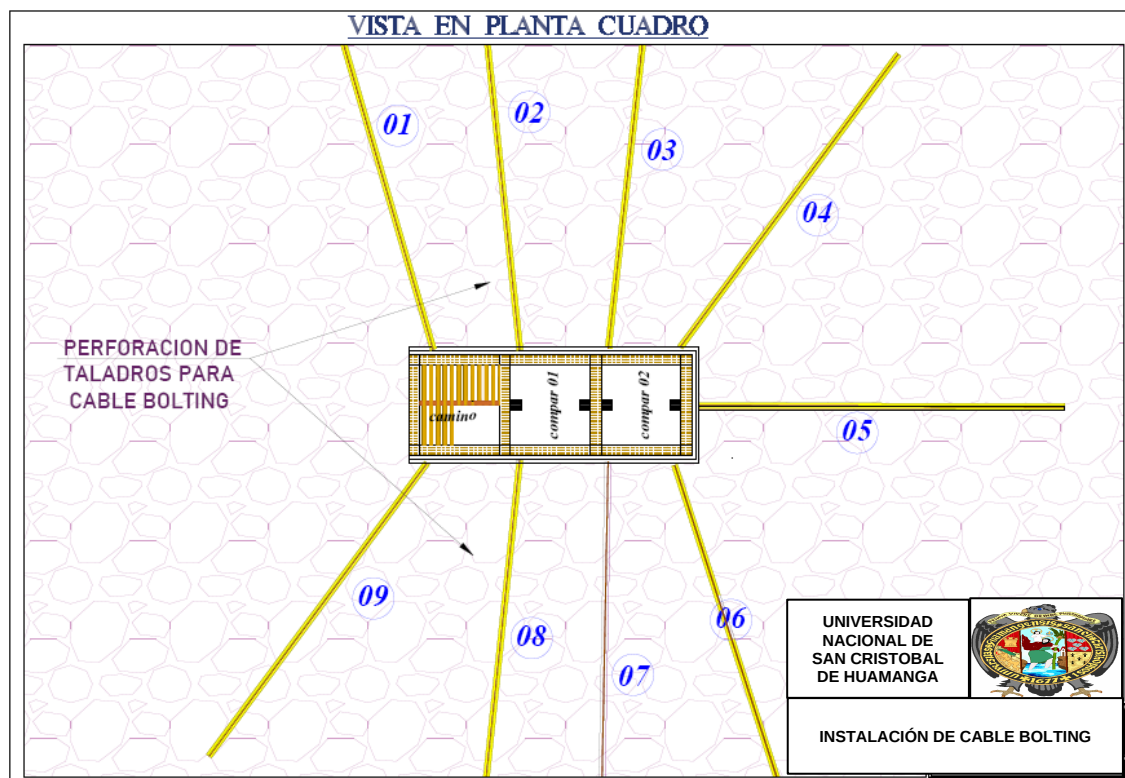
Anexo 4: Tapón de seguridad



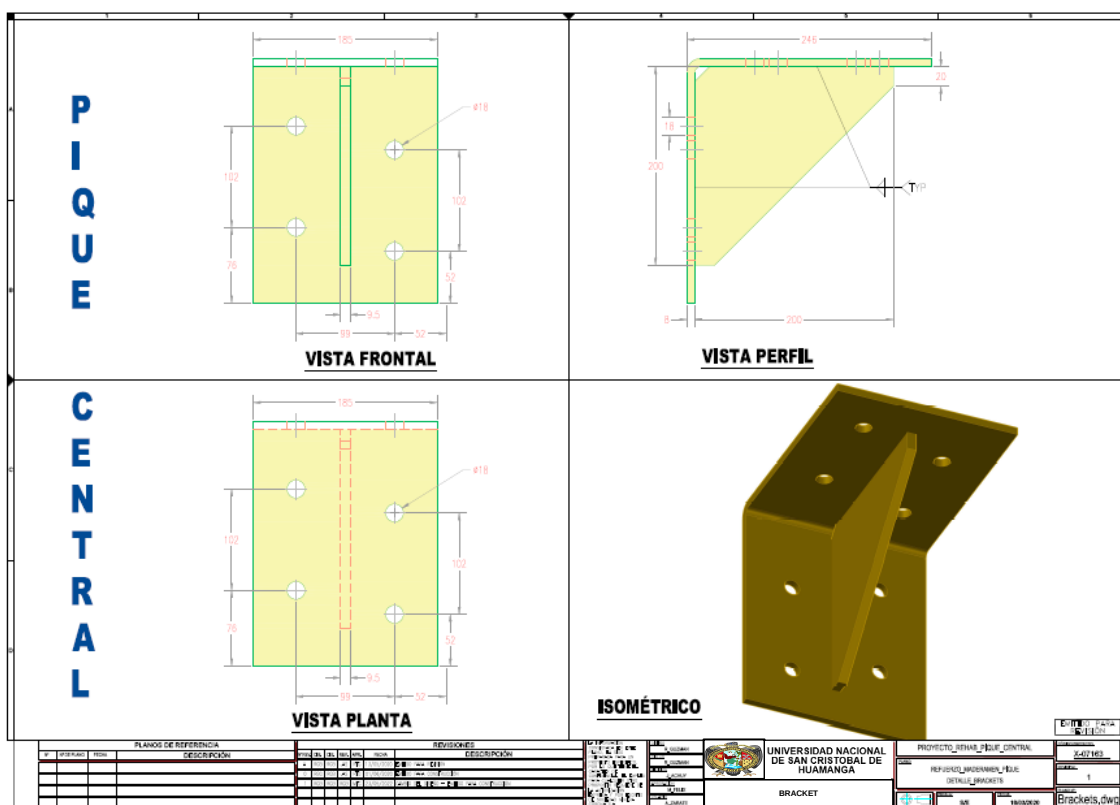
Anexo 5: Tapón deflector



Anexo 6: Vista en planta cuadro



Anexo 7: Brackets



Anexo 8: Shotcrete



Anexo 9: Perforación



Anexo 10: Vigas H



Anexo 11: Coordinación por seguridad los andes y sociedad minera corona.



Anexo 12: IPERC Continuo

IPERC CONTINUO
P-004-000-01-03-010

ENTRADA: 08:00 AM SALIDA: 04:00 PM

FECHA: 10/01/2023

UBICACION: Mina Coronado

ACTIVIDAD: Mantenimiento de la estructura de la mina

RESPONSABLE: Jefe de Mantenimiento

IPERC CONTINUO

ORDEN	DESCRIPCION DEL RIESGO	SEVERIDAD	FECHA DE CONTROL	FECHA DE CANCELACION
1	Caída de objetos desde la altura	Alta	10/01/2023	10/01/2023
2	Caída de personas desde la altura	Alta	10/01/2023	10/01/2023
3	Choque eléctrico	Alta	10/01/2023	10/01/2023
4	Incendio	Alta	10/01/2023	10/01/2023
5	Resaca	Alta	10/01/2023	10/01/2023
6	Caída de la estructura	Alta	10/01/2023	10/01/2023
7	Choque de personas	Alta	10/01/2023	10/01/2023
8	Choque de vehículos	Alta	10/01/2023	10/01/2023
9	Choque de maquinaria	Alta	10/01/2023	10/01/2023
10	Choque de cables	Alta	10/01/2023	10/01/2023
11	Choque de personas con la estructura	Alta	10/01/2023	10/01/2023
12	Choque de personas con la maquinaria	Alta	10/01/2023	10/01/2023
13	Choque de personas con los cables	Alta	10/01/2023	10/01/2023
14	Choque de personas con la estructura y la maquinaria	Alta	10/01/2023	10/01/2023
15	Choque de personas con la estructura y los cables	Alta	10/01/2023	10/01/2023
16	Choque de personas con la estructura y la maquinaria y los cables	Alta	10/01/2023	10/01/2023

SECCION PARA CONTROLAR EL PELIGRO SEGUN EL RIESGO

1. Se debe asegurar a cada trabajador de la estructura de la mina que se encuentre en la zona de trabajo y que no se desvíe de ella.

2. Se debe asegurar a cada trabajador de la estructura de la mina que se encuentre en la zona de trabajo y que no se desvíe de ella.

3. Se debe asegurar a cada trabajador de la estructura de la mina que se encuentre en la zona de trabajo y que no se desvíe de ella.

4. Se debe asegurar a cada trabajador de la estructura de la mina que se encuentre en la zona de trabajo y que no se desvíe de ella.

5. Se debe asegurar a cada trabajador de la estructura de la mina que se encuentre en la zona de trabajo y que no se desvíe de ella.

6. Se debe asegurar a cada trabajador de la estructura de la mina que se encuentre en la zona de trabajo y que no se desvíe de ella.

7. Se debe asegurar a cada trabajador de la estructura de la mina que se encuentre en la zona de trabajo y que no se desvíe de ella.

8. Se debe asegurar a cada trabajador de la estructura de la mina que se encuentre en la zona de trabajo y que no se desvíe de ella.

9. Se debe asegurar a cada trabajador de la estructura de la mina que se encuentre en la zona de trabajo y que no se desvíe de ella.

10. Se debe asegurar a cada trabajador de la estructura de la mina que se encuentre en la zona de trabajo y que no se desvíe de ella.

11. Se debe asegurar a cada trabajador de la estructura de la mina que se encuentre en la zona de trabajo y que no se desvíe de ella.

12. Se debe asegurar a cada trabajador de la estructura de la mina que se encuentre en la zona de trabajo y que no se desvíe de ella.

13. Se debe asegurar a cada trabajador de la estructura de la mina que se encuentre en la zona de trabajo y que no se desvíe de ella.

14. Se debe asegurar a cada trabajador de la estructura de la mina que se encuentre en la zona de trabajo y que no se desvíe de ella.

15. Se debe asegurar a cada trabajador de la estructura de la mina que se encuentre en la zona de trabajo y que no se desvíe de ella.

16. Se debe asegurar a cada trabajador de la estructura de la mina que se encuentre en la zona de trabajo y que no se desvíe de ella.

	SISTEMA INTEGRADO CORONA		UNIDAD DE ACUMULACIÓN YAUROICHOA
	PERFORACION E INSTALACION DE PERNOS DE ANCLAJE EN PIQUE		
	Área: PROYECTOS	Versión: 02	
	Código: PETS-LAN-PQC-09-03	Página: 1 de 3	

1. PERSONAL

- | | |
|-------------------------------|---------------------|
| 1.1 Supervisor de Los Andes. | 1.5 Winchero SMCSA. |
| 1.2 Maestro perforista. | 1.6 Electricista. |
| 1.3 Maestro civil. | 1.7 Ayudante civil |
| 1.4 Timbreo SMCSA. | |

2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP):

- | | |
|--|---|
| 2.1 Mameluco con cinta reflectiva. | 2.7 Barbiquejo. |
| 2.2 Botas de jebe con punta de acero. | 2.8 Protector auditivo. |
| 2.3 Correa porta lámpara. | 2.9 Lentes de seguridad. |
| 2.4 Guantes de jebe y cuero. | 2.10 Ropa de jebe para protección del agua (saco y pantalón). |
| 2.5 Respirador con filtro P-100. | 2.11 Arnés de seguridad con doble línea de anclaje. |
| 2.6 Protector de cabeza y porta lámpara. | |

3. EQUIPOS / HERRAMIENTAS Y MATERIALES

- | | |
|---|--|
| 3.1 Lámpara minera. | 3.10 Pintura en Spray. |
| 3.2 Barretillas de 4' y 6'. | 3.11 Manguera de 1" Ø para aire. |
| 3.3 Máquina perforadora jack leg . | 3.12 Manguera de 1/2" Ø para agua. |
| 3.4 Barrenos de perforación de 2', 4', 6' cada uno con broca de 36 mm. y 38 mm. | 3.13 Saca barrenos. |
| 3.5 Adaptador para instalación de perno helicoidal | 3.14 Comba de 4 y 6 lbs. |
| 3.6 Pernos helicoidales de 7 pies. | 3.15 Radio portátil. |
| 3.7 Atacadór. | 3.16 Cucharilla |
| 3.8 Cartuchos de resina y cemento. | 3.17 Timbres. |
| 3.9 Flexómetro. | 3.18 Cuerda para sujetar barra de perforación. |

4. PROCEDIMIENTO

- 4.1 Antes de iniciar el anclaje con perno helicoidal en el pique central, se deberá inspeccionar y controlar los riesgos con las herramientas de gestión: IPERC, PETAR, ~~check list~~ de (máquinas perforadoras, equipos ~~anticaidas~~). Considerar los riesgos de: trabajos en altura, espacios confinados, carga suspendida, rocas sueltas, iluminación de la labor.
- 4.2 El supervisor de Los Andes coordinará con el ~~timbreo~~ de ~~izaje~~ realizar el movimiento del ~~skip~~ y jaula hasta el lugar donde se realizará la perforación y anclado de pernos helicoidales cumpliendo el PETS-LAN-PQC-07-01 POSICIONAMIENTO DE JAULA Y/O SKIPS EN EL LUGAR DE TRABAJOS. Bajar el ~~skip~~/jaula al nivel principal de trabajo.

	SISTEMA INTEGRADO CORONA		UNIDAD DE ACUMULACIÓN YAUROICHOA
	PERFORACION E INSTALACION DE PERNOS DE ANCLAJE EN PIQUE		
	Área: PROYECTOS	Versión: 02	
	Código: PETS-LAN-PQC-09-03	Página: 2 de 3	

TAPÓN DEFLECTOR EN PIQUE CENTRAL. Esta tarea se realizará desde fuera del pique sin exponerse a la caída de objetos en altura.

- 4.4 En el Nv. 260/260 se colocarán las plataformas de inspección en el techo de la jaula/skip, estos deben contar con todos sus dispositivos de seguridad (pinos, tuercas, pasadores, arandelas) y estos evidenciados en un ~~check list~~ de verificación. Donde el personal de ~~izaje~~ se ubicarán y asegurarán correctamente en la plataforma de trabajo.
- 4.5 Se bajarán las máquinas perforadoras sobre el ~~skip~~ y/o jaula desde el nivel principal de la zona de trabajo hasta el lugar de trabajo coordinando con el ~~timbreo~~ de ~~izaje~~, siguiendo el procedimiento PETS-LAN-PQC-07-01 POSICIONAMIENTO DE JAULA Y/O SKIP EN EL NIVEL DE TRABAJO DURANTE LA REHABILITACIÓN PIQUE CENTRAL.
- 4.6 Una vez nivelado el ~~skip~~ y jaula en el punto de trabajo el supervisor de Los Andes procederá a coordinar con el electricista instalar la iluminación.
- 4.7 El supervisor de Los Andes deberá dar conformidad al inicio de los trabajos.
- 4.8 Realizar la instalación de la máquina perforadora, chequeando el correcto llenado de aceite, mangueras, empalmes y seguros ~~wipchback~~ realizando la limpieza (soplado) de las mangueras antes instalar.
- 4.9 Marcar la malla de perforación para el anclado de pernos de acuerdo al diseño de los anclajes.
- 4.10 Iniciar la perforación de los taladros e introducir la resina y CEMCON en las proporciones indicadas, de acuerdo al diseño.
- 4.11 Colocar el perno de anclaje realizando el correcto batido.
- 4.12 Al finalizar el sostenimiento, realizar la desinstalación de las máquinas perforadoras y accesorios, ubicarlos en la plataforma de trabajo y subirlo al Nivel principal de trabajo.
- 4.13 El Supervisor de Los Andes deberá asegurarse que el tapón deflector del Nv. 520/410 ha quedado abierto y en posición vertical asegurado por un pin de seguridad, firmando en el cuaderno de ocurrencias Pique Central.
- 4.14 Hacer una inspección visual y limpieza de la columna del pique hasta el nivel inferior de la zona de trabajo.
5. **RESTRICCIONES.** No se realizará el trabajo cuando:
- Se tenga fallas en el sistema de comunicación (timbres y radios de comunicación).
 - El Winche CIR presente fallas mecánicas y/o eléctricas.
 - No se cuenta con la supervisión de Los Andes.
 - No se cuente con PETAR para trabajos en Altura.
 - Iluminación deficiente en el punto de trabajo.



UNSH

FACULTAD DE
INGENIERÍA
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

ACTA N° 038-2024-FIMGC: ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS

En la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga de la ciudad de Ayacucho, en cumplimiento a la **RESOLUCIÓN DECANAL No 442-2024-FIMGC-D**, a los cinco días del mes de julio de 2024, siendo las 10:00 a.m. reunidos en el Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, bajo la presidencia del MSc. Ing. José Ernesto ESTRADA CÁRDENAS y los miembros; MSc. Ing. Edmundo CAMPOS ARZAPALO, MSc. Ing. Leonil QUISPE ARONES y al Ing. Miguel PRADO ARONES, actuando como secretario docente el MSc. Ing. Kelvis BERROCAL ARGUMEDO, para proceder a la sustentación de tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas, del bachiller en Ciencias de la Ingeniería de Minas:

KEVIN ROY RAMIREZ HUAÑA

Quien presentó la tesis denominada:

"EVALUACIÓN GEOMECÁNICA PARA MEJORA DEL SOSTENIMIENTO APLICADO EN LA REHABILITACIÓN DEL PIQUE CENTRAL, UNIDAD DE ACUMULACIÓN YAURICOCHA-2022"

Los señores miembros del jurado luego de expuesto la tesis y absueltas las preguntas, delibera y lo declaran:

APROBADO CON NOTA DIECISEIS (16)

Siendo las 12:05 p.m. del día 05 de julio de 2024, culmina el acto de sustentación de tesis, y en conformidad a lo actuado los miembros del jurado firmamos al pie del presente.

MSc. Ing. José Ernesto ESTRADA CÁRDENAS
Presidente

MSc. Ing. Edmundo CAMPOS ARZAPALO
Miembro

MSc. Ing. Leonil Fernando QUISPE ARONES
Miembro

Ing. Miguel PRADO ARONES
Miembro

MSc. Kelvis BERROCAL ARGUMEDO.
Secretario docente de la FIMGC

cc:
Archivo



UNSCH

CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION

El que suscribe; en mi calidad de Instructor de Originalidad de Trabajos de Investigación y encargado de certificar la originalidad de la tesis abajo indicado y por lo tanto responsable verificador de originalidad de trabajo de tesis de pregrado en primera instancia, en cumplimiento a la Resolución de Consejo Universitario N°039-2021-UNSCH-CU, Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación UNSCH, deja constancia que:

- Apellidos y Nombres del Bach. : RAMIREZ HUAÑA, Kevin Roy
- Escuela Profesional : Ingeniería de Minas
- Título de Tesis : **"EVALUACIÓN GEOMECÁNICA PARA MEJORA DEL SOSTENIMIENTO APLICADO EN A REHABILITACIÓN DEL PIQUE CENTRAL, UNIDAD DE ACUMULACIÓN YAUERICOCHA – 2022"**
- Evaluación de la originalidad : 14 % de similitud

Por tanto, según los artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, **es procedente el certificado de originalidad** para los fines que crea conveniente.

Ayacucho, 01 de agosto de 2024

.....
MBA Ing° Leonil Fernando Quispe Aronés
Instructor de Originalidad de Trabajos de Investigación

“Evaluación geomecánica para mejora del sostenimiento aplicado en la rehabilitación del Pique Central, unidad de acumulación Yauricocha – 2022”

por Kevin Roy Ramirez Huaña

Fecha de entrega: 01-ago-2024 07:15p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2426004029

Nombre del archivo:

Evaluación_geomecánica_para_mejora_del_sostenimiento_aplicado_en_la_rehabilitación_del_Pique_Central_unidad_de_acumulación_Yauricho (7.18M)

Total de palabras: 19313

Total de caracteres: 118851

“Evaluación geomecánica para mejora del sostenimiento aplicado en la rehabilitación del Pique Central, unidad de acumulación Yauricocha –2022”

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%	12%	2%	10%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga	4%
	Trabajo del estudiante	
2	hdl.handle.net	2%
	Fuente de Internet	
3	repositorio.continental.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
4	repositorio.uncp.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
5	Submitted to Universidad Continental	1%
	Trabajo del estudiante	
6	repositorio.unsch.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
7	repositorio.unica.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	

repositorio.unsa.edu.pe

8	Fuente de Internet	1 %
9	Submitted to Universidad Tecnologica del Peru Trabajo del estudiante	< 1 %
10	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	< 1 %
11	Submitted to Universidad Alas Peruanas Trabajo del estudiante	< 1 %
12	1library.co Fuente de Internet	< 1 %
13	tesis.unap.edu.pe Fuente de Internet	< 1 %
14	cybertesis.uni.edu.pe Fuente de Internet	< 1 %
15	repositorio.uigv.edu.pe Fuente de Internet	< 1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 30 words

Excluir bibliografía

Activo