UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

Escuela Profesional de Ingeniería de Minas

INFORME DE EXAMEN PROFESIONAL

"REDUCCIÓN DE COSTOS OPERATIVOS EN PRECORTE MEDIANTE LA REUTILIZACIÓN DE LAS BARRAS DE PERFORACIÓN COMO TOP SUB"

PRESENTADO POR:

Bach. Darwin Leonardo Linarez Pari

Para optar el título profesional de:

INGENIERO DE MINAS

MOQUEGUA – PERÚ

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

Escuela Profesional de Ingeniería de Minas

INFORME DE EXAMEN PROFESIONAL

"REDUCCIÓN DE COSTOS OPERATIVOS EN PRECORTE MEDIANTE LA REUTILIZACIÓN DE LAS BARRAS DE PERFORACIÓN COMO TOP SUB"

Examen Profesional aprobado con Resolución de Comisión Organizadora N°505-2022-UNAM, de fecha 15 de julio de 2022.

_____

ASESOR MSc. Agapito Flores Justo

_____

BACHILLER Darwin Leonardo Linarez Pari

UNAM

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA - UNAM FEDATARIO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

Folio N° 014

ACTA DE TITULACIÓN

I. Modalidad:

Examen Profesional

II. Documento de aprobación:

Resolución de Comisión Organizadora N° 505 - 2022 - UNAM

Fecha: 15 - 07 - 2022

III. Título de Informe de Examen Profesional:

"REDUCCIÓN DE COSTOS OPERATIVOS EN PRECORTE MEDIANTE LA REUTILIZACIÓN DE LAS BARRAS DE PERFORACIÓN COMO TOP SUB"

Bachiller: Darwin Leonardo, LINAREZ PARI

Asesor Principal: Msc. Agapito, FLORES JUSTO

Co-Asesor :

IV. Se dictamina con las siguientes notas:

Examen Escrito: 15 Entrevista: 17 Promedio: 17

Promedio en letras: Diecisiete por lo que: Sí [X] No [ ]

Opta el Título Profesional de INGENIERO DE MINAS.

Siendo las 11:15 horas, del 25 de agosto del año 2022 se procede con la firma en conformidad de lo dictaminado.

Dr. Marcos Luis, LUISPE PÉREZ
Presidente del comité de grados y títulos de Examen Profesional
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

Dr. Arquímedes León, VARGAS LUGUE
Director
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

Darwin L., LINAREZ PARI
Bachiller

Msc. Agapito, FLORES JUSTO
Asesor
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

DEDICATORIA

A mis padres Gilberto Pari y Juana Pari, por brindarme su amor y educación a lo largo de mi vida.

A mi familia, por haberme dado su fuerza, confianza y apoyo incondicional en todo momento.

A Jean Carlos Ruiz Cuellar, quien fue un amigo y consejero de vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la empresa MINING COMPANY SERVICES S.A.C y grupo que lo conforman, por su apoyo que aportaron a mi crecimiento profesional.

A todos los Docentes de la Carrera Profesional de Minas, por haber contribuido en mi formación profesional.

Darwin Leonardo Linarez Pari

RESUMEN

El presente proyecto fue realizado en la empresa Contratista Mining Company Services S.A.C. en la Mina Cuajone, donde el año 2016 se observó incremento de los costos operativos en Precorte, al realizar el seguimiento, se detecta que hay mayor consumo de accesorios en los diferentes bancos de la mina, para la solución a este problema se plantea el objetivo de reducir los costos operativos en Precorte mediante la reutilización de las barras de perforación como Top Sub, del cual se utiliza el lado Rosca Box, la metodología empleada será analizar los costos de los accesorio de Precorte, determinar el componente a reutilizar como Top Sub, siendo el lado de la Rosca Box de la barra de perforación la indicada para el presente proyecto, para luego capacitar en su utilización y realizar el seguimiento del comportamiento durante el año 2017 para finalmente verificar mes a mes la reducción de consumo de accesorios.

Los resultados de trabajo fueron satisfactorios, ya que se redujo el consumo del accesorio Top Sub en el año 2017 logrando una reducción de 1.54 $/m respecto a los 2.07 $/m del semestre anterior. Optimizando en un 26%.

Palabras claves: Reducción, Precorte, Top Sub, perforación y costos.

ABSTRACT

This project was carried in the contractor Mining Company Services S.A.C. in the Cuajone Mine, where in 2016 an increase in operating costs was observed in Pre-Cut, when monitoring, it is detected that there is a greater consumption of accessories in the different banks. of the mine, for the solution to this problem, the objective is to reduce the operating costs in presplitting by reusing the drill rods as Top Sub, of which the Threaded Box side is used, the methodology used will be to analyze the costs of the presplitting accessories, determine the component to be reused as Top Sub, being the side of the Box thread of the drilling rod the one indicated for this project, to then train in its use and monitor its behavior during the year 2017 to finally verify month by month the reduction in consumption of accessories.

The results of the work were satisfactory, since the consumption of the Top Sub accessory was reduced in 2017, achieving a reduction of $1.54/m compared to $2.07/m in the previous semester. Optimizing by 26%.

***Keywords**:* Reduction, Presplitting, Top Sub, perforation and costs

ÍNDICE

DEDICATORIA II
AGRADECIMIENTO III
RESUMEN IV
ABSTRACT V
ÍNDICE VI
ÍNDICE DE FIGURAS VIII
ÍNDICE DE TABLAS IX
ÍNDICE DE ANEXOS X
LISTA DE ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS XI
INTRODUCCIÓN 1
CAPÍTULO I 2
ASPECTOS GENERALES 2
1.1. Descripción de la Empresa 2
1.1.1. Ubicación 2
1.1.2. Visión y Misión de la empresa 3
1.1.3. Accesibilidad 3
1.1.4. Historia 4
CAPÍTULO II 5
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD 5
1.2. Perforación de Precorte 5
1.3. Componentes de Columna de perforación 5
1.4. Fabricación De Top Sub 11
1.5. Procedimiento de Perforación de Precorte 12
1.5.1. Inspección de equipos 12
1.5.2. Inspección de la columna de perforación 13
1.5.3. Inicio de trabajos de perforación 13
1.6. Costos de Perforación de Accesorios 18
CAPÍTULO III 23

ANTECEDENTES Y OBJETIVOS 23
3.1 Antecedentes Internacionales 23
3.2 Antecedentes Nacionales 24
3.3 Objetivos 25
3.3.1 Objetivo General 25
3.3.2 Objetivo Específicos 25
CAPÍTULO IV 26
DISCUSIONES Y APORTE 26
4.1 Discusiones 26
4.2 Aporte 27
CONCLUSIONES 28
RECOMENDACIONES 29
BIBLIOGRAFÍA 30
ANEXOS 32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación Mina Cuajone. 3
Figura 2 Columna de perforación. 6
Figura 3 Amortiguador de la perforadora. 7
Figura 4 Rosca Top Sub. 8
Figura 5 Componentes del martillo. 10
Figura 6 Rosca box y rosca pin de la barra. 11
Figura 7 Partes de Top sub Fabricado. 11
Figura 8 Top sub Fabricado. 12
Figura 9 Puntos de perforación de Precorte. 14
Figura 10 Posicionamiento de la perforadora y nivelación de mástil. 14
Figura 11 Angulo de inclinación del mástil a 70°. 15
Figura 12 Taladros de Precorte perforados. 16
Figura 13 Cambio de Top Sub. 18
Figura 14 Costo de Perforación de accesorios – 2017. 22

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Equipos de Perforación de Precorte. 5
Tabla 2. Especificaciones del Top Sub Empleado. 8
Tabla 3 Especificaciones de Barra empleado. 9
Tabla 4. Especificaciones del Martillo empleado. 9
Tabla 5. Especificaciones de la Broca empleada. 10
Tabla 6 Costo de Perforación por Accesorios. 19
Tabla 7 Costo total de Perforación de Accesorios. 19
Tabla 8 Incidencia de costo operativo del Top Sub. 20
Tabla 9 Costos operativos antes de usar Top Sub fabricado – 2017. 20

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Control de taladros de Perforación de Precorte. 32
Anexo B. Trabajos en Perforación De Precorte. 33
Anexo C. Trabajos en Perforación de Precorte. 33
Anexo D. Trabajos en Perforación de Precorte. 34
Anexo E. Señalización de trabajos en Perforación de Precorte. 34
Anexo F. Traslado de perforadora Roc L8. 35
Anexo G. Cabina de operador de perforadora 36

LISTA DE ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

DTH **:** Down The Hole (martillo de fondo).

API **:** Hilo fino (American Petroleum Institute) 4 roscas por pulgada.

RPM **:** Revoluciones Por Minuto.

Nm **:** Newton metros.

PCM **:** Pies cúbicos por minuto.

TDC **:** Costo Total de Perforación.

$/m **:** Dólar / metro.

O1 **:** Jefe de operaciones

INTRODUCCIÓN

Todas las operaciones mineras requieren eficiencia e innovación para poder sobrevivir, debido a esto es necesario desarrollar un plan de mejora continua.

La perforación de rocas dentro del campo de la explotación de minerales es la primera operación unitaria que se realiza y tiene como finalidad realizar agujeros en el macizo rocoso con una distribución y geometría adecuada. Por lo que el incremento de la productividad de los accesorios de perforación se hace necesario, es muy común en las operaciones mineras a cielo abierto. La necesidad de explotar una mayor cantidad de toneladas de mineral con una alta eficiencia y un menor costo operativo es un objetivo real.

En el presente informe se detalla sobre la implementación del Top Sub fabricado para optimizar costos en los accesorios de perforación de Precorte en Tajo Cuajone. El informe está divido en los siguientes capítulos:

En el capítulo I, se detalla los aspectos generales de la empresa; en el capítulo II, se describe las actividades que fueron desarrolladas en área de perforación de Precorte en la Unidad Minera Cuajone; en el Capítulo III, se detallan los antecedentes, de otras investigaciones en relación con la optimización de costos; en el Capítulo IV, se muestras los aportes y resultados con respecto a la implementación de Top Sub Fabricado para los trabajos de perforación, en el capítulo V, presentamos las conclusiones recomendaciones de la implementación de los Top Sub.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. Descripción de la Empresa

1.1.1. Ubicación

La empresa Mining Company Services S.A.C. realiza sus actividades en los distintos proyectos Mineros del Perú, para el desarrollo del presente informe se realizó la actividad en la Unidad Minera Cuajone entre los años 2016 y 2017.

Ubicación política : Moquegua

Distrito : Torata

Provincia : Mariscal Nieto

Región : Moquegua

Extensión : 9393 m2

Altitud : Rango de entre los 3 150 y 3 500 m.s.n.m.

Latitud : 17° 02' S.

Longitud : 70° 42' W. (Figura 1)

Figura 1

Ubicación Mina Cuajone.



Nota. Elaborado por el Departamento de P&V – Mina Cuajone.

1.1.2. Visión y Misión de la empresa

Visión: Brindar soluciones integrales a nuestros clientes con compromiso, calidad y altos estándares en el cuidado de la seguridad, medio ambiente y responsabilidad social.

Misión: Empresa líder a nivel nacional en brindar soluciones integrales y seguras a nuestros clientes.

1.1.3. Accesibilidad

Se accede desde Lima o desde Tacna, por la Panamericana Sur, cuyas distancias son las siguientes:

- Lima-Moquegua : 1 140 Km.
- Moquegua- Cuajone : 42 Km.
- Tacna-Moquegua : 152 Km.

1.1.4. Historia

MINING COMPANY SERVICES S.A.C. con Nº de Ruc 20519693080, es una firma peruana que brinda servicio especializados y outsourcing minero a la gran minería e industria que fue creada y fundada el 20/05/2002, registrada dentro de las sociedades mercantiles y comerciales como una SOCIEDAD ANONIMA CERRADA Reconocida por el Ministerio de Energía y Minas como proveedor autorizado para la minería con la R.D. 105-2009-MEM/DGM; como Gerente General el Ing. Jorge Eduardo Jiménez Lazo.

En octubre del 2019 asume como Gerente General el Sr. Eduardo Reynaldo Jiménez Lazo quien hasta la fecha preside como Gerente de la empresa MINING COMPANY SERVICES S.A.C. (Cuajone).

Actualmente es una empresa que brinda servicios mineros especializada en brindar soporte profesional, técnico y operativo para los procesos mineros de: Lixiviación ácida o alcalina de minerales oxidados de cobre o auríferos, Expertos en termo-fusión de tuberías, instalación y mantenimiento de sistemas de riego por aspersión y goteo, e instalación y retiro de geosintéticos para pads de lixiviación, taludes, canales, pozas, rellenos, colección de aguas y control de la erosión, Perforación con martillo de fondo (DTH). Perforaciones de Precorte, topografía y muestreo de minerales y blastholes., topografía estructural mecánica, trabajos de geotecnia, reparación de planchas madre inox y cobre, mantenimiento de plantas de lixiviación.

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

1.2. Perforación de Precorte

El Precorte tiene la finalidad de perforar taladros a lo largo del límite de talud, a dichos taladros se inserta carga explosiva según diseño voladura de tal forma que al disparar simultáneamente y retardada cada cierto número de taladros antes de iniciar la voladura principal.

La perforación de Precorte utilizado en la Mina Cuajone es la perforación con martillo en el fondo (DTH), para la cual se emplean tres perforadoras a combustible, como se visualiza en la Tabla 1.

Tabla 1.

Equipos de Perforación de Precorte.

EQUIPO	MARCA	MODELO	CANTIDAD	DIÁMETRO
Perforadora	SANDVIK	DR 560	02	5''
Perforadora	ATLAS COPCO	ROC L8	01	5''

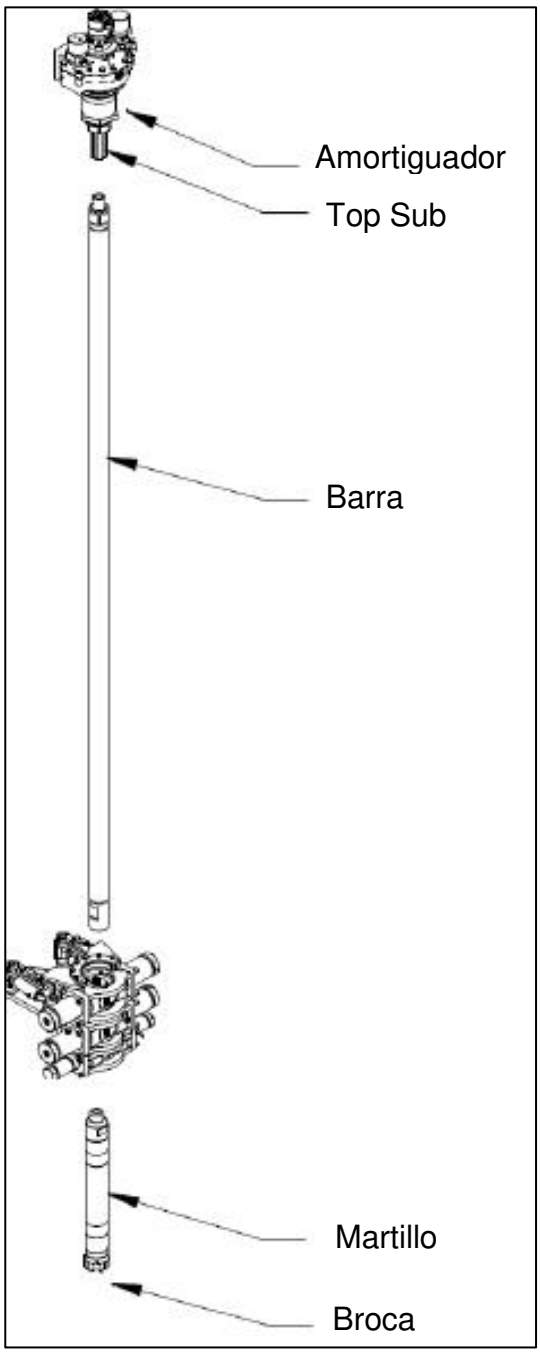
Nota. Elaborado por el autor.

1.3. Componentes de Columna de perforación

La columna de perforación para perforadoras de Precorte se conforma como se muestra en la Figura 2.

Figura 2

Columna de perforación.



Nota. Manual de perforación de Sandvik.

Accesorios de perforación

Los accesorios de perforación están comprendidos por:

- **Amortiguador**

El amortiguador es uno de los elementos más importantes de la columna de perforación, su principal objetivo es absorber parte de la energía liberada por la broca que no fue utilizada cuando fracturo la roca y que es transmitida a través de la columna hacia el equipo Figura 3.

Figura 3

Amortiguador de la perforadora.



Nota. Recopilado de Mining Company Services S.A.C.

- **Top Sub**

Son adaptadores que permiten acoplar elementos con diferentes uniones roscadas de diferentes diámetros adicionalmente estos adaptadores tienen una segunda función como elemento de desgaste, impidiendo daños en los hilos de los Spindler de los cabezales de rotación y de los amortiguadores (Figura 4), con sus especificaciones, como se puede ver en la Tabla 2.

Tabla 2.

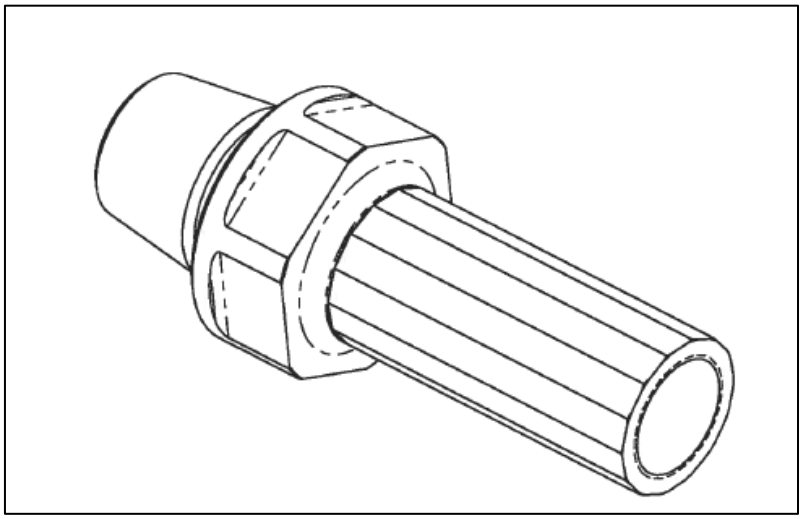
Especificaciones del Top Sub Empleado.

TOP SUB	SANDVIK
Longitud	42.6 cm
Tipo de rosca	2 3/8'' api-reg. Box, 4 ½'' api-reg Ping

Nota. Elaborado por el autor.

Figura 4

Rosca Top Sub.



Nota. Manual de Perforación de Sandvik

- **Barras de Perforación**

Son elementos de extensión y unión que transfieren la energía de rotación y empuje desde el cabezal de rotación a la broca, conduciendo internamente el aire necesario para generar el barrido de detritus desde el fondo de la perforación a la superficie también sirve para la refrigeración de la broca que tiene por especificaciones (Tabla 3).

Tabla 3

Especificaciones de Barra empleado.

BARRA	DRILLCO
Longitud	6 m
Tipo de rosca	2 3/8" api-reg. Box, Pin
Diámetro	89 mm : 3.5 ‘’
Peso	90 Kg.

Nota. Elaborado por el autor.

- **Martillo DTH**

Los martillos tipo DTH operan en el fondo del taladro, avanzan con la perforación, percuten directamente sobre la broca, lo que significa una mayor eficiencia en la transmisión de la energía de impacto. El martillo en su operación gira debido a la acción del motor de rotación del equipo de perforación. La rotación y la percusión que es un movimiento combinado facilita la perforación del macizo rocoso ya sea duro o muy duro. Se detalla sus especificaciones del martillo en la Tabla 4 y sus componentes en la Figura 6.

Tabla 4.

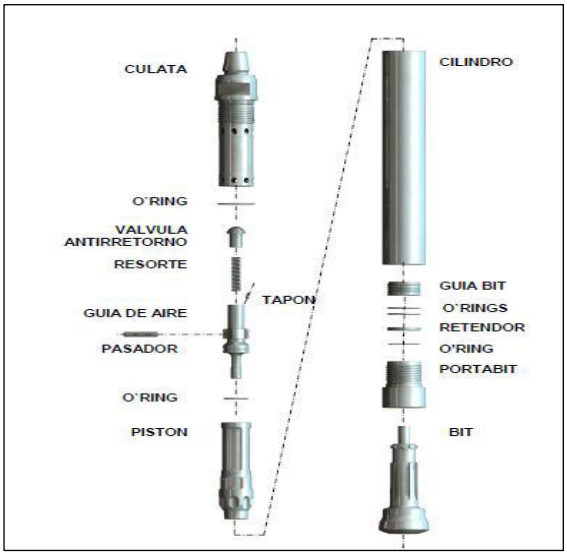
Especificaciones del Martillo empleado.

MARTILLO	DRILLCO
Tipo	PUMA M4.1Q DHD 340
Peso	36 Kg. ; 80lb
Diámetro	100 mm ; 3.93’’
Longitud	843 mm ; 33.2’’
Longitud con bit	Bit cerrado: 932 mm ; 36.7’’ Bit extendido: 966 mm ; 38.0’’
Tipo de rosca	2 3/8" api-reg. Pin.

Nota. Elaborado por el autor.

Figura 5

Componentes del martillo.



Nota. Manual de Operación y Mantenimiento Drillco

- **Broca**

La broca es un elemento que está en directo contacto con la roca, estas realizan la acción de fracturamiento de la roca debido al arrastre de los insertos. Los insertos son de acero de carbono de tungsteno cuya distancia de los insertos está diseñado para crear áreas libres de impactos provocando la propagación de las microfracturas, que al facturar la roca se convierte en detritus que luego será teniendo como sus especificaciones Tabla 5.

Tabla 5.

Especificaciones de la Broca empleada.

BROCA	**DRILLCO**
Tipo	Domo Heavy con botones esféricos
Peso	9.4 Kg
Diámetro	5”
Numero de insertos	8 periféricos y 7 frontales, el diámetro de los insertos periféricos son 9/16" y de los frontales es de 7/16"
Tipo de shank	DHD 340, con 8 estrías.

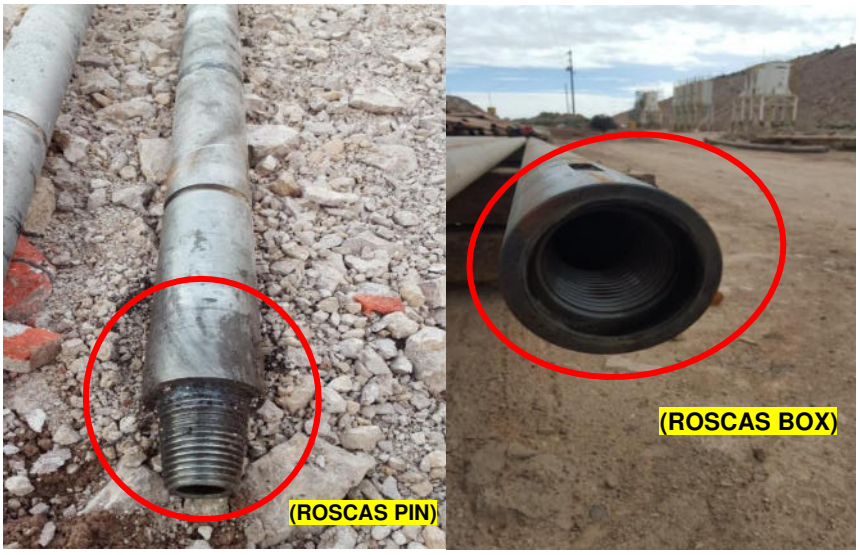
Nota. Elaborado por el autor.

1.4. Fabricación De Top Sub

Para la fabricación de Top Sub se emplean las Roscas Box de las barras (estas barras ya cumplieron su vida útil) junto con la parte del Top original. Estas partes son llevas al taller de soldadura especializado y posteriormente en la tornería son perfilados y alineados para ser unidos y reforzados con soldadura. (Figura 6 y Figura 7).

Figura 6

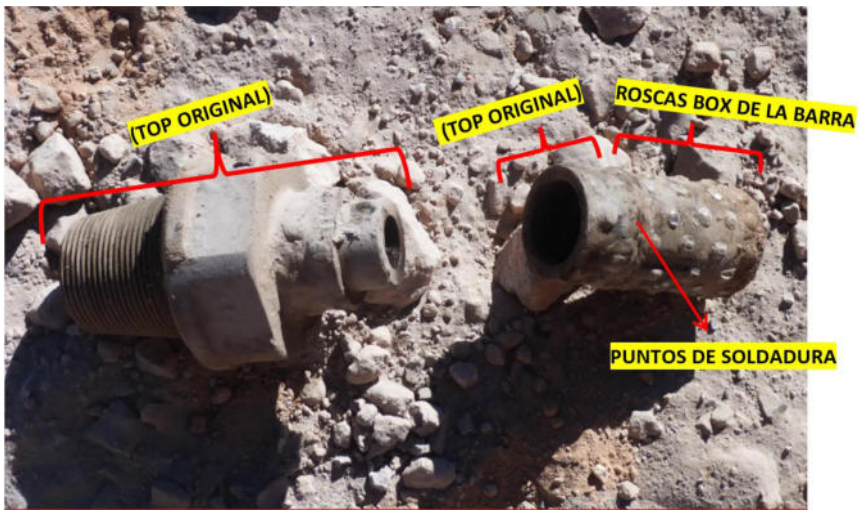
Rosca box y rosca pin de la barra.



Nota. Recopilado de Mining Company Services S.A.C.

Figura 7

Partes de Top Sub Fabricado.



Nota. Recopilado de Mining Company Services S.A.C.

En la Figura 8, se observa la utilización del Top Sub fabricado al cual se acopla correctamente a la columna de perforación.

Figura 8

Top Sub Fabricado.



Nota. Recopilado de Mining Company Services S.A.C.

1.5. Procedimiento de Perforación de Precorte

1.5.1. Inspección de equipos

Al inicio de cada turno, el operador asignado realizará las siguientes inspecciones antes de proceder al arranque de la máquina.

Desde el suelo

- Deberá inspeccionar bien las condiciones de estabilidad de taludes de los bancos.
- Deberá inspeccionar el entorno de la máquina, chequeando la condición de las zapatas de las orugas y pines, pines del mástil, condición de las y posibles fugas de agua, aceite y grasa.

Dentro de la sala de cabina

- Cerciorarse que la máquina este con fluido eléctrico, dependiendo de que la llave de interruptor principal de batería este abierta.
- Verificar instalación de Sistema Contra Incendios.

Dentro de la cabina del operador

- Cerciorarse que todos los controles tanto neumáticos, hidráulicos y eléctricos estén en posición neutral y los frenos aplicados. Si detecta alguna anomalía, reportar al supervisor.

- Que no haya nadie alrededor de la perforación, o cerca de las partes y mecanismos que se pondrán en movimiento

1.5.2. Inspección de la columna de perforación

- Se inspeccionará el carrusel y las barras, y estas deberán estar firmes y asegurados.

- Levantar la columna de perforación a una altura adecuada para que el operador pueda ver toda la broca y el martillo.

- Chequear el estado de la broca.

- Verificar si hay algún desgaste anormal (insertos aplanados, rotos o expuestos, cuerpo de la broca erosionado, martillo erosionado, temperatura).

- El chequeo de la broca y martillo es importante ya que su estado dependerá del inicio de la perforación y si estos se encuentran en mal estado, deberá ser comunicado al Supervisor.

1.5.3. Inicio de trabajos de perforación

- Se procederá a realizar el movimiento del equipo al punto de perforación de acuerdo con las instrucciones recibidas de parte de la supervisión, durante el desplazamiento se deberá tocar la bocina de manera a dar aviso a las personas o equipos que se encuentren en la zona.

- El punto de perforación está identificado por una roca pintada de color naranja junto con una estaca pequeña de madera en la cual se indicará el número de taladro, Ángulo y la profundidad a perforar (Figura 9).

Figura 9

Puntos de perforación de Precorte.



Nota. Recopilado de Mining Company Services S.A.C.

- Posicionar el equipo manteniendo la línea de perforación en medio y paralelo a las orugas. Se procederá a nivelar y ubicar el mástil en posición y ángulo recto con referencia a la línea de perforación según Figura 10.

Figura 10

Posicionamiento de la perforadora y nivelación de mástil.



Nota. Recopilado de Mining Company Services S.A.C.

- Vista de frente, posicionar el mástil a un ángulo de 70 grados y perforar a profundidad de 16.5 metros según indique el punto el punto de perforación (Figura 11).

Figura 11

Angulo de inclinación del mástil a 70°.



Nota. Recopilado de Mining Company Services S.A.C.

- Una vez ubicada la máquina en el punto de perforación, acelerando el motor diesel a 1750 rpm, seleccionar en el monitor la opción de perforación.

- En el joystick derecho pulsar perforación manual, en el monitor seleccionar aire medio. Con el joystick derecho avanzar lentamente el cabezal hasta que la broca llegue a tocar el piso, reiniciar el conteo de metros del taladro presionando en la parte superior derecha del monitor.

- Simultáneamente pulsar agua y aire de emboquillado, en el joystick izquierdo, a la vez de rotar y avanzar lentamente el cabezal, con el joystick derecho.

- Una vez armado el taladro, pulsar bloqueo de perforación en el joystick derecho, luego pulsar aire de perforación en el joystick izquierdo, dejar los joysticks en posición media, pasando a controlar el avance con el joystick izquierdo y la rotación con el joystick derecho, aplicando toques cortos en el sentido que se requiera variar los parámetros.

- Controlar el polvo variando el porcentaje de agua en el monitor, si se va a usar colector de polvo, primero se debe cortar el agua pulsando en el joystick izquierdo.

- Terminado la perforación se procederá retirar las barras, levantar la extensión del mástil y medir los taladros perforados, anotando su profundidad en una estaca y plantarla en el lugar. (antes de mover el equipo o cambiarlo de posición). Una vez comprobado la profundidad de los taladros, mover el equipo avanzándolo al otro punto para perforación de la Figura 12. Garantizar taladros completos y formados. En el ANEXO 1 se muestra el control de taladros de Precorte perforado. En el ANEXO 2 y 3 se muestran los trabajos de perforación de Precorte.

Figura 12

Taladros de Precorte perforados.



Nota. Recopilado de Mining Company Services S.A.C.

Cambio de Top Sub

- Estos cambios, se deben coordinar con el supervisor de Guardia, quien proporcionará un ayudante considerando que esta pieza es pesada y difícil de manipular por una sola persona.
- El supervisor se encargará de dirigir las maniobras.
- La columna de perforación y el Top Sub deben estar libres, se utilizará una llave de fierro especial para romper Top Sub.
- Bajar el Top Sub hasta la mesa de quiebre de las mordazas, con el apoyo del supervisor u otro operador, levantar la llave y colocarlo en el shock absorber encajando en los lados hexagonales.
- Retirar las manos y alejarse de la maniobra. Coordinar con el operador para que suavemente gire en rotación hasta que la llave haga tope con el carrusel.
- Realizar la maniobra de quiebre para desenroscar el Top Sub.
- Una vez aflojado, abrir las mordazas y subir el cabezal hasta sacar el Top Sub de las mordazas y dejar que la llave caiga. Si la llave queda trabada, darle golpes con una palanca, martillo de tal manera que mantenga las manos alejadas.
- Culminar con el desacople del Top Sub, con la ayuda del supervisor u otro operador, levantar el Top Sub de reemplazo y colocarlo en la mesa de quiebre de las mordazas, coordinar con el operador para que la sujete con las mordazas superiores, mantener las manos fuera de la mesa de quiebre sujetando la pieza desde se base hexagonal.
- Realizar el acople del Top Sub con el cabezal de rotación.

Cambio de Top Sub Fabricado

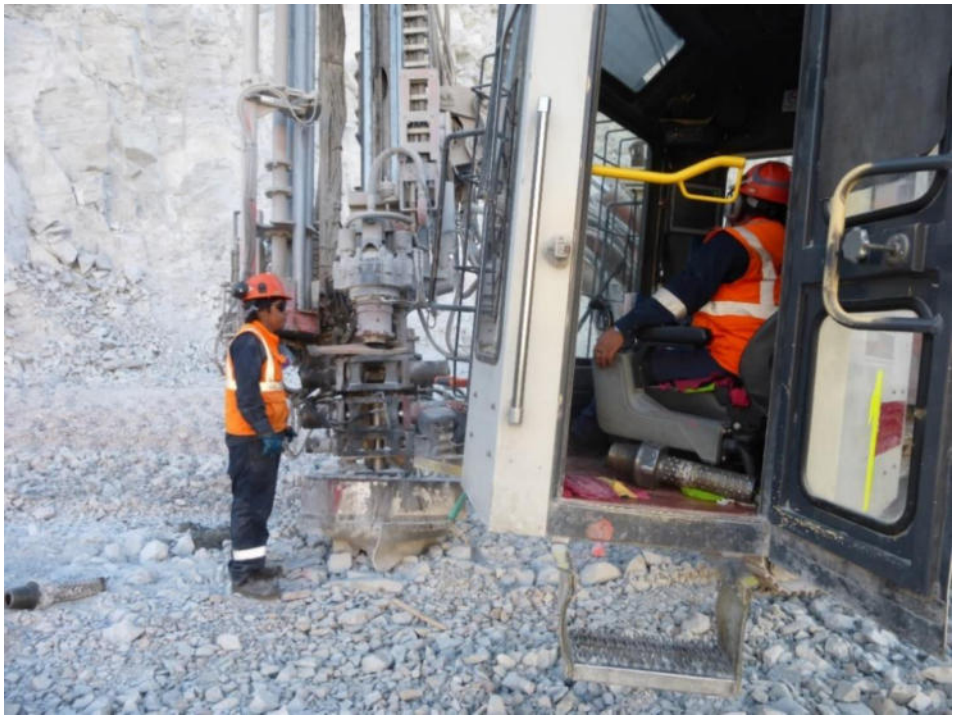
- Al culminar el desacople del Top Sub, con la ayuda del supervisor u otro operador, levantar el Top Sub fabricado que será el reemplazo y colocarlo en la mesa de quiebre de las mordazas, coordinar con el operador para que la sujete con las mordazas superiores, mantener

las manos fuera de la mesa de quiebre sujetando la pieza desde se base hexagonal (Figura 13).

- Realizar el acople del Top Sub fabricado con el cabezal de rotación.

Figura 13

Cambio de Top Sub.



Nota. Recopilado de Mining Company Services S.A.C.

1.6. Costos de Perforación de Accesorios

Los costos de perforación de Mining Company Services SAC por accesorios son (Tabla 6):

Tabla 6

Costo de Perforación por Accesorios.

ACCESORIO	PRECIO EN DOLARES
Martillo	2,948.52
Broca	502.75
Porta broca	402.89
Barra	443.37
Cilindro	1,050.60
Top Sub	857.22

Nota. Elaborado por el autor.

El costo de total perforación de accesorios en los años 2016, 2017 y 2018 en la Tabla 7 y vemos la disminución de costos en la Figura 11, este un análisis general.

Tabla 7

Costo total de Perforación de Accesorios.

AÑO	COSTO ($)	METRADO (M)	COSTO DE PERFORACIÓN ($/M)
2016	388,785.16	194,488.00	2.00
2017	346,397.16	199,701.50	1.74
2018	217,823.82	158,296.00	1.38

Nota. Elaborado por el autor.

La incidencia costo operativo de Top Sub en los años 2016, 2017 y 2018 según Tabla 7.

Tabla 8

Incidencia de costo operativo del Top Sub.

AÑO	COSTO ($)	COSTO DE TOP SUB	INCIDENCIA (%)
2016	388,785.16	55,719.30	14.33
2017	346,509.53	29,145.48	8.41
2018	217,823.82	6,857.76	3.15

Nota. Elaborado por el autor.

- **Costos operativos de antes de usar Top Sub fabricado**

Para la presente (Tabla 9) usaremos de referencia el año 2017 en los meses enero a mayo en cual veremos costo operativo antes de usar Top Sub fabricados siendo marzo el costo más alto de 2.27 $/m.

Tabla 9

Costos operativos antes de usar Top Sub fabricado – 2017.

MES	COSTO ($)	METRADO (M)	COSTO DE PERFORACIÓN ($/M)
Enero	30,202.20	15,116.00	2.00
Febrero	29,819.42	14,089.00	2.12
Marzo	31,516.77	13,896.00	2.27
Abril	38,228.85	19,145.00	2.00
Mayo	38,381.17	19,404.00	1.98

Nota. Elaborado por el autor.

- **Costos operativos de después de usar Top Sub fabricado**

En la tabla 10 usaremos de referencia el año 2017 en los meses en cual veremos costo operativo después de usar Top Sub fabricado siendo julio el costo más bajo 1.27 $/m.

Tabla 10

Costos operativos después de usar Top Sub fabricados – 2017.

MES	COSTO ($)	METRADO (M)	COSTO DE PERFORACIÓN ($/M)
Junio	33,290.17	24,260.00	1.37
Julio	19,521.35	15,352.50	1.27
Agosto	26,282.73	20,382.00	1.29
Setiembre	23,759.74	14,576.00	1.63
Octubre	26,673.57	15,200.00	1.75
Noviembre	21,472.97	12,112.00	1.77
Diciembre	27,360.59	16,169.00	1.69

Nota. Elaborado por el autor.

- **Análisis comparativo**

Teniendo las tablas de costos podemos analizar la curva decreciente que se forma con los datos que se muestra en la Figura 14.

Figura 14

Costo de Perforación de accesorios – 2017.



Nota. Elaborado por el autor.

El promedio de los meses antes de usar Top Sub Fabricado es de 2.07 $/m respecto al promedio de meses después de usar Top Sub Fabricado es de 1.54 $/m.

Los resultados son favorables teniendo una reducción del costo de perforación de accesorios en un 26% respecto a los promedios antes mencionados.

CAPÍTULO III

ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

3.1 Antecedentes Internacionales

La efectividad del método productivo depende de la integración de los sistemas de perforación y voladura. La optimización y aumento de eficiencia en una mina subterránea están ligados a procesos de perforación y voladura, diseñados obedeciendo las características geológicas y geomecánicas del macizo rocoso. Mantener los costos de producción en lo mínimo es el resultado del uso adecuado de las variables que son parte de la operación. La distribución adecuada de los barrenos, la correcta elección de los explosivos y una buena secuencia de encendido nos permiten alcanzar las metas de productividad. (Montaño, et al., 2021).

La minería necesita y debe adaptarse a las nuevas tecnologías que están disponibles en la actualidad y que crecen día a día a pasos agigantados, la tecnología se creó para satisfacer necesidades, automatizar, mejorar y simplificar distintos procesos que antiguamente tomaba mucho tiempo realizar. La implementación del sistema de administración estratégica BlastLogic en la minería es una herramienta potente que le permite a la empresa obtener beneficios tanto en los procesos de perforación y tronadura como en los procesos posteriores aguas abajo, si bien requiere de una inversión inicial elevada. (Ramos, 2018).

Para la obtención de materiales pétreos, lo cuales son de mucha importancia para la construcción, se debe hacer uso del arranque mecánico y voladura. Mediante diversos criterios y herramientas de obtención de datos se logró optimizar el diseño de explotación para proporcionar un mejor sustento a las operaciones mineras. Ajustando los parámetros operacionales se incrementó en 8% el margen operativo de empresa. (Guzmán & Orozco, 2018).

Evaluar y analizar las operaciones empleadas origina una mejor optimización. Al realizar un levantamiento de información de campo, analizar las características del macizo rocoso y aplicar el método de Langerfors y Kihlstrom con un fin de aprovechar al máximo la malla de perforación, se logró un aumento de 6% en la eficiencia de avance. Consiguiendo resultados favorables para la empresa minera. (Mejía, 2019)

Un mayor avance y mejores rendimientos se producen mediante una buena implementación y siendo efectivo en la preparación del yacimiento. Con el análisis en dos labores mineras se determinó que *"para optimizar los procesos de perforación y voladura es necesario estudiar los cálculos propuestos por Langefors y Kihlstrom".* De manera que se pueda aprovechar al máximo la maquinaria e insumos utilizados. (Espinosa & Hormaechea, 2021).

3.2 Antecedentes Nacionales

La reducción de los costos operativos siguiendo los estándares óptimos en las operaciones de perforación y voladura, conlleva afianzar el éxito en el ciclo de minado. Se logró una reducción significativa del costo unitario a través de la optimización de los estándares operacionales en la labor de perforación y voladura. Siendo que se optimizó la eficiencia de los disparos o voladuras de 0.26kg/TM a 0.21kg/TM concerniente al factor de potencia. (Phuyo & Amilcar, 2019).

La propuesta de un diseño de malla aplicando barrenos de 16 pies demostró una mejor viabilidad en relación de una malla de perforación de 12 pies estándar en labores de desarrollo en la unidad operativa. Comprobándose que el diseño de la malla de 16 pies es más factible técnicamente y económicamente debido a un avance mayor con un costo beneficio positivo para la empresa, y que es viable el diseño de una malla de perforación y voladura para una malla de 16 pies, aplicando este diseño en labores de desarrollo. (Concha & Tarifa, 2020).

El inicio del proceso productivo en una mina es la perforación y voladura, siendo ésta la responsable de la fragmentación del macizo rocoso y que guarda un significativo impacto operativo y económico. Se concluye una reducción del daño generado por voladura a taludes finales utilizando las técnicas de Precorte con una carga desacoplada, logrando estabilizar el talud adecuadamente según los límites establecidos por planeamiento. Y se disminuyó la sobre excavación sin

variar el perfil de diseño de la explotación por ende disminuir la cuantía de material a trasladar. (Pacco & Apaza, 2019).

Se logró incrementar el porcentaje de utilización de los equipos de minería, al reducir los tiempos muertos, por la presencia de bolones y la disminución de las medidas de la malla en cuanto al burden y espaciamiento. Con lo que se genera una moderada disminución de los costos unitarios tanto de voladura como de perforación. (Ramos, 2018).

Con finalidad de optimizar el proceso de perforación se logró demostrar la eficiencia del sistema de perforación PARD con respecto al sistema convencional, consiguiendo que éste represente una mejora en productividad de los equipos de perforación rotativos, logrando perforar más rápido y a la vez influenciando en la evaluación general del costo total de perforación. (Salas, 2019).

3.3 Objetivos

3.3.1 Objetivo General

Reducir los costos operativos en Precorte mediante la reutilización de las barras de perforación como Top Sub en Mina Cuajone.

3.3.2 Objetivo Específicos

- Analizar la reutilización de roscas box de las barras de perforación en la fabricación de Top Sub.
- Entrenar al personal involucrado en el uso del Top Sub reutilizando las barras de perforación.
- Determinar la reducción de costos operativos de Precorte.

CAPÍTULO IV

DISCUSIONES Y APORTE

4.1 Discusiones

En este informe se muestra que se pudo reducir costos operativos en Precorte mediante reutilización de las barras de perforación, siendo que es una necesidad buscar una mayor eficiencia en el proceso de perforación; estos resultados guardan relación con Phuyo & Amilcar (2019) que indican que la reducción de los costos operativos se produce a través de la optimización de los estándares operacionales en la labor de perforación y voladura; también coincidiendo con Montaño, et al. (2021) que señalan que mantener los costos de producción en lo mínimo es el resultado del uso adecuado de las variables que son parte de la operación, indicando que las metas de productividad se alcanzan a través de un óptimo proceso de perforación y voladura.

Mejía (2019) aplicó el método de Langerfors y Kihlstrom para optimizar y aprovechar al máximo la malla de perforación, aumentando en 6% la eficiencia de avance, así mismo Espinosa & Hormaechea (2021) obtuvo mejores rendimientos operacionales y aprovechó los insumos mediante el mismo método; el resultado de ambos coincide con este informe, donde reutilizando las barras de perforación se logra un óptimo uso y aprovechamiento de los insumos en el proceso de perforación y voladura, de manera que se logra una reducción significativa en los costos operativos de un 26%.

Ramos (2018) mediante el incremento de la utilización de equipos en minería generó una moderada disminución de los costos unitarios en perforación y voladura, Salas (2019) logró reducir los costos totales de perforación utilizando un sistema PARD, consiguiendo que éste represente una mejora en la productividad de los equipos; el uso óptimo de los equipos en minería es fundamental para reducir costos y mejorar la productividad, lo cual se refleja en el

presente informe; donde el aprovechamiento óptimo de las barras de perforación permite aminorar costos.

Pacco & Apaza (2019) concluyen que la fragmentación del macizo rocoso guarda un impacto significativo y económico en el proceso productivo de una mina, así mismo Ramos (2018) hace uso de las nuevas tecnologías que se encuentran disponibles en la actualidad para la implementación de un sistema de administración estratégica y mejorar el proceso de perforación y voladura; ambos resultados se ajustan con el presente informe, donde sabiendo la gran importancia de la fragmentación en los costes operativos se implementa una alternativa predispuesta a la actualidad en la ejecución de la labor.

4.2 Aporte

El aporte de este proyecto fue la reutilización de componentes que se desechaba y se analizó para fabricar otro componente como es el caso del Top Sub, utilizando el lado de rosca box, o rosca interior, donde se analizó por parte de los mecánicos de la empresa, el rediseño de este componente a través del perfilado y alineación de las deformaciones, para ser unidos a través de la soldadura.

CONCLUSIONES

- El presente informe concluye que, para reducir los costos operativos en Precorte, se puede reutilizar el lado roscas box de las barras de perforación, para fabricar Top Sub, logrando una reducción de 1.54 $/m respecto a los 2.07 $/m del año anterior. Optimizando en un 26%.

- Se analizó la reutilización de roscas box de las barras de perforación para fabricar Top Sub, donde se realizó pruebas de consumo durante el año 2017, donde se observa que este accesorio presenta un performance igual que los Top Sub que se utilizaban anteriormente.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar con estos estudios de optimización de costos operativos en la actividad de Precorte a través de reutilización de accesorios de perforación.

- Se recomienda realizar un buen trabajo de la identificación de los accesorios de perforación que se pueden reutilizar para otros fines, como fue el presente informe.

- Se recomienda implementar campañas de capacitación a todos los involucrados en la utilización del componente rediseñado presentado en el informe.

- Se recomienda buscar soluciones de reducción de costos a través de la reutilización de componentes, de esta manera contribuiremos también con el medio ambiente en la optimización de recursos.

BIBLIOGRAFÍA

Concha Cuadros, R., & Tarifa Huillca, E. (2020). Reducción y optimización de costos en perforación y voladura implementando barrenos de 16 pies para labores de desarrollo en la UO Inmaculada-Sociedad Minera Ares SAC.

https://hdl.handle.net/20.500.12867/3799

Cuajone – Energiminas. (n.d.). Retrieved August 19, 2022.

https://energiminas.com/tag/cuajone/

Espinosa Yánez, N. I., & Hormaechea Inga, R. D. (2021). *Optimización de los procesos de perforación y voladura en los frentes de trabajo de la sociedad minera "Santa Clara", Ponce Enríquez-Azuay* (Bachelor's thesis, Universidad del Azuay).

http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/11525

Guzmán Valarezo, P. A., & Orozco Aguirre, C. L. (2018). *Optimización del Diseño de Explotación de la Cantera Cerro Grande, Ubicada en el Cantón Durán, Provincia del Guayas-Ecuador* (Bachelor's thesis, ESPOL. FICT).

http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/48807

Mejía Salazar, K. P. (2019). *Optimización del proceso de perforación y voladura subterránea para la Sociedad Minera Oro Sol Uno* (Bachelor's thesis, Universidad del Azuay).

http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/8932

Mincoser. (n.d.). Retrieved August 19, 2022

https://mincoser.com/

Montaño, J., Rincón, J., Vargas, W., & Alvarado, H. (2021). Incremento del desempeño del sistema de perforación y voladura en la explotación minera el Lucero. *BISTUA REVISTA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BASICAS*, 19(1), 70-74.

https://doi.org/10.24054/01204211.v1.n1.2021.946

Phuyo, L., & Amilcar, G. (2019). Reducción de costos operativos, mediante la optimización de los estándares de las operaciones unitarias de perforación y voladura Consorcio Minero Horizonte SA–Pataz, La Libertad.

http://hdl.handle.net/20.500.12918/5156

Pacco Ramos, B. B., & Apaza Maquera, E. A. (2019). Reducción del daño generado por voladura a taludes finales por medio de técnicas de precorte para yacimiento tipo pórfido de gran escala superficial.

https://hdl.handle.net/20.500.12867/3038

Ramos Palta, M. A. (2018). *Evaluación económica y ventajas cualitativas en implementación de sistemas de administración estratégica de perforación y tronadura* (Doctoral dissertation, Universidad Andrés Bello).

http://repositorio.unab.cl/xmlui/handle/ria/11060

Ramos Ríos, R. B. (2018). Influencia del diseño de malla en los costos de perforación y voladura en la compañía minera Los Andes Perú Gold, Huamachuco–La Libertad.

http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/11048

Salas Quinta, K. J. Optimización en el proceso de perforación aplicando la percusión asistida en el Sistema Rotativo (PARD) para aumentar la productividad en operaciones a tajo abierto.

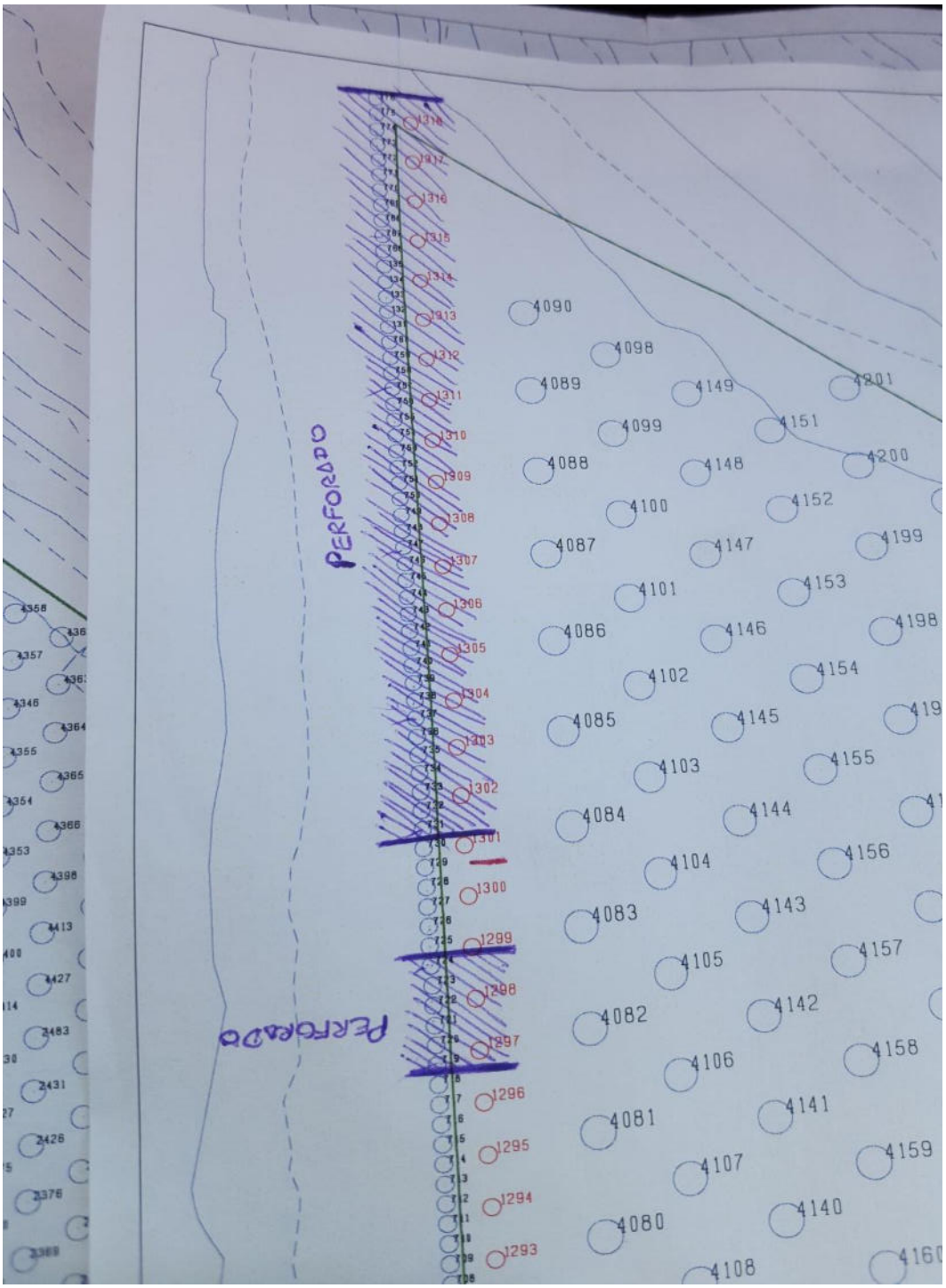
http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/9561

Sanz Contreras. José Luis. (n.d.). Manual para el control y diseño de voladuras en obras de carreteras. Retrieved August 19, 2022.

http://www.carreteros.org/normativa/estructuras/otras/pdfs/mvoladuras.pdf

ANEXOS

Anexo A. *Control de taladros de Perforación de Precorte.*



Nota. Recopilado de Mining Company Services S.A.C.

Anexo B. *Trabajos en Perforación De Precorte.*



Nota. Recopilado de Mining Company Services S.A.C.

Anexo C. *Trabajos en Perforación de Precorte.*



Nota. Recopilado de Mining Company Services S.A.C.

Anexo D. *Trabajos en Perforación de Precorte.*



Nota. Recopilado de Mining Company Services S.A.C.

Anexo E. *Señalización de trabajos en Perforación de Precorte.*



Nota. Recopilado de Mining Company Services S.A.C.

Anexo F. *Traslado de perforadora Roc L8.*



Nota. Recopilado de Mining Company Services S.A.C.

Anexo G. *Cabina de operador de perforadora*



Nota. Recopilado de Mining Company Services S.A.C.

"UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA"

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

FORMATO DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNAM

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

1. DATOS DEL AUTOR

Nombres y Apellidos : DARWIN LEONARDO LINAREZ PARI
DNI/Carnet de Extranjería/Pasaporte N° : DNI 46496660
Correo electrónico : dar.linarez@gmail.com
Teléfono/Celular : 982970915

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

Bachiller	Título Profesional	Magister	Doctor	Segunda Especialidad
	X			

3. TIPO DE PUBLICACIÓN (Marque con una X)

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

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

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

5. DATOS DE LA PUBLICACION

a) Título : REDUCCIÓN DE COSTOS OPERATIVOS EN PRECORTE MEDIANTE LA REUTILIZACIÓN DE LAS BARRAS DE PERFORACIÓN COMO TOP SUB

b) Campo del conocimiento OCDE (Indicar el código de clasificación OCDE de la obra : https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html) : 2.07.05
c) Fecha de publicación : 2022

6. DATOS DEL ASESOR:

a) Nombres y Apellidos : AGAPITO FLORES JUSTO
b) DNI/Pasaporte/Cédula : 00479949
c) ORCID : 0000-0002-6054-9471

FIRMA : .....

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 46496660
NOMBRES Y APELLIDOS : DARWIN LEONARDO LINAREZ PARI

LICENCIAS

Licencia Estándar

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

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

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

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

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

Autorizo el depósito (marque con una X).

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

FIRMA : .....

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 46496660
NOMBRES Y APELLIDOS : DARWIN LEONARDO LINAREZ PARI
FECHA : 2022

