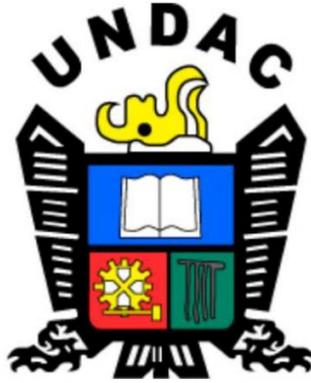


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA MINAS



T E S I S

**Seguimiento y evaluación de la capacidad de anclaje de los pernos
Hidrabolt en el sostenimiento de las labores, en la Compañía Minera**

Kolpa S.A. – Huachocolpa

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Bach. Edinson JIMENEZ PAITA

Asesor:

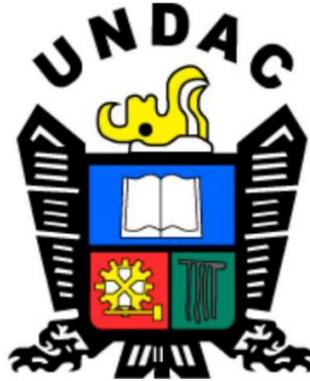
Mg. Silvestre Fabián BENAVIDES CHAGUA

Cerro de Pasco - Perú - 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA MINAS



T E S I S

**Seguimiento y evaluación de la capacidad de anclaje de los pernos
Hidrabort en el sostenimiento de las labores, en la Compañía Minera**

Kolpa S.A. - Huachocolpa

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Edwin Elías SANCHEZ ESPINOZA
PRESIDENTE

Mg. Teodoro Rodrigo SANTIAGO ALMERCOC
MIEMBRO

Ing. Toribio GARCIA CONTRERAS
MIEMBRO

DEDICATORIA

A Dios, por haberme permitido llegar hasta donde hoy me encuentro.

A mi esposa, Yanina por sus consejos y apoyo incondicional para salir adelante.

A mis padres: Fernando Jiménez y María Paita, por su fortaleza, esfuerzo y sacrificio a lo largo de mi vida.

Y a mis hermanos: Luz, Noemi, Pilar, Luis, Ulises, Omar por su confianza y apoyo en mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

¡A Dios! por haber hecho posible la culminación de mis estudios universitarios. A la plana de docentes de la Facultad de Ingeniería de Minas, Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Minas de la Universidad Nacional “Daniel Alcides Carrión” - Cerro de Pasco.

A mi asesor, a los jurados calificadores, docentes de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional “Daniel Alcides Carrión” que con sus observaciones y recomendaciones han enriquecido el presente estudio de investigación.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación que tiene como título: “SEGUIMIENTO Y EVALUACION DE LA CAPACIDAD DE ANCLAJE DE LOS PERNOS HIDRABOLT EN EL SOSTENIMIENTO DE LAS LABORES, EN LA COMPAÑÍA MINERA KOLPA S.A.- HUACHOCOLPA”, ha establecido como objetivo principal determinar el comportamiento de los pernos Hydrabolt durante el seguimiento de su instalación y evaluar la capacidad de anclaje de dichos pernos en el “sostenimiento de las labores mineras en la COMPAÑÍA MINERA KOLPA S.A.- HUACHOCOLPA”.

En cuanto al rendimiento de los pernos Hydrabolt realizamos 19 pruebas de eficiencia o rendimiento con pernos de 7 pies, obteniéndose como rendimiento o capacidad de arranque en promedio 13 tn. Al realizar las mediciones del desplazamiento de los pernos durante las pruebas, los desplazamientos fueron desde los 2 mm. a 30.4 mm. Pudiendo decir que estos resultados se hallan dentro del rango que indican los fabricantes de este tipo de pernos que viene a ser de 2 tn/pie, y los desplazamientos están también dentro de lo normal.

Durante la investigación se pudo detectar inconvenientes en el proceso de instalación de los pernos como: No se atiende a tiempo el cambio de repuestos de la bomba, que se produce por desgaste, El deterioro del perno se produce al tratar de colocar el perno al taladro forzando su introducción, al momento de almacenamiento y transporte.

Palabras clave: Pernos Hydrabolt, instalación, rendimiento, sostenimiento.

ABSTRACT

The present research work entitled: "MONITORING AND EVALUATION OF THE ANCHORAGE CAPACITY OF HIDRABOLT BOLTS IN THE SUPPORT OF WORKS, IN COMPAÑÍA MINERA KOLPA S.A.- HUACHOCOLPA", has established as its main objective to determine the behavior of the Hydrabolt bolts during the follow-up of their installation and to evaluate the anchorage capacity of said bolts in the "sustaining of mining work at COMPAÑÍA MINERA KOLPA S.A.- HUACHOCOLPA".

Regarding the performance of the Hydrabolt bolts, we carried out 19 efficiency or performance tests with 7-foot bolts, obtaining an average output or starting capacity of 13 tons. When making the measurements of the displacement of the bolts during the tests, the displacements were from 2 mm. at 30.4mm. Being able to say that these results are within the range indicated by the manufacturers of this type of bolts, which amounts to 2 tn/ft, and the displacements are also within normal limits.

During the investigation it was possible to detect inconveniences in the process of installing the bolts, such as: The change of spare parts of the pump, which is caused by wear, is not attended to in time, The deterioration of the bolt occurs when trying to place the bolt to the drill forcing its introduction, at the time of storage and transport.

Keywords: Hydrabolt bolts, installation, performance, support.

INTRODUCCIÓN

El tema de sostenimiento en cualquier mina que viene explotando por el sistema subterráneo es un aspecto muy delicado e importante que se debe tener en cuenta debido a que un descuido en este proceso puede conllevar a sucesos inesperados, con consecuencias de pérdidas de vidas, elevación de costos de producción, accidentes, paralización de las labores etc.

Esta problemática se presenta en la Compañía Minera Kolpa S.A. Unidad Huachocolpa, generado por varias causas como: no hay un seguimiento oportuno del proceso de instalación de los pernos, no se lleva un control del rendimiento de los pernos, se descuida la supervisión, falta de capacitación del personal, poco control de la geotecnia de la masa rocosa.

Todo esto puede traer consecuencias como: producción de accidentes, paralización de las labores, trabajadores desmotivados, costos altos, etc.

Como parte de la solución del problema me motiva a realizar la presente investigación sobre el seguimiento y evaluación de la capacidad de anclaje de los pernos Hydrabolt en el sostenimiento de las labores mineras; para poder tener un buen sostenimiento que resuelve los problemas de inestabilidad de la masa rocosa, controlar los esfuerzos de la masa rocosa y reduciendo la posibilidad de falla de la roca

En lo referido a la estructura del trabajo, se realizará por capítulos de la siguiente manera:

En el capítulo I, se refleja el planteamiento del estudio que abarca el planteamiento del problema, problema general y específicos, objetivo general y específicos, justificación e importancia, hipótesis y descripción de las variables, delimitación de la investigación y limitaciones.

A su vez, el capítulo II, en el marco teórico se encontrará los antecedentes nacionales sobre la problemática de los pernos Hydrabolt que se tiene en las diferentes empresas mineras. Se plantea las bases teóricas sobre sostenimiento y pernos Hydrabolt, culminando con la terminología usada a lo largo de la investigación.

Seguidamente, el capítulo III, trata sobre la metodología, que contiene el método de investigación utilizado, el nivel y tipo de investigación, el diseño de la investigación, la población y muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos y el procesamiento de datos.

En el capítulo IV encontraremos los resultados obtenidos a lo largo de la investigación realizada. Sobre rendimiento y evaluación de instalación de los pernos Hydrabolt.

Por último, en las conclusiones y recomendaciones se muestran los resultados hallados sobre el rendimiento e instalación de los pernos Hydrabolt usado en el sostenimiento.

También se encontrarán las referencias bibliográficas de todos los autores utilizados para esta investigación.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Delimitación de la investigación	2
1.3. Formulación del problema	3
1.3.1. Problema general	3
1.3.2. Problemas específicos.....	3
1.4. Formulación de objetivos	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. Justificación de la investigación.....	4
1.6. Limitaciones de la investigación	4

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio	5
2.2. Bases teóricas - científicas	8
2.3. Definición de términos básicos	24
2.4. Formulación de hipótesis	25
2.4.1. Hipótesis General.....	25

2.4.2. Hipótesis específicas.....	25
2.5. Identificación de variables	26
2.6. Definición operacional de variables e indicadores.....	27

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación	29
3.2. Nivel de investigación.....	29
3.3. Métodos de investigación.....	30
3.4. Diseño de investigación	30
3.5. Población y muestra	30
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	31
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación ...	31
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	32
3.9. Tratamiento estadístico	32
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica	32

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo	33
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados	40
4.3. Prueba de hipótesis.....	70
4.4. Discusión de resultados	73

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Comparación de pernos Cementados y pernos Hydrabolt.....	6
Tabla N° 2: Comparación de pernos Helicoidales y Hydrabolt.	7
Tabla N° 3: Accesibilidad.	9
Tabla N° 4: Datos técnicos.	13
Tabla N° 5: Operacionalización de las variables.....	27
Tabla N° 6: Características del macizo rocoso.....	43
Tabla N° 7: Resumen de los resultados obtenidos de las pruebas realizadas.....	44
Tabla N° 8: Prueba 1 Capacidad de soporte de los pernos Hydrabolt.....	44
Tabla N° 9: Prueba 2 Capacidad de soporte de los pernos Hydrabolt.....	45
Tabla N° 10: Prueba 3 Capacidad de soporte de los pernos Hydrabolt.....	46
Tabla N° 11: Prueba 4 Capacidad de soporte de los pernos Hydrabolt.....	46
Tabla N° 12: Prueba 5 Capacidad de soporte de los pernos Hydrabolt.....	47
Tabla N° 13: Prueba 6 Capacidad de soporte de los pernos Hydrabolt.....	48
Tabla N° 14: Prueba 7 Capacidad de soporte de los pernos Hydrabolt.....	53
Tabla N° 15: Prueba 8 Capacidad de soporte de los pernos Hydrabolt.....	56
Tabla N° 16: Desplazamiento de los pernos prueba 8.....	57
Tabla N° 17: Evaluación N° 1 instalación de pernos Hydrabolt.....	58
Tabla N° 18: Evaluación N° 2 instalación de pernos Hydrabolt.	59
Tabla N° 19: Evaluación N° 3 instalación de pernos Hydrabolt.....	60
Tabla N° 20: Evaluación N° 4 instalación de pernos Hydrabolt.....	62
Tabla N° 21: Evaluación N° 5 instalación de pernos Hydrabolt.....	63
Tabla N° 22: Evaluación N° 6 instalación de pernos Hydrabolt.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Ubicación de la mina	9
Figura N° 2: Pernos Hydrabolt.....	10
Figura N° 3: El color del perno Hydrabolt indica la longitud del perno.....	10
Figura N° 4: Indicador de carga para pernos de 7 pies.....	12
Figura N° 5: Perno Hydrabolt instalado.....	12
Figura N° 6: Pernos Hydrabolt estándar.....	14
Figura N° 7: Pernos Hydrabolt de perfil bajo.....	15
Figura N° 8: Bomba de Aire de Alta Presión (No. de parte JP–HAP).....	15
Figura N° 9: Manómetro de Presión (No. de parte JP–GPR).....	16
Figura N° 10: Pistola de Seguridad de Alta Presión (No. de parte JP–SP).....	16
Figura N° 11: Bomba Manual con Manómetro.....	17
Figura N° 12: Boquilla para la instalación de la bomba de alta presión.....	17
Figura N° 13: Prueba de esfuerzo del perno.....	19
Figura N° 14: Medición de la elongación.....	20
Figura N° 15: Perno Hydrabolt instalado.....	20
Figura N° 16: Manómetro para medir la presión.....	20
Figura N° 17: Perno para colocación de la argolla de acero.....	21
Figura N° 18: Colocación del cilindro y barra en el perno.....	21
Figura N° 19: Embolo del cilindro en su etapa inicial y manómetro en cero.....	22
Figura N° 20: Inicio de la prueba.....	22
Figura N° 21: Perno en su máxima capacidad de deformación axial.....	23
Figura N° 22: Medición de los resultados.....	23
Figura N° 23: Perno Hydrabolt después de la prueba.....	23
Figura N° 24: Diseño de la rampa para acceder al cuerpo mineralizado.....	35

Figura N° 25: Ciclo de minado de corte y relleno ascendente.	36
Figura N° 26: Perforación de los taladros en corona.....	37
Figura N° 27: Instalación del Hydrabolt.	38
Figura N° 28: Bomba de Alta Presión.....	38
Figura N° 29: Presionando el gatillo de la pistola.....	39
Figura N° 30: Instalado correcto de equipo Pull Test.	40
Figura N° 31: Midiendo el desplazamiento.....	41
Figura N° 32: Resultado final.....	42
Figura N° 33: Prueba 1 Capacidad de soporte de los pernos Hydrabolt.	45
Figura N° 34: Prueba 4 Capacidad de soporte de los pernos Hydrabolt.	47
Figura N° 35: Perno Hydrabolt instalado.	49
Figura N° 36: Prueba de arranque del perno Hydrabolt.	49
Figura N° 37: Equipo de medición Pull Test.	49
Figura N° 38: Medición del desplazamiento.....	50
Figura N° 39: Perno Hydrabolt mal instalado.	50
Figura N° 40: Manómetro para medir la presión.	51
Figura N° 41: Equipo Pull Test para medir el arranque del perno.	52
Figura N° 42: Medición del arranque del perno Hydrabolt.....	52
Figura N° 43: Manómetro indicando la presión de arranque de prueba.....	53
Figura N° 44: Prueba 7 Capacidad de soporte de los pernos Hydrabolt.	53
Figura N° 45: Medición del arranque de la prueba 7.	54
Figura N° 46: Manómetro indicando la presión del perno de la prueba 7.	54
Figura N° 47: Deformación de 19.5 mm.	55
Figura N° 48: Deformación de 8 mm.....	55
Figura N° 49: Prueba 8 Capacidad de soporte de los pernos Hydrabolt.	56

Figura N° 50: Pernos Hydrabolt descartados por falla.	60
Figura N° 51: Pernos Hydrabolt descartadas válvulas malogradas.	61
Figura N° 52: Transporte de los pernos.	63
Figura N° 53: Almacenamiento de manera correcta de los pernos.	64
Figura N° 54: Deficiencias en la instalación de los pernos.	64
Figura N° 55: Instalaciones incompletas de la bomba de agua y aire.	66
Figura N° 56: Perdida de Presión del agua al no tener sus accesorios completos.	66
Figura N° 57: Presión de aire de 220 bares insuficiente.	68
Figura N° 58: Pernos colocados verticalmente no es el adecuado.	68
Figura N° 59: Instrumentos combo, empujador para instalar los pernos no son los adecuados.	69
Figura N° 60: Perno Hydrabolt colocados en forma forzada.	70
Figura N° 61: Desface al girar el brazo del jumbo.	71
Figura N° 62: Desemboquillado de la válvula con la boquilla del jumbo.	72
Figura N° 63: Mangueras del jumbo producen aplastamiento y doblan el perno.	72
Figura N° 64: El peso de la manguera hace que se doble el perno.	73

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

El tema de sostenimiento en cualquier mina que viene explotando por el sistema subterráneo es un aspecto muy delicado e importante que se debe tener en cuenta debido a que un descuido en este proceso puede conllevar a sucesos inesperados, con consecuencias de pérdidas de vidas, elevación de costos de producción, accidentes, paralización de las labores, etc.

Tomando en cuenta estos aspectos nos planteamos realizar la presente investigación y analizando que en la mina no se realizaba el seguimiento ni la evaluación de los pernos Hydrabolt, observando inconvenientes en el proceso productivo en las diferentes labores de explotación de la mina.

Esta problemática se está generando por varias causas como: no hay un seguimiento oportuno del proceso de instalación de los pernos, no se lleva un control del rendimiento de los pernos, se descuida la supervisión, falta de capacitación del personal, poco control de la geotecnia de la masa rocosa.

Todo esto puede traer consecuencias como: producción de accidentes, paralización de las labores, trabajadores desmotivados, costos altos, etc.

Como parte de la solución del problema me motiva a realizar la presente investigación sobre el seguimiento y evaluación de la capacidad de anclaje de los pernos Hydrabolt en el sostenimiento de las labores mineras; para poder tener un buen sostenimiento que resuelve los problemas de inestabilidad de la masa rocosa, controlar los esfuerzos de la masa rocosa y reducir la posibilidad de falla de la roca.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

La investigación se llevará a cabo en “La Unidad Minera Huachocolpa Uno de Compañía Minera Kolpa S.A geográficamente se ubica en el flanco este de la Cordillera Occidental de los Andes Centrales, en el Distrito minero de Huachocolpa, Provincia y Región de Huancavelica a una altitud de 4480 msnm” (Alarcon E. , 2018).

1.2.2. Delimitación temporal

El tiempo de duración de la investigación está programado para un periodo de 6 meses de julio a diciembre del 2021.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Durante el seguimiento a la instalación y evaluación de la capacidad de anclaje de los pernos Hydrabolt, cual fue el comportamiento de dichos pernos en el “sostenimiento de las labores mineras en la COMPAÑÍA MINERA KOLPA S.A.- HUACHOCOLPA”?

1.3.2. Problemas específicos

- a. ¿Durante el seguimiento a la instalación que inconvenientes se detectó en dicho proceso de los pernos Hydrabolt, en el “sostenimiento de las labores mineras en la COMPAÑÍA MINERA KOLPA S.A.- HUACHOCOLPA”?
- b. ¿En la evaluación de la capacidad de anclaje de los pernos Hydrabolt cuál fue el comportamiento de dichos pernos en el “sostenimiento de las labores mineras en la COMPAÑÍA MINERA KOLPA S.A.- HUACHOCOLPA”?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar el comportamiento de los pernos Hydrabolt durante el seguimiento de su instalación y evaluar la capacidad de anclaje de dichos pernos en el “sostenimiento de las labores mineras en la COMPAÑÍA MINERA KOLPA S.A.- HUACHOCOLPA”.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Determinar el comportamiento de los pernos Hydrabolt durante el seguimiento de su instalación, en el “sostenimiento de las labores mineras en la COMPAÑÍA MINERA KOLPA S.A.- HUACHOCOLPA”.
- b. Evaluar la capacidad de anclaje de los pernos Hydrabolt en el “sostenimiento de las labores mineras en la COMPAÑÍA MINERA KOLPA S.A.- HUACHOCOLPA”.

1.5. Justificación de la investigación

El proceso de la investigación justificará su desarrollo ya que nos permitirá ver de cómo se lleva a cabo el proceso de sostenimiento en las labores mineras de mina en cuanto a los inconvenientes durante su instalación y ver el rendimiento de los pernos Hydrabolt, a la vez poder evitar sucesos inesperados, con consecuencias de pérdidas de vidas, elevación de costos de producción, accidentes, paralización de las labores y poder tener un buen sostenimiento que resuelve los problemas de inestabilidad de la masa rocosa, controlar los esfuerzos de la masa rocosa y reduciendo la posibilidad de falla de la roca.

1.6. Limitaciones de la investigación

Las limitaciones que se podría tener durante la investigación podrían ser sobre el tiempo programado, las facilidades para realizar el seguimiento y determinar el rendimiento de los pernos; sin embargo con el apoyo de la empresa esperamos superar estos inconvenientes.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

En la tesis “*Análisis comparativo entre los pernos cementados e Hydrabolt en el sostenimiento para las labores 3x3 de sección en la mina Azulcocha Mining S.A. Concepción – Junín 2017*” (Cuba, 2017) manifiesta: Que el objetivo es realizar una comparación entre dos tipos de pernos, los pernos cementados y los pernos Hydrabolt usados para el sostenimiento de galerías de 3 m x 3 m, realizando una investigación comparativa; como conclusión se hizo estudios sobre tiempo de instalación por guardia, pruebas de resistencias y costos de instalación, llegando a los siguientes resultados.

Tabla N° 1: Comparación de pernos Cementados y pernos Hydrabolt.

Medición	Perno cementado	Perno hydrabolt
Instalación (hr/g)	6.92	3.38
Resistencia de anclaje (Tn/pie)	6.6	7.86
Costo de instalación (\$/perno)	6.4	5.62
Costo de adquisición (\$/perno)	12.9	9.8

Se recomienda usar los pernos hydrabolt por los resultados hallados, para las diferentes labores mineras.

La tesis “*Comparación de rendimiento entre Swellex e Hydrabolt en el sostenimiento en minas subterráneas para elección óptima*” (Pantigozo, 2013) sostiene como objetivo la comparación de dos tipos de pernos, los pernos Swellex y los pernos Hydrabolt en función de su resistencia y su instalación inmediata. Como conclusión nos dice: No hay una relación lineal entre la longitud del perno y su resistencia. Los dos pernos tienen anclajes más homogéneos. Hay una relación entre la longitud del perno y la elongación en los dos tipos de pernos. Los pernos hydrabolt tienen mayor anclaje (25 Mpa) que los pernos swellex. Los pernos hydrabolt son más baratos 10.95 \$/m2.

Vemos en la tesis “*Estudio comparativo entre el perno Helicoidal y el perno Hydrabolt para sostenimiento y seguridad en la rampa 690S del Consorcio Minero Horizonte*” (Castañeda, 2012) plantea como objetivo la comparación entre los pernos helicoidal y los pernos hydrabolt, instalándose en la rampa 690S.

Como resultados arriba a:

Tabla N° 2: Comparación de pernos Helicoidales y Hydrabolt.

Medición	Perno Helicoidales	Perno Hydrabolt
Capacidad de soporte Tn	18.0 – 30.0	7.0 – 11.0
Factor de seguridad	3.17 – 5.28	1.2 – 1.97
Grado de permanencia de su instalación	2 a 3 veces que los pernos hydrabolt	

Se recomienda usar los pernos helicoidales por los resultados obtenidos.

En cuanto a la tesis “*Caracterización geomecánica para el análisis de pernos Hydrabolt en el sostenimiento de labores subterráneas Compañía Minera Casapalca*” (Blanco, 2018) su objetivo fue conocer la geomecánica de la roca para poder estandarizar el sostenimiento con pernos hydrabolt, realizo una investigación aplicada, y como resultados se tiene: La caracterización geomecánica de la roca de mina Casapalca es: su RMR 68 – 59, tipo de roca II Y III lo que indica que se debe aplicar pernos de anclaje, su índice Q es 35.48, dimensión equivalente 7.5 lo que indica también que se debe usar pernos de anclaje, su capacidad de carga de los pernos hydrabolt de 5 pies es 11.2 Mpa y de 7 pies es 10.6 Mpa, su instalación se realiza en 1 a 2 minutos y tiene un costo de 10.95 \$/m² de sostenimiento.

Por otra parte, la tesis “*Análisis de esfuerzos de los pernos Hydrabolt para estandarización geomecánica en la construcción de chimeneas con equipo Alimak STH - SE en Consorcio Minero Horizonte S.A. - 2012*” de (Arca & Lume, 2012) indica como objetivo la evaluación de los esfuerzos de los pernos hydrabolt para poder instalar en la chimenea que se viene realizando. Como conclusión

plantea: Se debe evaluar los esfuerzos tanto de la roca como de los pernos porque el comportamiento geomecánico es diferente en cada mina debido a muchos factores. Los esfuerzos del macizo rocoso de la mina fueron de 49 Mpa. El factor de seguridad de los pernos hydrabolt fue de 1.5 establecido para la estandarización geomecánica en el sostenimiento de las chimeneas. El costo de sostenimiento más bajo es el de los pernos hydrabolt de 14.8 \$/m².

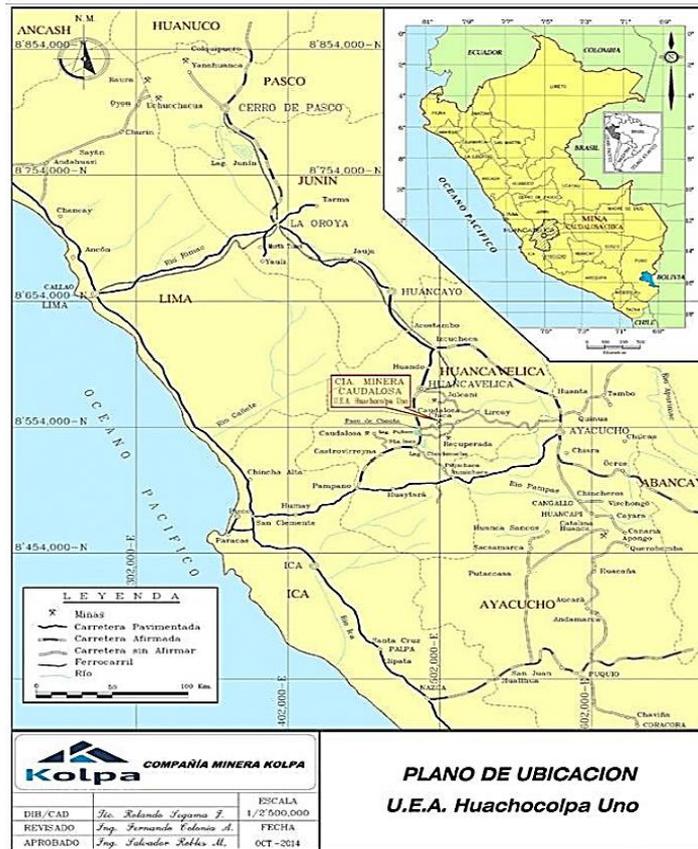
La tesis titulada “*Optimización en la instalación convencional de pernos Swellex, caso Mina San Ramon*” de (Alarcon K. , 2019) plantea como objetivo el de mejorar los tiempos de instalación de los pernos para el sostenimiento, y ver el grado de resistencia de anclaje de los pernos swellex. Como conclusión se tiene: Se mejoro el tiempo de instalación en un 69 %, su resistencia alcanzo las 12 Tn superando lo programado.

2.2. Bases teóricas - científicas

2.2.1. Ubicación

“La Unidad Minera Huachocolpa Uno de Compañía Minera Kolpa S.A geográficamente se ubica en el flanco este de la Cordillera Occidental de los Andes Centrales, en el Distrito minero de Huachocolpa, Provincia y Región de Huancavelica a una altitud de 4480 msnm” (Alarcon E. , 2018).

Figura N° 1: Ubicación de la mina



2.2.2. Accesibilidad

Podemos llegar a la mina a través de tres vías, como se muestra en el cuadro siguiente.

Tabla N° 3: Accesibilidad.

TRAYECTO	TIEMPO	DISTANCIA
Lima-Huancayo-Huancavelica-Paso de Chonta- Mina	Aprox. 12 horas	565 km
Lima-Pisco-Castrovirreyna-Paso de Chonta- Mina	Aprox. 10 horas	462 km
Lima-Pisco-Huaytara-Rumichaca-Paso de Chonta- Mina	Aprox. 9 horas	445 km

2.2.3. Pernos Hydrabolt

El perno Hydrabolt es un perno de fricción al que se le inyecta agua a altas presiones de 25 a 30 Mpa (presión correcta de inflado), se expande y debido a su válvula de no retorno el agua se mantiene en el interior y ejerce presión constante en todo momento, en forma radial y a lo largo de la longitud del taladro (New Concept Mining, 2015).

Figura N° 2: Pernos Hydrabolt.

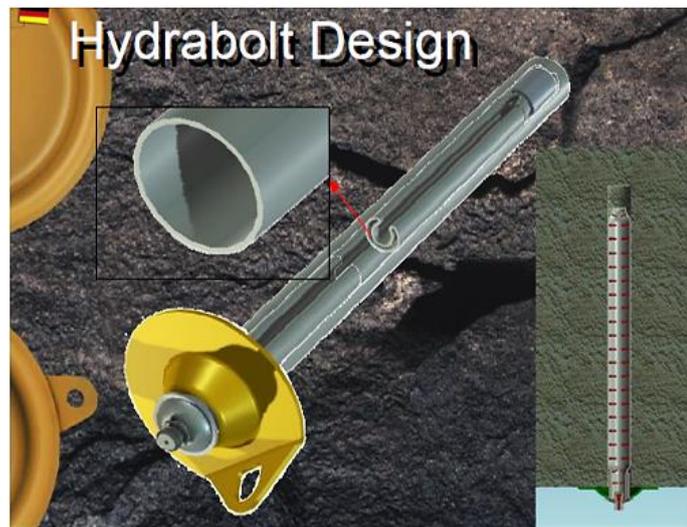


Figura N° 3: El color del perno Hydrabolt indica la longitud del perno.



2.2.4. Características técnicas del perno Hydrabolt

Dentro de las características más saltantes mencionamos:

El Hydrabolt es un perno de fricción al que se le inyecta agua a altas presiones, se expande y debido a su válvula de no retorno el agua se mantiene en el interior y ejerce presión constante en todo momento, en forma radial y a lo largo de la longitud del taladro, Cuando interactúan entre sí ayudan a cerrar las fracturas y discontinuidades del Macizo rocoso previniendo que se deteriore más rápidamente las cajas.

Debido a la permanencia del agua se obtiene 10 toneladas en promedio con solamente 30 centímetros (1 pie) de correcto inflado del perno. Esto podría traducirse en un ahorro en la perforación de los taladros de sostenimiento.

El Hydrabolt tiene un indicador de carga que sólo se muestra si el perno ha sido inflado correctamente. Viene en diferentes colores que indican la longitud del mismo, lo que facilita la labor del supervisor porque se puede verificar si han sido instalados a la presión y longitud correcta. Son reinflables.

La bomba de alta presión no utiliza lubricantes, su peso es de aproximadamente 12 kg sin las mangueras lo que la hace fácil de transportar. Construida con una válvula de alivio para un exacto y seguro control de la presión de inflado.

Los Hydrabolts son un sostenimiento activo e inmediato, que empiezan a trabajar al momento que ha finalizado el inflado. No necesitan de ningún tipo de aditivo, ni cemento ni resina, solamente el agua y aire comprimido de mina (Blanco, 2018, pág. 85).

Figura N° 4: Indicador de carga para pernos de 7 pies.



Nótese el indicador de carga (Pin color amarillo para el perno de 7 pies) que solamente se muestra cuando el perno ha sido inflado a la presión correcta.

Figura N° 5: Perno Hydrabolt instalado.



2.2.5. Datos técnicos del perno Hydrabolt

Tabla N° 4: Datos técnicos.

Tipo	Acero	kp/mm2	SAE 1008
Diámetro	Plegado	Mm	29
Dimensión Original	Diámetro y grosor	Mm	41*2
Diámetro recomendado	De taladro	Mm	36 -38
Diámetro óptimo	De taladro	Mm	34 – 38
Dimensiones del cas Quilllete	De cabeza(cintura/cuello)	Mm	32.5 - 42.5
Diámetro de casquillete	Superior	Mm	32.5
Presión	De inflado	Bar	250 – 280
Rendimiento	Acero (carga)	Tons	10
Longitud > y <	Orificio placa frontal	Mm	34 * 42
Carga mínima	De rotura	Tm	10
Máxima carga	Acero	Tons	16
Máxima deformación	Axial (elongación)	%	21
Peso perno	sin plato y tuerca	Kg./m	2
Longitudes	Estándares	M	0.9-3.15 cada 0.3
Longitudes	Disponibles	M	0.9-3.15
Aplicación			Toda dureza, uso temporal

2.2.6. Ventajas técnicas de su uso

Los pernos Hydrabolt muestran varias ventajas que mencionamos en la tesis:

- “Instalación fácil y rápida.
- No es afectado por las vibraciones de la voladura.
- Válvula de no retorno patentada la cual limita la pérdida de carga e incrementa la resistencia al arranque.
- La Carga es distribuida homogéneamente a lo largo de todo el taladro.
- No necesita resina o cemento.
- No es susceptible a la resistencia de la roca.

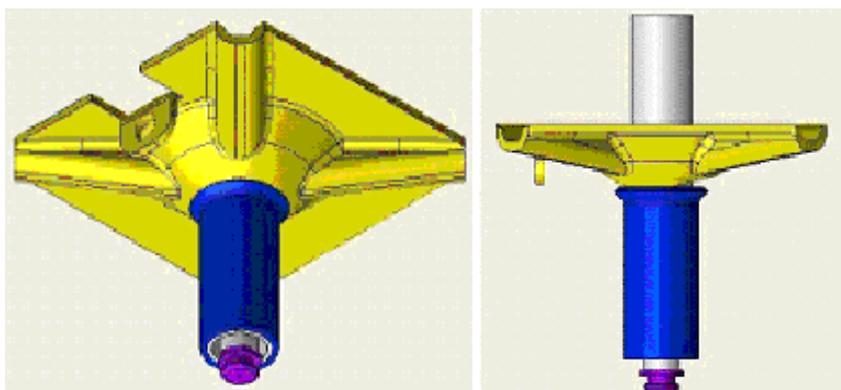
- Sostenimiento inmediato.
 - Indicador de carga muestra cuando el perno expansivo ya está presurizado.
 - El color del indicado de carga muestra la longitud del perno.
 - Segura instalación remota.
 - Amplio rango de expansión.
 - 300 % más fuerte que los pernos SWELLEX”.
- (https://newconceptmining.com/hydrabolt_SPA.html)

2.2.7. Tipos de pernos hydrabolt

Existen dos tipos de pernos Hydrabolt en el mercado: el estándar y el de perfil bajo.

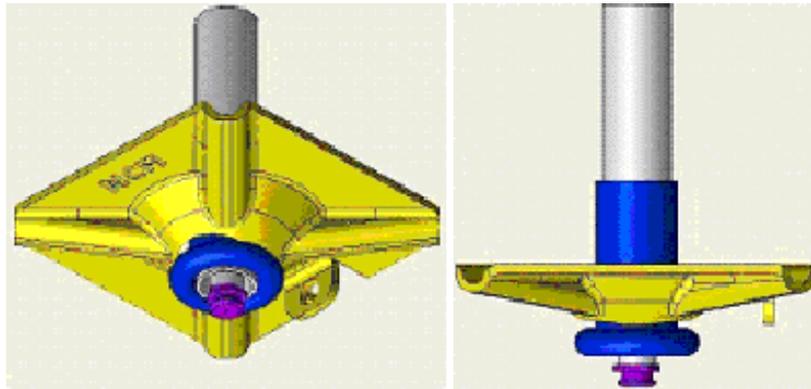
“Pernos Hydrabolt estándar: son usados en sostenimiento de galerías, cruceros, rampas” (https://newconceptmining.com/hydrabolt_SPA.html)

Figura N° 6: Pernos Hydrabolt estándar.



“Pernos Hydrabolt de perfil bajo: son usados en tajeos y accesos de áreas de bajo perfil” (https://newconceptmining.com/hydrabolt_SPA.html)

Figura N° 7: Pernos Hydrabolt de perfil bajo.



2.2.8. Accesorios

Figura N° 8: Bomba de Aire de Alta Presión (No. de parte JP-HAP).



La bomba de aire no utiliza lubricantes, su peso es de aproximadamente 12 kilos sin las mangueras, lo que la hace fácil de transportar. Necesita sólo 3.5 bares de presión de aire de entrada y 2 bares de presión de agua. El tiempo de inflado de un perno de 7' con la bomba de aire a las presiones recomendadas, es de aproximadamente 1.5 – 2.0 minutos. Seguir la siguiente indicación:

“La bomba tiene que estar regulada de 25 – 30 Mpa, si no está regulada puede ocurrir lo siguiente: Si está a menos de 25 Mpa, el inflado del perno va a

demorar. Si está a más de 30 Mpa, cuando se saca la boquilla el agua empieza a salir (chorro de agua)”. (https://newconceptmining.com/hydrabolt_SPA.html)

Figura N° 9: Manómetro de Presión (No. de parte JP-GPR).



Figura N° 10: Pistola de Seguridad de Alta Presión (No. de parte JP-SP).

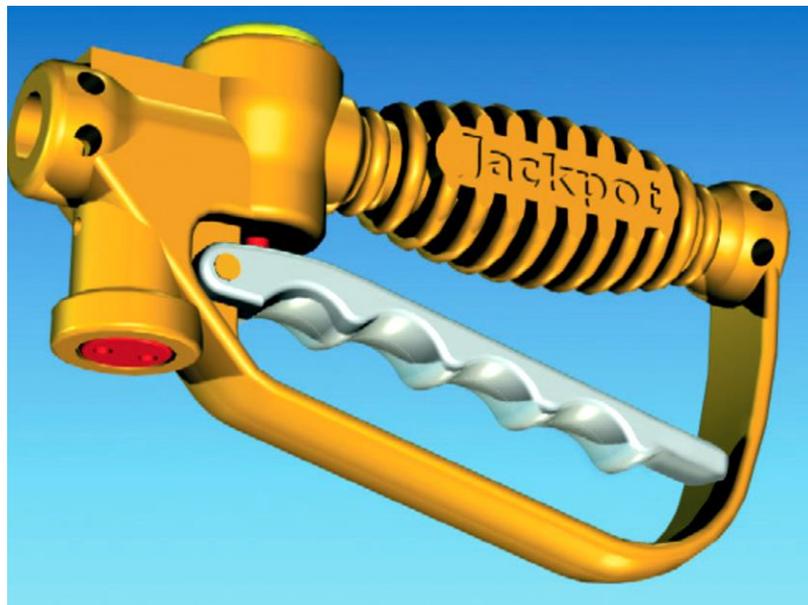


Figura N° 11: Bomba Manual con Manómetro.



Figura N° 12: Boquilla para la instalación de la bomba de alta presión.



2.2.9. Instalación de los pernos Hydrabolt

La empresa que fabrica estos pernos nos indica el procedimiento a seguir cuando realizamos la instalación, debemos seguir los siguientes pasos:

- “Prepare la caja techo antes de perforar los taladros para el sostenimiento, mida y marque las posiciones de los taladros en la caja techo de acuerdo con las normas de la mina.

- Perfore los taladros adecuados en la caja techo a un ángulo de 90 grados con los estratos o lo más cercano posible.
- Revise que los Hydrabolts no hayan sido dañados en el cuerpo o válvula durante su transporte.
- Si se requiere coloque la placa en el Hydrabolt.
- Inserte el Hydrabolt en el taladro hasta que la placa este ajustada contra la caja techo.
- Retire la protección plástica (tapa roja) de la válvula. Revise que la válvula este limpia y libre de cualquier contaminación.
- Revise la presión de salida diariamente. Coloque el manómetro de presión en la boquilla ubicada al final de la manguera y presione el gatillo.
- Posicione la boquilla en la válvula.
- Presione el gatillo en la pistola de seguridad ó empiece a bombear el agua al Hydrabolt con la Bomba Manual. Cuando el Hydrabolt empiece a expandirse retírese a una distancia segura y continúe presurizando. Continúe bombeando hasta que el agua salga por la válvula de alivio de la pistola de seguridad ó la Bomba Manual. Retire la boquilla del Hydrabolt, verifique que el indicador de carga sea visible y continúe con la instalación".
(https://newconceptmining.com/hydrabolt_SPA.html)

2.2.10. Pruebas de arranque de los pernos

Para realizar las pruebas de esfuerzo de los pernos se sigue el siguiente procedimiento:

- “Se realiza una perforación en la roca con una perforadora manual neumática o mecanizada, la perforación debe de ser de una longitud menor al perno para permitir la instalación del sistema de fijación placa – tuerca.
- Se coloca la barra Hydrabolt.
- Se procede aplicar el agua al término mediante presión.
- Se procede a aplicar cargas de tracción con un conjunto hidráulico hasta tratar que se produzca el arranque del perno de la perforación.
- Mientras se realiza la prueba de tracción, las cargas son medidas a través de un manómetro”. (https://newconceptmining.com/hydrabolt_SPA.html)

Figura N° 13: Prueba de esfuerzo del perno.



Figura N° 14: Medición de la elongación.



Figura N° 15: Perno Hydrabolt instalado.



Figura N° 16: Manómetro para medir la presión.

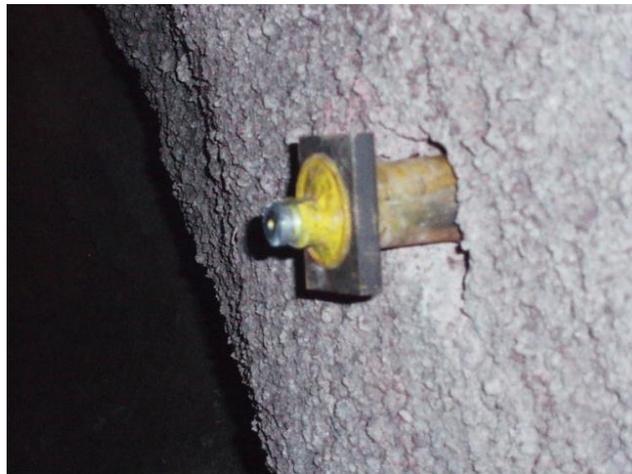


2.2.11. Proceso de una prueba de Arranque (PULL TEST)

Los pasos a seguir al realizar una prueba de arranque es la siguiente:

- Se coloca una argolla de acero, que tiene en su parte media un orificio del diámetro del perno > a 29mm, lo que simulara la placa metálica del perno Hydrabolt, esto antes de inflar el mismo.

Figura N° 17: Perno para colocación de la argolla de acero.



- Luego de inflar el perno Hydrabolt, se coloca el cilindro y la barra ranurada que se enroscara y se tratara coincidir con la válvula del Hydrabolt, para mejores resultados.

Figura N° 18: Colocación del cilindro y barra en el perno.



- Se observa que el embolo del cilindro de la gata, se encuentra en su etapa inicial y las medidas del manómetro se encuentran en cero (toneladas).

Figura N° 19: Embolo del cilindro en su etapa inicial y manómetro en cero.



- Entonces empezaremos con las pruebas, por lo que personal debidamente calificado y con conocimientos se hace cargo. Se hace un trabajo de palanca, esto hará que la gata bombee la hidrolina del interior del equipo, produciendo un incremento en la presión de arranque. El manómetro arroja medidas, las cuales según nuestra conveniencia deberemos anotarlas.

Figura N° 20: Inicio de la prueba.



- En su máxima capacidad de deformación axial, veremos que se producirá, en este caso el “fallo del collarin del perno” (rotura), pero no se observa el arranque del Hydrabolt.

Figura N° 21: Perno en su máxima capacidad de deformación axial.



- Anotamos las medidas y se explica los resultados obtenidos.

Figura N° 22: Medición de los resultados.



- Y al final tenemos una prueba satisfactoria, que complace los objetivos de rendimiento de la empresa adquirente.

Figura N° 23: Perno Hydrabolt después de la prueba.



2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Anclaje de bloques

“Se basa en que cada bulón debe estar anclado a lo largo de una longitud suficiente para agotar su carga axial. La densidad de bulonaje (b/m²) debe ser la necesaria para equilibrar el peso de la roca que debe ser suspendida” (MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGIA Y TURISMO - ESPAÑA, 2015).

2.3.2. Masa rocosa

“Es el medio in-situ que contiene diferentes tipos de discontinuidades como diaclasas, estratos, fallas y otros rasgos estructurales” (Blanco, 2018).

2.3.3. Control de calidad de sostenimiento

“Permitirá verificar las suposiciones iniciales adoptadas durante el diseño del sostenimiento, así como asegurar el rendimiento de los diversos elementos de soporte y refuerzo que se han instalado en el macizo rocoso” (Alva, 2019).

2.3.4. Diseño de sostenimiento

“El sostenimiento de las obras subterráneas debe permitir, controlar y mantener la estabilidad de las excavaciones para la seguridad del personal que trabaje o circule por ellas, a lo largo de la vida útil de las labores” (MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGIA Y TURISMO - ESPAÑA, 2015).

2.3.5. Pernos

“Equipo de sostenimiento aplicado a los macizos rocosos, para estabilizar una excavación subterránea” (Blanco, 2018).

2.3.6. Prueba de arranque – pull test

“Permite determinar la capacidad de carga de los pernos, dicha capacidad está determinada por la longitud del perno, diámetro de perforación, calidad de la roca y tiempo de instalación” (Alva, 2019).

2.3.7. Sostenimiento

“En toda explotación minera, el sostenimiento de las labores es un trabajo adicional de alto costo que reduce la velocidad de avance y/o producción pero que a la vez es un proceso esencial para proteger de accidentes a personal y al equipo” (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004).

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

Si logramos determinar el comportamiento durante la instalación de los pernos Hydrabolt, podremos plantear las correcciones necesarias para una buena instalación y ver si su capacidad de anclaje son los adecuados, en el “sostenimiento de las labores mineras, en la COMPAÑÍA MINERA KOLPA S.A.- HUACHOCOLPA”.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a.** Si logramos determinar el comportamiento durante la instalación de los pernos Hydrabolt, podremos plantear las correcciones necesarias para un buen “sostenimiento de las labores mineras, en la COMPAÑÍA MINERA KOLPA S.A.-HUACHOCOLPA”.

- b. La capacidad de anclaje de los pernos Hydrabolt son los adecuados, para un buen “sostenimiento de las labores mineras, en la COMPAÑÍA MINERA KOLPA S.A.- HUACHOCOLPA”.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variables para la hipótesis general

- **Variable independiente**

Comportamiento, anclaje de los pernos

- **Variable dependiente**

Buen sostenimiento

2.5.2. Variables para las hipótesis específicas

Hipótesis a

- **Variable independiente**

Comportamiento de los pernos

- **Variable dependiente**

Buen sostenimiento

Hipótesis b

- **Variable independiente**

Capacidad de anclaje

- **Variable dependiente**

Buen sostenimiento

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla N° 5: Operacionalización de las variables.

OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES				
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<p>Variables para la hipótesis general</p> <p>Variable independiente Comportamiento, anclaje de los pernos</p> <p>Variable dependiente Buen sostenimiento</p> <p>Variables para la hipótesis específicas</p> <p>Hipótesis a</p> <p>Variable independiente Comportamiento de los pernos</p> <p>Variable dependiente Buen sostenimiento</p> <p>Hipótesis b</p> <p>Variable independiente Capacidad de anclaje</p> <p>Variable dependiente</p>	<p>Sostenimiento “En toda explotación minera, el sostenimiento de las labores es un trabajo adicional de alto costo que reduce la velocidad de avance y/o producción pero que a la vez es un proceso esencial para proteger de accidentes a personal y al equipo” (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004)</p>	<p>Control de calidad de sostenimiento “Permitirá verificar las suposiciones iniciales adoptadas durante el diseño del sostenimiento, así como asegurar el rendimiento de los diversos elementos de soporte y refuerzo que se han instalado en el macizo rocoso” (Alva, 2019)</p> <p>Prueba de arranque – pull test “Permite determinar la capacidad de carga de los pernos, dicha capacidad está determinada por la longitud del perno, diámetro de perforación,</p>	<p>Seguimiento y evaluación de la instalación de los pernos</p> <p>Prueba de arranque</p> <p>Capacitación de instalación de los pernos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Tipo de roca - RMR - Índice Q - GSI - Observaciones del terreno - N° de pruebas - Longitud de perno - Capacidad de soporte - Desplazamiento - Comportamiento de los pernos

Buen sostenimiento		calidad de la roca y tiempo de instalación” (Alva, 2019)		
--------------------	--	--	--	--

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

La investigación que se realizará será de tipo aplicada, apoyando esto en (GONZALES, OSEDA, RAMIREZ, GAVE, 2011) “Busca la aplicación sobre una realidad circunstancial antes que el desarrollo de teorías. Esta investigación busca conocer para hacer y para actuar”.

3.2. Nivel de investigación

En cuanto al nivel tendrá un nivel descriptivo, explicativo, como dice: (GONZALES, OSEDA, RAMIREZ, GAVE, 2011):

“Busca el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa- efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas (investigación postfacto), como de los efectos

(investigación experimental) mediante la prueba Hipótesis. Sus resultados y conclusiones constituyen el nivel más profundo de conocimientos”.

3.3. Métodos de investigación

En el desarrollo de la presente tesis emplearemos el método científico, apoyado por los otros métodos específicos como el método analítico, método inductivo y el método deductivo, como dice “El método científico es un procedimiento para descubrir las condiciones en que se presentan sucesos específicos, caracterizado generalmente por ser tentativo, verificable, de razonamiento riguroso y observación empírica” (TAMAYO Y TAMAYO, 2003).

3.4. Diseño de investigación

El diseño que emplearemos será el diseño no experimental, toda vez que nuestra investigación no requiere de modificación de las variables, y de carácter transversal porque lo realizaremos en un momento determinado, como dice “Investigación no experimental Estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos” (HERNANDEZ, FERNANDES, BAPTISTA, 2014).

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Para nuestro estudio se tomará como población a todas las labores subterráneas que requieren sostenimiento en la COMPAÑÍA MINERA KOLPA-HUACHOCOLPA.

3.5.2. Muestra

Las labores que servirán para nuestra investigación son las siguientes labores: tajeo TJ300, Nivel 350, tajeo TJ300, Nivel 355, tajeo TJ450, Nivel 450, Acceso 300, Nivel 330, tajeo TJ400 Nivel 400, Subnivel 200, Nivel 250, Subnivel 200, Nivel 200, Subnivel 190, Nivel 250.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e instrumentos que se empleó en nuestra investigación fueron:

3.6.1. Técnicas

Para recoger información tendremos como técnicas a la observación directa del proceso de sostenimiento, análisis del procedimiento de instalación de los pernos hydrabolt, técnicas de medición de los esfuerzos de los pernos, seguimiento al proceso de instalación de los pernos, todo esto en forma planificada.

3.6.2. Instrumentos

Los instrumentos que usaremos son: Informes de seguimiento a la instalación de los pernos. Informes de las pruebas de anclaje. Informes geomecánicos.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

Se realizó en base a los datos obtenidos durante el desarrollo de la investigación. El procesamiento se realizó mediante las tablas, cuadros que se elaboró de acuerdo las variables planteadas. El análisis de datos lo realizamos una vez hecho el procesamiento de la información para lo cual ordenaremos sistematizaremos la información dando validez a los cuadros, tablas o

información de las condiciones que se deben llevar a cabo en el proceso de instalación de los pernos Hydrabolt.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Nos serviremos del programa Excel, uso de curvas de esfuerzo – deformación, sostenimiento a partir del índice RMR.

3.9. Tratamiento estadístico

Se aplicaron métodos estadísticos descriptivos. Se han creado tablas y gráficos para proporcionar una clasificación y un análisis comparativo de los datos, lo que permite conocer los parámetros de la muestra para procesar los datos recién adquiridos. La cuenta requerida para desarrollar estos cálculos se realiza mediante el programa Excel.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo teniendo en consideración todos los aspectos que rigen la ética, respetando los derechos de las personas, de la empresa, actuando con honestidad.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Reseña histórica

En 1586 el cronista Marcos Jiménez de la Espada indica que la Mina de Huachocolpa tiene minerales de plata.

En el año de 1920 Don Agustín Arias Carrozado (Español), viaja por la zona y descubre varios afloramientos e inicia su laboreo en pequeña escala.

En 1940 el Sr. Antonio Obradovic, denuncia las Minas de Rublo e inicia su explotación. Al fallecer lo sustituye su hermano Mateo y forma la Cía. Minera Huanca S.A. quien construye su Planta Concentradora y una Central Hidroeléctrica.

En 1942, los señores E. Risco, V. Freundt, Escobar, Carlos López Adrianzen y Richard Revett, forman Cía. Minera Caudalosa S.A.

En 1985, Buenaventura y Cía. Minera Condesa se asocian con los accionistas de Cía. Minera Caudalosa S.A.

En 1989 los Señores Juan Francisco Raffo y Mario Suito adquieren acciones de Cía. Minera Caudalosa S.A.

En 1999 la L.P. Holding S.A. del Grupo Raffo pasa a ser accionista principal, representando el 99.25 % del Capital social de Cía. Minera Caudalosa S.A.

En octubre del año 2000 se paralizan las operaciones en la Sub- Unidad Caudalosa Chica por la irregularidad de la mayoría de sus vetas y a la falta de un plan de exploraciones. Se reinicia en febrero del 2003 y se opera hasta el 25 de junio del 2010.

En junio del 2010 ocurre un desborde de la Relavera por lo que las operaciones de mina paralizan hasta febrero del 2011, fecha en que se inicia el cambio de minería convencional a mecanizada.

El 1ro. de mayo del 2015 CIA Minera Caudalosa S.A, cambia de Razón Social a Compañía Minera Kolpa S.A (Alarcon E. , 2018).

4.1.2. Método de explotación

El esquema de minado Corte y Relleno ascendente con Rampas Basculantes, es propio de un sistema trackless con operaciones unitarias totalmente mecanizadas, que resulta en una mayor productividad al optimizar la cantidad de tareas usadas por tonelada explotada o preparada.

En la perforación se utilizan equipos de perforación manuales y/o mini Jumbos.

El carguío de taladros es manual, sin embargo, se podría optimizar los ciclos si se usara equipos de carguío de taladros de ANFO.

En la limpieza y carguío, se utilizan Scooptram de 1.5 a 2.2 yd³

En toda aplicación del sostenimiento de las labores de la mina con pernos hydrabolt de 7 pies o la combinación con malla electro soldada (Alarcon E. , 2018).

Figura N° 24: Diseño de la rampa para acceder al cuerpo mineralizado.

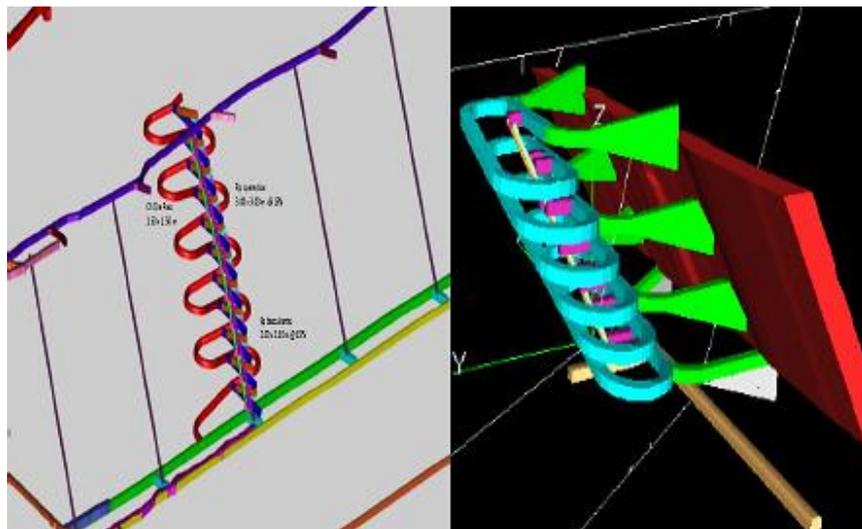
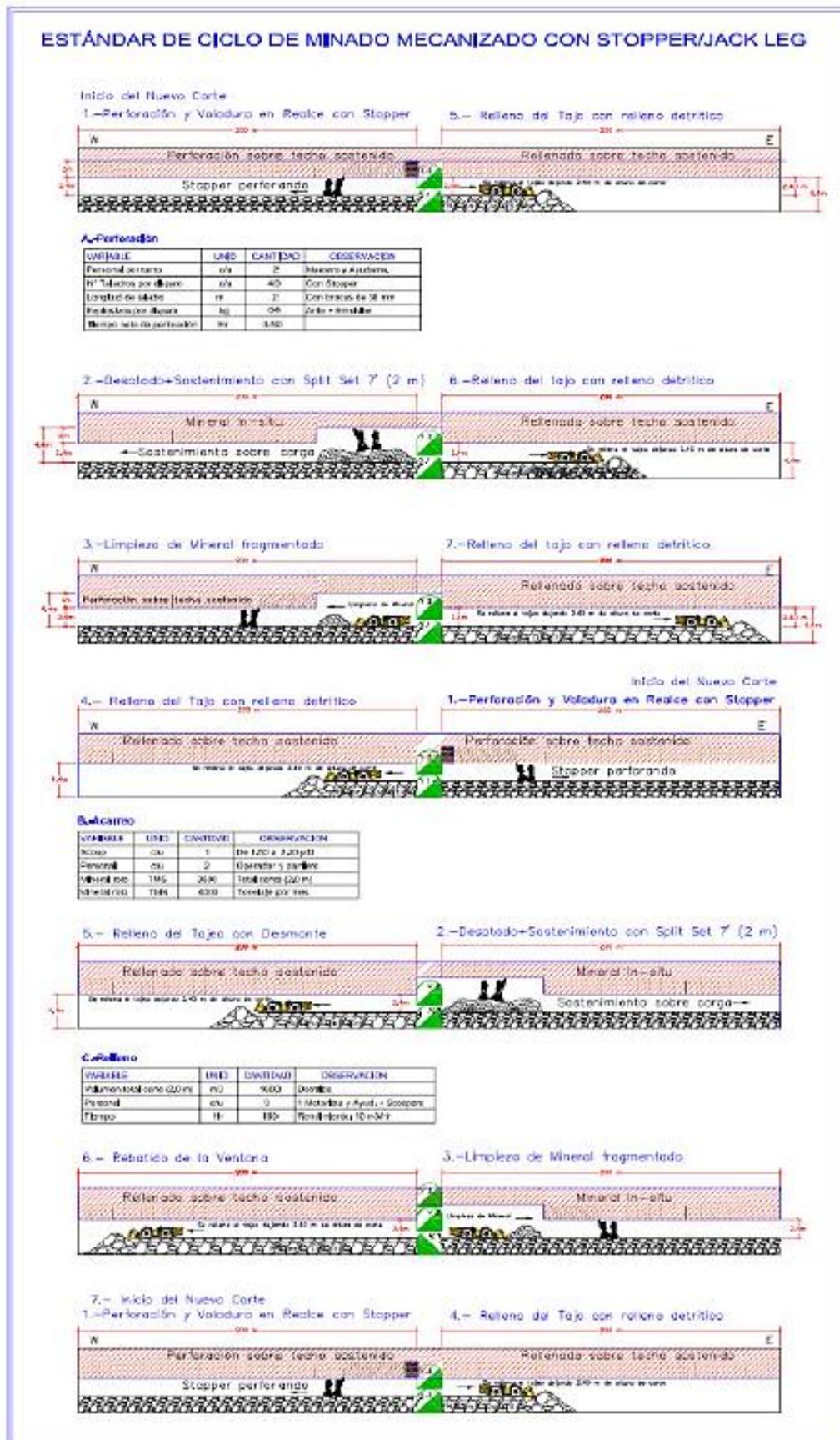


Figura N° 25: Ciclo de minado de corte y relleno ascendente.



4.1.3. Proceso de instalación de los pernos Hydrabolt en Mina Huachocolpa

En la Empresa Minera Huachocolpa en la instalación de los pernos Hydrabolt se sigue la siguiente secuencia:

- Se Perforaron los Taladros de 5 pies en el Hastial Derecho y 7 pies en la corona del tajeo, utilizando la máquina de perforación Jack - Leg, jumbos; con los barrenos:
 - Barreno de 2 pies 41mm.
 - Barreno de 4 pies 38mm.
 - Barreno de 6 pies 36mm.
 - Barreno de 8 pies 36mm.

Figura N° 26: Perforación de los taladros en corona.



- Se introducen los Pernos Hydrabolt de 5 y 7 pies en los taladros de 5 pies y 7 pies respectivamente, para proceder a inflarlo con la bomba de alta presión.

Figura N° 27: Instalación del Hydrabolt.



- Una vez colocados los Pernos Hydrabolt en sus respectivos taladros, se retira la protección plástica de la válvula, revisando que la válvula este limpia y libre de alguna partícula contaminante, si así lo fuese, se tendrá que lavar la válvula.
- Se Conectan las Líneas de Aire Comprimido y Agua a las entradas de la Bomba de Aire de Alta Presión, abriendo primero la válvula de ingreso del agua, esto evita que la bomba se ahogue, para esto la válvula de alivio de presión de la Pistola estará desbloqueada, luego conectamos el Manómetro de Presión Hydrabolt en la boquilla al final de la manguera para posteriormente presionar el gatillo.

Figura N° 28: Bomba de Alta Presión.



- Posicionamos la Boquilla de la manguera, de la Bomba de Aire de Alta Presión, y presionamos el gatillo de la Pistola de Seguridad para empezar a bombear el agua al Perno Hydrabolt, esto hará que el Hydrabolt empiece a expandirse, se continuara bombeando hasta que el agua salga por la válvula de alivio de la Pistola de Seguridad, finalizando con el retiro de la Boquilla del Perno Hydrabolt, para esto el Indicador de Carga ya no es visible.

Figura N° 29: Presionando el gatillo de la pistola.



- La presión correcta de salida debe estar entre el intervalo de 25 MPa a 30 MPa, en caso no este con las presiones indicadas el seguro de bloqueo no activará del hydrabolt el cual no será inflado correctamente.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Pruebas de resistencia de los pernos Hydrabolt en Mina Huachocolpa

➤ Equipos y accesorios

- Pull Test Enerpac de 20 Toneladas de Capacidad de Tracción.
- Accesorios (Una, Pistón, Bastidor, etc.).
- Vernier o Flexómetro

➤ Prueba de resistencia

- Instalado del equipo Pull Test de pernos.

Figura N° 30: Instalado correcto de equipo Pull Test.



- Se instala el Pull Test de 20 toneladas de Capacidad de Tracción con sus respectivos accesorios, el Pull Test tiene la función de generar la

Tracción que se aplicará sobre el Perno Hydrabolt de 5 pies y 7 pies que ya están colocados en sus respectivos taladros.

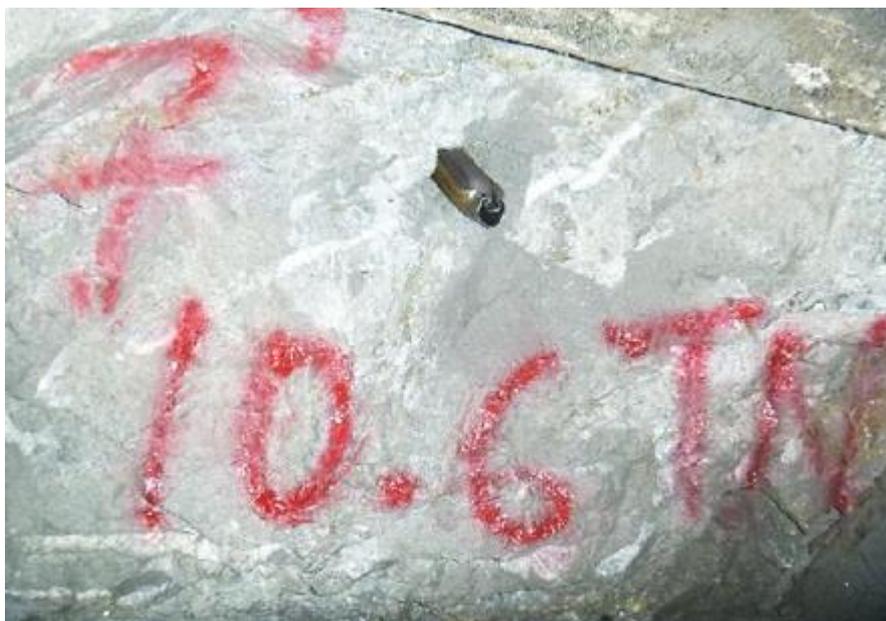
- Se coloca la Uña fijándola al Cabezal del Perno Hydrabolt de 5 pies y 7 pies, ésta uña tiene la función de realizar la tracción que se aplicará sobre el Perno, midiendo aquí la longitud de desplazamiento del Perno en la Prueba de Tracción.
- Se activa el Pull Test para producir la presión de tracción necesaria y registrar la Capacidad de Carga del Perno Hydrabolt de 5 pies y 7 pies de acuerdo al desplazamiento ocasionado, vale decir que el desplazamiento está en función de la Presión de Tracción ejercida sobre el Perno Hydrabolt.
- Se registra, con Vernier o Flexómetro, el Desplazamiento ocasionado por la Presión de Tracción inducida sobre los Pernos Hydrabolt de 5 pies y 7 pies.

Figura N° 31: Midiendo el desplazamiento.



- Se determina la Capacidad de Carga de los Pernos Hydrabolt de 5 pies y 7 pies, de acuerdo con la Presión de Tracción a la que fueron sometidos y como resultado se rompe el cabezal del Perno Hydrabolt.

Figura N° 32: Resultado final.



4.2.2. Pruebas de Arranque (Pernos Hydrabolt)

Realizamos la investigación para poder determinar la capacidad de los pernos Hydrabolt mediante las Pruebas de Pull Test, que se realizaron en la Mina, entre los meses de julio a noviembre, dichas pruebas fueron realizadas con los pernos “Hydrabolt” para observar el rendimiento de dichos pernos, en las mismas condiciones de terreno.

4.2.3. Características del macizo rocoso

Habiendo hechas estas pruebas en los hastiales de cada labor que se detallaran se tiene las siguientes características del macizo rocoso:

Tabla N° 6: Características del macizo rocoso.

CARACTERÍSTICAS DEL MACIZO ROCOSO						
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4-5	Prueba 6	Prueba 7-8
Tipo de roca	Marga Gris	Marga Gris	Marga Gris	Marga Gris	Marga Gris	Marga Gris
RMR	15-20	15-20	15-20	15-20	15-20	15-20
Obser.	-	Fuerte filtración de agua	Fuerte Filtración de aguas hidrotermales con altas temperaturas, y presencia de esfuerzos, por fracturamiento del Shocrete en la sección de la labor.	-	Filtración de agua	-

4.2.4. Equipo utilizado

Para las pruebas con Hydrabolt, se contaba con el equipo necesario de arranque de pernos:

- Bomba Hidráulica, marca Power Team.
- Manómetro Enerpac, de 16 ton.
- Cilindro con pistón de 2.5" de carrera, a poyada en una superficie de acero en forma de cono.
- Argollas de acero que se colocan en los pernos, para proceder a jalar.
- Adaptador para las argollas de acero, perno enroscable para adaptador y dispositivo de sujeción (mariposa).

4.2.5. Resultados obtenidos

Tabla N° 7: Resumen de los resultados obtenidos de las pruebas realizadas.

CAPACIDAD DE SOPORTE DE LOS PERNOS HYDRABOLT			
Tipo de perno	N° de pruebas de arranque	Longitud	Capacidad de soporte toneladas promedio
HYDRABOLT	17	2.10 M	13.00

4.2.6. Pruebas realizadas de la capacidad de soporte de los pernos Hydrabolt

A continuación, se observará los datos de las pruebas con los pernos.

➤ Prueba N° 1 capacidad de soporte de los pernos Hydrabolt

Fecha: 06 de julio

Tabla N° 8: Prueba 1 Capacidad de soporte de los pernos Hydrabolt.

CONTROL DE PULL TEST			
Empresa	COMPAÑÍA MINERA KOLPA S.A.- HUACHOCOLPA		
Mina	Unidad Huachocolpa		
Nivel	350	Fecha	06 de julio
Labor	TJ300	Turno	Dia
EVALUACION DEL MACIZO ROCOSO			
RMR	15-20	GSI	MF/MP
Q	-	Tipo roca	Marga gris
A: Pestaña del collarín fallo			C: Se arranco el perno Hydrabolt
B: Rotura de la cabeza del perno			D: No se arrancó el perno
PRUEBA DE ARRANQUE			
Hydrabolt	Long.	Ton.	Desplazamiento (mm)
P1	7pies	-	No se realizó por haber sido mal instalado
P2	7pies	14.5	No se tomó medidas de desplazamiento
Nota P2: pestaña del collarín fallo			

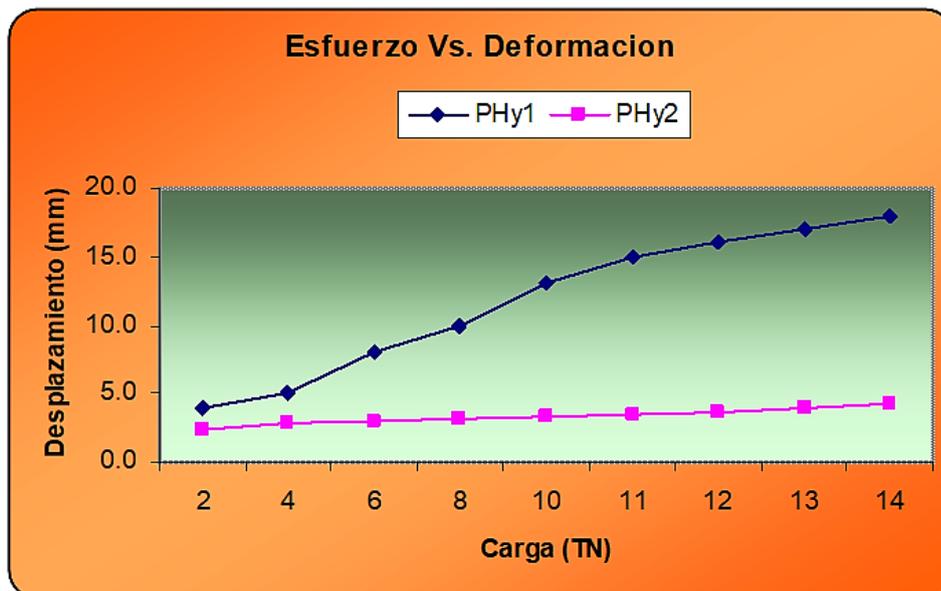
➤ **Prueba N° 2 capacidad de soporte de los pernos Hydrabolt**

Fecha: 10 de julio

Tabla N° 9: Prueba 2 Capacidad de soporte de los pernos Hydrabolt.

CONTROL DE PULL TEST									
Empresa	COMPAÑÍA MINERA KOLPA S.A.- HUACHOCOLPA								
Mina	Unidad Huachocolpa								
Nivel	400	Fecha	10 de julio						
Labor	TJ400	Turno	Tarde						
EVALUACION DEL MACIZO ROCOSO									
RMR	15-20		GSI			MF/MP			
Q	-		Tipo roca			Marga gris			
A: Pestaña del collarín fallo						C: Se arranco el perno Hydrabolt			
B: Rotura de la cabeza del perno						D: No se arrancó el perno			
PRUEBA DE ARRANQUE									
Hydrabolt	Long.	Ton.	Desplazamiento (mm)						
P1	7pies	14.0	2.00	5.00	8.00	10.00	13.00	16.00	18.0
P2	7pies	14.5	2.40	2.80	3.00	3.10	3.30	3.50	3.70
Nota P2: pestaña del collarín fallo									

Figura N° 33: Prueba 1 Capacidad de soporte de los pernos Hydrabolt.



➤ **Prueba N° 3 capacidad de soporte de los pernos Hydrabolt**

Fecha: 15 de agosto

Tabla N° 10: Prueba 3 Capacidad de soporte de los pernos Hydrabolt.

CONTROL DE PULL TEST									
Empresa	COMPAÑÍA MINERA KOLPA S.A.- HUACHOCOLPA								
Mina	Unidad Huachocolpa								
Nivel	200	Fecha	15 de agosto						
Labor	SN200	Turno	Dia						
EVALUACION DEL MACIZO ROCOSO									
RMR	15-20		GSI			MF/MP			
Q	-		Tipo roca			Marga gris			
A: Pestaña del collarín fallo						C: Se arranco el perno Hydrabolt			
B: Rotura de la cabeza del perno						D: No se arrancó el perno			
PRUEBA DE ARRANQUE									
Hydrabolt	Long.	Ton.	Desplazamiento (mm)						
P1	7pies	12.50	5.00	12.0	23.00				
P2	7pies	14.50	3.00	5.00	8.00	13.00			
P3	7pies	13.50	3.00	6.00					
Nota Presencia de agua hidrotermal y esfuerzos en las cajas									

➤ **Prueba N° 4 capacidad de soporte de los pernos Hydrabolt**

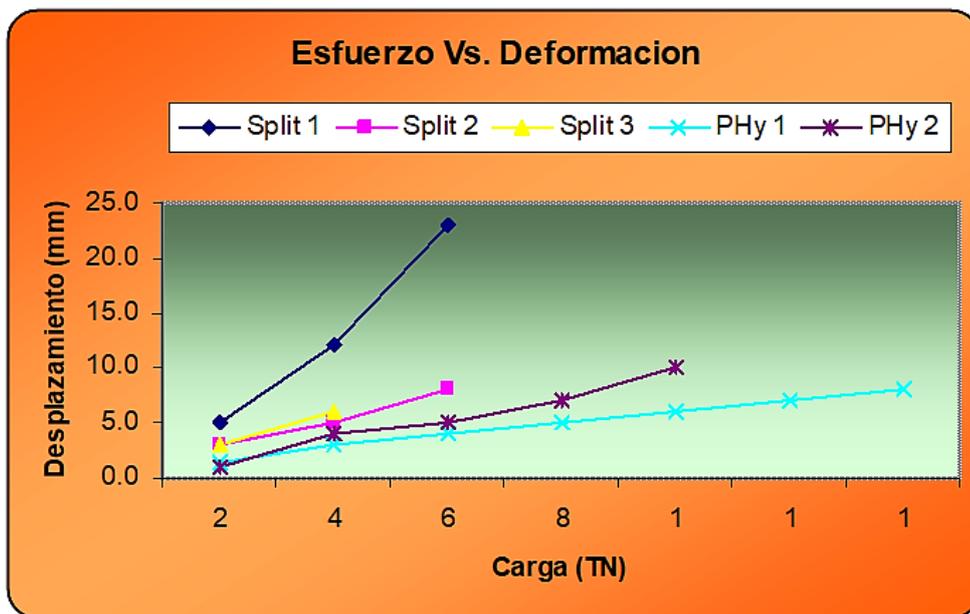
Fecha: 20 de agosto

Tabla N° 11: Prueba 4 Capacidad de soporte de los pernos Hydrabolt.

CONTROL DE PULL TEST									
Empresa	COMPAÑÍA MINERA KOLPA S.A.- HUACHOCOLPA								
Mina	Unidad Huachocolpa								
Nivel	250	Fecha	20 de agosto						
Labor	SN200	Turno	Dia						
EVALUACION DEL MACIZO ROCOSO									
RMR	15-20		GSI			MF/MP			
Q	-		Tipo roca			Marga gris			
A: Pestaña del collarín fallo						C: Se arranco el perno Hydrabolt			
B: Rotura de la cabeza del perno						D: No se arrancó el perno			

PRUEBA DE ARRANQUE									
Hydrabolt	Long.	Ton.	Desplazamiento (mm)						
P1	7pies	12.0	1.5	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00
P2	7pies	11.0	1.00	4.00	5.00	7.00	10.00	11.00	
P3	7pies	-	No se realizó la prueba por no tener las condiciones						
Nota: se rompió el cabezal del perno no se logró jalar									
Obs. Presencia de agua hidrotermal y esfuerzo en las cajas									

Figura N° 34: Prueba 4 Capacidad de soporte de los pernos Hydrabolt.



➤ **Prueba N° 5 capacidad de soporte de los pernos Hydrabolt**

Fecha: 11 de setiembre

Tabla N° 12: Prueba 5 Capacidad de soporte de los pernos Hydrabolt.

CONTROL DE PULL TEST			
Empresa	COMPAÑÍA MINERA KOLPA S.A.- HUACHOCOLPA		
Mina	Unidad Huachocolpa		
Nivel	450	Fecha	11 de setiembre
Labor	TJ450	Turno	Día
EVALUACION DEL MACIZO ROCOSO			
RMR	15-20	GSI	MF/MP
Q	-	Tipo roca	Marga gris
A: Pestaña del collarín fallo			C: Se arranco el perno Hydrabolt

B: Rotura de la cabeza del perno			D: No se arrancó el perno
PRUEBA DE ARRANQUE			
Hydrabolt	Long.	Ton.	Desplazamiento (mm)
P1	7pies	12.5	No se tomaron medidas de deformación
P2	7pies	12.5	No se tomaron medidas de deformación
P3	7pies	13.0	No se tomaron medidas de deformación
Nota: En los tres pernos se rompió el cabezal			

➤ **Prueba N° 6 capacidad de soporte de los pernos Hydrabolt**

Fecha: 20 de septiembre

Tabla N° 13: Prueba 6 Capacidad de soporte de los pernos Hydrabolt.

CONTROL DE PULL TEST			
Empresa	COMPAÑIA MINERA KOLPA S.A.- HUACHOCOLPA		
Mina	Unidad Huachocolpa		
Nivel	355	Fecha	20 de setiembre
Labor	TJ300	Turno	Dia
EVALUACION DEL MACIZO ROCOSO			
RMR	15-20	GSI	MF/MP
Q	-	Tipo roca	Marga gris
A: Pestaña del collarín fallo		C: Se arranco el perno Hydrabolt	
B: Rotura de la cabeza del perno		D: No se arrancó el perno	
PRUEBA DE ARRANQUE			
Hydrabolt	Long.	Ton.	Desplazamiento (mm)
P1	7pies	12.5	Se arranco el perno.
P2	7pies	12.5	No se realizó por falta de condiciones
Nota: los pernos si llegan a desplazarse			

4.2.7. Análisis de las pruebas realizadas

El terreno de las labores evaluadas en la mina, tienen ciertas características geomecánicas, las cuales hacen que el perno Hydrabolt se adapte y trabaje de manera más eficiente dentro de la roca como un sostenimiento activo y de manera inmediata, este elemento trabaja expandiéndose desde los 29mm

hasta los 41mm, ejerciendo presión radial a lo largo de la longitud del taladro, cuando interactúa contra el macizo hace que las cajas se deterioren en un menor tiempo, además de su fácil y segura instalación.

4.2.8. Imágenes de las pruebas Pull Test con el perno Hydrabolt

Figura N° 35: Perno Hydrabolt instalado.



Figura N° 36: Prueba de arranque del perno Hydrabolt.



Figura N° 37: Equipo de medición Pull Test.



Figura N° 38: Medición del desplazamiento.



Figura N° 39: Perno Hydrabolt mal instalado.



Figura N° 40: Manómetro para medir la presión.



4.2.9. Equipos utilizados para las pruebas

Figura N° 41: Equipo Pull Test para medir el arranque del perno.



Figura N° 42: Medición del arranque del perno Hydrabolt.



Figura N° 43: Manómetro indicando la presión de arranque de prueba.



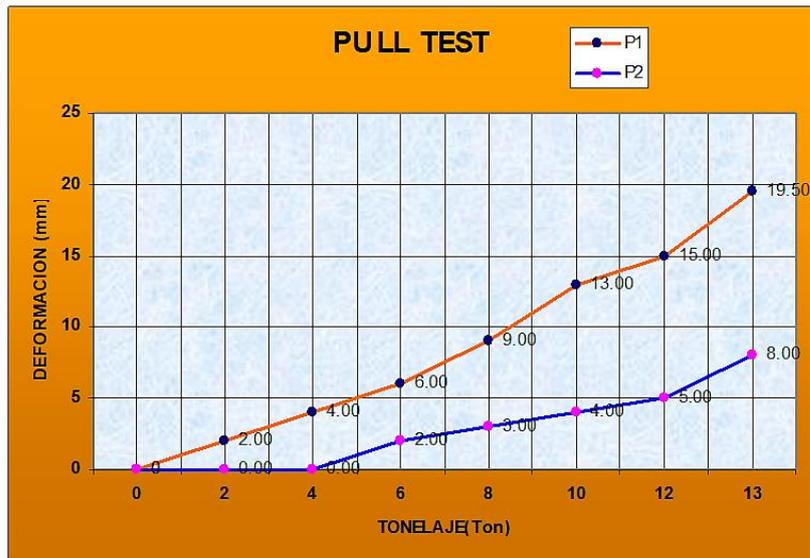
➤ **Prueba N° 7 capacidad de soporte de los pernos Hydrabolt**

Fecha: 05 de noviembre

Tabla N° 14: Prueba 7 Capacidad de soporte de los pernos Hydrabolt.

CONTROL DE PULL TEST									
Empresa	COMPAÑÍA MINERA KOLPA S.A.- HUACHOCOLPA								
Mina	Unidad Huachocolpa								
Nivel	330	Fecha	05 de noviembre						
Labor	ACC300	Turno	Tarde						
EVALUACION DEL MACIZO ROCOSO									
RMR	15-20		GSI			MF/MP			
Q	-		Tipo roca			Marga gris			
A: Pestaña del collarín fallo						C: Se arranco el perno Hydrabolt			
B: Rotura de la cabeza del perno						D: No se arrancó el perno			
PRUEBA DE ARRANQUE									
Hydrabolt	Long.	Ton.	Desplazamiento (mm)						
P1	7pies	13.0	2.20	6.00	10.00	11.50	14.00	15.00	19.50
P2	7pies	13.5	0.00	0.00	0.20	0.20	0.40	0.50	0.80
Nota P1: No se arrancó el perno, lo que fallo fue la cabeza del perno									
Nota P2: No se arrancó el perno, lo que fallo fue la cabeza del perno									

Figura N° 44: Prueba 7 Capacidad de soporte de los pernos Hydrabolt.



Análisis:

Se realizó la prueba en presencia del personal de Geomecánica, quien fue veedor de los resultados obtenidos.

Figura N° 45: Medición del arranque de la prueba 7.



Figura N° 46: Manómetro indicando la presión del perno de la prueba 7.



Los resultados fueron:

- Prueba 1: Se anoto una deformación de 19.5mm soportando una carga de 13 ton.
- Prueba 2: Se anoto una deformación de 8mm soportando una carga de 13 ton.

Figura N° 47: Deformación de 19.5 mm.



Figura N° 48: Deformación de 8 mm.



➤ **Prueba N° 8 capacidad de soporte de los pernos Hydrabolt**

Fecha: 08 de noviembre

Tabla N° 15: Prueba 8 Capacidad de soporte de los pernos Hydrabolt.

CONTROL DE PULL TEST									
Empresa	COMPAÑÍA MINERA KOLPA S.A.- HUACHOCOLPA								
Mina	Unidad Huachocolpa								
Nivel	250	Fecha	08 de noviembre						
Labor	SN190	Turno	Tarde						
EVALUACION DEL MACIZO ROCOSO									
RMR	15-20		GSI			MF/MP			
Q	-		Tipo roca			Marga gris			
A: Pestaña del collarín fallo						C: Se arranco el perno Hydrabolt			
B: Rotura de la cabeza del perno						D: No se arrancó el perno			
PRUEBA DE ARRANQUE									
Hydrabolt	Long.	Ton.	Desplazamiento (mm)						
P1	7pies	12.0	9.28	14.7	16.80	19.78	21.20	23.36	24.10
P2	7pies	13.0	4.16	6.30	6.70	7.90	8.36	8.74	9.60
Nota P1: No se arrancó el perno, lo que fallo fue la cabeza del perno									
Nota P2: No se arrancó el perno, lo que fallo fue la cabeza del perno									

Figura N° 49: Prueba 8 Capacidad de soporte de los pernos Hydrabolt.

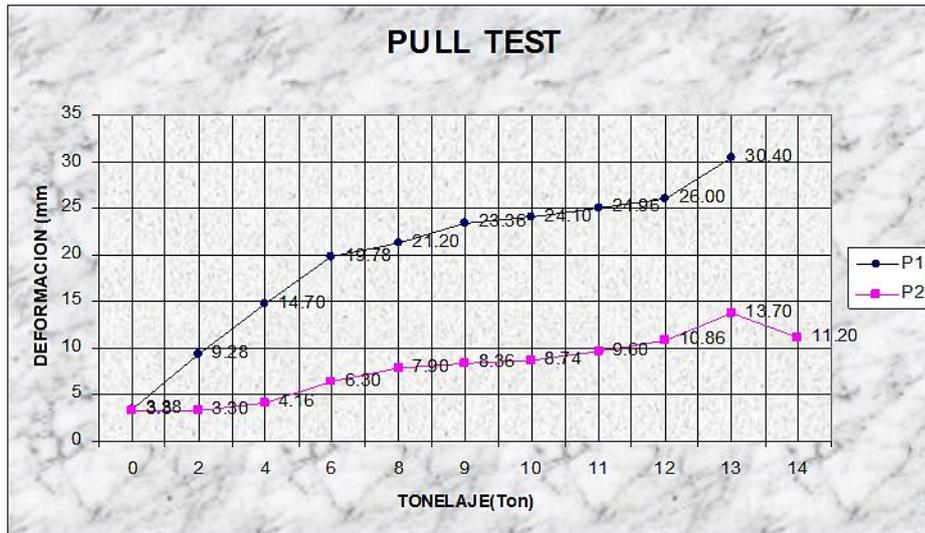


Tabla N° 16: Desplazamiento de los pernos prueba 8.

Item	Ton	D1(mm)	D2(mm)
0	0	3.38	3.3
1	2	9.28	3.30
2	4	14.70	4.16
3	6	19.78	6.30
4	8	21.20	7.90
5	9	23.36	8.36
6	10	24.10	8.74
7	11	24.96	9.60
8	12	26.00	10.86
9	13	30.40	13.70
10	14	-	11.20

Análisis:

En el P1, el desplazamiento fue mayor por la calidad de la roca en el que se inyectó el sostenimiento, y este presentaba alteraciones por la cercanía a la zona de falla y mayor cantidad de sistemas de fracturas.

En el P2, el desplazamiento fue menor porque las características Geomecánicas eran mejores, donde se pudo observar el desplazamiento pico 13.70mm a un tonelaje de 13ton.

4.2.10. Evaluación de la instalación de los pernos Hydrabolt

En esta parte de la investigación evaluamos la forma de cómo se instala los pernos Hydrabolt.

➤ Evaluación N° 1 de instalación de pernos Hydrabolt

Equipo: Jumbo Empernador

Presión de inflado del Jumbo: 280 Bares

Labor: TJ 300

Nivel: 355

Turno: Día 10:00 – 10:40 am

Tabla N° 17: Evaluación N° 1 instalación de pernos Hydrabolt.

Ítem	Perno #	Presión (Bares)	Observaciones
1	HY01	280	Ninguna
2	HY02	260	Ninguna
3	HY03	280	Ninguna
4	HY04	275	Ninguna
5	HY05	270	Ninguna
6	HY06	-	No inflo dentro del taladro, se observó que se forzó al introducir, con el brazo del jumbo.
7	HY07	270	Ninguna
8	HY08	-	No inflo dentro del taladro.
9	HY09	270	Ninguna.
10	HY010	275	Perno HY06 se inflo al vacío, no salió el PIN.
11	HY011	270	Perno HY08 se inflo al vacío, no se notó ninguna falla, si salió correctamente el PIN.

➤ Evaluación N° 2 de instalación de pernos Hydrabolt

Labor: Acceso 300

Nivel: 330

Turno: Día 10:55 – 12:05 am

Tabla N° 18: Evaluación N° 2 instalación de pernos Hydrabolt.

Ítem	Perno #	Presión (Bares)	Observaciones
1	HY01	270	Ninguna
2	HY02	275	Ninguna
3	HY03	260	Ninguna
4	HY04	280	Ninguna
5	HY05	270	Perno doblado por presionarse con las mangueras del brazo del jumbo, mientras se perfora.
6	HY06	265	Ninguna
7	HY07	285	Ninguna
8	HY08	270	No inflo dentro del taladro, se inflo correctamente al vació.
9	HY09	270	Inflo bien, pero se tuvo que sacar y volver a acoplar con la boquilla del jumbo.
10	HY10	270	Ninguna
11	HY11	250	Perno doblado por presionarse con las mangueras del brazo del jumbo, mientras se perfora.
12	HY12	265	Ninguna
13	HY13	260	Ninguna
14	HY14	260	Ninguna
15	HY15	270	Ninguna
16	HY16	280	Ninguna
17	HY17	255	Ninguna
18	HY18	270	Ninguna
19	HY19	270	Ninguna
20	HY20	275	Ninguna
21	HY21	280	Ninguna
22	HY22	270	Ninguna
23	HY23	260	Ninguna
24	HY24	255	Ninguna

➤ **Evaluación N° 3 de instalación de pernos Hydrabolt**

Labor: TJ 450

Nivel: 450

Turno: Día 05:45 – 06:05 pm.

Nota: Se recogieron 16 pernos en oficinas en superficie, para observar las fallas de los mismos, y 02 pernos inflados reportados como reventados, para la prueba.

Tabla N° 19: Evaluación N° 3 instalación de pernos Hydrabolt.

Ítem	Perno #	Presión (Bares)	Observaciones
1	HY01	270	Ninguna
2	HY02	250	Se tuvo problemas al introducir el perno
3	HY03	255	Ninguna
4	HY04	265	Problemas al introducir, se inflo en 02 oportunidades.
5	HY05	255	Ninguna
6	HY06	270	Se reinflo un perno reportado como reventado, pero no se ubicó falla alguna.
7	HY07	270	Exceso de fricción al introducir, con el hueco del taladro, inflo pero reventó en su máxima presión.
8	HY08	250	Ninguna
9	HY09	260	Se tuvo fricción al introducir pero inflo correctamente.

Se probó 04 pernos, del paquete que se recogió en superficie, de los cuales no se tuvo ninguna observación incorrecta, también se reinflo un perno para detectar la falla, y al igual que los anteriores las pruebas demostraron que estuvieron un normal desempeño.

Figura N° 50: Pernos Hydrabolt descartados por falla.



Figura N° 51: Pernos Hydrabolt descartadas válvulas malogradas.



➤ **Evaluación N° 4 de instalación de pernos Hydrabolt**

Equipo: Jumbo Empernador BOLTER #77

Presión de inflado del Jumbo: 290 Bares

Labor: Acceso 300

Nivel: 330

Turno: Día 04:10 – 04:40 pm.

Tabla N° 20: Evaluación N° 4 instalación de pernos Hydrabolt.

Ítem	Perno #	Presión (Bares)	Observaciones
1	HY01	310	Ninguna
2	HY02	310	Ninguna
3	HY03	310	Ninguna
4	HY04	300	Ninguna
5	HY05	300	Se coloco argolla para realizar la prueba de arranque al siguiente día.
6	HY06	300	Ninguna
7	HY07	300	Ninguna
8	HY08	310	Ninguna
9	HY09	300	Ninguna
10	HY10	310	Ninguna
11	HY11	300	Ninguna
12	HY12	310	Se coloco argolla para realizar la prueba de arranque al siguiente día.
13	HY13	310	Se inflo al vacío para demostrar que el perno estaba en correctas condiciones

Análisis:

La primera observación que se hace mención es que la presión de inflado de los pernos si bien sabemos que es de 250 – 300 Bares y que el jumbo empernador arroja una presión de 300, lo que sucede es que al inflar los pernos se notó que la gran mayoría excede el máximo permisible, y aunque no hubo ningún registro de perno reventado o fallado, se le recomienda regular la presión del jumbo para el inyectado de los pernos.

Otro de las observaciones, así como en el otro jumbo empernador se encontró un desfase al momento de girar el brazo, se volvió a encontrar este defecto que ya se mencionó cuáles eran sus consecuencias, claro que en esta oportunidad era menor la distancia (2cm.).

➤ Evaluación N° 5 de instalación de pernos Hydrabolt

Equipo: Perforación con Jumbo QUASAR DPJ-012

Bomba de Aire S/N de serie

Pistola de seguridad HSD 70-71

Presión de inflado de la Bomba: 400 Bares

Labor: TJ 400

Nivel: 400

Turno: Día 11:15 – 12:00 am.

Tabla N° 21: Evaluación N° 5 instalación de pernos Hydrabolt.

Ítem	Perno #	Presión (Bares)	Observaciones
1	HY01	280	Ninguna
2	HY02	280	Ninguna
3	HY03	280	No salió el PIN, se volvió a reinflar para que salga el indicador.
4	HY04	280	Ninguna
5	HY05	280	Ninguna

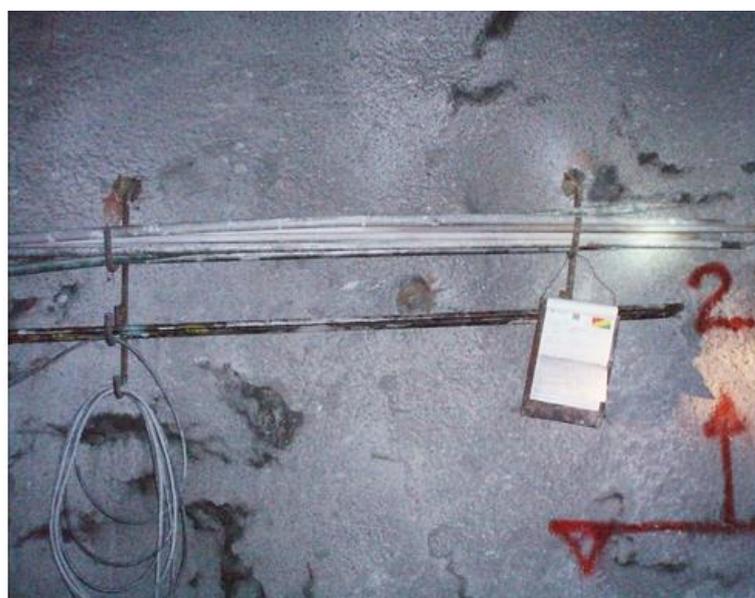
Análisis:

Se observo el transporte y el almacenamiento de los pernos, se debe de tener mucho cuidado de no golpear la válvula de los pernos y también el de ver si a esta no le ingresa lama o detritus producto del ciclo de minado.

Figura N° 52: Transporte de los pernos.



Figura N° 53: Almacenamiento de manera correcta de los pernos.



Esta es la manera correcta en la que se deben de almacenar los pernos como se observó en la labor de la EE. IESA, con sus alcayatas y de manera horizontal, sin comprometer la válvula, dando así un mayor cuidado al producto y un mayor rendimiento en el mismo.

Figura N° 54: Deficiencias en la instalación de los pernos.



Se notaron algunas deficiencias en la instalación de los pernos Hydrabolt y el cuidado de la bomba de aire:

El sello interior de la boquilla (empaquetadura de plástico de color azul), se encontró desgastada, la válvula de la boquilla estaba hundida, esto porque el resorte interior de la boquilla, necesita de un cambio para así no se produzcan perdida de presión y de agua al momento de inflar el perno como se demuestra en la figura.

Estos desgastes de los repuestos, originan que se produzca un menor rendimiento al inyectar el perno y de la exposición de la seguridad del personal, porque el agua que se encuentra saliendo puede impactar en la vista y produciendo accidentes. Se recomienda hacer el mantenimiento de la bomba completa.

Otro de las observaciones que se le hicieron al personal, fue que la bomba no tenía la presión correcta de 25- 30 MPa., se tomó la medida de esta presión y se notó que excedía, llegando a dar 40 MPa., por lo que se procedió a regular a la presión indicada.

Al trabajar a estas presiones equivocadas lo que se está produciendo es un deterioro de las empaquetaduras y componentes de la bomba.

Otro problema está en que, si no se trabaja en el rango recomendado, estos no podrán saber si el perno ya se encuentra bien instalado, puesto que en la pistola de seguridad no se veía el desfogado de la presión (chorro de agua) y lo que hacen es guiarse con el sonido de la bomba que muchas veces no se encuentra 100% operativa.

Figura N° 55: Instalaciones incompletas de la bomba de agua y aire.



Figura N° 56: Pérdida de Presión del agua al no tener sus accesorios completos.



Una de las últimas observaciones encontradas fue que la bomba no tenía sus instalaciones completas, de agua y aire, y también que, en la entrada de agua,

se producía una pérdida de presión, al no tener estas válvulas se les hace difícil el control de las presiones y también es otro factor de rendimiento en la instalación y el cuidado de la bomba de aire.

➤ **Evaluación 6 de instalación de pernos Hydrabolt**

Equipo: Perforación con Jumbo BOOMER H 282

Inflado de los pernos con Bomba de Aire y pistola de seguridad

Presión de inflado de la Bomba: 220 Bares, se regulo la presión como se recomienda en todos los casos entre el rango de 250 – 300 Bares.

Labor: SN 200

Nivel: 200

Turno: Día 11:10 – 12:05 am.

Tabla N° 22: Evaluación N° 6 instalación de pernos Hydrabolt.

Ítem	Perno #	Presión (Bares)	Observaciones
1	HY01	280	Ninguna
2	HY02	280	Ninguna
3	HY03	280	Se golpeo la válvula, con un empujador hechizo y un combo, para introducir el perno al taladro.
4	HY04	280	No salió el pin por falta de la caída de presión y el corte de energía eléctrica, pero se volvió a inflar al recuperar las condiciones.
5	HY05	280	Ninguna
6	HY06	280	Se golpeo la válvula, con un empujador hechizo y un combo, para introducir el perno al taladro.

Análisis:

Se midió la presión de inflado de la bomba de aire y se obtuvo 220 Bares de presión, teniendo estos resultados se procedió a informar que esta no era lo recomendable por lo que se les enseñó a regular con el martillo seteador, hasta obtener el rango correcto de 250 – 300 Bares.

Figura N° 57: Presión de aire de 220 bares insuficiente.



Figura N° 58: Pernos colocados verticalmente no es el adecuado.



Se observo que como la mayoría de las Empresas Especializadas., no tienen el menor cuidado por los pernos y mucho menos por las válvulas de estos que son la parte más delicada, muchas veces las colocan de manera vertical, haciendo que la válvula este expuesta a la contaminación y a que se pueda ingresar algún tipo de detritus y así afectaría en el correcto inflado.

En algunas ocasiones el perno es golpeado al no ser fácil su ingreso al taladro, por lo que se utiliza una especie de empujador y un combo, y con la mayor fuerza y sin el menor cuidado del perno esta se fuerza a introducir, esto muchas veces se ha visto reflejado en el rendimiento del perno, ya que, al golpear fierro del empujador con fierro de la válvula, sufren un impacto, dando como resultado el fallo de la válvula. Se recomienda acoplarle un revestimiento de jebe a la parte que hace contacto con la válvula para no tener ningún inconveniente al colocar e instalar los hydrabolt.

Figura N° 59: Instrumentos combo, empujador para instalar los pernos no son los adecuados.



Figura N° 60: Perno Hydrabolt colocados en forma forzada.



Antes de nuestra llegada a la labor ya se estaba instalando 4 pernos de los cuales se reportó 2 de estos como reventados, pero no se pudo estimar el porqué del fallo. Por antecedentes puede ser que hayan golpeado el perno con el empujador mencionado, o que se almaceno de manera vertical, haciendo que la válvula este en contacto con la lama del piso, volviendo a recomendar tener cuidado con estos defectos encontrados, aunque insignificantes, son importantes con este tipo de perno.

4.3. Prueba de hipótesis

De los 44 pernos Hydrabolt inflados se tuvo solo 01 perno reventado.

En este caso se observó que, al introducir el perno dentro del taladro, este se vio severamente afectado por la fricción que se produjo al tratar de ingresar el perno, puesto que cuando termina de perforar el equipo, al girar el brazo se ve un desfase de aprox. 5 a 7cm. por lo que el operador tiene que hacer un sobre manipuleo y este no encaja de manera libre y exacta.

Al empujar el perno se produce alta presión en el punto de unión de la válvula del perno y de la boquilla del empernador, por lo que, si este empujase el

perno de manera violenta, la válvula de inflado puede sufrir daños y no funcionar correctamente, como no inflar o que no salga el indicador.

Figura N° 61: Desfase al girar el brazo del jumbo.



Se recomienda un ajuste o mantenimiento del equipo, para mejorar el giro del brazo del jumbo, así no se tendrá un sobre manipuleo que afecte a la válvula, al ingresar, y disminuirá el tiempo de instalación de los pernos, dando un aumento en el rendimiento en la colocación de los pernos Hydrabolt.

Se observaron pernos que sufrieron fricción con la pared del taladro al introducir con el jumbo, pero que inflaron bien, se recomienda tener más cuidado en el ingreso del mismo, porque la fuerza que tiene el empujador del jumbo puede involucrar y malograr tanto la válvula como el perno en sí.

También se observó, que cuando el perno sufría la fricción mencionada anteriormente, estos en la mayoría de sus casos no inflaban a la primera oportunidad, y lo que hacían los operadores, eran retirarlos y reportarlos como fallados.

Se recomendó hacer un segundo movimiento con el brazo del jumbo, con el fin de volver a embocar la válvula con la boquilla del jumbo, esto porque al golpear la válvula puede ser que se zafen y no ingrese correctamente el agua dentro de la válvula, demostrándose otro defecto operativo, por falta de instrucción.

Figura N° 62: Desemboquillado de la válvula con la boquilla del jumbo.



En ocasiones se observa que tanto las mangueras como la estructura del brazo, tienden a doblar el perno, con el peso de estas, cuando se perfora, antes de inflar los pernos.

Figura N° 63: Mangueras del jumbo producen aplastamiento y doblan el perno.



Figura N° 64: El peso de la manguera hace que se doble el perno.



4.4. Discusión de resultados

Terminado el trabajo de campo realizamos la evaluación y análisis del trabajo realizado, para poder determinar el rendimiento de los pernos, evaluar la forma de instalación de los pernos en los taladros.

El trabajo se realizó con equipos de la empresa, los pull test Enerpac de 20 tn. Con sus respectivos accesorios, las condiciones geomecánicas del macizo rocoso fue roca tipo marga gris, el RMR fluctuó entre 15 a 20, en algunos casos con filtraciones de agua hidrotermales y presencia de esfuerzos en las labores.

En las pruebas de rendimiento de los pernos Hydrabolt, se realizó 8 pruebas, donde se realizó 19 pruebas de arranque con pernos de 7 pies, teniendo como resultados lo siguiente:

- Capacidad promedio de soporte del perno Hydrabolt de 13 tn.
- Desplazamiento del perno, en algunas pruebas no se pudo medir el desplazamiento del perno, debido a que estuvo mal instalado el equipo, falta de condiciones en el terreno, cuando se llegó a medir obtuvimos

desplazamientos que van desde 2 mm. Hasta 30.40 mm. Esto debido a la calidad de la roca.

- Estos resultados se hallan dentro del rango que indican los fabricantes de este tipo de pernos que viene a ser de 2 tn/pie, los desplazamientos están también dentro de lo normal.

Las evaluaciones de instalación de los pernos Hydrabolt realizados en la mina en sus diferentes labores podemos decir: Se lograron realizar 6 evaluaciones, habiendo medido la presión de instalación de 68 pernos, de los cuales podemos comentar:

- En la primera evaluación, se evaluaron su instalacion11 pernos, donde la presión de instalación fluctuó entre 270 a 280 bares, observándose dos pernos no se inflaron, debido a que se forzó al introducir el taladro.
- En la segunda evaluación, se evaluaron la instalación 24 pernos, en donde la presión de instalación estuvo entre 255 a 280 bares, la mayoría se inflo a 270 bares, se pudo observar que 3 pernos se encontraban doblados por la presión de las mangueras del jumbo los cuales no se instalaron adecuadamente.
- En la tercera evaluación, se evaluaron la instalación 9 pernos, en donde la presión de instalación estuvo entre 255 a 270 bares, de los 9 pernos 5 tuvieron problemas de instalación debido a la fricción con las paredes del taladro.
- En la cuarta evaluación, se evaluaron la instalación 13 pernos, en donde la presión de instalación fue alta llegando en casi todos los pernos a 300 bares, todos los pernos se inflaron en forma normal.

- En la quinta evaluación, se evaluaron la instalación 5 pernos, en donde la presión de instalación estuvo en 280 bares, constatamos que todos los pernos se inflaron.
- Se tuvo algunas observaciones en cuanto a la forma de transportar y de su almacenamiento que no fueron lo correcto, algunos accesorios de la bomba se encontraban desgastadas ejemplo la empaquetadura interior, válvula hundida, resorte desgastado.
- Se observó que la presión de la bomba excedía los 300 pascales llegando a los 400 pascales lo cual tenía que corregirse para evitar malas instalaciones.
- En la sexta evaluación, se evaluaron la instalación 6 pernos, en donde la presión de instalación estuvo en 280 bares, lográndose inflar los pernos con cierta dificultad debido a que la presión de la bomba en momentos marcaba 220 bares lo cual tuvo que corregirse.

CONCLUSIONES

1. En cuanto al rendimiento de los pernos Hydrabolt realizamos 19 pruebas de eficiencia o rendimiento con pernos de 7 pies, obteniéndose como rendimiento o capacidad de arranque en promedio 13 tn. Al realizar las mediciones del desplazamiento de los pernos durante las pruebas, los desplazamientos fueron desde los 2 mm. A 30.4 mm. Pudiendo decir que estos resultados se hallan dentro del rango que indican los fabricantes de este tipo de pernos que viene a ser de 2 tn/pie, y los desplazamientos están también dentro de lo normal.
2. En cuanto al procedimiento que se lleva a cabo al instalar los pernos Hydrabolt, vemos que se evaluaron 68 pernos; en donde la presión de instalación en la mayoría de los pernos fluctúa entre 250 a 300 bares que es el adecuado para su instalación y lo recomendado por los fabricantes. Se observó solo un perno durante la evaluación fallo o se reventó por la fricción ejercida.
3. Durante la investigación se pudo detectar inconvenientes en el proceso de instalación de los pernos como: No se atiende a tiempo el cambio de repuestos de la bomba, que se produce por desgaste, El deterioro del perno se produce al tratar de colocar el perno al taladro forzando su introducción, al momento de almacenamiento y transporte, Muchas veces se tiene presiones muy altas 400 bares o muy bajas de 220 bares, Falta de accesorios de la bomba tanto para el agua como para el aire, Falta de mantenimiento de la bomba, Desface de giro del brazo del jumbo, La manguera o la estructura del brazo del jumbo tienden a doblar el perno, Por la fricción de los pernos contra las paredes del taladro al colocarlo.

RECOMENDACIONES

1. Para mejorar el giro del brazo del jumbo se recomienda un ajuste o mantenimiento del equipo, así no se tendrá un sobre manipuleo que afecte a la válvula, al ingresar, y disminuirá el tiempo de instalación de los pernos, dando un aumento en el rendimiento en la colocación de los pernos Hydrabolt.
2. Al colocar los pernos en los taladros se recomienda tener más cuidado en el ingreso del mismo, porque la fuerza que tiene el empujador del jumbo puede involucrar y malograr tanto la válvula como el perno en sí.
3. Cuando un perno no se logra colocar en el taladro, se recomendado hacer un segundo movimiento con el brazo del jumbo, con el fin de volver a embocar la válvula con la boquilla del jumbo, esto porque al golpear la válvula puede ser que se zafen y no ingrese correctamente el agua dentro de la válvula, demostrándose otro defecto operativo, por falta de instrucción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcon, E. (2018). *Innovación de controles para la reducción de accidentes generados por desprendimiento de rocas en Unidad Minera Huachocolpa Uno de Compañía Minera Kolpa S.A.* [Tesis de posgrado, U. N. Mayor de SAN MARCOS] Repositorio institucional U.N. MAYOR DE SAN MARCOS.
- Alarcon, K. (2019). *OPTIMIZACIÓN EN LA INSTALACIÓN CONVENCIONAL DE PERNOS SWELLEX, CASO MINA "SAN RAMON"*. [Tesis de licenciamiento U. N. del Altiplano - Puno] Repositorio institucional U.N. del Altiplano Puno.
- ALVA, L. (2019). *"OPTIMIZACIÓN DEL SOSTENIMIENTO CON BARRAS HELICOIDALES Y PERNOS SPLIT SET DE 5 PIES MEDIANTE EL CONTROL DE CALIDAD ANTES, DURANTE Y DESPUÉS DE LA INSTALACIÓN EN LA EMPRESA MINERA MARSAS- PARCOY"*. [tesis de licenciamiento U.N. de Trujillo] repositorio institucional U.N. de Trujillo.
- Arca, P., & Lume, I. (2012). *"ANÁLISIS DE ESFUERZOS DE LOS PERNOS HYDRABOLT PARA ESTANDARIZACIÓN GEOMECÁNICA EN LA CONSTRUCCIÓN DE CHIMENEAS CON EQUIPO ALIMAK STH - SE EN CONSORCIO MINERO HORIZONTE S.A. · 2012"*. {tesis de licenciamiento U.N. de Huancavelica } repositorio institucional U.N. de Huancavelica.
- Blanco, J. (2018). *"CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA PARA EL ANÁLISIS DE PERNOS HYDRABOLT EN EL SOSTENIMIENTO DE LABORES SUBTERRÁNEAS COMPAÑÍA MINERA CASAPALCA"*. [tesis de licenciamiento U.N. DANIEL ALCES CARRION] Repositorio institucional U.N. Daniel Alcides Carrion de Cerro de Pasco.

Castañeda, C. (2012). *ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL PERNO HELICOIDAL Y EL PERNO HYDRABOLT PARA SOSTENIMIENTO Y SEGURIDAD EN LA RAMPA 690S DEL CONSORCIO MINERO HORIZONTE*. [Tesis de licenciamiento U.N. Micaela Bastidas de Apurimac] repositorio institucional U.N. Nicaela Bastidas de Apurimac.

Cuba, R. (2017). *analisis comparativo entre los pernos cementados e hidrabolt en el sostenimiento para las labores de 3x3 de seccion en la mina Azulcocha Mining S.A. Concepcion- Junin 2017*. [tesis de licenciamiento Universidad Continental] repositorio institucional Universidad Continental.

GONZALES, OSEDA, RAMIREZ, GAVE, A. (2011). *Como aprender y enseñar investigacion cientifica*.

HERNANDEZ, FERNANDES, BAPTISTA, R. (2014). *Metodologia de la investigacion* (sexta edicion ed.). (M. e. S.A., Ed.)

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGIA Y TURISMO - ESPAÑA. (2015). *Guia sobre control geotecnico en mineria subterranea*. España.

New Concept Mining. (2015). *Pernos hidrabolt*. Recuperado el 2022, de https://newconceptmining.com/hydrabolt_SPA.html.

Pantigozo, J. (2013). *COMPARACIÓN DE RENDIMIENTO ENTRE SWELLEX E HYDRABOLT EN EL SOSTENIMIENTO EN MINAS SUBTERRÁNEAS PARA ELECCIÓN ÓPTIMA*. [Tesis de licenciamiento U.N. de San Agustín de Arequipa] repositorio institucional U.N. de San Agustín de Arequipa.

SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA. (2004). *Manual de geomecanica aplicada a la prevencion de accidentes por caida de rocas*.

TAMAYO Y TAMAYO, M. (2003). *El proceso de la investigacion cientifica* (cuarta edicion ed.). (L. N. Editores, Ed.)

ANEXOS

Anexo N° 1: Instrumentos de recolección de datos.

Control de resistencia de pernos Pull Test

CONTROL DE PULL TEST									
Empresa									
Mina									
Nivel		Fecha							
Labor		Turno							
EVALUACION DEL MACIZO ROCOSO									
RMR			GSI						
Q			Tipo roca						
A: Pestaña del collarín fallo			C: Se arranco el perno Hydrabolt						
B: Rotura de la cabeza del perno			D: No se arrancó el perno						
PRUEBA DE ARRANQUE									
Hydrabolt	Long.	Ton.	Desplazamiento (mm)						
P1									
P2									
Nota P1:									
Nota P2:									

Control de instalación de pernos Hydrabolt

Ítem	Perno #	Presión (Bares)	Observaciones
1			
2			
3			
4			
5			
6			