UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

INFORME DE EXÁMEN PROFESIONAL

"OPTIMIZAR TIEMPOS OPERATIVOS EMPLEANDO EL DISEÑO Y GESTIÓN DE VOLADURAS MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL BLAST IQ"

PRESENTADO POR:

Bach. Diego Adrian Quispe Anahua

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO DE MINAS

MOQUEGUA – PERÚ

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

INFORME DE EXÁMEN PROFESIONAL

"OPTIMIZAR TIEMPOS OPERATIVOS EMPLEANDO EL DISEÑO Y GESTIÓN DE VOLADURAS MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL BLAST IQ"

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

ASESOR …….

Dr. Arquímedes León Vargas Luque

BACHILLER ……

Bach. Diego Adrian Quispe Anahua

UNAM

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

Folio N° 045

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:

" OPTIMIZAR TIEMPOS OPERATIVOS EMPLEANDO EL DISEÑO Y GESTIÓN DE VOLADURAS MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL BLAST IQ"

Bachiller: Diego Adrian, QUISPE ANAHUA

Asesor Principal: Dr. Arquímedes León, VARGAS LUQUE

Co-Asesor :

IV. Se dictamina con las siguientes notas:

Examen Escrito: 13 Entrevista: 4 Promedio: 17

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

Opta el Título Profesional de INGENIERO DE MINAS.

Siendo las 15:00 horas, del 18 de noviembre del año 2022 se procede con la firma en conformidad de lo dictaminado.

Presidente del comité de grados y títulos
de Examen Profesional
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

Dr. Arquímedes León VARGAS LUQUE
Director
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

Diego Adrian, QUISPE ANAHUA
Bachiller

Dr. Arquímedes León VARGAS LUQUE
Asesor
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

DEDICATORIA

A Dios por brindarme salud y sabiduría para llegar hasta aquí, continuando con mis objetivos.

A mi madre y mi pareja, quienes siempre confiaron en mí y me dieron todo su apoyo incondicional; y a los regalos más grandes que Dios me pudo otorgar, mis hijos Joao y Luana, quienes me dieron la fuerza y son el motivo para luchar y seguir adelante.

Por ellos y para ellos todo mi esfuerzo y dedicación.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Moquegua y a la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas por brindarme todos los conocimientos para realizar mis estudios y el soporte para poder desarrollarme como profesional.

A mis docentes por impartirme no solo conocimientos sino también inculcarme valores, que me han servido como soporte en mi vida profesional. También deseo agradecer al Ing. Ricardo L. Robles Loza y al Ing. Jorge Franco Huamaní, por haberme apoyado en realizar este informe, y en especial al Dr. Arquímedes L. Vargas Luque, asesor del presente informe, quien bajo su colaboración, dirección y confianza permitió la culminación de este.

Agradezco a todos los que de alguna manera me han otorgado su ayuda para poder realizar este informe.

RESUMEN

El problema de la falta de eficiencia de las voladuras en los procesos de diseño y carguío, nos permitió plantear el informe denominado *"Optimizar Tiempos Operativos Empleando el Diseño y Gestión De Voladuras Mediante La Aplicación del Blast IQ*", para el cometido, se planteó como objetivo general: Implementar el diseño y gestión de voladuras mediante la aplicación del Blast IQ para optimizar tiempos operativos en la Unidad Minera Cuajone, y como objetivos específicos: Diseñar las voladuras aplicando la plataforma Blast IQ con el módulo ShotPlus 6 y optimizar tiempos operativos en las actividades de carguío de MEQ y su reportabilidad con el módulo Blast IQ Mobile; para el propósito se recaudó información de toma de datos de rendimientos y estudios de campo en forma aleatoria de tiempos de carguío con MEQ, diseño de planos, reportabilidad final de la operación y el QA/QC en tiempo real en campo de los taladros a cargar. Demostrándose los siguientes resultados en torno a la eficiencia, se obtuvo una disminución de un 90% del tiempo de entrega de los diseños de carguío, también se logró aumentar la eficiencia del carguío de taladros con MEQ, resultando en la optimización de tiempos operativos de gestión de las voladuras y su reportabilidad.

Palabras Clave: Optimizar tiempos, diseño de voladuras, carguío, reportabilidad.

ABSTRACT

The problem of the lack of efficiency of blasting in the design and loading processes, allowed us to present the report entitled *"Optimizing operating times using the Design and Management of Blasting through the application of the Blast IQ"*, for the purpose, was raised as a general objective: Implement blast design and management by applying the Blast IQ to optimize operating times in the Cuajone Mining Unit, and as specific objectives: To design the blasting using the Blast IQ platform with the ShotPlus 6 module and to optimize operating times in the MEQ carriage activities and its reportability with the Blast IQ Mobile module; for the purpose, data collection information on yields and field studies were collected in random form of load times with MEQ, design of plans, final reportability of the operation and real-time QA/QC in the field of the holes to be loaded. The following efficiency results showed a 90% decrease in delivery time of the load designs, and increased efficiency of the drill load with MEQ. resulting in the optimization of operational times of blasting management and its reportability.

Keywords: Optimize times, blasting design, loading, reportability.

INDICE

INTRODUCCION 1
CAPÍTULO I 2
ASPECTOS GENERALES 2
1. Descripción de la Empresa 2
1.1 Ubicación 2
1.2 Accesibilidad 3
1.3 Visión, misión y valores 4
1.4 Historia 4
CAPITULO II 6
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD 6
2. Descripción del Proceso de Minado 7
2.1 Equipos de Minado 10
2.1.1 Perforación Primaria 10
2.1.2 Perforación de Precorte 11
2.1.3 Voladura 12
2.1.4 Carguío 13
2.1.5 Acarreo 14
2.1.6 Control de Polución 14
2.2 Descripción del Proceso de Voladura Controlada 14
2.2.1 Medición de Taladros 16
2.2.2 Diseño de Carguío con Mezcla Explosiva 18
2.2.3 Limitación y Señalización del Área a Cargar 19
2.2.4 Traslado de Accesorios y Explosivos del Polvorín a Proyecto de Voladura 20
2.2.5 Primado de Taladros 21
2.2.6 Carguío de Taladros 27
2.2.7 Tapado de Taladros 30
2.2.8 Amarre de Taladros 32
2.3 Plataforma Digital BLAST IQ y su aplicación 33
2.3.1 ShotPlus 6 33

2.3.2 Blast IQ Mobile 35
CAPITULO III 39
ANTECEDENTES Y OBJETIVOS 39
3.1 Antecedentes 39
3.1.1 Antecedentes Internacionales 39
3.1.2 Antecedentes Nacionales 40
3.2 Objetivos 41
3.2.1 Objetivo General 41
3.2.2 Objetivo Específico 41
CAPÍTULO IV 42
DISCUSIÓN Y APORTES 42
4.1 Discusión 42
4.2 Aportes 43
4.2.1 Mejora en reportabilidad de área cargada 43
4.2.2 Mejora en la entrega de diseños de carguío 45
4.2.3 Mejora en el carguío de taladros con MEQ 46
4.2.4 Mejora en la reportabilidad para supervisores 47
CONCLUSIONES 48
RECOMENDACIONES 49
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 50
ANEXOS 52

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 *Ubicación Catastral de la Unidad Minera Cuajone*……3

Figura 2 *Diagrama de Proceso Mina Cuajone*……9

Figura 3 *Sistema de Fajas Transportadoras de Mineral*……10

Figura 4 *Perforadora Rotativa Eléctrica Bucyrus Erie*……11

Figura 5 *Perforadora Rock L8*……12

Figura 6 Pala Eléctrica P&H 2800……13

Figura 7 *Taladro corto señalizado con chuta*……17

Figura 8 *Taladro muestreado por el área de topografía*……18

Figura 9 *Plano de carguío de campo sectorizado por tipo de taladro*……19

Figura 10 *Furgoneta equipada para el traslado de explosivos*……21

Figura 11 *Primado de taladro con accesorios y explosivos*……23

Figura 12 *Diseño de carga de taladros con cámaras de aire*……25

Figura 13 *Carguío de taladro con sistema bombeable*……29

Figura 14 *Tapado de taladros con cargador de volteo*……31

Figura 15 *Conexión de detonadores a cable dúplex*……33

Figura 16 *Diseño de carguío para taladros con el módulo ShotPlus 6*……35

Figura 17 *Diseño de carguío de taladro en el módulo Blast IQ Mobile*……37

Figura 18 *Reportabilidad de carguío en la plataforma Insights del Blast IQ*……38

Figura 19 *Malla de voladura digitalizada en Blast IQ Mobile*……44

Figura 20 *Taladros cargados en Blast IQ Mobile*……44

Figura 21 *Diseño de carguío versus diseño de carga real en campo*……46

Figura 22 *Reporte de carguío en la plataforma Insights del Blast IQ*……47

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Accesibilidad a Unidad Minera Cuajone…….4

Tabla 2 Equipos y accesorios de operación manual de voladura.....7

LISTA DE ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

PETS	: Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro
MMU	: Mobil Manufacturing Unit
SUCAMEC	: Superintendencia Nacional de Control de Servicios de Seguridad, Armas, Municiones y Explosivos de Uso Civil
EPP	: Equipo de Protección Personal
IPERC	: Identificación de Peligros, Evaluación de Riesgos y Controles
PLC	: Programador Lógico Contable
MEQ	: Mezcla Explosiva Quantex
PSI	: Pound-force per Square Inch
TQ	: Tiro Quedado
EBS	: Electronic Blasting System

INTRODUCCION

El Blast IQ es una plataforma que integra los procesos de perforación y voladura en materia de soluciones digitales, aplicando lo que es una voladura inteligente para ampliar el valor de todo lo que involucra un proceso minero, esta plataforma está compuesta de diversos módulos y estos módulos van desde conocer el recurso, diseñar para resultados, controlar la ejecución de la voladura y la medición automatizada de los resultados finales.

El informe actual se desarrolla puntualmente en describir los beneficios que traen consigo la implementación de los módulos ShotPlus 6 y Blast IQ Mobile con su reportabilidad en el Insights, en la Unidad Minera Cuajone. En el Capítulo I, se describen los aspectos generales de la empresa EXSA S.A. en la Unidad Minera Cuajone; en el Capítulo II, se detallan las actividades que involucra una voladura controlada en la Unidad Minera Cuajone; en el Capítulo III, se muestran los antecedentes, tanto nacionales e internacionales como resultado de las investigaciones de otros autores y la implicancia de los módulos a presentarse; en el capítulo IV, se presentan los aportes y los resultados del desarrollo de la voladura inteligente con la plataforma Blast IQ y en el capítulo V, se exponen las conclusiones del presente informe así como las recomendaciones de la aplicación de la plataforma Blast IQ.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1. Descripción de la Empresa

1.1 Ubicación

Las oficinas de la empresa EXSA S.A. viene realizando el Servicio Integral de Voladura y Explosivos (SIVE) en las instalaciones de la Unidad Minera Cuajone, el mismo que está ubicado en el distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto del departamento de Moquegua al sur del Perú como se puede apreciar en la Figura 1.

La Unidad Minera Cuajone yace ubicado geográficamente en los Andes al Sur del Perú por su lado Occidental, a una altitud entre los 3,100 y 3,550 m.s.n.m. localizado parcialmente por la ladera Sur de la Quebrada Torata y cortado centralmente de Este a Oeste por la Quebrada Chuntacala.

La superficie de la Unidad Minera Cuajone se encuentra representada por las coordenadas UTM WGS84:

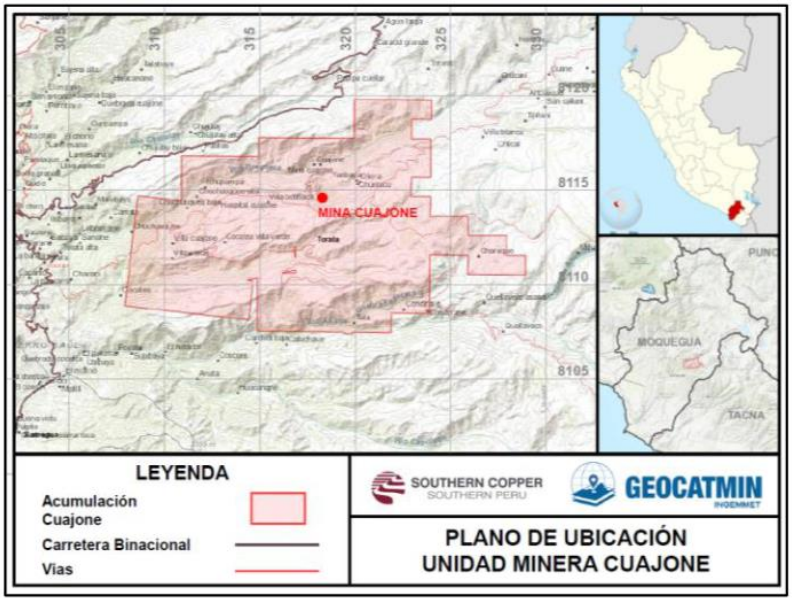
317,685 E – 8,117,350 N

319,515 E – 8,115,815 N

Zona 19, Banda K (Datum WGS-84) las cuales pertenecen a la topografía Nacional 35-U correspondientes al cuadrángulo de Moquegua (INGEMET, 1979).

Figura 1

Ubicación Catastral de la Unidad Minera Cuajone



Nota. Adaptado de GEOCATMIN (INGEMMET), 2020.

1.2 Accesibilidad

Para poder llegar hasta la Unidad Minera Cuajone, se puede realizar de dos maneras: vía aérea o terrestre.

Por vía terrestre desde cualquier región del Perú, deberá llegar hasta el departamento de Moquegua, provincia de Mariscal Nieto, desde dónde se debe tomar una ruta de la Ciudad de Moquegua hasta la Unidad Minera Cuajone.

Por vía aérea se deberá tomar un vuelo con destino hacia el Sur hasta el departamento de Moquegua, provincia de Mariscal Nieto, desde cualquier ciudad del Perú y aterrizar en el aeropuerto de Moquegua, posteriormente deberá realizar la misma ruta descrita en el párrafo anterior. La accesibilidad hacia Moquegua se sigue como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

Accesibilidad a Unidad Minera Cuajone

Distancias y vías de acceso a la operación

Tramo	Distancia (Km)	Tiempo	Tipo de Vía
Moquegua – Desv. Torata	27 Km.	25 min	Asfaltada
Desv. Torata – Villa Botiflaca	18 Km.	20 min	Asfaltada

Nota. *Elaborado por el autor*

1.3 Visión, misión y valores

Visión

Ser líderes globales en soluciones de fragmentación de roca.

Misión

Brindar soluciones de fragmentación de roca que contribuyan al desarrollo sostenible de nuestros clientes, colaboradores, accionistas y sociedad.

Valores

EXSA S.A. promueve los siguientes valores como ejes centrales para la buena actividad de la empresa y el desarrollo de su personal, generando calidad, valor agregado a los productos y servicios que reciben sus clientes. Estos valores son: Seguridad, foco en el cliente, integridad, excelencia, compromiso y respeto.

1.4 Historia

EXSA S.A. es una empresa que nació con el nombre de Explosivos S.A. en el año 1954, para iniciar sus operaciones en el año 1956 con su planta instaurada en Lurín,

Lima. Produciendo sistemas de iniciación, encartuchados, emulsión a granel y productos semielaborados con los que atiende a las industrias mineras y de infraestructura. Años después, en 1997 instala otra planta, pero esta vez de fundentes para soldadura por arco sumergido. En los noventa, exactamente en 1992 inicia sus operaciones la planta de emulsiones explosivas en Lurín. Y así, en ese mismo año finalmente Explosivos S.A. cambia de razón social y se convierte en EXSA S.A.

En el año 1997, la empresa EXSA S.A. se consolida con el autoabastecimiento de ácido nítrico con el inicio de operaciones de una planta en Lurín. Inicia operaciones la 2da. planta de emulsiones ubicada en SAMA – Las Yaras, Tacna, cerca de la frontera del Sur del Perú. Ya para el año 2000 se forma el Centro Tecnológico de Voladura EXSA (CTVE) para capacitar a los consumidores de sus explosivos y accesorios de voladura en el adecuado y seguro manejo de estos. En el 2015 desarrollan la Tecnología Quantex, revolucionando el mercado de explosivos con una mezcla explosiva capaz de expandirse, aumentando su volumen y por tanto sus beneficios.

Ya en el año 2020 en la fecha del 19 de febrero, el Grupo Breca, dueña de la empresa de explosivos EXSA S.A. anuncia la venta del 83.5% de las acciones a Orica Mining Services - subsidiaria de Orica Limited, de origen australiano – por la suma de US$ 203 millones de dólares. Es el 18 de junio del mismo año que se realiza el cierre de la operación de compraventa, de tal manera que EXSA S.A. pasa a ser del grupo Orica.

CAPITULO II

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

La empresa EXSA S.A. realiza el servicio integral de voladura y explosivos, tales como el diseño, planificación y todos los procesos que involucren una voladura ideal, aplicando tecnologías de última generación, con el objetivo de lograr la fragmentación de roca ideal para el cliente.

Las actividades principales del servicio integral de voladura se realizan en las mallas de perforación, estas mallas están comprendidas por taladros de diámetros de 12” ¼ (doce pulgadas y un cuarto) y de 10” 5/8 (diez pulgadas y cinco octavos) realizados por perforadoras rotativas eléctricas. Las mallas de perforación o proyectos de perforación como se denomina en mina Cuajone están comprendidas por un grupo de 200 a 300 taladros en proyectos grandes, o de 100 taladros en proyectos pequeños, estos suelen ser en rampas. Estos taladros tienen una altura de 15 metros con una sobreperforación de 1 metro, solo en zonas específicas esta longitud puede aumentar hasta los 18 metros, mayormente esto ocurre en la zona de cresta de los proyectos de perforación.

También existen taladros de diámetros de 5” (cinco pulgadas) las cuáles se realizan en las zonas de precorte y voladura secundaria, estos taladros tienen una altura de 16 metros y un grado de inclinación que varía entre los 70° a 75° grados en zonas de precorte. En voladura secundaria se realizan taladros con alturas que pueden variar entre los 1 a 15 metros, dependiendo de la tarea que se va a realizar.

Todos los trabajos se realizan con un mínimo de 02 colaboradores, ya que por seguridad en caso ocurra algún accidente, estos puedan apoyarse mutuamente y puedan

reportarlo al supervisor inmediato por la radio de comunicación; todos los colaboradores manejan una radio de comunicación Kenwood y están capacitados en primeros auxilios, así, son capaces de asistir en forma inmediata un evento en caso la situación lo amerite. Los colaboradores de campo cuentan con sus respectivos equipos y accesorios para realizar las actividades diarias de voladura, tal como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2

Equipos y accesorios de operación manual de voladura

EQUIPO Y/O ACCESORIO	MARCA
Radio repetidora externa NX-3220E	Kenwood
Cuchilla plegable curva	Tramontina
Cintillos de seguridad	Hont
Cinta aislante	3M
Espejo de bolsillo	General

Nota: Elaborado por el autor.

2. Descripción del Proceso de Minado

Actualmente en mina Cuajone se explota en bancos de 15 metros de altura con comunicación entre niveles por medio de rampas con una gradiente del 10% (se planea reducir en la fase a 8 %) y carreteras (incluyendo rampas) con un ancho de 35 m. Los ángulos de talud de trabajo (operación) varían entre los 37º y 47º y de banco de 75º. La operación de minado se realiza por el método de tajo abierto, mina Cuajone produce 90 mil toneladas métricas de mineral al día con una ley promedio de 0,62% de cobre. La mina está dividida en ocho fases de minado hasta alcanzar el límite final del tajo,

actualmente se encuentra en explotación las fases de minado 6, 7 y 8. (Llacma, 2017, p.42)

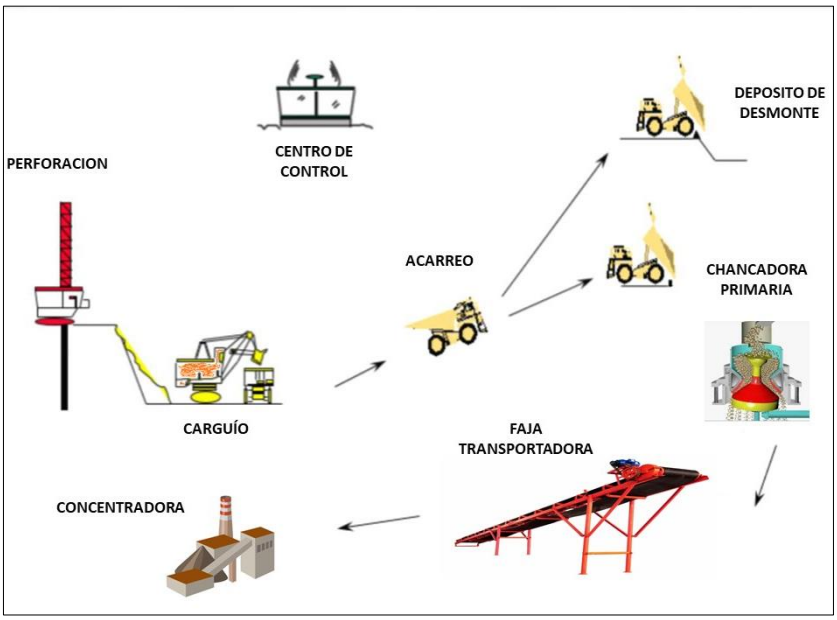
Cuajone es una mina que diariamente extrae más de 500.000 t/día, con una vida de mina de aproximadamente de 54 años. Los distintos tipos de materiales a transportar son sulfuros de bajas ley, menores a 0,4 % en cobre depositados en botaderos, óxidos que son llevados a planta de lixiviación y mineral transportados a las tolvas de transferencia. (Llacma, 2017, p.42)

El proyecto de expansión de Cuajone empezó a inicios del año 2010, invirtiéndose un total de $ 39, 4 millones, la compra de equipos de mina y equipos auxiliares de soporte es parte del plan de expansión de Cuajone, el proyecto contempla una metodología de ley de corte variable, que aumentará la producción de cobre y molibdeno a un total de 147 000 toneladas y 3 000 toneladas en los próximos 10 años respectivamente. (Llacma, 2017, p.43)

Las operaciones en la mina Cuajone realizan con el método de explotación a Cielo Abierto (Open Pit). En dos turnos de 12 horas por día, con un área de explotación aproximadamente de 2.7 Km de longitud (N - S) y 2.5 Km de ancho (E - W), con una profundidad de 900 metros. Los procesos de minado se representan tal como se muestra en la Figura 2, que involucra las actividades de perforación, voladura, carguío y acarreo.

Figura 2

Diagrama de Proceso Mina Cuajone



Nota: Elaborado por el autor.

En las operaciones mina Cuajone luego de 40 años de operaciones se cambió la línea férrea de vagones que transportaba el mineral a la concentradora; por un sistema de fajas transportadoras de 7 kilómetros de distancia, como se muestra en la Figura 3, con ello se ha reducido el consumo de combustible y por ende la optimización de este costo, logrando un ahorro operativo de hasta US$ 23 millones anuales. Se debe mencionar que se realizó una inversión de US$ 226 millones para la implementación de este nuevo sistema. (Hilasaca, 2019, p.19)

Todos los camiones que transportan mineral desde las fases 6 y 7, descargan su tolva directamente a la chancadora primaria, ubicada por encima del sistema de fajas, que se encarga de reducir el tamaño de las rocas mineralizadas hasta un tamaño 6” (seis pulgadas) aproximadamente.

Figura 3

Sistema de Fajas Transportadoras de Mineral



Nota. Elaborado por el autor.

2.1 Equipos de Minado

2.1.1 Perforación Primaria

La Unidad Minera Cuajone cuenta con 6 perforadoras rotativas eléctricas entre las marcas Bucyrus Erie y P&H (Figura 4) de los modelos 39HR y 49HR. El promedio de utilización de estos equipos se encuentra en el rango de 89% llegándose a perforar hasta 85 000 metros al mes, la productividad aproximada por máquina es de 600 metros perforados por día, esto puede variar de acuerdo al tipo de roca a perforar.

Cuando se requiere, se emplean 2 perforadoras en un solo proyecto, para lograr el avance requerido de taladros por plan de voladura, estas perforan taladros de diámetros de 12” ¼ (doce pulgadas y un cuarto) y de 10” 5/8 (diez pulgadas y cinco octavos).

Figura 4

Perforadora Rotativa Eléctrica Bucyrus Erie



Nota. Elaborado por el autor.

2.1.2 Perforación de Precorte

Para la perforación de precorte o recorte se emplean dos perforadoras a base de combustible, una de la marca Sandvik modelo DR56 y otra de la marca Atlas Copco modelo RockL8 (Figura 5), estas perforadoras realizan taladros de diámetro de 5” (cinco pulgadas) con alturas de 15 a 16 metros, con un grado de inclinación de 70° a 75°.

Estas mismas perforadoras se emplean para realizar el destapado de algún taladro de producción por la obstrucción de alguna roca y también para realizar los taladros de las voladuras secundarias.

Figura 5

Perforadora Rock L8



Nota. Elaborado por el autor.

2.1.3 Voladura

Se emplea la tecnología Quantex, que consta de una mezcla explosiva compuesta por un 80% de emulsión gasificable denominado Slurrex Q, potenciada por un 20% de nitrato de amonio Quantex; mezcla que se añade posteriormente una solución gasificable de nitrito de sodio que es la que genera los puntos calientes, en este caso para la mezcla explosiva, estos puntos calientes son pequeñas burbujas de aire que incrementan el poder rompedor y la energía de la detonación. En las operaciones de Cuajone, EXSA S.A. cuenta con 4 camiones MMU para el carguío con mezcla explosiva, 2 cargadores de volteo y 3 minicargadores para el tapado de taladros:

- (Q-66, MMU - EXSA) – Operativo
- (Q-76, MMU - EXSA) – Operativo
- (Q-82, MMU - EXSA) – Operativo
- (Q-87, MMU - EXSA) – Operativo
- (921, CARGADOR VOLTEO - SOUTHERN) – Operativo
- (922, CARGADOR VOLTEO - SOUTHERN) – Operativo
- (210, MINICARGADOR - SOUTHERN) – Operativo

- (212, MINICARGADOR - SOUTHERN) – Operativo

2.1.4 Carguío

Se realiza con 6 palas eléctricas de capacidades de cucharon de 42 a 73 yd^3, el modelo de pala P&H 2800 (Figura 6) se ubica en el fondo del tajo, esta pala es utilizada en zonas de mineral juntamente con el cargador frontal Letorneau proporcionando la mezcla diaria de acuerdo a las leyes y durezas según los planes programados. La flota de equipos auxiliares está conformada por tractores de rueda, tractores de orugas, motoniveladoras, retroexcavadoras y cargadores frontales utilizados en las limpiezas de pisos de palas, áreas de perforación, carreteras, limpieza de tolvas de transferencias, mantenimiento de vías férreas, construcción de rampas, construcción de vías, mantenimiento de botaderos, habilitación de bermas laterales y centrales para el tránsito de volquetes, construcción de canales de drenajes. (Llacma, 2017, p.44)

Figura 6.

Pala Eléctrica P&H 2800



Nota. Elaborado por el autor.

2.1.5 Acarreo

Se realiza con volquetes de diversos modelos de tracción eléctrica cuya velocidad oscilan entre 9 a 25 km/ h, se aprovecha la flota de camiones del modelo Komatsu 930 E para zonas de mayores profundidades por las velocidades que desarrollan 26km/h, este modelo cuenta con sistemas de seguridad haciéndolo confiable en pendientes pronunciadas. Para la fase de minado seis se utiliza la flota de volquetes Caterpillar 797F, cuyas capacidades son de 390TM, alcanzando productividades de 1 200 TM/h mina Cuajone cuenta con 12 unidades. (Llacma, 2017, p.44)

2.1.6 Control de Polución

Se realiza con tres tanques de regadíos de la marca Caterpillar de capacidad de llenado de treinta mil galones distribuidos de la siguiente manera: dos tanques en las zonas centrales del tajo y un tanque exclusivo para la fase de minado 6B. El agua utilizada en el regadío de vías es la que se recolecta de las filtraciones (freática y lluvias) las cuales se han depositado en los niveles inferiores del tajo siendo bombeadas a superficie. (Llacma, 2017, p.45)

Se describe las actividades en el área de voladura, estas actividades se realizan con los más altos estándares de seguridad para seguir con los procesos de minado:

2.2 Descripción del Proceso de Voladura Controlada

Para este este proceso, es necesario conocer al personal y sus responsabilidades, que serán los encargados de realizar todo el proceso de voladura controlada, ya que para minimizar los riesgos se deben de tomar todas las medidas de seguridad necesarias. El equipo de trabajo está conformado por:

- **Site Lead**: revisa, aprueba, capacita, monitorea e inspecciona el cumplimiento del procedimiento.
- **Ingeniero Residente**: Asegura que todo el personal a su cargo esté capacitado, conozca, entienda y cumplan con los procedimientos. Facilita las herramientas, equipos, accesorios e información adecuada para el desarrollo seguro de esta actividad. Verifica de manera aleatoria el cumplimiento del presente procedimiento y coordina con el operador de contrato "B1" los proyectos a cargar.
- **Técnico Supervisor**: Instruye, capacita y verifica que todos los trabajadores conozcan y cumplan los estándares y PETS relacionados a la actividad. Lidera, verifica, refrenda con su firma que se cumpla con todas las autorizaciones y permisos normados previos a esta actividad. Verificar de manera aleatoria el cumplimiento del presente procedimiento.
- **Ingeniero Asistencia Técnica**: Realiza el análisis de terreno en base a la información proporcionada por el área de geología y geotecnia. Desarrolla los diseños de carguío de acuerdo al análisis realizado del terreno a cargar, donde indicará la cantidad de mezcla explosiva a cargar por tipo de taladro, ya sean estos taladros de cresta, producción, trim o buffer. También desarrolla los diseños de carguío para las voladuras de precorte y voladuras secundarias. Ingresa al sistema BLAST IQ y carga los diseños de carguío para que se visualicen en las tabletas digitales de los Operadores de MMU.
- **Operador Camión MMU, Operador de Carguío**: Está capacitado y autorizado para realizar las labores de voladura. Conoce, coordina y cumple todos los pasos de los procedimientos, así como elabora los documentos normados previos a la actividad. Puede paralizar inmediatamente esta actividad si observa acciones o condiciones subestándar, asimismo, comunica cualquier anomalía al Ingeniero Residente y/o Técnico Supervisor.

Este personal es esencial para realizar toda la actividad de voladura en las operaciones de la Unidad Minera Cuajone, todos cuentan con la autorización que se tramita y brinda la SUCAMEC. Todo el personal que ingrese a un proyecto de voladura debe contar con todos los implementos de seguridad, los cuales son:

- EPP básico (Casco, zapatos punta de acero, chaleco y lentes oscuros)
- Guantes badana, neopreno y/o Hyflex.
- Tapones auditivos, orejeras tipo copa.
- Respirador media cara con filtro 1093C
- Cortaviento
- Bloqueador solar

Cada vez que se realiza una actividad, todo el personal involucrado deberá realizar el llenado del IPERC con el fin de evaluar los peligros, analizar los posibles riesgos y tomar medidas de control para evitar incidentes o accidentes de trabajo, ver Anexo 1 y 2. Este formato IPERC cuenta con la fecha, lugar, hora, nombres completos y firmas de todos los involucrados en la tarea; al lugar de la tarea se aproxima el Ingeniero Residente quien revisará y dará el visto bueno, colocando su nombre, hora y firma.

2.2.1 Medición de Taladros

Para esta tarea, el colaborador de campo cuenta con una cinta métrica de 30 metros, esta cinta no puede estar cortada, trozada y la numeración debe ser legible. En la zona de cresta de proyecto, se delimita con conos y cintas, antes de realizar la medición, esto con el objetivo de evitar posibles accidentes por caída a distinto nivel. Se inicia la medición de taladros considerando el posible ingreso de los camiones, se verifica la estaca que se ubica alrededor del taladro, esta estaca la proporciona el operador de la perforadora, contiene el ID de taladro y la longitud de diseño. Se posiciona frente al taladro, con ayuda de la cinta métrica mide la longitud de la altura de los taladros y confirma que la longitud de perforación se alinee con las profundidades y tolerancias de diseño establecidas. Se escribe la altura real del taladro con un plumón color rojo, para diferenciar lo escrito por el perforista en la estaca. Luego de la medición, se registra todas las longitudes de taladro del proyecto en la tableta digital al Blast IQ Mobile, de esta manera el Ingeniero de Asistencia Técnica tendrá los datos en tiempo real de las longitudes reales, también un taladro puede contener agua en su interior, esto también se reportará en la estaca con el símbolo “W” e indicará la longitud de agua de acuerdo a la wincha, se especificará esto en la tableta digital de acuerdo al ID de cada taladro.

Si el taladro no tiene la altura adecuada o está fuera de los límites establecidos por el cliente, se señaliza con una chuta de piedras pintada con aerosol fosforescente naranja (Figura 7), claramente visible y bien ubicado, esto para taladros con longitudes menores a 14 m, ya que un taladro con una longitud menor a la indicada es considerado corto, y estos se deben reperforar para que llegue a su longitud ideal. De ser el caso que el taladro tenga una medida mayor a la indicada en la estaca, con ayuda de una pala se procede a rellenar el taladro con detrito, hasta llegar a la longitud indicada en la estaca.

Figura 7

Taladro corto señalizado con chuta



Nota: Elaborado por el autor.

Si se realiza la medición en zona de mineral, verificar si han sido muestreados (Figura 8) por el área de topografía, de no ser el caso, se informa al supervisor. Una vez terminado de medir todos los taladros se verifica el estado de la wincha, se repara si es necesario o se comunica para un cambio de wincha nuevo.

Figura 8

Taladro muestreado por el área de topografía



Nota. Elaborado por el autor.

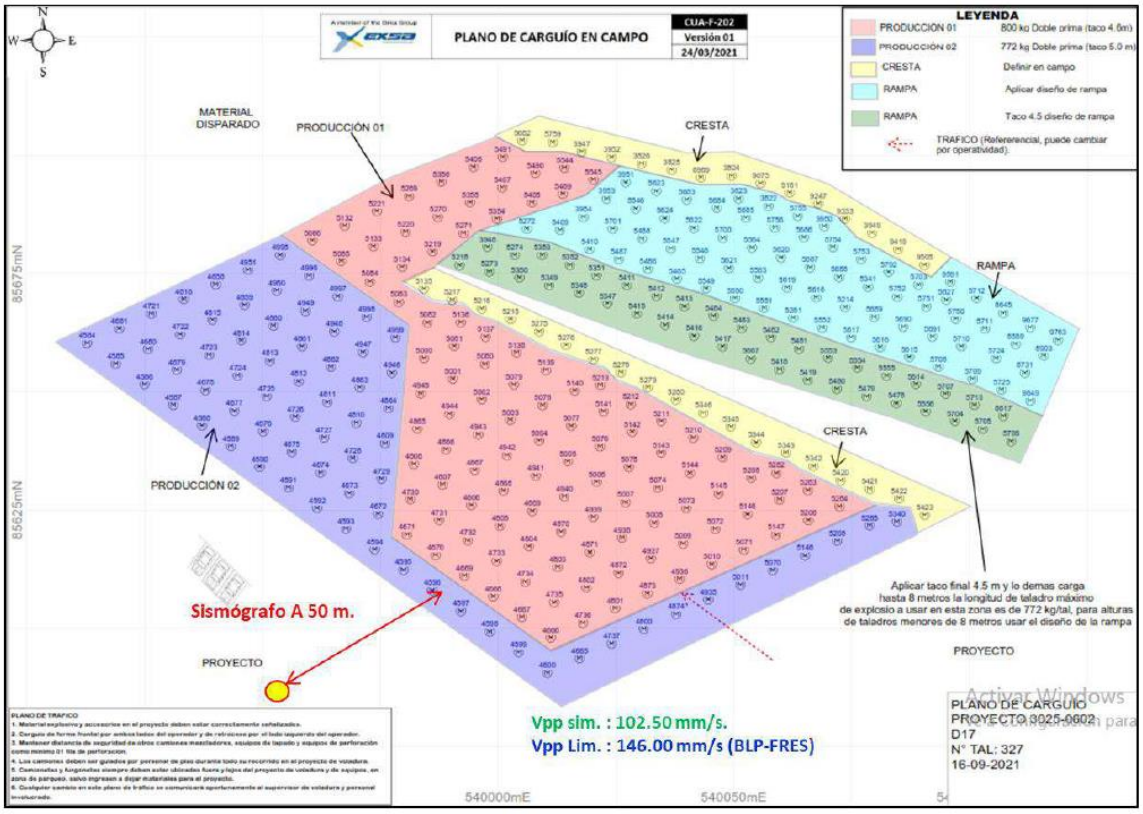
2.2.2 Diseño de Carguío con Mezcla Explosiva

El Ingeniero de Asistencia Técnica realiza el diseño de carguío del proyecto de voladura, esto con la información brindada por el área de geología y geotecnia, de acuerdo al Work Index o dureza de la roca. Como se sabe, no toda la mina es uniforme en cuanto al macizo rocoso, ya que las zonas de mineral y las zonas de desmonte son diferentes. Mayormente en zonas de mineral se perforan taladros con diámetro de 10” 5/8 (diez pulgadas y cinco octavos) y en zonas de desmonte se perforan taladros de diámetro 12” ¼ (doce pulgadas y un cuarto), también el espaciamiento y burden difieren, ya que en zona mineral estos son menores a diferencia en zonas de desmonte donde el espaciamiento y burden son mayores. Teniendo estas consideraciones es que el Ingeniero de Asistencia Técnica diseña las cargas para los taladros de los diferentes proyectos de voladura y lo imprime en un plano de carguío.

Estos planos de carguío contienen las cargas por tipo de taladro, ya sean de producción, trim, buffer, cresta o rampa; así como también contiene el tipo de roca de la malla de voladura, factor de potencia, densidad de la mezcla sin gasificar, espaciamiento, burden, diámetro de los taladros, mapa del terreno y consideraciones de primado, tal como se muestra en la Figura 9.

Figura 9

Plano de carguío de campo sectorizado por tipo de taladro



Nota. Elaborado por el autor.

2.2.3 Limitación y Señalización del Área a Cargar

El cliente entrega la malla total o parcial liberada de equipos y personal ajeno al carguío de taladros, se señaliza toda el área medida conos cilíndricos rojos, conos amarillos y un letrero de voladura; si hacia el material volado hay riesgo de sobre minado de la pala, se señaliza con estacas de madera y cita roja. Una vez señalizado

todo el proyecto, se procede a la distribución de accesorios de voladura según diseño por taladro. Nunca se comienzan las labores de primado, si el área a cargar no se encuentra debidamente señalizado, para esto se solicita el apoyo al Ingeniero Residente para que proceda a trasladar la señalización hasta el punto de carguío.

Si existe personal ajeno a las labores de carguío que desee ingresar a la malla cargada con explosivos, estos solicitaran la autorización al personal responsable para su ingreso. Si ingresa personal no autorizado, inmediatamente se detiene las operaciones de carguío de taladros con explosivos y se pedirá el retiro a las personas que ingresaron si autorización. Si el cliente decide ingresar equipos a mallas cargadas con explosivos, deberá informar al personal que se encuentra dentro del proyecto y estos deberán retirarse como mínimo una distancia de 200 metros.

2.2.4 Traslado de Accesorios y Explosivos del Polvorín a Proyecto de Voladura

Al iniciar esta actividad, el personal encargado del traslado de los accesorios y explosivos, llena el registro de salida con la cantidad de explosivos que el supervisor haya solicitado un día antes, para el traslado se dispone de 02 camionetas tipo furgón, en una se trasladará solo explosivos tipo 1.1 B, tanto el detonador electrónico como el no electrónico, y en el otro furgón se trasladará solo explosivos tipo 1.1 D, booster de 02 libras, Senatel PowerSplit (emulsión encartuchada) y cordón detonante. Antes de dirigirse al polvorín, el conductor solicitará al supervisor la ruta más segura, así, solo podrá seguir la ruta indicada, aplicando en todo momento manejo defensivo; al llegar al polvorín el personal cargará la cantidad indicada en el registro de salida, colocará los letreros al vehículo que indican que al interior se trasladan explosivos, también los banderines de color negro y amarillo, y por último, las cadenas posteriores que rozan el suelo para liberar cualquier energía que pueda almacenar el vehículo al momento de su marcha, tal como se muestra en la Figura 12. Solicita al supervisor el lugar al cuál se dirigirá para la descarga de los accesorios y explosivos, una vez llegado al proyecto, se ubicará en una zona que no impida el tráfico y que esté alejado de las perforadoras, descargarán los accesorios y explosivos, cercándolo con 03 conos amarillos y varillas

de color negro/amarillo. Se retirarán del lugar y ubicarán las furgonetas fuera del proyecto en una zona segura, colocando tacos y conos de seguridad.

Figura 10

Furgoneta equipada para el traslado de explosivos



Nota. Elaborado por el autor.

2.2.5 Primado de Taladros

El primado se realiza después que se completen las actividades de perforación, medición, corrección de taladros y señalización de proyecto, una vez emitido el diseño de carga por parte del Ingeniero de Asistencia Técnica y los taladros de voladura estén listos para cargarse. El primado es una actividad crítica en la fase de carga de voladura y, si no se maneja correctamente, podría tener impacto en el rendimiento final de la voladura.

Antes de realizar el primado de taladros, se revisa las condiciones climáticas y el riesgo de caída de rayos antes de la distribución de los accesorios de iniciación. Un día antes del primado y carguío de taladros, el Ingeniero Residente confirma la disponibilidad y el requerimiento de accesorios y explosivos al cliente para su salida de polvorín, esto para realizar el primado de taladros del área proyectada.

El primado se realiza teniendo en cuenta algunas consideraciones:

2.2.5.1 Primado de Taladros con Carga Corrida

Se distribuye en cada uno de los taladros los explosivos del tipo 1.1 B, un detonador no electrónico y un detonador electrónico, y el explosivo tipo 1.1 D, un booster de dos libras (900 gramos apróx.) el cuál debe estar en posición vertical; al repartir estos explosivos, se debe considerar una distancia mínima de 1 metro entre los explosivos tipo 1.1 B y 1.1 D, de preferencia en el collar del taladro en lados opuestos.

Se procede a realizar el primado, introduciendo primero el detonador no electrónico por el orificio del booster, luego el detonador electrónico por el mismo orificio, los extremos de los detonadores (fulminante) son introducidos en orificios diferentes y en sentido contrario al que ingresaron en el booster, luego se tira de ambas líneas de los detonadores para que los fulminantes queden fijos dentro del booster, se procede a asegurar con un precinto para ambos detonadores y se desciende el booster al interior del taladro, considerando que el booster quede a una altura de 1 metro del piso del taladro (Figura 11).

Asegurarse que el operador de camión mezclador haya realizado la descarga de por lo menos 1 metro de MEQ dentro del taladro, así se evita que la prima pueda tener contacto con lodo en el fondo del taladro.

Figura 11

Primado de taladro con accesorios y explosivos



Nota. Elaborado por el autor

2.2.5.2 Primado de Taladros con Cámara de Aire

Se distribuye en cada uno de los taladros los explosivos del tipo 1.1 B, un detonador no electrónico y un detonador electrónico, y el explosivo tipo 1.1 D, un booster de dos libras (900 gramos apróx.) el cuál debe estar en posición vertical; al repartir estos explosivos, se debe considerar una distancia mínima de 1 metro entre los explosivos tipo 1.1 B y 1.1 D, de preferencia en el collar del taladro en lados opuestos. Al distribuir los explosivos, se debe tener en cuenta que estos no deban estar en línea directa del tránsito de los equipos (camiones MMU, equipo de tapado), si se observa

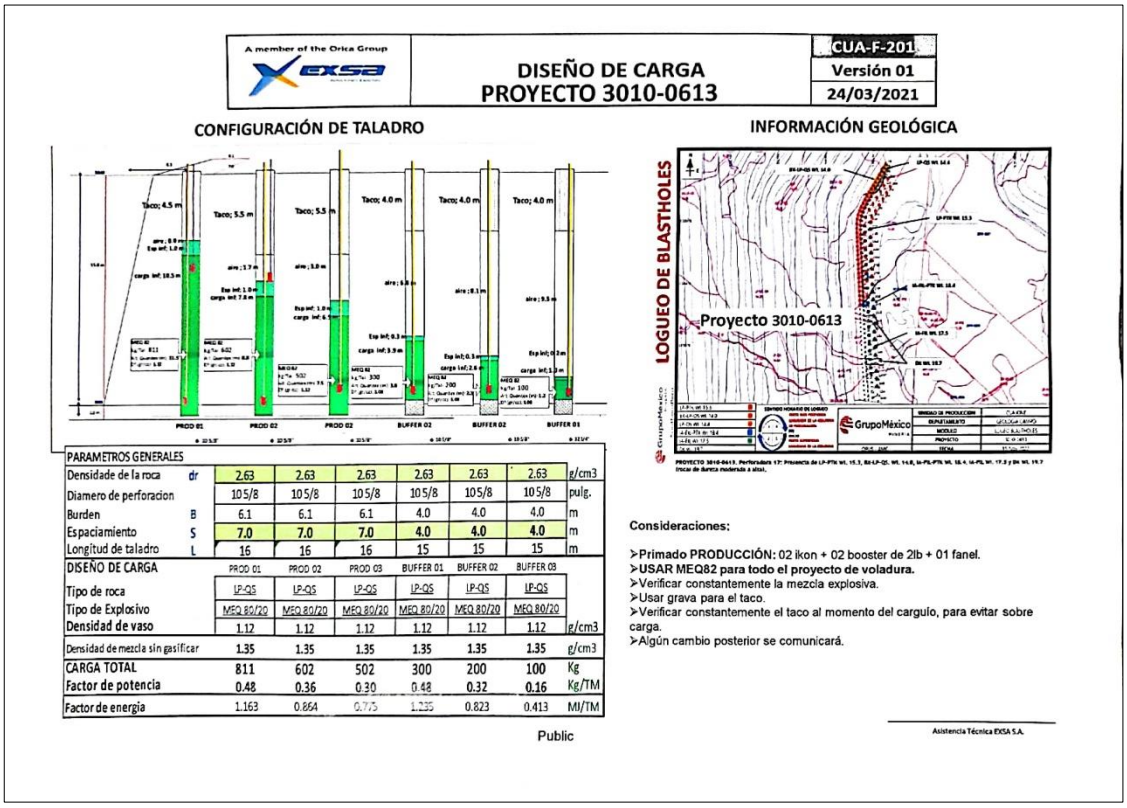
equipos que van a maniobrar cerca de los explosivos, se retiran estos a zona segura y luego se devuelve a su lugar.

Se procede a realizar el primado de la primera carga, introduciendo primero el detonador no electrónico por el orificio del booster, luego el detonador electrónico por el mismo orificio, los extremos de los detonadores (fulminante) son introducidos en orificios diferentes y en sentido contrario al que ingresaron en el booster, luego tiramos de ambas líneas de los detonadores para que los fulminantes queden fijos dentro del booster, se procede a asegurar con un precinto para ambos detonadores y se desciende el booster al interior del taladro, considerando que el booster quede a una altura de 1 metro del piso del taladro. Luego, se cargará el taladro con los kilogramos de MEQ Quantex que solicite el diseño de voladura, esta carga solo será entre 200 kg. a 700 kg., se considera este tipo de cargas para taladros de tipo trim y buffer. La cámara de aire se genera colocando un taponex a una altura de 5 metros desde el collar, así el espacio que no ocupe la mezcla explosiva se considera como cámara de aire. Si se desea generar dos cámaras de aire, se realiza el procedimiento de primado, se carga la mezcla explosiva y se coloca el taponex a la altura de esta, se vuelve a colocar otro taponex por encima del que ya se colocó, se carga la mezcla explosiva necesaria y se coloca un taponex a esta nueva carga, así quedará un espacio suficiente para generar una segunda cámara de aire, respetando siempre la altura del taco de diseño (Figura 12).

Según Araya, citado por Quispe Choque (2014) señala que “La utilización de cámaras de aire en el fondo del tiro, es una técnica muy usada en la actualidad en voladuras de bancos. Su objetivo es reducir o eliminar la sobreperforación y reemplazar por una cámara de aire al menos un metro de carga del fondo del tiro”. (p. 3).

Figura 12

Diseño de carga de taladros con cámaras de aire



PARAMETROS GENERALES								
Densidade de la roca	dr	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	2.63	g/cm3
Diamero de perforacion		10 5/8	10 5/8	10 5/8	10 5/8	10 5/8	10 5/8	pulg.
Burden	B	6.1	6.1	6.1	4.0	4.0	4.0	m
Espaciamiento	S	7.0	7.0	7.0	4.0	4.0	4.0	m
Longitud de taladro	L	16	16	16	15	15	15	m
DISEÑO DE CARGA		PROD 01	PROD 02	PROD 03	BUFFER 01	BUFFER 02	BUFFER 03	
Tipo de roca		LP-QS	LP-QS	LP-QS	LP-QS	LP-QS	LP-QS	
Tipo de Explosivo		MEQ 80/20	MEQ 80/20	MEQ 80/20	MEQ 80/20	MEQ 80/20	MEQ 80/20	
Densidad de vaso		1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	g/cm3
Densidad de mezcla sin gasificar		1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	g/cm3
CARGA TOTAL		811	602	502	300	200	100	Kg
Factor de potencia		0.48	0.36	0.30	0.48	0.32	0.16	Kg/TM
Factor de energia		1.163	0.864	0.775	1.235	0.823	0.413	MJ/TM

Nota. Elaborado por el autor

2.2.5.3 Primado de Taladros Secundarios (diámetro 5 pulgadas)

Se distribuye en cada uno de los taladros los explosivos del tipo 1.1 B, un detonador no electrónico y un detonador electrónico, y el explosivo tipo 1.1 D, un booster de dos libras (900 gramos apróx.) el cuál debe estar en posición vertical; al repartir estos explosivos, se debe considerar una distancia mínima de un metro entre los explosivos tipo 1.1 B y 1.1 D, de preferencia en el collar del taladro en lados opuestos. Al distribuir los explosivos, se debe tener en cuenta que estos no deban estar en línea directa del tránsito de los equipos (camiones MMU, equipo de tapado), si se observa equipos que van a maniobrar cerca de los explosivos, se retiran esos a zona segura y luego se devuelve a su lugar.

Se procede a realizar el primado de la primera carga, introduciendo primero el detonador no electrónico por el orificio del booster, luego el detonador electrónico por el mismo orificio, los extremos de los detonadores (fulminante) son introducidos en orificios diferentes y en sentido contrario al que ingresaron en el booster, luego tiramos de ambas líneas de los detonadores para que los fulminantes queden fijos dentro del orificio del booster, se procede a asegurar con un precinto para ambos detonadores y se desciende el booster al interior del taladro a una altura de 20 centímetros del piso del taladro. Si la carga se realiza con emulsión encartuchada Senatel PowerSplit, se coloca 1 o 2 cajas de Senatel, dependiendo del requerimiento de carga por taladro, esto para taladros con una altura entre 10 a 15 metros.

2.2.5.4 Primado de Taladros de Precorte

Antes de realizar esta operación, se realiza el llenado de Check List de Cresta Talud, ver Anexo 3, el cual se elabora siempre que se trabaje en zonas muy cercanas a taludes y crestas; en esta actividad el primado de taladros de precorte se realiza casi siempre a corta distancia del talud, por eso se verificará el estado del talud, la posible caída de rocas, la presencia de cables eléctricos que alimenten a equipos de gran envergadura, posibles equipos trabajando en niveles superiores, etc.

Para esta actividad se utiliza el explosivo 1.1 D Senatel PowerSplit, que viene en presentación por caja de 16.2 kg., cada caja contiene 24 salchichas de emulsión encartuchada. Se coloca una caja por cada taladro, se abre y se comienza a descender la sarta de salchichas evitando tener fricción entre la boca del taladro y el explosivo, realizando agarre y brazada. Se asegura el taladro, realizando un amarre entre las líneas de cordón detonante que excede de las sartas de salchichas entre 2 taladros continuos. Si el primado lo realiza una sola persona, deberá primero abrir dos cajas de explosivo 1.1 D Senatel PowerSplit y unir los dos extremos de cordón detonante.

2.2.5.5 Primado de Taladros en Secundarios y/o Bolonería

Se realizará la verificación y contabilización total de los taladros perforados a cargar para preparar las primas necesarias, estas primas se realizan con el uso de cordón

detonante y salchichas de emulsión encartuchada. La dimensión de las primas dependerá del tamaño de la Bolonería y posición de los equipos en la zona de carguío y posterior disparo.

2.2.6 Carguío de Taladros

Para el carguío de taladros, se toman ciertas consideraciones de terreno, ya que para taladros secos se utiliza el sistema de carguío vaceable y para taladros con presencia de agua se usa el sistema de carguío bombeable. Se especifica a continuación:

2.2.6.1 Carguío de Taladros Secos

Una vez ubicados en la malla de perforación y antes de comenzar la operación, el Ingeniero Residente y/o Técnico Supervisor inspecciona el área para identificar los peligros, evaluar riesgos y tomar medidas de control, esto se implementa en el IPERC. El Operador de camión mezclador solicita autorización por radio para salir de los silos de abastecimiento hacia la malla de perforación a cargar, tomando la ruta que el supervisor a cargo le indique. Llegando al proyecto de carguío, el operador de camión mezclador solicitará permiso para ingresar a la malla de perforación, asimismo un personal apoya dirigiendo el tránsito del camión dentro de la malla. El Técnico Supervisor coordina y da las indicaciones de los taladros a cargar, dejando siempre una separación de una fila de taladros entre la zona de carguío y las perforadoras o equipos en general. Se considera taladro seco para carguío, cuando se aplica el sistema vaciable con cero presencia de agua.

El operador de camión mezclador revisa el plano de carguío con el diseño de las cargas, verificando la densidad de la mezcla explosiva en el PLC antes de cargar el primer taladro, extiende el brazo de descarga y lo coloca lo más próximo al suelo, ahí el operador de carguío coloca el cono con manga enganchándolo al brazo de descarga, luego lo posiciona en el taladro de inicio y se recepciona la primera descarga de mezcla explosiva en una bolsa, así se verifica que la dosificación de la mezcla sea la requerida,

el material recepcionado se arrojará sobre medio metro del taco inerte del taladro para evitar ensuciar el proyecto.

Se toma una muestra de la mezcla explosiva en el tercer taladro de carguío para calcular la densidad in situ con la que se está cargando, esto es un control QA/QC para medir la calidad del producto, por ningún motivo el operador de camión iniciará el carguío sin el operador de piso.

El operador de carguío medirá la longitud del taco con la wincha, según el diseño de carguío, e indicará cuando la mezcla llegue al taco de diseño; el carguío siempre se realiza de preferencia de forma frontal del camión por ambos lados, y, en retroceso por el lado izquierdo del operador del camión, de existir una sobrecarga de mezcla explosiva, esto se reporta inmediatamente al supervisor de turno y se tomarán las medidas necesarias de remediación.

2.2.6.2 Carguío de Taladros con Agua

Se considera cargar con sistema bombeable a la menor presencia de agua en el taladro, ya que realizarlo de otra manera podría generar complicaciones al momento de la detonación, todo esto conllevará a que la fragmentación no sea la adecuada para su carguío, así como también la presencia de gases de voladura. Para esta actividad las primas llevan consigo un peso en mallas de polipropileno, para que estas desciendan hasta una altura de un metro del piso del taladro. El operador de camión se posiciona en el taladro de inicio y con el apoyo del operador de carguío ubican la manguera de descarga para la limpieza de este, los residuos se juntan y depositan en una bolsa, esta se arroja sobre material inerte en el taco del taladro. El operador de camión lubrica el interior de la manguera con agua antes de iniciar el carguío, también regula el paso de la rotación del carrete de la manguera para que enrolle automáticamente a una velocidad que permita el tiempo adecuado de reposo de la mezcla explosiva y que desplace el agua evitando atraparla en su interior, de no realizarse con cuidado esta acción, se podría afectar la energía y rendimiento del explosivo.

El operador de carguío mide la longitud del taco con la wincha como se observa en la Figura 13, según el diseño de carguío, e indica cuando la mezcla alcance la altura del taco. Si se identifica escenarios que requieran atención para el equipo de voladura, por ejemplo: sobrecargas en taladros que podrían causar eventos de FlyRock, tapado inadecuado, collar fracturado; esto se reporta inmediatamente al supervisor de turno para tomar las medidas necesarias de remediación.

Figura 13

Carguío de taladro con sistema bombeable



Nota. Adaptado de Slurrex G [Fotografía], EXSA S.A., 2015, https://exsa.net/es/productos/slurrex-g

2.2.6.3 Carguío de Taladros Secundarios y/o Bolonería

El área se despeja de máquinas, equipos y personas ajenas a esta actividad a un mínimo de 30 metros, se procede a cargar los taladros de las rocas (Bolonería) y pisos, sólo cuando el Ingeniero Residente y/o Técnico Supervisor lo autorice. Sí la roca a cargar excede los 1.5 metros, el personal de esta actividad debe utilizar escaleras; para subir o bajar por las escaleras se usa tres puntos de apoyo y en todo momento la escalera es sostenida por personal de apoyo. Para carguío de taladros en piso, se carga de

acuerdo al diseño que indique el Ingeniero de Asistencia Técnica, ya que por lo general estas cargas no exceden los 100 kg. Al finalizar la actividad el personal reporta la cantidad de taladros secundarios cargados.

2.2.7 Tapado de Taladros

La tarea de tapado se realiza mayormente con grava (zarandeada), el material granular seco es el mejor para el tapado, debido a la inercia y la alta resistencia a la fricción de expulsión, el tamaño del material como taco debe ser aproximadamente entre 10 a 15 % del diámetro del taladro, debido a que este tipo de material se amarra entre sí dentro del taladro; en caso no se disponga con el material de grava para realizar el tapado de los taladros, se coordina con el supervisor de perforación y disparos para realizar el tapado con detritus alrededor del collar del taladro.

Para el tapado se emplea el cargador de volteo o el minicargador, previamente se coordina la disposición de un volquete para que descargue la grava en una zona que no impida el tránsito a los vehículos cerca a la malla de perforación, es necesario que el personal de logueo, se asegure de haber probado todos los detonadores electrónicos con el Logger, así se podrá verificar que ninguna línea haya sido cortada en el momento del carguío, luego de esto da la conformidad para iniciar con el proceso de tapado de los taladros, como se aprecia en la Figura 14. Si se presenta el caso que hubiese alguna línea cortada en el proceso de carguío de mezcla explosiva, se reporta al personal de logueo y se comunica de inmediato al supervisor para que brinde la solución al evento. Una solución a esto es agregar otra prima completa de explosivo y detonadores al

taladro, para así agregar una carga mínima de mezcla explosiva y poder lograr la detonación completa del taladro.

Figura 14

Tapado de taladros con cargador de volteo



Nota. Adaptado de "Técnicas modernas en voladuras controladas en minería a cielo abierto" - Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, Cueva, O. (2016).

El tapado finaliza cuando se tiene un cono de material grava de aproximadamente 40 cm de altura por encima del collar del taladro, así se asegura el buen confinamiento de la energía al detonar la columna explosiva. Para realizar el tapado de voladuras secundarias o bolonería, solo se emplea una pala y un recipiente, esto debido a que los taladros solo tienen un diámetro de 5" (cinco pulgadas) y taparlos con un equipo grande solo hará que se atore el material y no se confine por completo el material en el taco.

2.2.8 Amarre de Taladros

El personal encargado de realizar el amarre de los conectores por detonador es el personal EBS, ya que este se encuentra capacitado y autorizado para realizar el amarre de todos los conectores por proyecto de voladura (Figura 15). Una vez terminado el tapado de taladros, el EBS realiza un logueo taladro por taladro, para verificar que ningún cable de cada detonador haya sido cortado o sufrido alguna fisura al momento del tapado, este proceso se realiza con el LOGGER II, este proceso se puede realizar con un máximo de 500 detonadores por logger. Una vez hecho este proceso en todos los detonadores, se comienza con el amarre de los detonadores al cable dúplex, este es un cable de acero con recubrimiento de cobre, color amarillo y verde; al terminar de conectar todos los detonadores, se instala el remoto – remoto, que consta del logger conectado al BLASTER 3000 y una antena, los cuales servirán para iniciar la voladura, estos se instalan a una distancia de 200 metros fuera de la malla de voladura.

El personal EBS se ubica fuera del área de influencia de la voladura, desde el cuál pueda visualizar con claridad el proyecto, ya que se instala un blaster que será el que envié la señal de inicio al blaster que se colocó fuera de la malla de voladura, iniciándose así la secuencia de detonación de todos los taladros. Una vez terminado el disparo de la malla de voladura, el personal EBS retorna al punto para recoger los equipos y verificar posibles daños.

Figura 15

Conexión de detonadores a cable dúplex



Nota. Elaborado por el autor

2.3 Plataforma Digital BLAST IQ y su aplicación

A continuación, se describe aspectos importantes relacionados a los módulos ShotPlus 6 y Blast IQ Mobile con su reportabilidad en Insights, así como sus componentes y aplicaciones dentro del rubro minero operacional.

2.3.1 ShotPlus 6

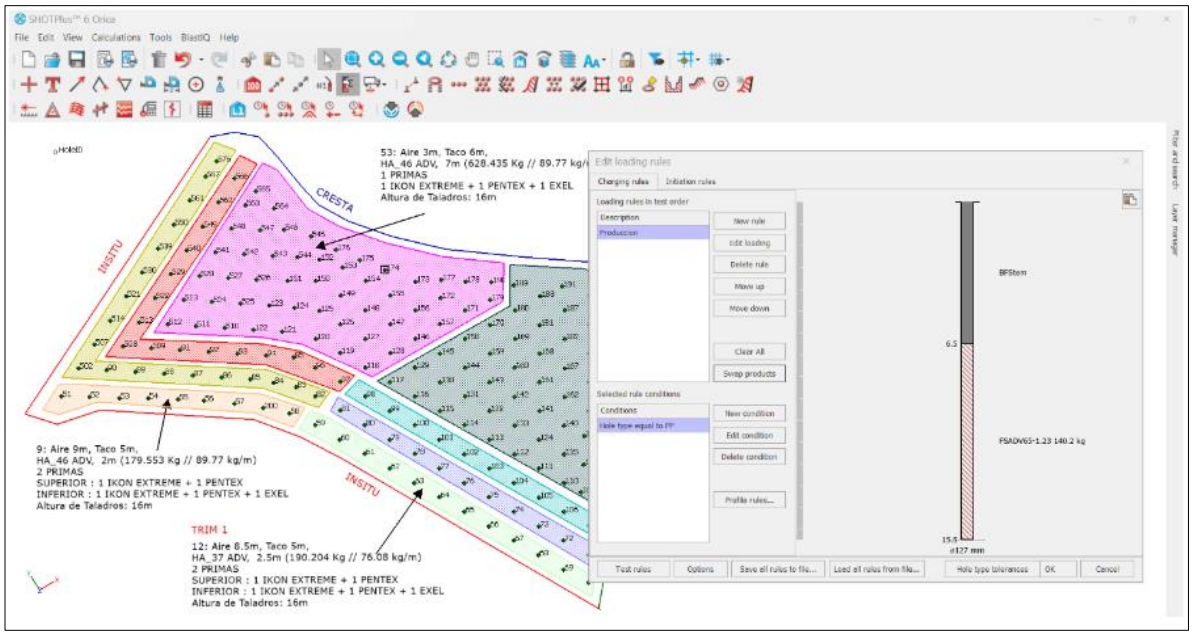
El ShotPlus 6 es un software de diseño y modelamiento, propiedad de Orica, que brinda un modelo 3D completo de la malla de voladura, que, además, incluye una herramienta con la cual se pueden rotar los taladros desde cualquier ángulo o proximidad, desde la superficie de la malla hasta el piso de perforación.

El software permite generar diseños de perforación, diseños de carga de taladros con reglas de carguío específicas, también puede modelar fragmentación y vibraciones, la cual ayuda a predecir correctamente cuáles serán los resultados. Con el ShotPlus 6 se puede asignar la energía correcta a los taladros en base a sus condiciones, integrando la información de conocer los recursos realizándolo taladro a taladro, de esta manera se obtiene la fragmentación requerida por el cliente, cuidando el talud y el medio ambiente; el talud porque al asignar la carga necesaria a cada tipo de taladro, no genera exceso de energía que pueda causar altas vibraciones que dañen el talud y sobreperforación, y medio ambiente, porque controla los niveles permisibles de ruido y gases residuales de voladura.

ShotPlus 6 presenta 20 tipos diferentes de condiciones que se puede evaluar para el diseño de carguío, los diseños se van actualizando en base a reglas de carguío (tipo de taladro, presencia de agua, tipo de roca), también puede definir que un taladro de 7 metros de profundidad versus otro que mida 8 metros, sean cargados de manera diferenciada, esto se aplica más que todo a proyectos de voladura en rampas. Cabe resaltar que el uso del ShotPlus 6 se orienta a las voladuras que implican carguío con un camión fabrica. Se necesita tener los datos de tres puntos en coordenadas UTM del sitio, para poder georreferenciar los planos, de esta manera cuando se ingresen las coordenadas de los taladros, se tiene la ubicación real de las mallas de voladura en el software, ya que el ShotPlus 6 trabaja con la data real de los puntos de carguío. Al diseñar el carguío, se puede generar condiciones de primado, esto significa que, se puede agregar al taladro un booster de 02 libras, 01 detonador electrónico y 01 detonador no electrónico como condición #01, también agregar 02 booster de 02 libras, 02 detonadores electrónicos y 02 detonadores no electrónicos como condición #02, y así todas las condiciones que se desee para el primado del taladro, tal como se muestra en la Figura 16.

Figura 16

Diseño de carguío para taladros con el módulo ShotPlus 6



Nota. Elaborado por el autor.

Este software, al ser propiedad de Orica, solo puede ejecutarse en computadoras de trabajo con licencia otorgada por la misma empresa, en pocas palabras, no se puede ejecutar o hacer uso de este software sin la licencia en otros dispositivos, para poder hacer uso del ShotPlus 6 en otras computadoras, será necesario comprar la licencia o solicitar una licencia estudiantil.

2.3.2 Blast IQ Mobile

Al realizar los diseños de carguío, modelar la fragmentación, vibraciones, no tendría mucho valor si no controlamos la ejecución de la voladura, para esto funciona el Blast IQ Mobile, el cual es una Tablet digital la cual se utiliza en el campo, para poder realizar la medición QA/QC, esto quiere decir, un control y un aseguramiento de

la calidad de la información de perforación, para hacer un chequeo de la medición de las alturas de los taladros y compararlos con el diseño.

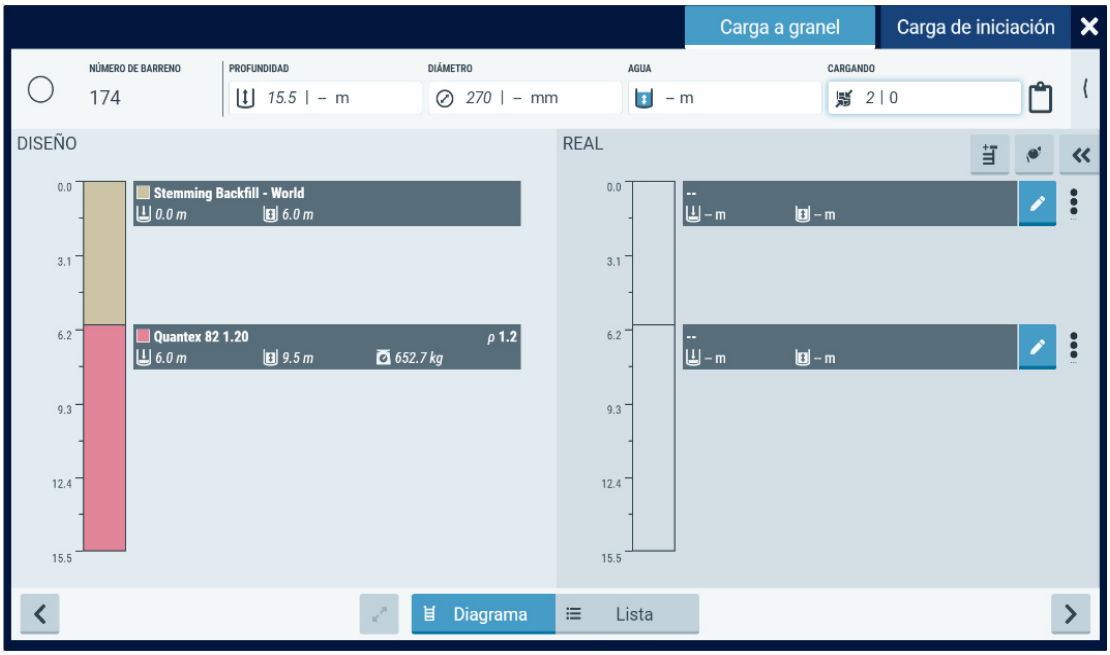
Con Blast IQ Mobile, se trabaja en ampliar el valor del proceso minero, digitalizando la información para automatizar procesos, realizando así los controles de calidad en campo gracias a este módulo. Entre sus usos están la de ingresar la información de la medición de taladros y el carguío de explosivos, el carguío es un punto importante, porque en terreno cuando un operador ingresa que el taladro tiene presencia de agua de 1 metro o más, el sistema automáticamente le va a sugerir cual es el carguío correcto de ese taladro, diferenciándolo de uno que no tiene presencia de agua, de esta manera se realiza el proceso mucho más efectivo, en el sentido de no tener que estar confirmando constantemente la información con un supervisor o con los ingenieros de asistencia técnica, sino que simplemente el operador al ingresar la información en su tablet va a poder determinar cuál es el carguío correcto, cuantos kilogramos exactos es lo que se tiene que cargar a los taladros y de esta manera se hace el flujo de información más rápido y efectivo, estos diseños se pueden actualizar en base a reglas de carguío, las cuales pueden basarse en múltiples funciones, como generar reglas con presencia de agua, por tipo de taladro, tipo de roca los cuales se importan del ShotPlus 6, este es el beneficio más importante del sistema Blast IQ, ya que tanto los módulos ShotPlus 6 y el Blast IQ Mobile están enlazados entre sí, trabajan juntos de la mano.

Como se puede visualizar en la Figura 17, se presenta la vista general de como se ve en campo para el operador en cuanto al carguío de explosivos, al lado izquierdo se puede apreciar el diseño, ósea lo que se debería cargar en el taladro, y al lado derecho la información real, este diseño no tiene restricciones en general, quiere decir que si en el diseño indica que se debe cargar cierta cantidad de mezcla explosiva de acuerdo al tipo de taladro y su longitud, esto puede variar en campo, ya que el diseño solo indica una referencia de carguío, pero realmente en campo esto puede variar, así se podría agregar una cámara de aire entre la mezcla explosiva y el material de tapado si fuese necesario en el taladro, esto es muy importante, ya que nos entrega información precisa

de que bien aplicado están siendo los diseños y toda esta información luego se puede filtrar, obteniendo un reporte mensual de cómo se realizan los carguíos, la conciliación de perforación, etc.

Figura 17

Diseño de carguío de taladro en el módulo Blast IQ Mobile



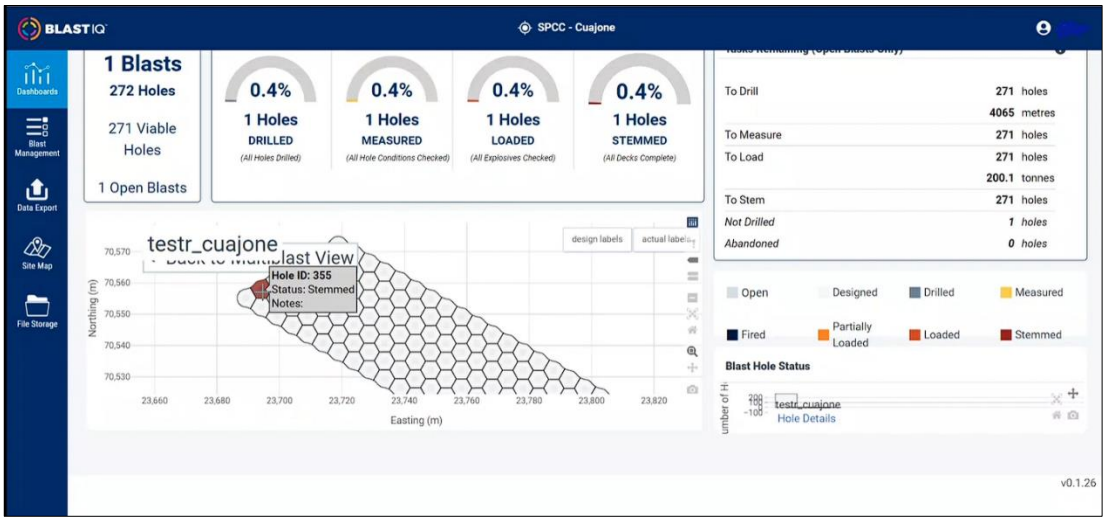
Nota. Elaborado por el autor.

De la misma manera, si el taladro tuviera presencia de agua, el sistema arroja un diseño de carguío que sirve como referencia para el operador, pero que realmente podría variar como suele suceder, sobre todo en la cantidad de mezcla explosiva que se carga, ya que es una condición muy común en algunos casos. De tal manera es que se logra conocer al detalle los taladros, de manera de obtener la certeza de que estructuras pueden presentarse en el taladro, si este se encuentra desbocado, agrietado, esto resulta en obtener una conciliación en el carguío de explosivos certera y se debería tener las menores deviaciones posibles que es el caso óptimo.

Como se puede apreciar en la Figura 18, un valor agregado que aporta el Blast IQ, es su reportabilidad en la plataforma Insights, en esta plataforma se puede visualizar en tiempo real el avance de los proyectos de voladura, tanto en el avance de la medición de taladros, el carguío y su posterior tapado, mostrando cifras reales del porcentaje que se completa en cada etapa, esto es un punto muy importante, ya que los mismos supervisores, así como el cliente pueden visualizar desde sus computadoras que proyecto de voladura está próximo a terminar su carguío.

Figura 18

Reportabilidad de carguío en la plataforma Insights del Blast IQ



Nota. Elaborado por el autor.

En cuanto a la conexión para implementar el Blast IQ, es fácil de trabajar, ya que esto se logra con la misma red mina, que muchas veces tiene conectividad con WIFI o con la red convencional de celular, no es necesario una red 4G, ya que los paquetes de datos que se transfieren son bastante pequeños, alrededor de 100-150 kbps. Con una señal de banda de un 2G o hasta un H+, es más que suficiente para transferir la información que es esencial para mantener la ventaja del tiempo real, de la conectividad, de la toma de decisiones, pero en general, es muy importante la conectividad WIFI o la red celular para aprovechar al máximo todo el sistema Blast IQ.

CAPITULO III

ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

3.1 Antecedentes

3.1.1 Antecedentes Internacionales

Para lograr reducir la disminución del peligro de un posible FlyRock o proyección de roca, se realizó el uso del ShotPlus, al identificar posibles fallas, las causas, el nivel de impacto en la operación y sus posibles afectos, analizando al detalle el proceso de detonación controlada con los accesorios I-Kon. (Lepileo, 2012)

La aplicación de explosivos de alta energía en la voladura permite rentabilidad técnica-económica, con el objetivo de optimizar la operación al reducir costos, esto, al haber realizado análisis de pérdidas por cargas direccionadas por una fragmentación gruesa, rendimientos del chancador y sus costos. (Aguirre, 2016)

El uso de iniciadores electrónicos y del software de diseño de voladuras, ShotPlus, arrojo una predicción de vibración de 1,82 mm/s, al compararlo con un registro real de 1,19 mm/s, en una voladura de 10.000 toneladas de caliza en el Título Minero 8420 – Mina La Calera, así se verificó en el uso del ShotPlus que hay una diferencia inferior de 34,6%, ubicándose este valor en los límites de la Norma Sueca de vibraciones, que establece este límite permisible en 2,71 mm/s. (Diario Oficial, 2019)

El algoritmo del software ShotPlus, permitió graficar en minas a cielo abierto, el diseño de perforación y voladuras, así poder ser usado como una importante herramienta por los ingenieros; el estudio se realizó en el yacimiento “Castellanos”, analizaron los principales referentes teóricos sobre trabajos realizados en materia de perforación y voladura. (Cerulia, 2018)

Se realizó una comparativa entre el software ShotPlus y otro software con las mismas funciones, obteniéndose como resultado que el ShotPlus se hace más accesible al usuario, permitiéndole desarrollar el carguío y diseño de una malla de voladura, brindándole herramientas para el sistema de iniciación electrónico I-Kon, como realizar desde una sola ventana el carguío completo de explosivos en los pozos. (Quevedo, 2015)

3.1.2 Antecedentes Nacionales

Se optó por una secuencia de detonación en “V” con detonadores electrónicos, generando resultados óptimos en la fragmentación. Esto se realizó con el software ShotPlus, tanto en la configuración de tiempos como la secuencia de voladura, logrando así oportunidades de mejora para el desarrollo de futuros diseños y voladuras en la mina. (Mamani, 2018)

Para determinar el diseño de malla de perforación, se procedió a ingresar los datos al software ShotPlus, al haber obtenido parámetros de perforación y haber elegido el tipo de explosivo ideal, luego se procedió a distribuir las cargas en cada taladro, tanto en taladros de precorte, buffer y producción, así se pudo reducir costos operativos y se obtuvo una fragmentación ideal. (Gutierrez y Rodriguez, 2012)

Se desarrolló una simulación y modelamiento de voladuras controladas aplicando el software ShotPlus de Orica, esto se desarrolló al aplicar distintas cargas de retardo en los detonadores electrónicos. Al recopilar los resultados en cada una de las 109 pruebas de campo, obtenidos de la simulación, se pudo obtener parámetros ideales para cada tipo de malla de voladura, determinando un secuenciamiento y un factor de carga óptima de salida. (Bobadilla, 2016)

Una empresa contratista, realizó el diseño de amarre e iniciación, quienes importaron la data mediante un archivo txt. y el plano de diseño de la malla. Tomaron consideraciones con respecto a tiempos, para el diseño de amarre y salida, de esta manera verificaron que, al realizar el disparo, no hubo presencia de ningún TQ, por lo cual no hubo necesidad de programar ningún detonador no electrónico. (Barreda, 2019)

Se logró analizar las secuencias y los amarres de disparo mediante el uso del software ShotPlus, el cual permite la función de importar distancias que comprende un manto de carbón, así permitió determinar un escenario en el cual se podría hallar un taladro y mostrar una configuración del carguío para dicho taladro. (Basilio, 2014)

3.2 Objetivos

3.2.1 Objetivo General

- Implementar el diseño y gestión de voladuras mediante la aplicación del Blast IQ para optimizar tiempos operativos en la Unidad Minera Cuajone.

3.2.2 Objetivo Específico

- Optimizar tiempos operativos de carguío y beneficio de la información.
- Optimizar tiempos operativos en las actividades de carguío de MEQ y su reportabilidad con el módulo Blast IQ Mobile.

CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN Y APORTES

4.1 Discusión

La implementación de la plataforma Blast IQ con su módulo ShotPlus para el diseño de voladuras, optimiza el diseño de amarre y salida, Barreda (2012), tomó en consideración los tiempos, tanto para el diseño de amarre y secuenciamiento de salida, así se pudo demostrar que no hubo presencia de ningún TQ, por tal motivo no existió necesidad de iniciar ningún detonador no electrónico. Mamani (2018) optó por realizar un secuenciamiento de voladura en "V", obteniendo como resultado una fragmentación optima, esto debido al uso de detonadores electrónicos. La configuración de secuencia de salida de tiempos lo realizó con el software ShotPlus. En nuestro informe coincidimos con lo precisado por Barreda y Mamani, porque se demostró que realizar un secuenciamiento de voladura con una simulación de tiempos, brindó resultados ideales en la fragmentación de roca, con apoyo del software ShotPlus.

Lepileo (2012) utilizó el módulo ShotPlus para el diseño de secuencia de voladura, para así evaluar y optimizar la disminución de un probable FlyRock o proyección de roca, analizando detalladamente el proceso de detonación controlado por los dispositivos I-Kon, Quevedo (2015), pudo realizar el carguío de explosivos completo de los pozos desde una sola ventana con el software ShotPlus, así como también herramientas específicas para el sistema de iniciación electrónico, realizando de manera muy sencilla la configuración de detonadores I-Kon.

Diario Oficial (2019) verificó que el uso del software ShotPlus, puede arrojar un valor aproximado de los límites permisibles de vibraciones realizando una simulación en el software. Este valor se encontraba dentro de los límites permisibles

de vibraciones de la Norma Sueca de vibraciones SS4604866. Gutierrez y Rodriguez (2012) y Basilio (2014) realizaron una distribución de cargas para cada tipo de taladro, diseñando los carguíos por taladro, obteniendo beneficios tantos en los costos operativos como en la fragmentación final de la roca,

4.2 Aportes

4.2.1 Mejora en reportabilidad de área cargada

Al realizar la implementación del Blast IQ Mobile, se facilita la revisión de las zonas cargadas en cada malla de voladura, al tener digitalizado la malla en la tablet digital, podemos ingresar al proyecto que deseemos y visualizar cuales son los taladros que se cargaron, todo esto en tiempo real, así tener el dato de los taladros cargados en el día, como se aprecia en las Figuras 19 y 20. Esto es posible ya que todas las tablets digitales están enlazadas por un mismo sistema, cada vez que un operador carga un taladro, esto aparecerá en las demás tablets de los operadores, teniendo así la información al instante. Para esto es muy importante la conectividad que presente la mina, ya que esta permitirá la transferencia de datos entre todos los dispositivos.

Un beneficio importante, es que, de no presentar cobertura para la transferencia de datos dentro de la mina, el operador de camión mezclador, puede realizar el llenado del carguío en la tablet sin ningún problema, una vez finalizado su carguío, al dirigirse a una zona donde haya mejor cobertura, la tablet automáticamente cargará toda la información que almaceno durante el carguío, al sistema, así se transferirá está a todos los demás dispositivos, obteniendo en tiempo real los demás operadores la información, del proyecto a cargar.

Figura 19

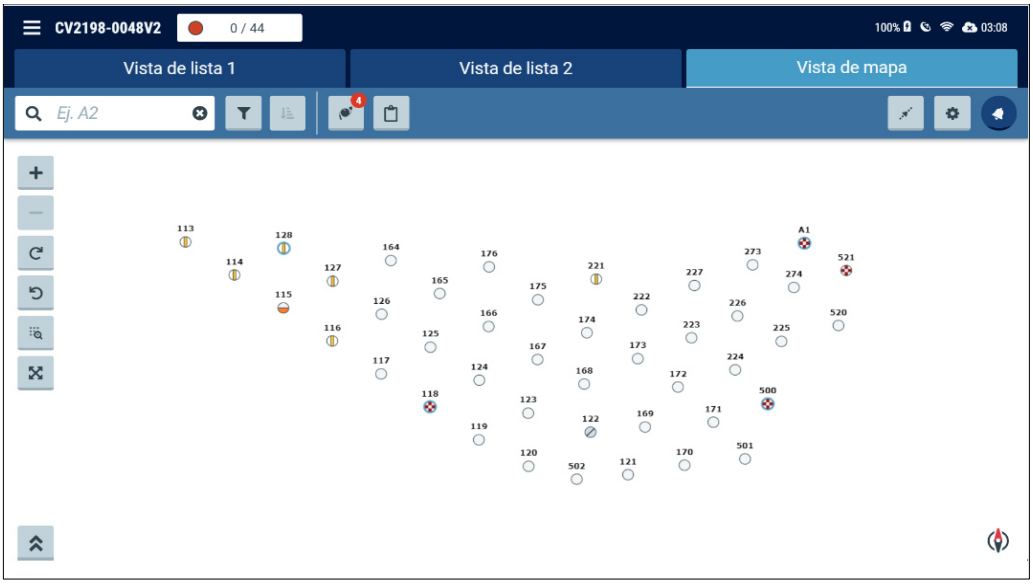
Malla de voladura digitalizada en Blast IQ Mobile



Nota. Elaborado por el autor

Figura 20

Taladros cargados en Blast IQ Mobile



Nota. Elaborado por el autor

4.2.2 Mejora en la entrega de diseños de carguío

La implementación de la plataforma BLAST IQ ha mejorado este proceso, debido a la rapidez del diseño de cargas, apoyándose con el módulo SHOT PLUS 6, el Ingeniero de Asistencia técnica realiza los diseños de carga; al conocer al detalle cuales son las características del terreno, se puede evaluar los diseños de voladura al instante, ya que este módulo puede almacenar hasta 20 tipos de condiciones de terreno a los cuáles se les puede asignar un diseño de carguío de explosivo en forma inmediata, con esto se pudo lograr asignar las energías correctas en base a sus condiciones, integrando la información que se recopilo en campo en base a las longitudes de los taladros y las características del macizo rocoso, logrando obtener la fragmentación deseada por el cliente. Esta información recopilada se obtiene directamente del módulo Blast IQ Mobile, ya que ambos módulos están integrados entre sí, la información que se obtiene en campo y la data que se crea en oficina se puede visualizar tanto en la tablet digital, como en el computador.

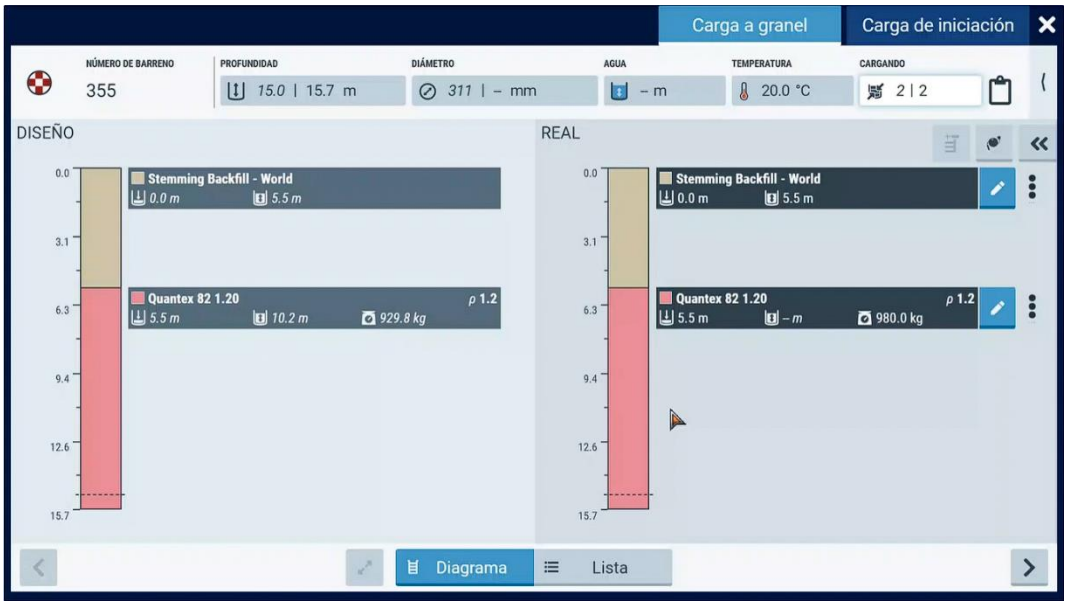
Al terminar el diseño de carguío, este se puede cargar directamente al sistema del Blast IQ Mobile, teniendo así todos los operadores de MMU la información de diseño a la mano, ya que cada operador cuenta con una tablet digital asignada a su camión MMU. Esto beneficia bastante en cuanto a tiempos operativos, ya que antes de la llegada del BLAST IQ, todo este proceso se hacía manualmente, realizando cálculos en un software que tenía ciertas características similares al SHOT PLUS 6, pero con muchas restricciones, por ejemplo, los diseños se tenían que imprimir en hojas y estas se debían de llevar hasta los operadores de MMU, esta era una tarea que tomaba tiempo, ya que los operadores no podían empezar la actividad de carguío sin el diseño de carguío, pero con el BLAST IQ se aceleró este proceso en un 90%, ya que el diseño se obtiene casi al instante, solo toma realizar un reinicio al sistema de la tablet digital para que el diseño realizado por el Ingeniero de Asistencia Técnica se pueda descargar en la tablet y cargarse al sistema Blast IQ Mobile. En la tablet digital, los operadores de MMU podrán visualizar el ID del proyecto, su nivel y la cantidad de taladros proyectados al finalizar la perforación.

4.2.3 Mejora en el carguío de taladros con MEQ

Ya habiendo registrado la altura real de los taladros, el BLAST IQ MOBILE mostrará el diseño de carga sugerido para el taladro en específico (Figura 21), ya que un taladro con una altura de 16 m no llevará la misma carga que un taladro con una altura menor, esto debido a que la altura del taco se debe mantener, mas no la altura de la carga, se debe considerar también que la mezcla explosiva Quantex, incrementará su volumen en el taladro hasta un metro lineal, debido al aditivo gasificante, considerando todo esto, es que el Operador del MMU digitará en el PLC del camión la cantidad de mezcla explosiva y densidad de esta a cargar; se considerará las proporciones de la mezcla explosiva Quantex tanto como el ANFO y la emulsión Slurrex G, pudiendo ser estos mezclas Quantex 73, 82 ó 91.

Figura 21

Diseño de carguío versus diseño de carga real en campo



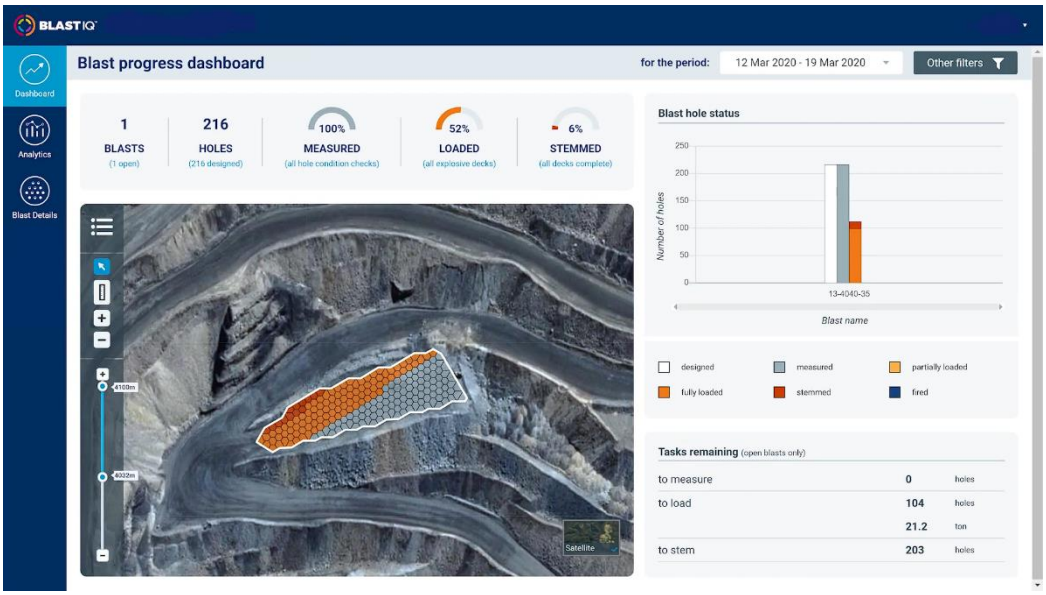
Nota. Elaborado por el autor.

4.2.4 Mejora en la reportabilidad para supervisores

Uno de los beneficios del módulo Blast IQ Mobile, es su plataforma de reportes en el Insights, aquí, los supervisores pueden tener acceso de visualización a todas las mallas de voladuras proyectadas a cargarse, tanto como el Ingeniero Residente como el cliente, pueden acceder a esta plataforma, donde podrán observar cual es el avance en tiempo real de los proyectos, que taladros han sido medidos, cargados o tapados, también la cantidad total de taladros y la cantidad de mezcla explosiva total que se viene cargando en la malla de voladura, este último dato se obtiene debido al llenado de los operadores de camión mezclador en campo, ya que no considera el diseño, solo el dato real de la cantidad de MEQ que se viene cargando a cada taladro. Esto es algo innovador, ya que así el cliente puede tomar decisiones en tiempo real, para así quizá cambiar los planes y parar el carguío en un proyecto para darle prioridad de avance a otro, y así poder dispararlo a la brevedad del caso, esto es una coordinación entre las áreas de perforación, disparos, geotecnia, ingeniería, operaciones mina y la gerencia.

Figura 22

Reporte de carguío en la plataforma Insights del Blast IQ



Nota. Elaborado por el autor

CONCLUSIONES

- Se implementó el diseño y la gestión de las voladuras mediante la aplicación del Blast IQ para optimizar tiempos operativos en la Unidad Minera Cuajone, en la empresa EXSA S.A.

- Se diseño las voladuras aplicando la plataforma Blast IQ con el módulo ShotPlus 6, obteniendo un beneficio en la reducción del tiempo de entrega de los planos con los diseños, logrando optimizar tiempos operativos de carguío y beneficio de la información.

- Se ha optimizado tiempos operativos en las actividades de carguío de MEQ y su reportabilidad con el módulo Blast IQ Mobile, el mismo que ha permitido gestionar las voladuras mediante la plataforma Blast IQ con una mejora de 40%.

RECOMENDACIONES

- Realizar periódicamente las capacitaciones al personal involucrado, en cuanto a alguna novedad que pueda surgir con la plataforma Blast IQ. El personal deberá pedir apoyo ante cualquier duda, y no actuará por iniciativa propia si no está seguro del manejo de la tablet digital.

- Respetar las cargas de diseño en rampa que sugiera el módulo Blast IQ Mobile, para evitar posibles sobrecargas que puedan generar FlyRock. Las rampas son los proyectos que mayor cuidado se debe considerar para el carguío de MEQ.

- Actualizar siempre el sistema de la tablet digital antes de salir a campo para realizar las labores del día, ya que en ciertas ubicaciones del tajo no hay buena cobertura y esta impedirá la transferencia de datos con el sistema.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Quispe, J. A. (2014). *Reducción de costos en perforación y voladura por la aplicación de cámaras de aire en la U.M. Constancia – Hudbay Perú S.A.C.* Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de San Agustín http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3913

Cerulia, A. E. (2018). *Procedimiento para el diseño gráfico del pasaporte de perforación y voladura a cielo abierto con la utilización del software ShotPlus.* Obtenido de Repositorio Institucional del Instituto Superior Minero Metalúrgico de MOA: https://ninive.ismm.edu.cu/handle/123456789/3745

Escolar, A. (9 de octubre de 2019). Resolución número 0000933 de 2019. *Diario Oficial.* Obtenido de: https://acmineria.com.co/acm/wp-content/uploads/2020/01/Resolucion-CRA-933-de-2019-Explosivos.pdf

Aguirre, A. A. (2016). *Optimización de parámetros de tronadura en función de explosivos de alta energía en Sociedad Contractual Minera el ABRA.* Obtenido de Repositorio Académico de la Universidad de Chile: https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/139156

Lepileo, P. C. (2012). *Análisis de modos de falla en el proceso de detonación electrónica.* Obtenido de Repositorio Académico de la Universidad de Chile: https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/111974

Mamani, Y. D. (2018). *Optimización de la fragmentación con el uso de detonadores electrónicos en la mina Toquepala.* Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann: http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/3211

Bobadilla, Y. T. (2016). *Modelamiento predictivo de vibraciones en campo lejano para el control de daño en chancadora primaria y poza pop en la Unidad Minera Lagunas Norte.* Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Trujillo: https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/9312

Flores, D. O. (2019). *Determinación de los parámetros de voladura para optimizar la fragmentación en zona de mineral en la Unidad Minera Cuajone.* Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad Tecnológica del Perú: https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/2296

Gutierrez, J. C., & Rodriguez, C. A. (2012). *Malla de perforación para la fragmentación optima en bancos de producción en roca tipo II en la zona norte tajo 2 – Mina Cerro Corona.* Obtenida de Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Trujillo: https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/1814

Basilio, E. E. (2014). *Reducción de la dilución de carbón aplicando voladura bajo manto.* Obtenido de Repositorio Institucional Pontificia Universidad Católica del Perú: https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/148229

Llacma, O. (2017). *Evaluación técnico-económica con el uso de emulsión gasificada en voladura Mina Cuajone.* Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad Nacional San Agustín: http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2988

Hilasaca, H. H. (2021) *Optimización de tiempos de espera de volquetes en la zona de descarga de mineral, para el incremento de la productividad en la Unidad Operativa Cuajone.* Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Moquegua: https://repositorio.unam.edu.pe/handle/UNAM/267

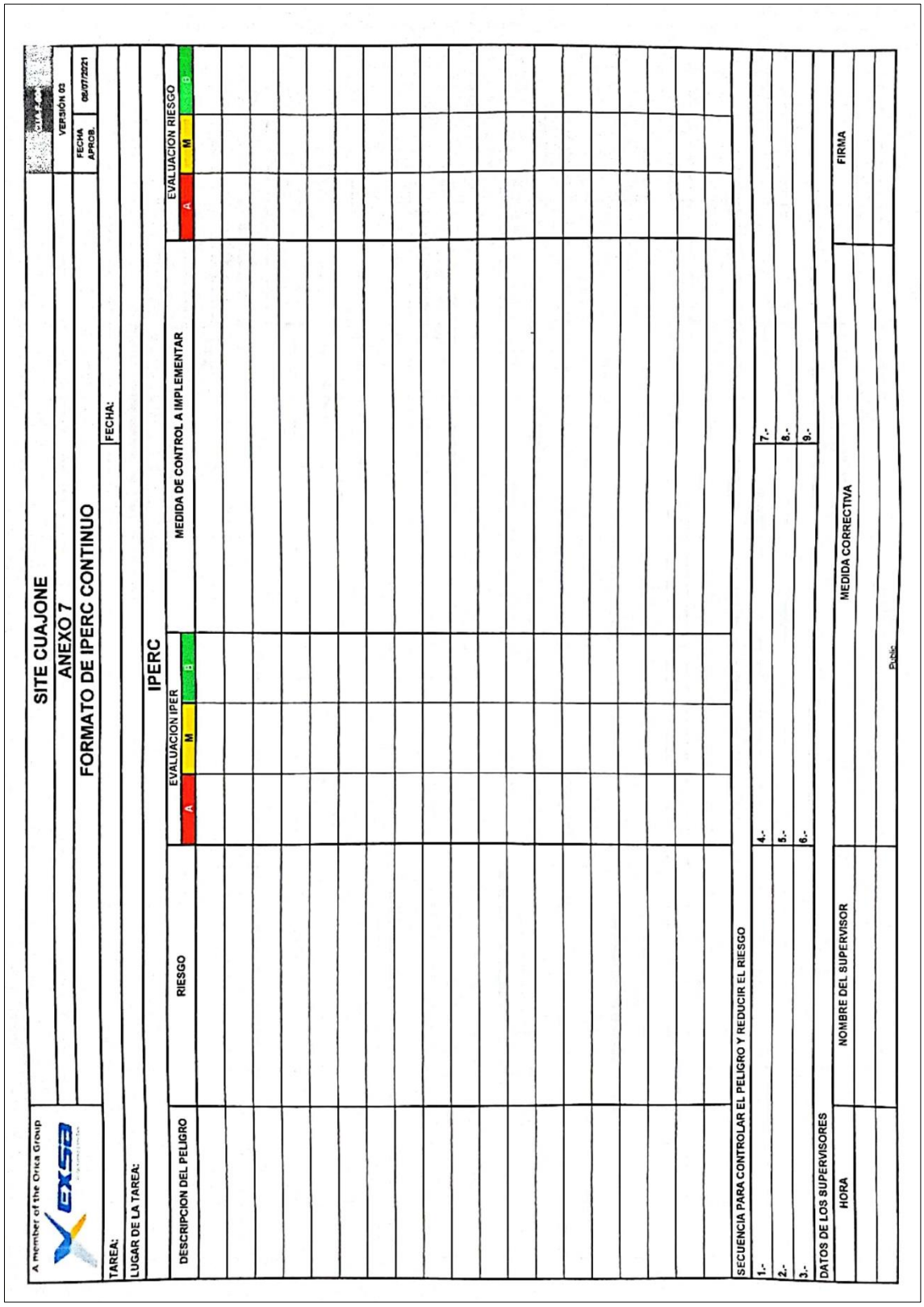
ANEXOS

ANEXO 1: Formato IPERC Continuo, lado A.

ANEXO 2: Formato IPERC Continuo, lado B.

ANEXO 3: Check List de Cresta Talud

ANEXO 1



A member of the Orica Group

EXSA

SITE CUAJONE

ANEXO 7

FORMATO DE IPERC CONTINUO

VERSIÓN 03

FECHA APROB. 08/07/2021

TAREA:

FECHA:

LUGAR DE LA TAREA:

IPERC

DESCRIPCION DEL PELIGRO	RIESGO	EVALUACION IPER			MEDIDA DE CONTROL A IMPLEMENTAR	EVALUACION RIESGO		
		A	M	B		A	M	B

SECUENCIA PARA CONTROLAR EL PELIGRO Y REDUCIR EL RIESGO

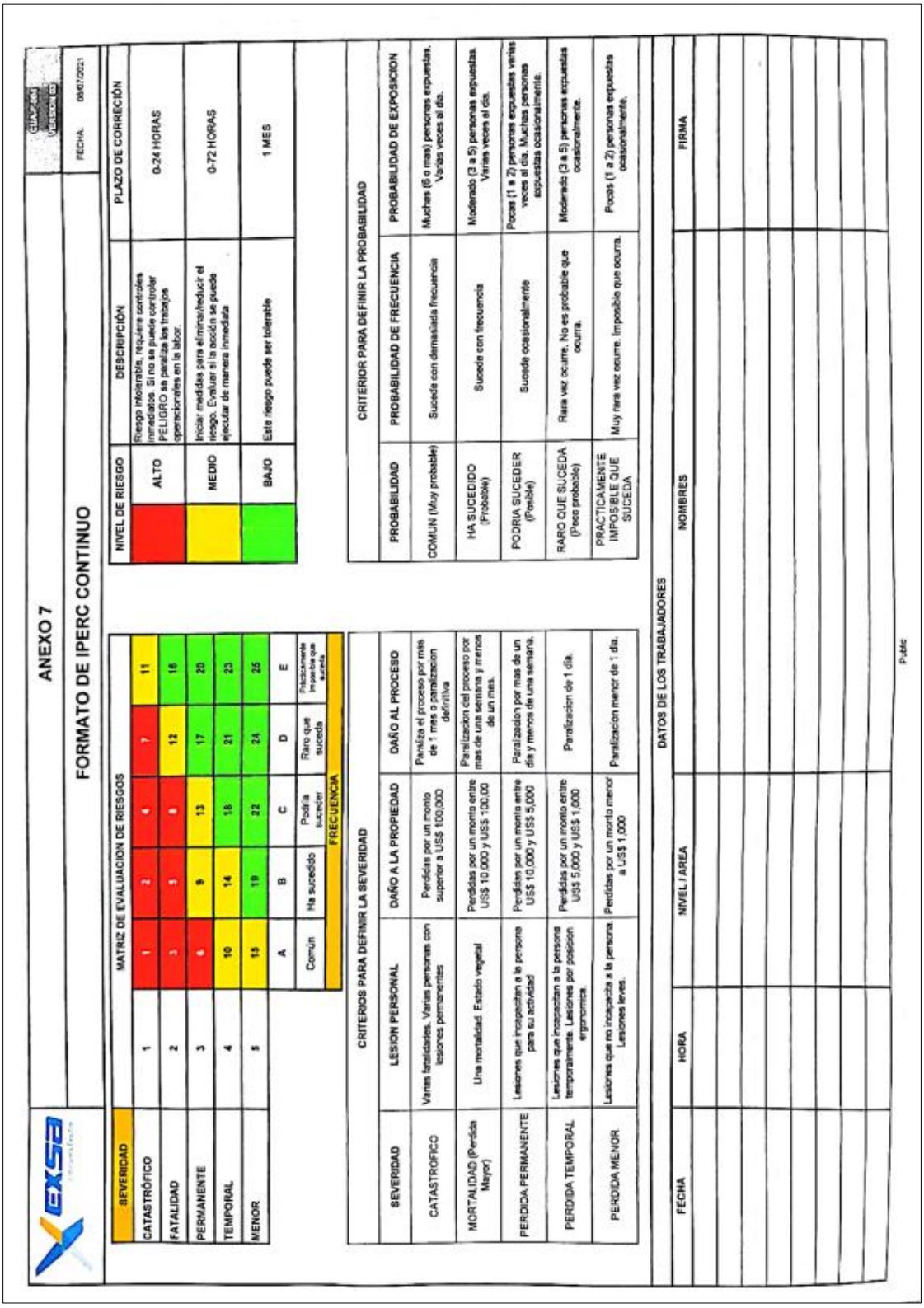
1.-
2.-
3.-
4.-
5.-
6.-
7.-
8.-
9.-

DATOS DE LOS SUPERVISORES

HORA	NOMBRE DEL SUPERVISOR	MEDIDA CORRECTIVA	FIRMA

Public

ANEXO 2



ANEXO 7

FORMATO DE IPERC CONTINUO

FECHA: 08/07/2021

MATRIZ DE EVALUACION DE RIESGOS

SEVERIDAD	A	B	C	D	E
	Común	Ha sucedido	Podría suceder	Raro que suceda	Prácticamente imposible que suceda
	FRECUENCIA				
CATASTRÓFICO	1	2	4	7	11
FATALIDAD	3	5	8	12	16
PERMANENTE	6	9	13	17	20
TEMPORAL	10	14	18	21	23
MENOR	15	19	22	24	25

NIVEL DE RIESGO		DESCRIPCIÓN	PLAZO DE CORRECIÓN
	ALTO	Riesgo inaceptable, requiere controles inmediatos. Si no se puede controlar PELIGRO se paraliza los trabajos operacionales en la labor.	0-24 HORAS
	MEDIO	Iniciar medidas para eliminar/reducir el riesgo. Evaluar si la acción se puede ejecutar de manera inmediata	0-72 HORAS
	BAJO	Este riesgo puede ser tolerable	1 MES

CRITERIOS PARA DEFINIR LA SEVERIDAD

SEVERIDAD	LESION PERSONAL	DAÑO A LA PROPIEDAD	DAÑO AL PROCESO
CATASTROFICO	Varias fatalidades. Varias personas con lesiones permanentes	Perdidas por un monto superior a US$ 100,000	Paraliza el proceso por mas de 1 mes o paralizacion definitiva
MORTALIDAD (Perdida Mayor)	Una mortalidad. Estado vegetal	Perdidas por un monto entre US$ 10,000 y US$ 100,00	Paralizacion del proceso por mas de una semana y menos de un mes.
PERDIDA PERMANENTE	Lesiones que incapacitan a la persona para su actividad	Perdidas por un monto entre US$ 10,000 y US$ 5,000	Paralizacion por mas de un dia y menos de una semana.
PERDIDA TEMPORAL	Lesiones que incapacitan a la persona temporalmente. Lesiones por posicion ergonomica.	Perdidas por un monto entre US$ 5,000 y US$ 1,000	Paralizacion de 1 dia.
PERDIDA MENOR	Lesiones que no incapacita a la persona. Lesiones leves.	Perdidas por un monto menor a US$ 1,000	Paralizacion menor de 1 dia.

CRITERIOR PARA DEFINIR LA PROBABILIDAD

PROBABILIDAD	PROBABILIDAD DE FRECUENCIA	PROBABILIDAD DE EXPOSICION
COMUN (Muy probable)	Suceda con demasiada frecuencia	Muchas (6 o mas) personas expuestas. Varias veces al dia.
HA SUCEDIDO (Probable)	Suceda con frecuencia	Moderado (3 a 5) personas expuestas. Varias veces al dia.
PODRIA SUCEDER (Posible)	Suceda ocasionalmente	Pocas (1 a 2) personas expuestas varias veces al dia. Muchas personas expuestas ocasionalmente.
RARO QUE SUCEDA (Poco probable)	Rara vez ocurre. No es probable que ocurra.	Moderado (3 a 5) personas expuestas ocasionalmente.
PRACTICAMENTE IMPOSIBLE QUE SUCEDA	Muy rara vez ocurre. Imposible que ocurra.	Pocas (1 a 2) personas expuestas ocasionalmente.

DATOS DE LOS TRABAJADORES

FECHA	HORA	NIVEL / AREA	NOMBRES	FIRMA

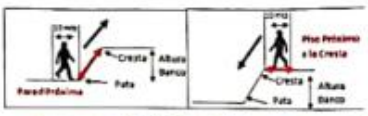
Public

ANEXO 3

	SITE CUAJONE	CUA-F-105
A member of the Orica Group Yaxsa	Evaluación de Riesgos Condición de Área de Operación	EDICIÓN 02

Trabajos a menos de 10 Metros de la Pata y cresta del Banco en malla y area carguio de explosivos

Supervisor de Tronadura:
Faena:
Fecha y Hora:
Especifique el área evaluada:
Evaluación valida sólo por 1 día



N°	Factor	RANGO DEL RIESGO Bajo	Moderado	Alto	Descripción Gráfica	EVALUACIÓN DEL SUPERVISOR Es aceptable el área para efectuar el proceso de tronadura	NO Es aceptable el área para efectuar el proceso de tronadura	OBSERVACIONES
1	Bloques sueltos con posibilidad de caída desde el talud.	No se observan	Presencia de bloques aislados.	Presencia de abundantes bloques.				
	Existencia de Maquinaria Pesada, trabajando en bancos superiores	Fuera de la línea de fuego	Dentro de la línea de fuego					
3	Presencia de agua en la pared próxima.	Área seca.	Área húmeda.	Abundante caudal de agua.				
4	Condiciones por efectos climáticos	Seco y sin viento.	Lluvia débil, o viento moderado.	Lluvia fuerte, tormenta eléctrica o fuertes ráfagas de viento.				
5	Presencia de grietas en el piso próximo a la cresta	No se observan.	Grietas abiertas a menos de 2 m de la cresta (fuera de la zona de carguío)	Grietas abiertas dentro de la zona de carguío				
6	Presencia de agua en el piso próximo a la cresta (10m).	Área seca.	Área húmeda.	Presencia de caudal de agua.				
7	Existencia de pretil de seguridad	Existe.	No Existe. Es necesario la colocación de conos cada 5 m.					
8	Bermas superiores saturadas de material	No se observan o solo parcialmente	Solo la primera berma superior saturada	La primera y segunda berma superior o más saturadas				

Importante: Si no hubo rango **ALTO** y se obtuvo menos de tres rangos **MODERADO** el acceso debe ser aprobado por el Ingeniero Seguridad /Sustentabilidad y/ó Gerente del sitio. Si hubo algún rango **ALTO** no ingresar hasta que el área se encuentre saneada (en condiciones seguras para trabajar). Si presenta 4 o más rangos **MODERADO** consultar al gerente del sitio (en consulta con Ingeniero Seguridad / Sustentabilidad) quien decidirá si se puede entrar y que controles adicionales deben ser usados en terreno.

III. EVALUACIÓN DE CONDICIONES GENERALES (Marque con una X según la evaluación debajo de las respuestas que correspondan (SI) o (NO).

N°	Condición a evaluar	SI / No	Observaciones	Acción
1	Mina con cuenta con CSRR actualizado			Solicitar actualización de documento
2	Sector cuenta con plan de tráfico			
3	Sector cuenta con labores antiguas bajo el piso de trabajo			Solicitar a especialista del cliente revisión del sector
4	El sector está considerado como suelo reactivo			Solicitar revisión del sector y considerar las medidas de seguridad de acuerdo al lugar
5	El sector tiene actividad geotérmica			Solicitar revisión del sector y considerar las medidas de seguridad de acuerdo al lugar

Supervisor de tronadura

Public

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 : Diego Adrian Quispe Anahua
DNI/Carnet de Extranjería/Pasaporte N° : 71011695
Correo electrónico : Diegoanahua17@gmail.com
Teléfono/Celular : 992130304

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 PUBLICACIÓN

a) Título : "OPTIMIZAR TIEMPOS OPERATIVOS EMPLEANDO EL DISEÑO Y GESTIÓN DE VOLADURAS MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL BLAST IQ"
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 : Arquímedes León Vargas Luque
b) DNI/Pasaporte/Cédula : 01309736
c) ORCID : 0000-0001-7619-2844

FIRMA :

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 71011695
NOMBRES Y APELLIDOS : Diego Adrian Quispe Anahua

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 : 71011695

NOMBRES Y APELLIDOS : Diego Adrian Quispe Anahua

FECHA : 2022