UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

Escuela Profesional de Ingeniería de Minas

“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”

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

PRESENTADO POR:

BACH. HAYAR HANS HILASACA GÓMEZ

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

MOQUEGUA – PERÚ

2021

UNAM
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA
UNAM SECRETARIA GENERAL

10

Folio N° 017

ACTA DE SUSTENTACIÓN

I. Modalidad:

Tesis : ☐

Trabajo de Suficiencia Profesional : ☒

Otro: ..... : ☐

II. Documento de aprobación para la sustentación:

RESOLUCION DE FACULTAD N° 063-2021-FACIA-UNAM

Fecha: 27.10.2021

III. El Jurado ha dictaminado la (el) TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL, TITULADO: "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"

Bachiller: HAYAR HANS HILASACA GÓMEZ

Asesor Principal: MGR. JORGE LUIS TOMAS FLOREZ SOLAS

Co-Asesor : —

IV. Se dictamina:

Como: APROBADO por UNANIMIDAD la sustentación de manera:

Presencial ☐ Virtual ☒

Con nota: DIECISIETE (17) por lo que; Sí ☒ No ☐

Opta el Título Profesional de INGENIERO DE MINAS.

Siendo las 10:00 horas, del 29 de OCTUBRE del año 2021 se procede con la firma en conformidad de lo dictaminado por el Jurado.

Presidente
Arquímedes León VARGAS LUQUE
(Nombres y Apellidos)

Primer Miembro
AGAPITO FLORES JUSTO
(Nombres y Apellidos)

Segundo Miembro
Haroldo Alcides Pino Valencia
(Nombres y Apellidos)

Bachiller
Hayar Hans Hilasaca Gómez
(Nombres y Apellidos)

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con todo cariño a mis padres Carlos y Lidia, por su dedicación, apoyo constante durante mi carrera universitaria y en todo momento, por llenar mi vida de buenos valores y guiarme con sus valiosos consejos.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mis sinceros y profundos agradecimientos a Dios y a mis padres por darme la oportunidad de cursar mis estudios en la Universidad Nacional de Moquegua, mi Alma Mater, a mis docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, por las enseñanzas en el desarrollo de mi carrera y gratos recuerdos en las aulas.

Mi agradecimiento al Mgr. Ing. José Salas Medina quien desde el primer año de universidad me brindó su amistad y me guío con sus consejos personales y profesionales, al Ing. Javier Salazar Muñoz quien confió en mi trabajo y me dio la oportunidad de acompañarlo en sus proyectos y trabajar junto a su persona, al Mgr. Ing. Jorge Luis Florez Salas asesor de mi trabajo de investigación, por su incondicional ayuda en mi formación profesional como ingeniero de minas.

Así mismo, a la empresa Southern Perú Copper Corporation, Unidad Minera Cuajone, a todo el equipo de Gerencia Mina por darme la oportunidad de crecer en mi desarrollo profesional.

..

RESUMEN

El presente informe de suficiencia profesional se realiza respecto a la problemática hallada en la zona de descarga de mineral sulfurado en la chancadora primaria, el cual presentaba una cola de hasta 4 volquetes al momento de la descarga, dicha problemática se tenía desde la instalación de chancadora primaria en mina en el año 2018 en una unidad operativa minera Cuajone, los motivos de esta son principalmente por el exceso de número de volquetes de diferentes tonelajes para el acarreo de mineral, y la falta de coordinación entre acarreo de mineral y recepción de chancado primario. Por tal razón se planteó analizar el motivo de colas de volquetes y tiempos de esperas de volquetes, para incrementar la productividad de la mina Cuajone, a través de un análisis de distribución de tiempos y la fijación de parámetros ideales para tener eficiencia en la descarga de mineral. Como resultado se logró reducir de 4.45 minutos de espera a 1.22 minutos por cada volquete para descargar el mineral, con ello 3 volquetes que hacían cola fueron reasignados al circuito de acarreo de desmonte y se logró incrementar la producción en 3,154,997 toneladas movidas de los meses de mayo a octubre en la unidad productiva de Cuajone.

Palabras clave: Descarga, chancadora, colas, tiempo muerto.

ABSTRACT

This report of professional sufficiency is about the problem found in the new discharge area sulfur mineral of the primary crusher, in this area presents usually 4 dump trucks in the same area. This problem existed when primary crusher was installed in 2018 in a Cuajone mining operating unit. The reasons for this problem is principally for the excess number to the dump trucks oh different capacity for the ore hauling and the reception to the primary crusher, and In this area there wasn't good coordination between hauling and crushing reception. For this reason, it was proposed to analyze the reason of dump truck tails and dump truck wait times, to increase the productivity of the Cuajone mine, through an analysis of distribution of times and the setting of ideal parameters to have efficiency of the crusher and therefore efficiency in discharge of ore into the primary crusher. As a result, later to the proposal it achievement to reduce from 4.45 minutes of waiting to 1.22 minutes for each dump truck waiting to unload in the crusher, in addition 3 dump trucks were send to the stripping cycle. Other hand, it was possible to increase productivity in 3,154,927 tons moved from May to October in the mine Cuajone.

Keywords: Discharge, crusher, tails, downtime.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN 1

1.1. Trayectoria del autor 2

1.2. Descripción de la empresa 2

1.3. Organigrama de la empresa 25

1.4. Áreas y funciones desempeñadas 26

DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECIFICA 27

2.1. Administrador Dispatch costos y presupuesto mina 27

2.2. Sistema de administración de equipos 27

2.3. Controlador Dispatch Mina 28

2.4. Funciones específicas y responsabilidades como administrador Dispatch 31

ANTECEDENTES Y OBJETIVOS 33

3.1. Antecedentes 33

3.2. Justificación 37

3.3. Objetivos 39

RESULTADOS, INDICADORES Y APORTES 40

4.1. Situación inicial 40

4.2. Mejoras realizadas 42

4.3. Resultados 45

ASPECTOS COMPLEMENTARIOS / RECOMENDACIONES 49

5.1. Conclusiones 49

5.2. Recomendaciones 50

REFERENCIAS 51

ANEXOS 53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Accesibilidad 4

Tabla 2 - Distribución de mineralización 9

Tabla 3 - Propiedades de Quantex 12

Tabla 4 - Equipos de carguío Cuajone 15

Tabla 5 - Equipos de acarreo mina Cuajone 15

Tabla 6 - Distribución de tiempos de ciclo de acarreo enero-marzo 40

Tabla 7 - Tiempos de espera enero-abril del 2020 41

Tabla 8 - Productividad inicial 41

Tabla 9 - Tiempos de espera mayo-octubre del 2020 43

Tabla 10 - Productividad posterior 44

Tabla 11 - Promedio de tiempos 45

Tabla 12 - Ganancia de tonelaje 47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Ubicación mina Cuajone 3

Figura 2 - Fisiografía y geología regional 6

Figura 3 - Geología local Cuajone 7

Figura 4 - Geología estructural Cuajone 8

Figura 5 - Método de minado cielo abierto 11

Figura 6 - Distribución del agente de voladura en taladros de mineral 13

Figura 7 - Distribución de agente de voladura en taladros de desmonte 14

Figura 8 - istribución de costos en operaciones mina en US$/TM 16

Figura 9 - Sistema de faja transportadora de mineral 19

Figura 10 - Hardware de equipo de alta precisión 22

Figura 11 - Organigrama Mina Cuajone 25

Figura 12 - Sistema MineOps 28

Figura 13 - Sistema en plataforma CJView del sistema MineOps 30

Figura 14 - Cola de volquetes en zona de descarga 39

Figura 15 - Evolución de tiempo de espera 46

Figura 16 - Productividad de volquetes 2020 47

LISTA DE ABREVIATURAS Y NOMENCLATURAS

VAN : Valor Actual Neto.

KPIS : Key Performance Indicators.

MTPA : Millones de toneladas de producción anual.

US$: Dólares.

MT : Millones de toneladas.

TM : Toneladas métricas.

GPS : Sistema de posicionamiento global.

TM/HR: Toneladas métricas por hora.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Actualmente en el Perú las operaciones mineras vienen asumiendo nuevos retos, tales como el incremento del stripping ratio, toda vez que las unidades mineras van profundizando cada vez más, esto conlleva a que se realicen nuevas mejoras y usos de nuevas tecnologías; tal es el caso de la unidad operativa Cuajone que teniendo una stripping ratio de 4:1, por ello se vio en la necesidad de implementar una chancadora primaria en mina, para acortar distancias de acarreo de los volquetes de mineral.

En la unidad operativa Cuajone, al tener una nueva zona de descarga de mineral en la chancadora primaria, si bien las distancias de acarreo se acortaron, surgen nuevos problemas como el de colas de volquetes para poder realizar dicha descarga, esto debido a que se destinaban 12 volquetes de diferentes flotas y tonelajes para el acarreo de mineral y en la zona de descarga de mineral sulfurado de la chancadora primaria, se tenían alrededor de 4 volquetes esperando para poder descargar, teniendo tiempos de espera promedio de 4 minutos de volquete a volquete.

Por ello se realizó un análisis estadístico para determinar las principales causas o motivos de dicha demora que conllevaba a la cola de volquetes, y posteriormente se planteó el número adecuado de volquetes que deben ser destinados al acarreo de mineral sulfurado, como también estandarizar los mantenimientos, entre otros.

Para realizar dicha propuesta se tuvo en cuenta las nuevas prácticas en el negocio minero, que es enfocar las operaciones mineras de manera global, tal es así que las operaciones unitarias de perforación y voladura, está estrictamente ligada a la operación de chancado, toda vez que la granulometría obtenida posterior a la voladura, incide directamente en el rendimiento de la chancadora; m; en este informe también se plantea que la operación unitaria de acarreo también incide de la operación de chancado y con ello también en la producción global de la unidad operativa Cuajone.

1.1. Trayectoria del autor

Finalizado mis estudios en la Universidad Nacional de Moquegua he tenido la oportunidad de desempeñarme en diferentes unidades mineras durante más de 7 años de manera consecutiva, donde he adquirido experiencia en dirección de proyectos mineros, supervisión de operaciones de mina superficial, supervisión de control de flota, administración Dispatch, planeamiento de minas superficiales y subterráneas, gestión de trámites, exportación de mineral, y negociaciones de prospectos y proyectos mineros. Dicha trayectoria se realizó principalmente en las empresas de Southern Perú Copper Corporation, Coimser SAC y Cía. Minera Chaspaya, entre otros.

1.2. Descripción de la empresa

Southern Perú Copper Corporation (SPCC) es una empresa minera que se fundó haya en los años 1952, con la finalidad de desarrollar los proyectos de Toquepala, Cuajone y Quellaveco, ubicado en los departamentos de Tacna y Moquegua al sur del Perú. En la actualidad SPCC está integrada por tres unidades operativas, Toquepala, Cuajone e Ilo, además de una oficina principal en Lima.

Las operaciones de SPCC comprenden la extracción, molienda y flotación, para obtener concentrados de cobre y molibdeno, posteriormente pasa a la fundición para producir ánodos de cobre y la refinación de ánodos para producir los cátodos de cobre.

Visión

Ser la empresa productora de cobre y otros metales de mayor rentabilidad en el mundo, con el mejor capital humano, respetando su entorno en armonía con la naturaleza y agregando continuamente valor para sus accionistas y grupos de interés.

Misión

Extraer recursos minerales, para transformarlos y comercializarlos satisfaciendo las necesidades del mercado, cumpliendo con nuestra responsabilidad social y ambiental, y maximizando la creación de valor para nuestros accionistas.

Mina Cuajone

Es una mina a cielo abierto, ubicado en el distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, departamento de Moquegua, como se muestra en la Figura 1. El yacimiento se ubica en la cordillera de los andes en una cota de 3500 m.s.n.m. y es una de las principales productoras de cobre en el Perú. La mina está representada por las coordenadas UTM WGS84 zona 19 sur; 317,685 E 8,117,350 N y 319,515E 8,115,815 N, perteneciente a la carta nacional 35-u.

Figura 1

Ubicación mina Cuajone



Nota: SPCC (2016)

Las operaciones en Cuajone consiste en la explotación por el método de cielo abierto, teniendo el objetivo de movimiento de material de aproximadamente 525,000 toneladas por día; además el ciclo de minado consiste en perforación, voladura, carguío y acarreo. También contando con otras actividades auxiliares como movimiento de cables, drenajes y sistema de control Truck Dispatch® y los destinos de descarga pueden ser; botadero de desmonte, stock de óxidos, stock de sulfuros y chancadora primaria.

Accesibilidad

A la unidad operativa Cuajone se puede acceder de dos maneras, detallándose de la siguiente forma:

Vía terrestre: Partiendo desde cualquier ciudad de Perú se debe llegar hasta el departamento de Moquegua, provincia de Mariscal Nieto, donde posteriormente se debe tomar la ruta hacia Torata y luego a la mina Cuajone. En la Tabla 1 se detalla la ruta y tiempo estimado.

Vía aérea: Otra manera de acceder a la unidad operativa de Cuajone es por la vía aérea, partiendo desde cualquier ciudad del Perú vía aérea y aterrizar en el aeropuerto de Moquegua y seguidamente tomar la ruta vía terrestre descrito anteriormente.

Tabla 1

Accesibilidad

Tramo	Distancia (km)	Tiempo	Tipo de vía
Moquegua- Samegua	5	5 min	Asfaltada
Samegua-Torata	70	45 min	Asfaltada
Torata - Cuajone	15	30 min	Trocha

Nota: Elaboración propia.

Relaciones comunitarias y medio ambiente

La empresa Southern Perú (SPCC) propietaria de la una unidad operativa Cuajone promueve programas de conservación del medio ambiente, como, por ejemplo; el sistema de recuperación de aguas y re uso de la misma, de mismo modo se tienen programas de reforestación, esto bajo los estándares del Ministerio del Ambiente (MINAM), la misma entidad que a través de sus diferentes órganos competentes realizan la fiscalización ambiental de manera anual a las operaciones mineras y metalúrgicas. SPCC también realiza programas de apoyo social directamente a las comunidades de influencia directa, dando importancia al capital social y humano.

Por ello SPCC no reside únicamente en los procesos más eficientes y el uso de nuevas tecnologías, sino que también busca que la operación mina se desempeñen también en el ámbito social, económico y ambiental, cumpliendo de esta forma las expectativas de los grupos de interés.

Geomorfología y relieve

El yacimiento minero Cuajone se encuentra dentro de la cordillera occidental de los Andes; en el área del yacimiento minero se presentan relieves predominantes de planicie, colinas, montañas y estas están representado por: fondos de valles aluviales, colinas disectadas, montañas moderadamente espinadas y valles aluviales.

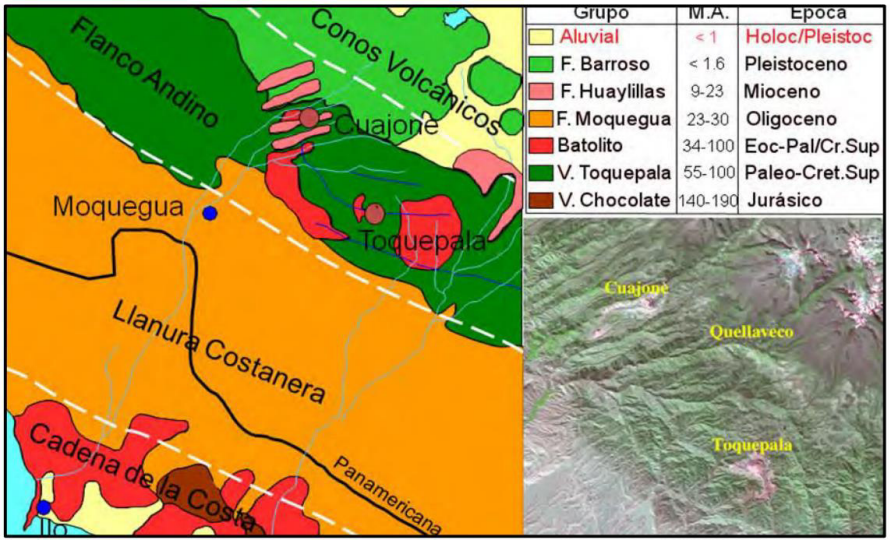
Esta área se encuentra dentro de la subcuenca Ilo-Moquegua y este limita al norte con la cuenca del rio Tambo de la subcuenca del rio Vizcachas; y con la cuenca del rio Locumba al lado este y al sur, conformando por una serie de quebradas cortas y medianas donde las aguas temporales drenan al océano.

Geología regional

En la mina Cuajone se logra diferenciar geomorfológicamente: La cordillera y llanura de la costa, la parte lateral andina y el conjunto de conos volcánicos. Estos sitios indicados geomorfológicamente están ubicados en el lado sur a norte al este del yacimiento, como se muestra en la Figura 2.

Figura 2

Fisiografía y geología regional



Nota: Departamento de geología Cuajone (2020)

Geología local

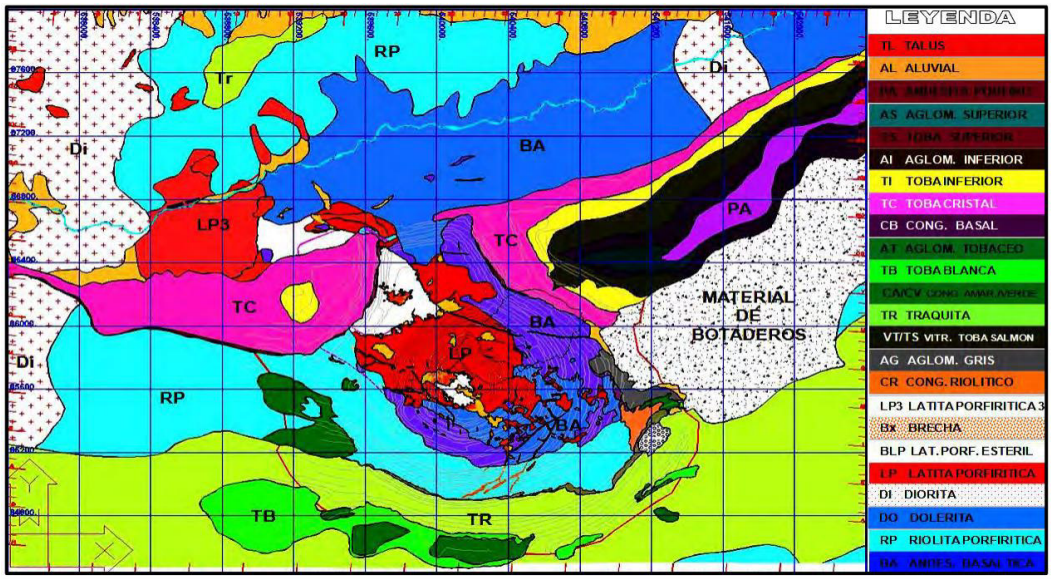
La mina Cuajone es una mina de cobre tipo pórfido ubicado en el área de Chuntacala, ubicado en las laderas de los Andes, que está formada por rocas volcánicas y macizos intrusivos, creando un terreno repentino con pendientes pronunciadas cuyos picos altos llegan a los 4000 metros sobre el nivel del mar.

En las partes superiores se presenta un relieve moderadamente ondulada con algunos sectores planos mayormente cobertizo por rocas volcánicas. El mineralizado ha sido parcialmente erosionado en el emplazamiento Noroeste por

el río Torata y débilmente erosionado de Este a Oeste en la quebrada Chuntacala, como se presenta en la Figura 3.

Figura 3

Geología local Cuajone



Nota: Departamento de geología Cuajone (2020).

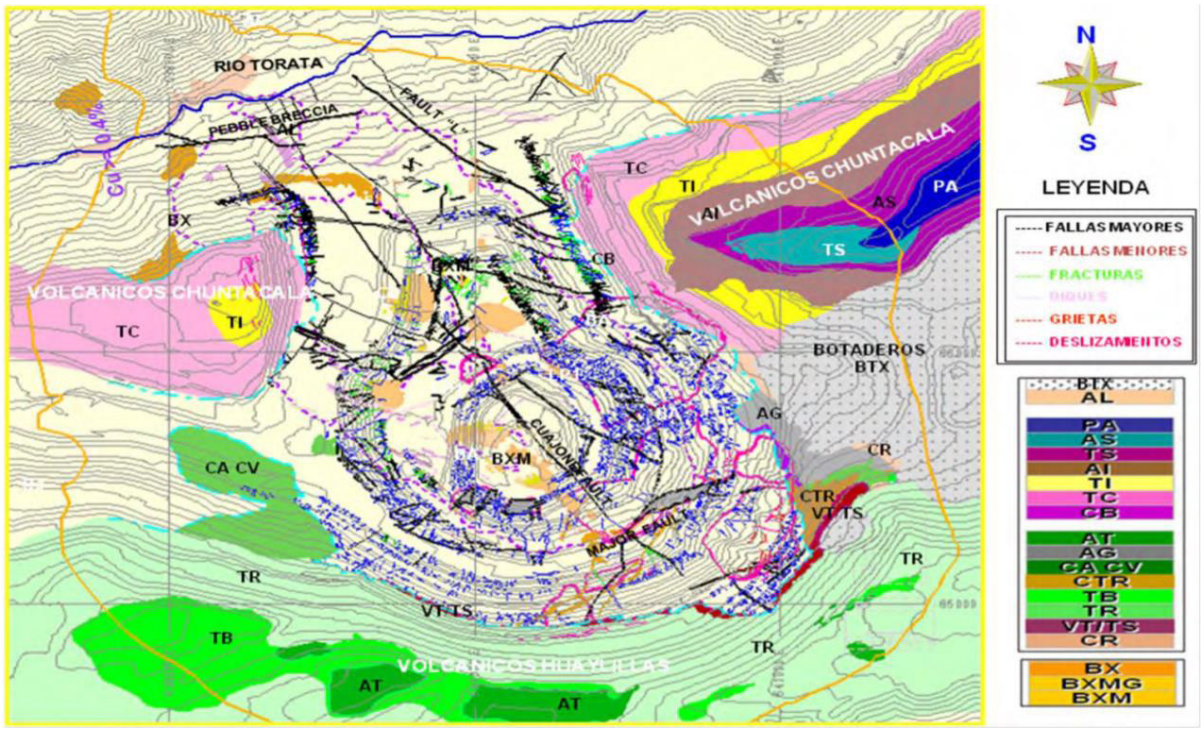
Geología estructural mina Cuajone

De acuerdo a Pardo (2021) en la mina Cuajone se llegaron a mostrar una gran cantidad de estructuras primarias y secundarias. El estudio y análisis de estas estructuras que forman parte de la mina Cuajone demuestran que existe un alineamiento regional previa a la mineralización, mantenimiento una orientación al norte y al este del tajo Cuajone. Debido a estas zonas de debilidad es que se presentan una mejor muestra del desplazamiento de los cuerpos de latitas porfiriticas.

Todas las zonas de contacto en el yacimiento de Cuajone representan estructuras que son tomados en cuenta cuando se realizan los estudios de estabilidad de taludes, de acuerdo a la Figura 4.

Figura 4

Geología estructural Cuajone



Nota: Departamento de geología Cuajone.

Mineralización

La mineralización en Cuajone tiene unas dimensiones máximas de 2,200 metros por 950 metros, con una orientación de NO-SE, en forma de cono hacia profundidad. Actualmente el minado ya ha alcanzado los limites laterales de mineralización en los niveles superiores de la mina. Respecto a los niveles inferiores se tienen volúmenes de mineral para ser minado y procesado.

En Cuajone la mineralización se distribuye de la siguiente manera, considerando el tipo de roca, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2

Distribución de mineralización

Porcentaje de mineralización por tipo de roca en los recursos geológicos

Tipo de roca	Porcentaje (%)
Andesita (BA+IA)	57.1%
Latita porfirítica (LP)	39.9%
Riolita porfirítica (RP)	0.5%
Brechas mineralizada (BX)	2.5%

Nota: Departamento de geología Cuajone (2020).

Zona lixiviada.

El origen de la zona lixiviada sobre el depósito se debe a que el cobre entró en solución por medio del ácido sulfúrico de baja concentración que se formó por la reacción de agua supérgena con pirita (Satchwel 1982). En Cuajone se puede apreciar la capa lixiviada en la riolita porfirítica ubicado en el lado sur, esta zona tiene una distancia de 120 metros.

Zona de óxidos.

En Cuajone la zona de óxidos ya ha sido minado, siendo descrito como una capa tubular casi horizontal de 15 metros, entre los principales minerales de esta zona tenemos a la malaquita, crisocola, brocantita, calcantita, cuprita, cobre nativo y tenorita, principalmente las ocurrencias de estos minerales se presentaban en fallas, fracturas y puntualmente en forma diseminada.

Zona enriquecida.

En Cuajone esta zona enriquecida está definida mineralógicamente por la abundancia de sulfuros secundarios, esta zona presenta un incremento en las leyes de cobre, el espesor de esta zona es de 20 metros.

Zona primaria.

Esta zona en Cuajone se ubica en las partes más profundas del tajo, sin embargo, constituyen la mineralogía más dominante del yacimiento, los minerales que encontramos en el yacimiento son bornita, calcopirita, esfalerita, enargita, galena, entre otros, estos minerales se encuentran en venillas o en forma de diseminación dentro del stock de la latita porfirítica. El 98% de las reservas minables que posee el yacimiento de Cuajone pertenecen a la zona primaria de sulfuros, y es este tipo de minerales los que se consideran para el presente informe de trabajo de suficiencia profesional.

Método de minado

De acuerdo a las características del yacimiento y a la mineralización es que se emplea el método de explotación tipo tajo abierto, como se muestra en la Figura 5. Este método consiste en el arrancado de material por niveles, haciendo bancos simples y dobles de forma descendente, en Cuajone los bancos son de 15 metros, con un ancho de explotación de 60 metros, respecto al ángulo interampa depende de las características del macizo rocoso pudiendo estar entre 37° y 47°, de la misma forma para el ángulo caro de banco.

Las palas se ubican en las diversas zonas de acuerdo al plan de minado, estas zonas son denominadas fases de minado, las fases que se vienen explotando actualmente son las fases 8, 7 y 6; teniendo además un stripping ratio de 1:4.75.

Figura 5

Método de minado cielo abierto



Nota: Operaciones mina, Cuajone (2020).

Ciclo de minado

Perforación.

Se hace uso de perforadoras rotativas de brocas de 12 ¼ de diámetro y con profundidades de 16 metros, dichos equipos realizan las siguientes perforaciones de:

- Taladros de producción: Taladros cuya función es fragmentar el material, se característica principalmente debido a que se concentra la mayor carga explosiva.
- Taladro buffer: Estos taladros tienen como función disminuir la vibración provocada por los taladros de producción de esta forma se evita un daño considerable a los taludes, estos taladros son ubicados en forma paralela a los taladros de pre corte.

Voladura.

Para la voladura se hace uso de emulsión gasificada Quantex 73, que es una mezcla explosiva compuesta por nitrato de alta densidad, su costo es menor respecto al heavy anfo, las propiedades principales de este agente de voladura son los que se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3

Propiedades de Quantex

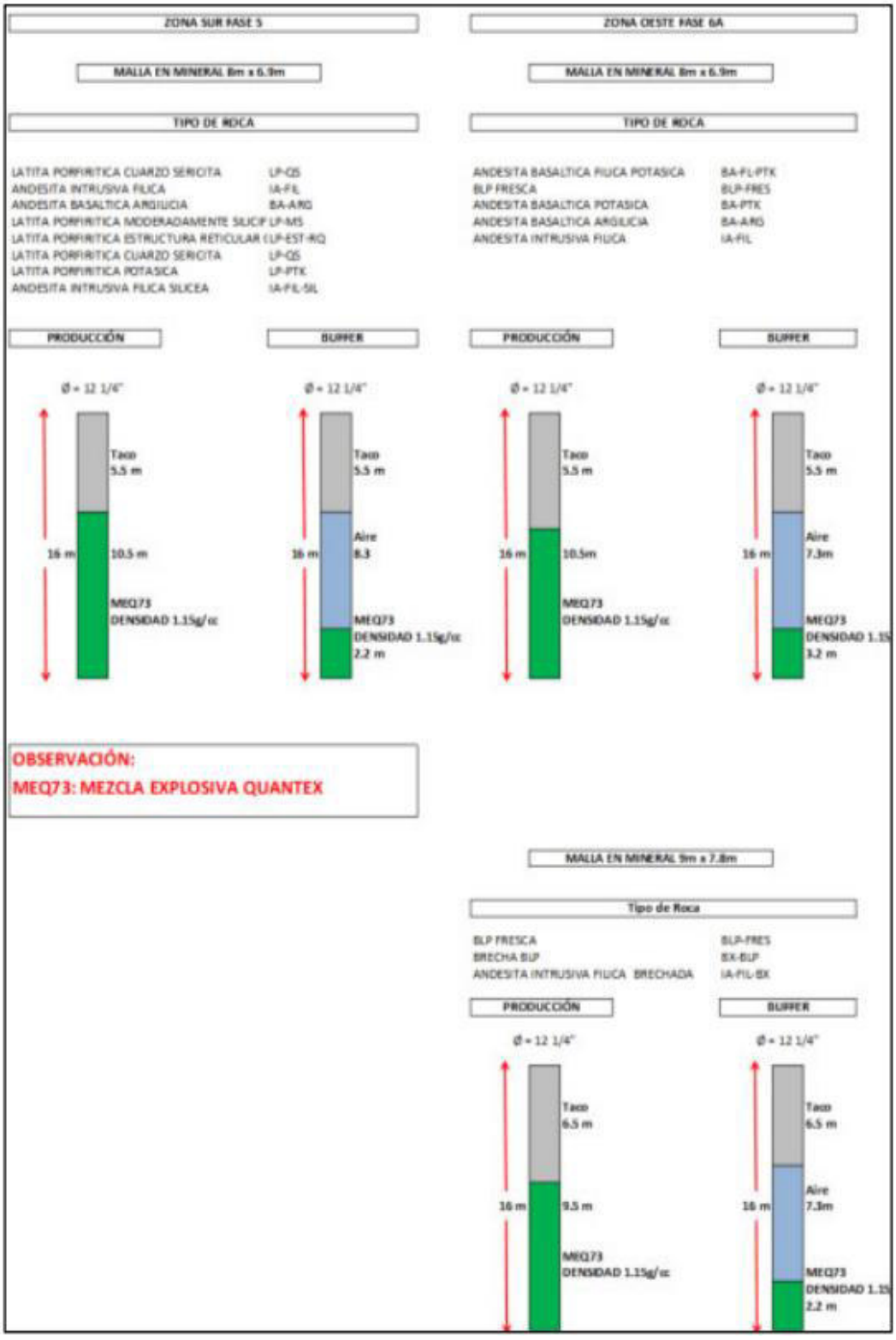
Características	Unidades	Quantex (HA-73)		
Densidad	g/cm3	1	1.1	1.15
Energía de explosión	KJ/Kg	3001	3002	3003
Velocidad	m/s	5200	5400	5600
Presión de detonación	Kbar	67.6	80.2	90
Potencia relativa en peso	RWS	106	106	106
Potencia relativa en volumen	RWS	130	143	149

Nota: Manual de Exsa.

La carga explosiva se instala una prima compuesta de un Boster de 2 libras y se inicia con un iniciador electrónico Ikom extreme, con esto se logra tener una óptima secuencia de salida de taladros y la reducción de vibraciones, con esto también se tiene un mejor amarre de taladros masivos en campo. Posterior a la voladura se tiene en promedio de fragmentación de P80 de mineral de 6 pulgadas, de acuerdo a la carga explosiva de la Figura 6, y una fragmentación para desmonte de 10 pulgadas, de acuerdo a la carga explosiva de la Figura 7.

Figura 6

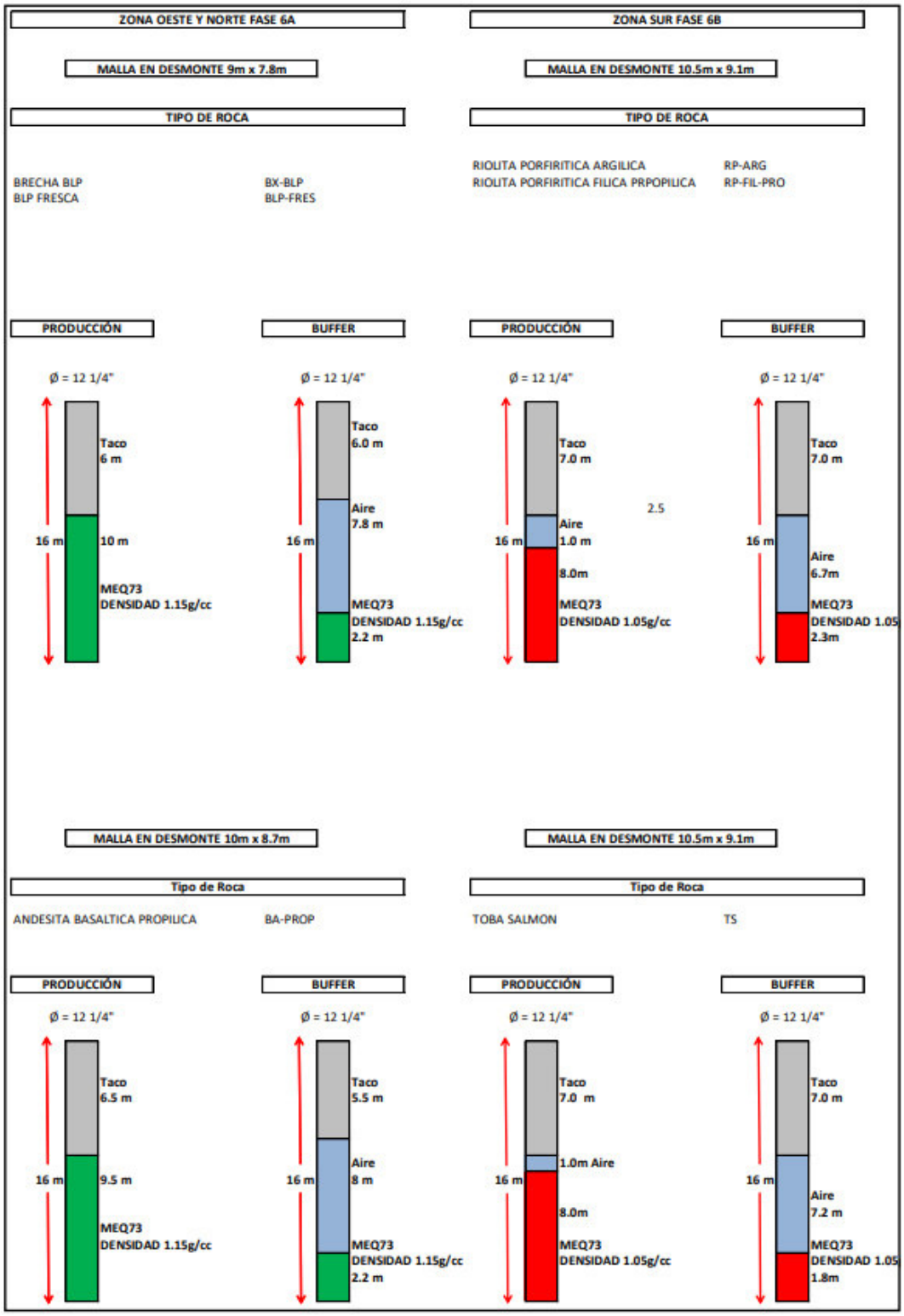
Distribución del agente de voladura en taladros de mineral



Nota: Superintendencia mina Cuajone.

Figura 7

Distribución de agente de voladura en taladros de desmonte



Nota: Superintendencia mina Cuajone.

Carguío.

Para la actividad de carguío se cuentan con los siguientes equipos de acuerdo a la Tabla 4.

Tabla 4

Equipos de carguío Cuajone

Equipo	Marca	Modelo	CAP. (Yr3)
P01	P&H	2800 XPB	42
P03	P&H	4100A	56
P04	Bucyrus	495BII	56
P05	Bucyrus	495HR	73
P06	Bucyrus	495HR	73
P07	P&H	4100XPC	74
LT 01	LeTorneau	1800	33
LT02	LeTorneau	2350	50

Nota: Superintendencia mina Cuajone.

Acarreo.

Se cuentan con una variada flota de volquetes mineros de las marcas Caterpillar y Komatsu, en un total de 45 unidades, como se presentan en la Tabla 5:

Tabla 5

Equipos de acarreo mina Cuajone

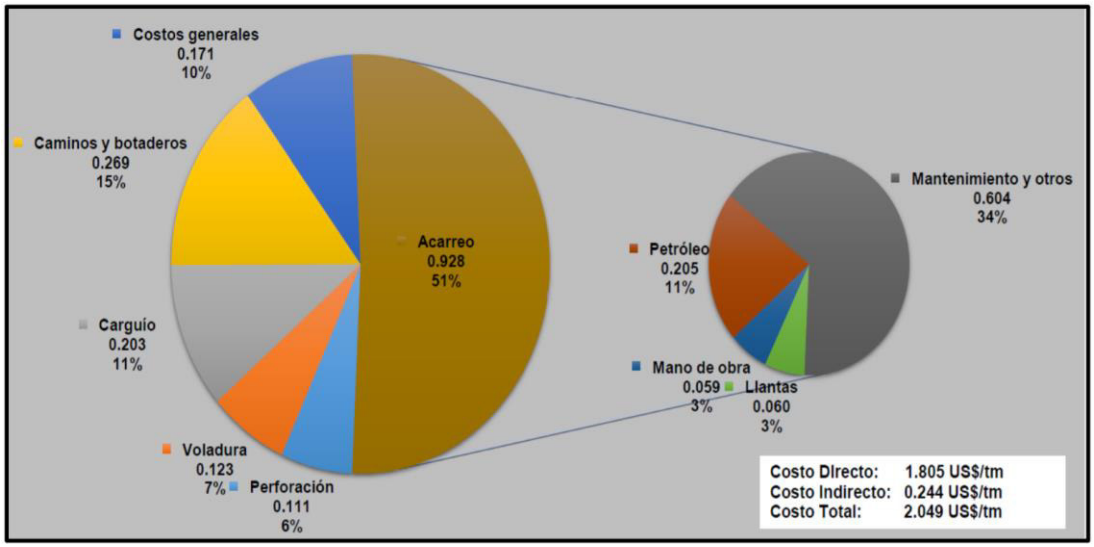
Marca	Modelo	Cantidad	TON.
Caterpillar	793D	2	240
Caterpillar	797F	18	400
Komatsu	830E	2	220
Komatsu	930E	15	290
Komatsu	930E-4SE	2	290
Komatsu	980E	6	400

Nota: Superintendencia mina Cuajone.

Se debe mencionar también que el costo de acarreo representa el 51% del costo total de operaciones mina, de ello el 11% es representado en combustible, 34% en mantenimiento, 3% en llanta y 3 % en mano de obra, como se muestra en la Figura 8, estos costos son como resultado de uso de camiones de gran capacidad, motores de alto rendimiento, y el traslado de grandes volúmenes, por estas razones es que se tienen estos costos altos.

Figura 8

Distribución de costos en operaciones mina en US$/TM



Nota: Superintendencia mina Cuajone.

Dentro del ciclo de acarreo se tiene los siguientes tiempos, que se detallan a continuación:

Tiempo de espera en piso de pala.

Referido al tiempo en que un volquete espera para ser cargado posterior a la llegada al frente de carguío, este tiempo de espera termina cuando se ha dado salida al camión anterior. En la posibilidad de que no se encuentre ningún volquete en carga, entonces se considera el tiempo de espera de cero. En Cuajone el tiempo de espera está dependiendo de la disponibilidad de la pala, cantidad de

equipos en cola, habilidad del operador, tiempo de carguío, tiempo de aculatamiento y las condiciones de la plataforma de carguío.

Tiempo de aculatamiento.

Es el tiempo en que un volquete demora en cuadrarse para ser cargado, este tiempo está en función a la salida del camión anterior en el caso de haber cola en una sola pala; este tiempo termina cuando el operador da el primer pase de carga de la pala. El mayor responsable de este tiempo es el operador, debido a que se debe al tipo de maniobra según los procedimientos, capacitaciones que se le fueron impartidos al operador. Respecto al supervisor tiene la responsabilidad de verificar que la zona tenga las condiciones adecuadas como el ancho adecuado, ubicación de los puentes, entre otros.

Tiempo de carga.

Es considerado el tiempo que demora la pala en cargar un volquete, para el sistema Dispatch no toma en cuenta el tiempo tomado por la pala en cargar el primer pase, esto se debe a que el tiempo de carga comienza a correr cuando el operador presiona “cargando” al momento de sentir el primer pase y este termina cuando el operador de la pala da la salida del volquete. El tamaño del material fragmentado tiene gran incidencia en la optimización de tiempo de carguío, como también mantener en mejor estado la tolva de los volquetes, por ello es importante recibir el informe de fragmentación del área de voladura.

Tiempo de viaje lleno.

Este tiempo da inicio cuando el operador de la pala ha dado salida del camión posterior a ser cargado. La velocidad tiene gran incidencia en este tiempo y esta velocidad depende de la habilidad de operador, mantenimiento de vías, estado de equipos, distancia, pendiente de la ruta, entre otros. Se debe mencionar que el

operador de la pala debe realizar el cargado correcto a los volquetes, dándole el tonelaje apropiado como también correctamente centrado.

Tiempo espera en zona de descarga.

Es el tiempo tomado por el volquete en la zona de descarga, pudiendo ser el depósito de desmonte, depósitos temporales, lixiviación, o la tolva de la chancadora primaria. Este último tiempo depende de la disponibilidad de la chancadora.

Tiempo descarga.

Es el tiempo en que el volquete toma para realizar la descarga en la tolva de chancado o el depósito de desmonte.

Tiempo de viaje vacío.

Este tiempo se da inicio cuando se culmina la descarga. Las oportunidades de mejora y responsabilidades son similares con el tiempo de viaje lleno.

Clasificación de vías en mina Cuajone

Vías de acarreo.

Este tipo de vías es destinado para el tránsito de los equipos pesados de las operaciones mina, tales como; volquetes mineros, equipos de servicio y otros. Este tipo de vías deben de soportar grandes esfuerzos por lo que deben de tener composición gradacional con materiales gruesos y en la superficie final material fino y arcillas para el control de polvos y evitar los daños y cortes de los neumáticos. Las motoniveladoras dan mantenimiento a estas vías para corregir los huecos o baches que pudieran suscitarse, esto se debe a los neumáticos de los equipos generan fricción y arrastre.

Vías auxiliares.

Estas vías son usadas por los equipos de servicio y vehículos livianos, este tipo de vías en la mina son de menores dimensiones y también se consideran como vías auxiliares las vías utilizadas por las áreas de lixiviación, concentradora y de mantenimiento, para estas vías no es necesario un constante mantenimiento.

Transporte de mineral

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 9, 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.

Figura 9

Sistema de faja transportadora de mineral



Nota: Superintendencia mina Cuajone.

Sistema Dispatch

Según Tejsi (2019) Dispatch es un sistema de control y administración de minas a gran escala, cuya principal función es brindar asignaciones automáticas y óptimas a los volquetes, palas y otros equipos de mina, atreves de uso de algoritmos, de esta forma pretende obtener como resultado la maximización de productividad, eficiencia y optimización de los equipos de operaciones mina

Este sistema a menudo se encuentra recibiendo y actualizando datos de las operaciones mina, calculando los tiempos de carga, aculatamiento, acarreos, niveles de combustible, estado de los neumáticos entre otros datos. Además, este sistema se encuentra en la capacidad para resolver problemas que pudieran suscitarse de acuerdo a los parámetros ingresados por el administrador Dispatch. Dentro de los datos e información variable manejados por el sistema Dispatch son los siguientes:

- Red de rutas de acarreo.
- Distancia y pendientes de las rutas.
- Tiempos de ciclos, tanto históricos como reales.
- Tiempo de maniobra y descarga en depósito de desmonte y área de chancado.
- Restricciones dadas por el administrador, pudiendo ser tales como la asignación de prioridades de las palas, capacidad de chancadora, capacidad de depósito de desmonte, entre otros.

Este sistema utiliza dentro de su software tres modelos computacionales para determinar las mejores soluciones, estos son los siguientes:

Tecnología satelital GPS

Según Tejsi (2019), el sistema Dispatch usa tecnología GPS sofisticado, para proveer el rastreo de los equipos; dentro de los componentes GPS incluyen lo siguiente:

- Receptor GPS en los diferentes equipos mina.
- Una estación de referencia de GPS.
- Balizas de ubicación virtuales.
- Software GPS integrado.

Programación mejor ruta (MR).

Usado por el sistema para determinar la ruta más eficiente entre dos puntos dados, cuando un cambio es dado dentro de la red de caminos de la mina o un cambio es dado por el administrador Dispatch en el modelo de LP, esta programación realiza una re-calculación y por ende realiza una reevaluación de las rutas seleccionando las mejores alternativas de rutas.

Programación lineal (PL).

Esta programación general el plan teórico para la maximización de la productividad mina, este plan desarrolla circuitos óptimos de las palas al destino que indican, determinando la cantidad de camiones requeridos en cada ruta, se debe mencionar que el modelo LP ve el circuito pala – botadero como un flujo constante, manteniendo de esta forma un flujo constante entre pala y botadero de desmonte.

Programación dinámica (PD).

La programación dinámica pretende lograr los flujos de material determinado por la programación lineal, disponiendo de volquetes en tiempo real.

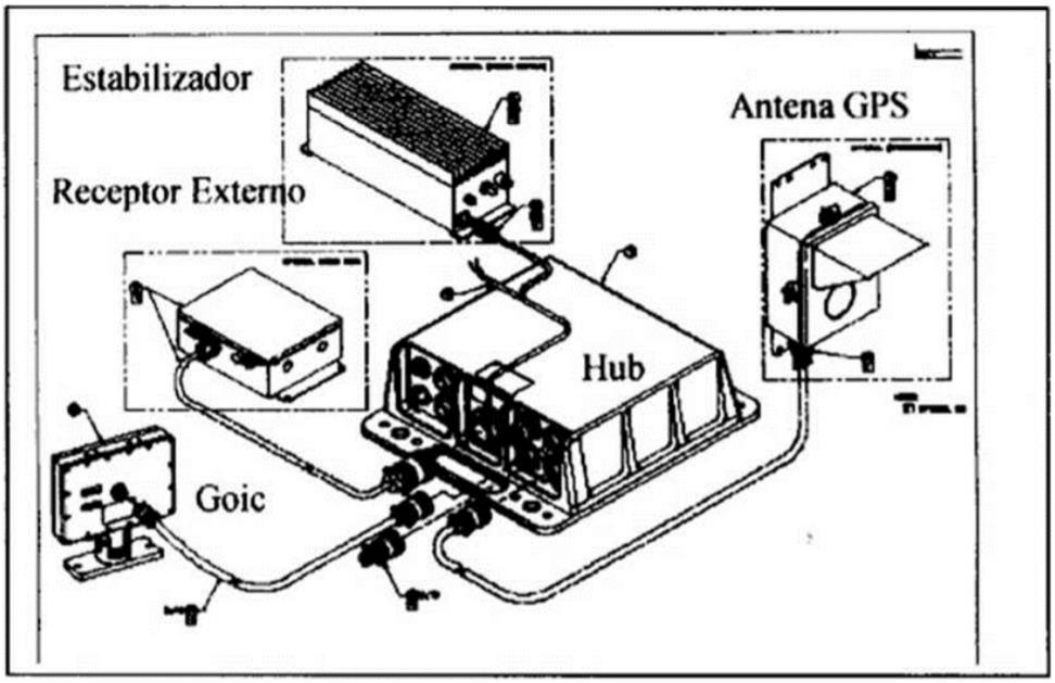
Descripción del sistema de despacho

Computador principal.

Posee una gran capacidad de memoria quien posee un software y hardware de acuerdo a la Figura 10; que procesa los sistemas de navegación de todos los equipos mina, este computar principal trabaja bajo el sistema Unix cual es el sistema que usa el MineOps, mediante este computador principal se puede visualizar en tiempo real todos los equipos, teniendo datos reales de posición, producción, productividad, disponibilidad y condiciones del equipo.

Figura 10

Hardware de equipo de alta precisión



Nota: Administración Dispatch Cuajone.

Sistema de paquetes de información.

Es un sistema propio de Modular Systems que se usa con los Hubs, en las repetidoras, antenas dipolo, entre otros. Siendo este configurado para tener comunicación entre las antenas de radio, Hubs de los equipos y las repetidoras; estos Hubs también se les denomina con el nombre de MMP Router.

Estación base.

Donde se ubica la estación terrena SPS y la repetidora, esta estación terrena posee una posición geográfica conocida y estable, este equipo recepcionan la información de los satélites y los transmite a través de los radios hacia los equipos mina tales como volquetes, palas, perforadoras, entre otros; todo ello para conocer la posición en tiempo real de los equipos en el terreno.

Estación central de radio.

Esta estación central de radio es requerida cuando se necesita una mayor cobertura de comunicación, denominándolo como del tipo semi dúplex, esta estación recepcionan la información de los equipos mina y lo codifica en el computador de manera que sea comprensible para el administrador, de la misma forma también recepcionan la información del computador y los envía a cada uno de los equipos mina.

Historia de SPCC

- 1952, Southern Copper Corporation (SCC) es la empresa matriz de Southern Perú Copper Corporation, sucursal del Perú. SCC fue constituido el 12 de diciembre de 1952.
- 1954, SCC estableció una sucursal en el Perú, para realizar actividades mineras en el Perú.

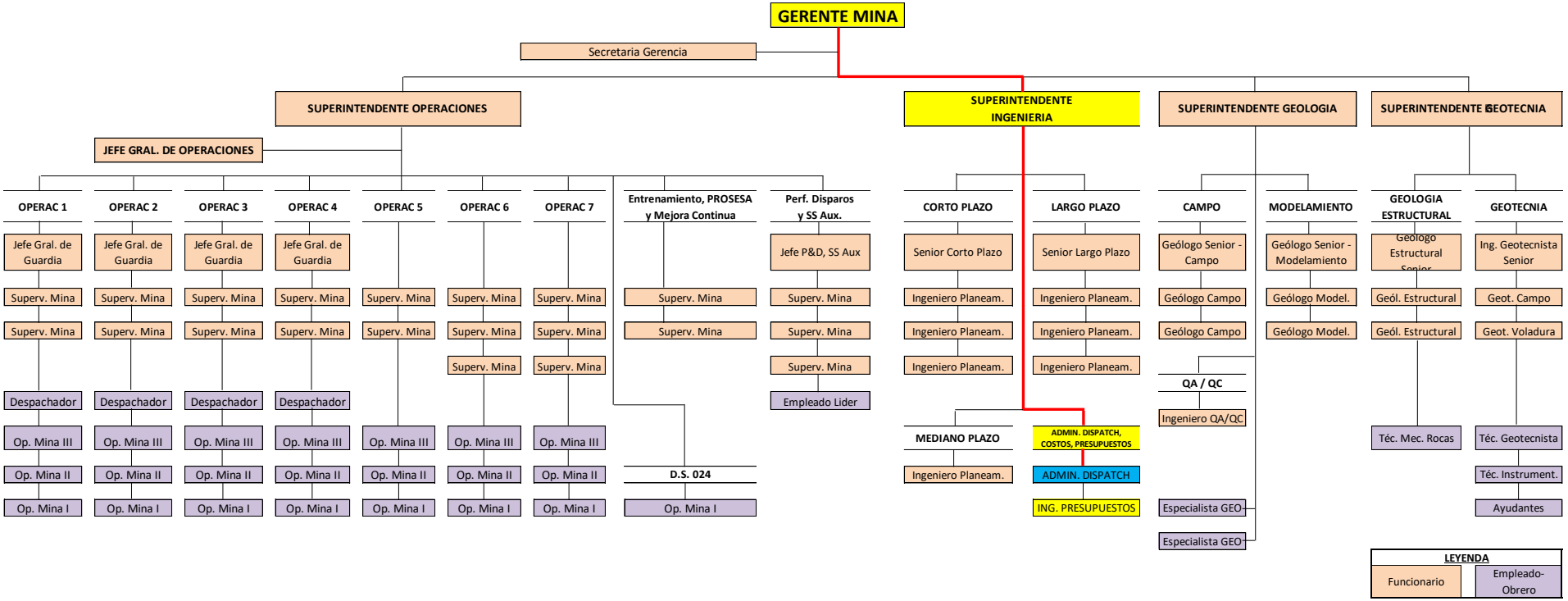
- 1995, SPCC y el gobierno peruano celebran un contrato de estabilidad jurídica para la planta de ácido de la fundición de Ilo.
- 1999, Grupo México adquirió en los Estados Unidos el 100% de las acciones de ASARCO Incorporated, quien en ese momento era el principal accionista de SPCC.
- 2002, se amplía la planta de Toquepala, se inicia en el 2003 la modernización de la fundición de Ilo, con la finalidad de mejorar la eficiencia en la producción de cobre, capturar al menos el 92% de SO2 y fundir 1.1 millones de toneladas de concentrado al año.
- 2010, SCC se convierte en la empresa con mayores reservas de cobre del mundo.
- 2018, se inicia la operación de la chancadora y faja en mina.

1.3. Organigrama de la empresa

El organigrama de la Gerencia de mina Cuajone está encabezada por el gerente mina, teniendo a su cargo cuatro superintendencias; superintendencia de operaciones, superintendencia de ingeniería, superintendencia de geología y superintendencia de geotecnia; el autor pertenecía a la superintendencia ingeniera, como se detalla y resalta en la Figura 11.

Figura 11

Organigrama Mina Cuajone



Nota: SPCC (2020)

1.4. Áreas y funciones desempeñadas

El autor del presente informe de suficiencia profesional,

Southern Perú Copper Corporation.

Cargo: Administrador dispatch costos y presupuestos mina.

Ubicación: Mina Cuajone.

Fecha: diciembre de 2019 - diciembre de 2020.

Cargo: Supervisor de operaciones mina.

Ubicación: Mina Cuajone.

Fecha: noviembre de 2018 - noviembre de 2019.

Cargo: Supervisor de control mina.

Ubicación: Mina Cuajone.

Fecha: febrero de 2018 - octubre de 2018.

COIMSER S.A.C.

Cargo: Jefe de proyectos.

Ubicación: Arequipa.

Fecha: enero de 2017 - enero de 2018.

Cía. Minera Chaspaya S.A.C.

Cargo: Jefe de proyecto.

Ubicación: El Nuevo Sureño – Ilo.

Fecha: abril de 2013 - diciembre de 2016.

CAPITULO II

DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECIFICA

2.1. Administrador Dispatch costos y presupuesto mina

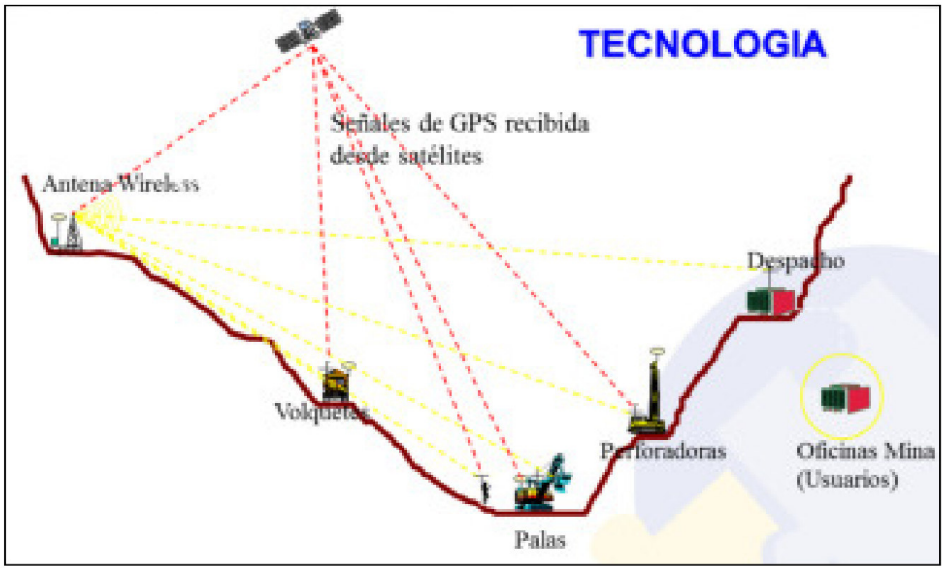
El autor del presente informe fue administrador del Sistema Dispatch, donde se utilizaba el Sistema MineOps propiedad de Hexagon, el cual es un Software que utiliza GPS para la ubicación y registro de los equipos de mina en tiempo real. Dentro de sus opciones, es la de controlar los tonelajes nominales y leyes diarios que cada pala envía de la mina a su destino; donde se aseguraba el correcto funcionamiento del sistema, como también la confiabilidad de la información, la gestión la información para las demás áreas, implementación de actualizaciones del sistema, desarrollo de mejoras al sistema. Cierres de producción diarios e indicadores de gestión mina, calculo y control de KPIS mina-mantenimiento, desarrollo de programa para gestionar reportes directamente de la base de datos Dispatch. Reportes de producción mensual, costos de producción, consumo de materiales vitales.

2.2. Sistema de administración de equipos

En la unidad operativa Cuajone se hace uso del sistema MineOps para el control y posicionamiento de equipos el mismo que permite en tiempo real un control detallado de los equipos que se vienen operando en la unidad operativa. Este sistema de MineOps hace uso de la tecnología del Sistema de Posicionamiento Global (GPS), computación, teoría de colas y comunicación de datos para proporcionar el correcto asignamiento de volquetes, palas y perforadoras, como se muestra en la Figura 12.

Figura 12

Sistema MineOps



Nota: Superintendencia de operaciones mina Cuajone (2020)

2.3. Controlador Dispatch Mina

Dentro de las actividades que se realizaba en como administrador del sistema Dispatch, se tenían las siguientes funciones y responsabilidades:

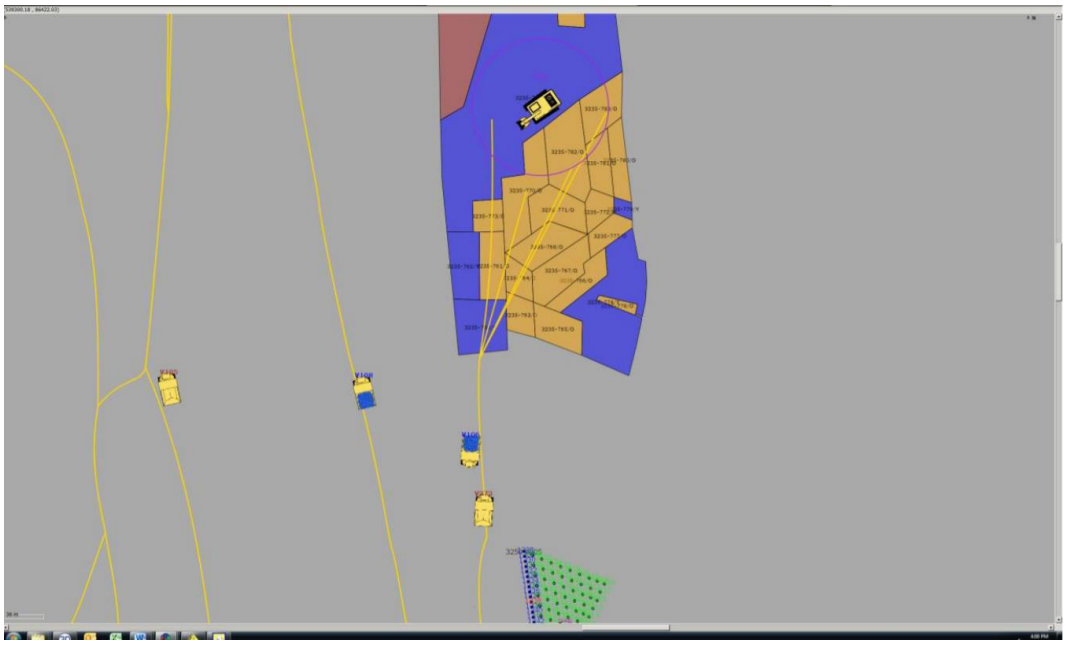
- Tener en buen funcionamiento el sistema Dispatch durante su turno de guardia, logrando una efectiva asignación de camiones a las palas y controlando la minimización de los tiempos de cola, todo ello en tiempo real.
- Interactuar y liderar con el personal que comparte el turno en las operaciones mina, realizando las coordinaciones y comunicaciones.
- Mejorar y mantener la eficiencia y extracción de la mina, teniendo la autoridad y potestad de iniciar o detener las operaciones de palas, camiones y otros, cuando el administrador lo vea conveniente. Debiendo ser dinámico y con la capacidad de anticipar los cambios en las

operaciones por falla de los equipos, pudiendo además sugerir el uso de los equipos de menores costos y mejores performances.

- Se llevaba el control de estado de todos los equipos de las operaciones mina, esto para obtener una disponibilidad y eficiencia de los equipos, este control se lleva acabo de acuerdo al programa de mantenimiento de los equipos, para ello se maneja los datos de KPIs de productividad, tiempo de espera, velocidades entre otros.
- Se tiene la responsabilidad de uso de base de datos del sistema Dispatch, teniendo esta información clara, precisa y limpia de la totalidad de los equipos mina, generando diariamente la información de producción, incidentes y estados de los equipos, también se asiste a las reuniones de coordinación diaria.
- El Controlador Dispatch Mina asiste al jefe de guardia, dándole información detallada del sistema Dispatch, para la toma de decisiones, también se tiene la facultad de reemplazar y/o asumir la responsabilidad de supervisor, como también se actúa como soporte de comunicaciones entre los operadores de los equipos mina y el personal de mantenimiento mina, supervisión de perforación y voladura, entre otros.
- Se realizaba la gestión de equipos de acarreo mediante un sistema de navegación GPS, equipo que se encontraba instalado dentro de la cabina de los equipos, pudiendo conocer su ubicación exacta, la ruta a seguir y saber si el equipo se encuentra cargado o vacío, como se muestra en la Figura 13, de esta forma se generaba reportes de tonelaje acarreado y el total de tonelaje minado por cada pala.

Figura 13

Sistema de rutas en plataforma CJView del sistema MineOps



Nota: Superintendencia de operaciones mina Cuajone (2020)

- Para la gestión de los equipos y los tiempos se sigue las siguientes asignaciones:

  Operativo: Haciendo referencia al tiempo en que el equipo está en uso, donde el operador a registrado el equipo como operando y enviando el horómetro del equipo.

  Demora: Pudiendo ser demoras programadas y no programadas, estos tiempos son tomados son considerados en el cálculo de asignación dinámica. Estos tiempos son clasificados en tiempo de inspección de mantenimientos y demoras.

  Stand by: Cuando el equipo no está disponible por mantenimiento.

  Malogrado: Cuando el equipo se encuentra en mantenimiento de soporte preventivo o correctivo, estos tiempos no se consideran en el cálculo de las asignaciones.

2.4. Funciones específicas y responsabilidades como administrador Dispatch

A continuación de procede a detallar las principales funciones y responsabilidades:

- Administrar la información a ingresar al sistema MIneOps así como sus reportes, asegurando su correcto funcionamiento, evaluando, actualizando y revisando la información recibida de los servidores.
- Evaluar los factores de carga de los volquetes y actualizar los valores para cada uno de los tipos de material.
- Crear y configurar nuevos equipos de mina.
- Solicitar al área de ingeniería la topografía actualizada para generar las rutas de acarreo de toda la mina, esto en formato DXF, para mantener actualizado los cambios que se pudieran generar.
- Reportar, analizar y evaluar los KPIs de producción, costos de producción, costos unitarios, tiempos, utilizaciones y disponibilidades.
- Configurar las tareas automáticas y mostrar en tiempo real la información del turno.
- Brindar la información de los tiempos de los eventos de los ciclos de minado, y este es empleado para la planificación mensual del requerimiento de volquetes.
- Realizar los cierres diarios de producción, cierres mensuales de producción, cierres de costos mensuales, realizando la transferencia de información a los sistemas de la empresa.

- Informar de manera semanal la evolución de los KPIs correspondientes a las operaciones mina, esto para conocer la situación real de las operaciones mina y la toma de decisiones.
- Mantener limpia, clara y precisa toda la base de datos del sistema Dispatch, proporcionando diariamente la información detallada de estado de equipos, producción, incidentes entre otros, por ello se asiste a la reunión diaria de coordinación.

CAPITULO III

ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

3.1. Antecedentes

Antecedentes internacionales

Meza (2016) en la minera Los Pelambre, ubicada en la región de Coquimbo, provincia de Choapa, país de Chile; realiza un estudio de las operaciones de transporte y palas, enfocándose en el análisis de las demoras y pérdidas operacionales, para ello realizo un análisis estadístico a partir de los tiempos generados por Dispatch®, donde identificó 13 desafíos operaciones (4 en chancado, 7 en transporte y 2 en carguío); posterior al análisis técnico y económico de la propuesta, logro la disminución del tiempo de pala esperando camión de 2 minutos por ciclo a 1.2 minutos por ciclo, además de recuperar 4.5 días de tiempo efectivo a la flota de carguío al año. Debemos resaltar los beneficios logrados luego de la propuesta, sin embargo, podemos proponer estudiar los tiempos mina en conjunto con la parte operativa y los inconvenientes que podrían presentarse en el área de planta concentradora, quienes son los que recepcionan y procesan el material de mina, por lo tanto, se debe ver como un conjunto y no independiente de cada uno.

Guzmán (2015) realiza un análisis de la interpretación entre el transporte de minerales nivel 17 de la mina subterránea y el chancado primario, en la división Andina de Codelco Chile, que tuvo encontró el problema de la desintegración de procesos a lo largo del flujo de mineral, lo que generaba pérdidas de producción; por tal motivo el autor propone tener un stock de mineral, equilibrio instantáneo de rendimientos y finalmente en mina propone ajustar el factor de carga.

López (2016) analiza los costos y tiempos, en la minea Antucoya; resaltando que la planta de procesamiento representa el 48% del costo de caja y

de estos el 25% corresponde al costo de chancado, por ello el autor determina el ritmo de producción ideal en base a variables, incluyendo los equipos de procesamiento de mineral, los tiempos de reparación, fallas, aplicados en base a distribución de probabilidad. Para tal razón usa un modelo de simulación basado en un modelo conceptual. Como resultado llego a la conclusión de que se puede llegar a una producción de 32,76 Mtpa, equivalente a un beneficio marginal de US$ 27.4 MM. De este trabajo debemos resaltar la importancia de la etapa de chancado dentro de las operaciones generales de mina.

Pavez (2015) realiza la evaluación técnico económica de transporte de mineral desde stock Donoso a chancado, donde analiza 3 escenarios: simulación del caso base, simulación de camiones autónomos y diseño de un sistema de transporte por correas, concluyendo que el sistema de correas es la mejor alternativa dando un VAN mayor en un 22% respecto al caso base y fundamentalmente a que el costo de operaciones es caso 5 veces menor en relación con los costos pala/camión.

Antecedentes nacionales

Cardenas (2020) realiza una investigación en la minera Lincuna, donde identifica una situación de perjuicio económico en el tratamiento de conminación dentro de la planta chancadora, debido al incremento en los procesos de chancado primario, el costo de chancado representa el 15%; ante esta problemática identificada el autor evaluó la optimización granulométrica del material atreves de la mejora en la malla de perforación. Finalmente concluyo que los nuevos estándares de perforación y voladura, se logró reducir los tiempos de chancado primario y consecuentemente en sus costos. Podemos enfatizar que los costos de chancado son considerables dentro de las operaciones mineras

globales, por ello atender sus deficiencias u optimizar su proceso, repercute considerablemente en los costos.

Rojas (2016) en la unidad minera Pucamarca, tuvo como objetivo aumentar la cantidad de mineral chancado por guardia de trabajo y también optimizar los costos tanto de chancado y reclamo de mineral. Por tal motivo propuso un sistema de automatización, donde redujo fallas y tiempos muertos por las paradas que se presentaban en el circuito, con ello incremento la disponibilidad de los equipos en el circuito Ore Bin.

Pacheco (2015) en la mina Cerro Verde, considera que la voladura repercute considerablemente en los procesos de chancado y molienda, debido a un mayor consumo de energía eléctrica versus la energía química (explosivos). Es por esto que propone un aumento de factor de carga en el diseño de malla para obtener un menor tiempo en el proceso de chancado. La tesis está basada en la técnica de integración de la operaciones y control mina hasta la concentradora. Como resultado de la tesis logró incrementar el rendimiento del circuito de molienda del 12.2% con una reducción de los costos globales de 3.3%, como también el incrementar el beneficio mensual de finos mayor a los 13 millones de dólares. Entonces podemos afirmar que los costos de mina se deben de evaluar en conjunto con los costos de chancado y molienda.

Antecedentes locales

Champi (2015) tiene como objetivo reducir las demoras operativas, principalmente en las de acarreo que representan en 57% de los costos totales, por tal razón determino reducir el tiempo de servicio de grifo y el tiempo por volquete fuera de ruta que actualmente están en un rango de entre 15 y 20 minutos, para lograr este objetivo propone cambiar el sistema de llenado convencional por el nuevo sistema rápido VR 300 GPM. Con ello logro reducir el

tiempo de demoras operativas de 18 minutos a 8 minutos representando un incremento del tonelaje anual en 4.71 Mt.

Ulises (2019) realiza el diseño de secuencia de minado de la pala eléctrica P01, para incrementar la producción en la fase 5 de la unidad minera Cuajone, por ello redujo en ángulo de giro de la pala de 90° a 75°, dicho cambio significo la reducción del ciclo de carguío de la pala eléctrica en 32.4 segundos, lo que significó un incremento de la producción de 2,570.63 TM, pasando de esta forma de 47,556.66 TM/día a 50,127.29 TM/día. Podemos notar que los tiempos aun siendo pequeños inciden notablemente en la producción como también en los costos, he ahí la importancia de analizar y optimizar los tiempos dentro de los ciclos de la actividad minera.

Olazábal (2015) propone en la mina Toquepala, pasar del sistema control mina “Modular” a un sistema de control mina mucho más interactivo, moderno y mayor tecnología como es el caso de Minestar. Esto debido que existía una mala distribución de volquetes por incremento de las mismas, perdida de señal y conectividad con el GPS, especialmente en el fondo mina. Concluyendo que con el nuevo sistema había una mejor distribución de los volquetes, productividad y por ende una reducción de los costos de minado, justificando de esta forma el cambio tecnológico y la inversión. Notamos de la importancia de una correcta distribución de los equipos mina para tener una eficiencia en la productividad y los costos, por ello no podemos tener colas tanto en palas; ni como en el caso del análisis del presente trabajo colas en la descarga de chancado.

3.2. Justificación

Las operaciones mineras generalmente buscan mejorar sus procesos en todas sus operaciones unitarias, haciendo de esta forma obtener la mayor cantidad de beneficio económico, menores costos con mayor seguridad y generar el menor impacto ambiental.

Es en esta línea que en el año 2018 en mina Cuajone se pone en operaciones la nueva chancadora primaria dentro de mina, el mismo que alimenta a la faja transportadora de 9 kilómetros y esta descarga el mineral chancado en la pila de intermedios, de esta forma se dejó de hacer uso del Hopper; donde los volquetes cargados procedían a descargar el mineral sulfurado y luego era transportado por trenes; teniendo ahora una nueva zona de descarga de mineral sulfurado ubicado en la chancadora primaria. Sin embargo, esta nueva implementación trae consigo otros parámetros no considerados anteriormente, tales como la cola de volquetes en la zona de descarga, como se aprecia en la Figura 14, de hasta cuatro volquetes en la zona de descarga y teniendo reportado como un tiempo promedio de espera de cuatro minutos de volquete a volquete, es decir el cuarto volquete estaría esperando doce minutos pudiendo llegar a picos de hasta 25 minutos de espera, esto debido a que se mantenía la configuración de descarga en Hopper para la actividad de acarreo de mineral; sumado a ello que la flota de volquetes para mineral no era homogénea y el tonelaje transportado era de 218 toneladas en volquetes chicos hasta las 360 toneladas en flotas mayores; además la chancadora primaria tiene un tiempo de espera para que pueda bajar el mineral chancado de su tolva hacia la faja trasportadora, este oscila alrededor de tres minutos dependiendo el tamaño de volquete, la dureza y granulometría del mineral.

Además, tomando en cuenta que tradicionalmente, el proceso minero es clasificado en dos grupos; mina y planta, donde gestionan centros de costos separados debido a una independencia, teniendo así cada uno un presupuesto y producción asignada, y sus metas están en maximizar la producción al mínimo costo. Sin embargo, en los últimos años se ha demostrado que las operaciones unitarias de mina tienen gran influencia en los procesos de planta, tal es así que con nuestra propuesta en la operación unitaria de acarreo de mineral será no solo beneficioso para las operaciones mina, con la disminución de tiempo de espera de cola entre volquete y volquete, disminución de 3 volquetes de acarreo pala-mineral y asignando estos volquetes al acarreo pala-desmonte, mejorando la producción mina, incluso con menor cantidad de volquetes; sino también en el proceso de planta, con el incremento de productividad de la chancadora primaria y reducción de número de arranques de la chancadora primaria, como también esta estandarización en la descarga de mineral nos permite hacer una mejor planificación minera con una mejor asignación de la distribución de la flota mina.

Es por esta razón que nos lleva a tener que analizar los tiempos y disponibilidad de la chancadora primaria, para poder reducir y homogenizar el tiempo de espera de descarga de mineral sulfurado, incrementando de esta forma la producción y tener una mejor distribución de volquetes, obteniendo también de esta manera una mejor eficiencia tanto en mina como en planta.

Figura 14

Cola de volquetes en zona de descarga



Nota: SPCC (2020)

3.3. Objetivos

Objetivo general

Optimizar el tiempo de espera de volquetes en la zona de descarga de mineral sulfurado de la chancadora primaria, para incrementar la productividad de los volquetes de mineral y la producción de mina Cuajone.

Objetivo Especifico

Determinar la distribución de tiempos en la zona de descarga de mineral sulfurado de la chancadora primaria.

Determinar los parámetros ideales para tener eficiencia en la descarga de mineral sulfurado.

CAPITULO IV

RESULTADOS, INDICADORES Y APORTES

4.1. Situación inicial

Para el presente trabajo de suficiencia profesional se venía explotando las fases de minado 6B2, 07, stock 5% y stock chancadora 1, contando para ello con flujos de 11 a 12 volquetes de los modelos Cat 793D, 797F, Komatsu 830 y 930; esta estrategia se realizaba con el fin de mantener volquetes en espera de luz verde para pase a chancadora, y el nivel de cajón para descarga variaba de 53 a 57%, con ello se tenía la siguiente distribución de tiempos del ciclo de acarreo de las palas de mineral hacia la zona de descarga de la chancadora, donde en la Tabla 6 se muestran dichos tiempo , donde los mayores porcentajes se tiene en el acarreo, tanto cargado como vacío; sin embargo el tercer mayor tiempo es el de “esperando para descarga” con un 11.6%.

Tabla 6

Distribución de tiempos de ciclo de acarreo enero-marzo

Pala	Descarga	Unidad	Vacio	Esperando para cargar	Cuadrando	Cargando	Acarreando	Esperando para descarga	Descargando
P01	Chancadora 1	Min.	10.7	1.92	0.48	2.97	9.35	4.05	4.2
P04	Chancadora 2	Min.	7.44	1.38	0.44	2.13	6.85	3.25	2.3
P05	Chancadora 3	Min.	13.31	2.59	0.37	2.1	16.9	4.25	2.74
	Promedio		**10.48**	**1.96**	**0.43**	**2.40**	**11.03**	**3.85**	**3.08**
	Porcentaje		**31.5%**	**5.9%**	**1.3%**	**7.2%**	**33.2%**	**11.6%**	**9.3%**

Nota: Elaboración propia.

Debido a esta distribución de tiempo con un 11.6% en espera para descarga es que se tenía en plataforma de descarga 4 volquetes esperando, como se muestra en la Figura 14; el ritmo de recepción de tonelaje de mineral era variable de 3,500 a 6,000 toneladas por hora, donde a menor tonelaje de recepción causaba mayor falta de mineral a chancadora de hasta noventa minutos y trabajo en vacío de la misma, y a mayor tonelaje que se quería descargar era mayor el

tiempo de espera de volquetes para descargar, la disminución de tonelaje en ocasiones era para no llenar pila de intermedios. Con todo esto se tenía los siguientes tiempos en espera de los volquetes para descarga del mineral en chancadora, como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7

Tiempos de espera enero-abril del 2020

Tiempos de espera de volquetes para descarga en chancadora 2020						
Pala	**Descarga**	**Unidad**	**Enero**	**Febrero**	**Marzo**	**Abril**
P01	Chancadora 1	Min.	3.50	4.64	4.97	4.13
P04	Chancadora 1	Min.	4.59	5.14	5.84	3.25
P05	Chancadora 1	Min.	3.61	4.93	4.59	4.22
	Promedio		3.90	4.90	5.13	3.87
	Media		3.61	4.93	4.97	4.13

Nota: Elaboración propia.

De acuerdo a la situación inicial para los meses de enero a abril del 2020, empleando de 11 a 12 volquetes se tenía la productividad de 511.17 TM/Hr como promedio y una media de 497.65 TM/Hr, presentado en la Tabla 8 y también los costos que representaba ello.

Tabla 8

Productividad inicial

2020	**Ciclos con descargas**	**Tonelaje descargado**	**Falta de material a Chancadora (horas mes)**	**Productividad de volquetes de mineral (TM/hr)**
Enero	8,607	2,553,265	64.22	508.42
Febrero	7,981	2,323,710	53.83	481.34
Marzo	7,450	2,232,320	41.07	486.87
Abril	7,528	2,395,440	61.15	568.05
		Promedio		511.17
		Media		497.65

Nota: Elaboración propia.

Costos

Se realiza la estimación de costos que se venían generando con los tiempos de espera de los volquetes en la zona de descarga de mineral sulfurado que se tenían con la situación inicial, siendo de la siguiente forma.

Promedio de descargas diarias de volquete 930E en chancadora = 300 descargas

Tiempo promedio de espera para descargar en chancadora = 4.45 minutos

Tiempo perdido esperando descarga por día: 300 x 4.45 =1,335 minutos ~ 22.25 horas

Tiempo perdido esperando descarga por año: 22.25 horas x 365 días = 8,121.25 horas

Costo Operativo (2020) de volquete 930E: 304 US$/hr

Costo actual de esperar en zona de descarga de chancadora:

8,121.25 hr x 304 US$/hr = 2,964,256 US$/ año.

4.2. Mejoras realizadas

Como parte de mejoras y aportes realizados por el autor del presente trabajo de suficiencia profesional, se realizaron las siguientes acciones:

Se instaló una pantalla para visualizar el nivel de descarga de chancadora en la sala de control mina, de esta forma el controlador puede ver y calcular para que sus volquetes estén cuadrados al 57% de nivel de cajón para que el flujo de mineral sea continuo y no haya demoras ni falta de mineral.

Se realizó un cambio el cual era estandarizar el mismo tamaño de flota en el ciclo de acarreo de mineral uniformizando los volquetes trabajando solo con las

flotas Cat 797F y Komatsu 980, estas son de la misma capacidad, y consiguientemente disminuir la cantidad de volquetes, se redujo la cantidad de volquetes de 12 unidades a 9 unidades de esta forma los tiempos de descarga de mineral en chancadora de volquete a volquete no tenga una variación significativa. El excedente de volquetes se envió al ciclo de acarreo de desmonte.

Con Jefe de Operaciones Mina se trabajó “Un volquete descargando, un volquete entrando a cuadrar”, revisando cada guardia sus indicadores de cola y falta de material logrando alcanzar 64,000 toneladas por guardia, colas en espera menor a 1 minuto y falta de material menor a 30 minutos. Se pidió y gestionó para que el tonelaje de recepción de mineral no sea menor a 5,000 toneladas por hora. Se solicitó a que las paradas por pila llena de intermedios no sean menores a 5 horas.

Tabla 9

Tiempos de espera mayo-octubre del 2020

Tiempos de espera para descarga en chancadora 2020								
Pala	**Descarga**	**Unidad**	**Mayo**	**Junio**	**Julio**	**Agosto**	**Septiembre**	**Octubre**
P01	Chancadora 1	Min.	1.19	1.24	1.20	1.15	1.18	1.19
P04	Chancadora 1	Min.	1.37	1.22	1.21	1.21	1.20	1.20
P05	Chancadora 1	Min.	1.65	0.97	0.97	1.50	1.40	0.87
Promedio			1.40	1.14	1.13	1.29	1.26	1.09
Media			1.37	1.22	1.20	1.21	1.20	1.19

Nota: Elaboración propia.

Posterior a las mejoras realizadas, como resultado se presenta en la Tabla 10 la productividad obtenida desde mayo a octubre del 2020, obteniendo como promedio de productividad de 632.36 TM/Hr y una media de 638.78 TM/Hr, esto empleando solo 9 volquetes.

Tabla 10

Productividad posterior

2020	Ciclos con descargas	Tonelaje descargado	Falta de material a Chancadora (horas mes)	Productividad de volquetes de mineral (TM/hr)
Mayo	7,516	2,411,730	84.22	660.42
Junio	7,576	2,412,495	73.18	610.77
Julio	8,210	2,472,975	68.57	585.76
Agosto	7,770	2,413,840	71.67	635.05
Setiembre	7,477	2,304,725	55.37	642.50
Octubre	8,452	2,651,115	52.77	659.66
		Promedio		632.36
		Medio		638.78

Nota: Elaboración propia.

Costos

Se realiza una nueva estimación de costos de descarga de mineral sulfurado en chancadora, con los nuevos tiempos obtenidos luego de las mejoras planteadas, siendo este el siguiente.

Promedio de descargas diarias de volquete 930E en chancadora = 300 descargas

Tiempo promedio de espera para descargar en chancadora = 1.22 minutos

Tiempo perdido esperando descarga por día: 300 x 1.22 =366 minutos ~ 6.1 horas

Tiempo perdido esperando descarga por año: 6.1 horas x 365 días = 2,226.5 horas

Costo Operativo (2020) de volquete 930E: 304 US$/hr

Costo actual de esperar en zona de descarga de chancadora:

2,226.5 hr x 304 US$/hr = 676,856 US$/ año.

4.3. Resultados

Como resultado del trabajo se logró reducir de 4.45 a 1.22 minutos promedio de espera en la zona de descarga de mineral sulfurado por volquete, como se puede apreciar en la Figura 15; este tiempo promedio inicial de 4.45 minutos fue establecido de acuerdo a la teoría de colas que maneja el sistema de MineOps del módulo de Dispatch y comparado con el análisis estadístico propuesto por el autor, obteniendo un tiempo de espera en la zona de descarga de mineral sulfurado de la chancadora primaria de 1.22 minutos; a continuación se presentan en la Tabla 11 los tiempos promedio de espera de los volquetes de acuerdo a cada pala destinada a la extracción del mineral sulfurado, presentando los tiempos iniciales y tiempos posteriores a las mejoras realizadas por el presente autor.

Tabla 11

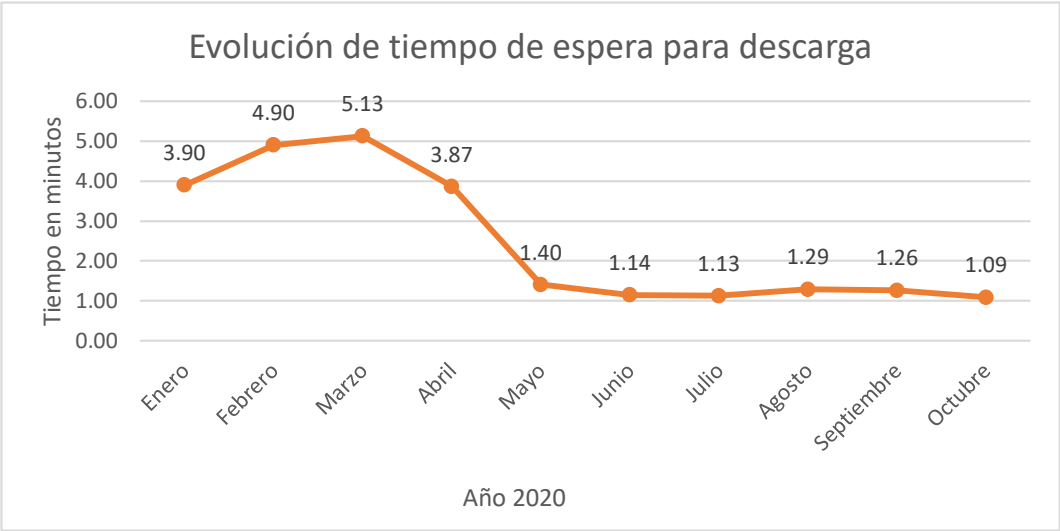
Promedio de tiempos

Pala	Descarga	Unidad	Tiempo inicial	tiempo después de mejora
P01	Chancadora 1	Min.	4.31	1.19
P04	Chancadora 1	Min.	4.71	1.24
P05	Chancadora 1	Min.	4.34	1.23

Nota: Elaboración propia.

Figura 15

Evolución de tiempo de espera

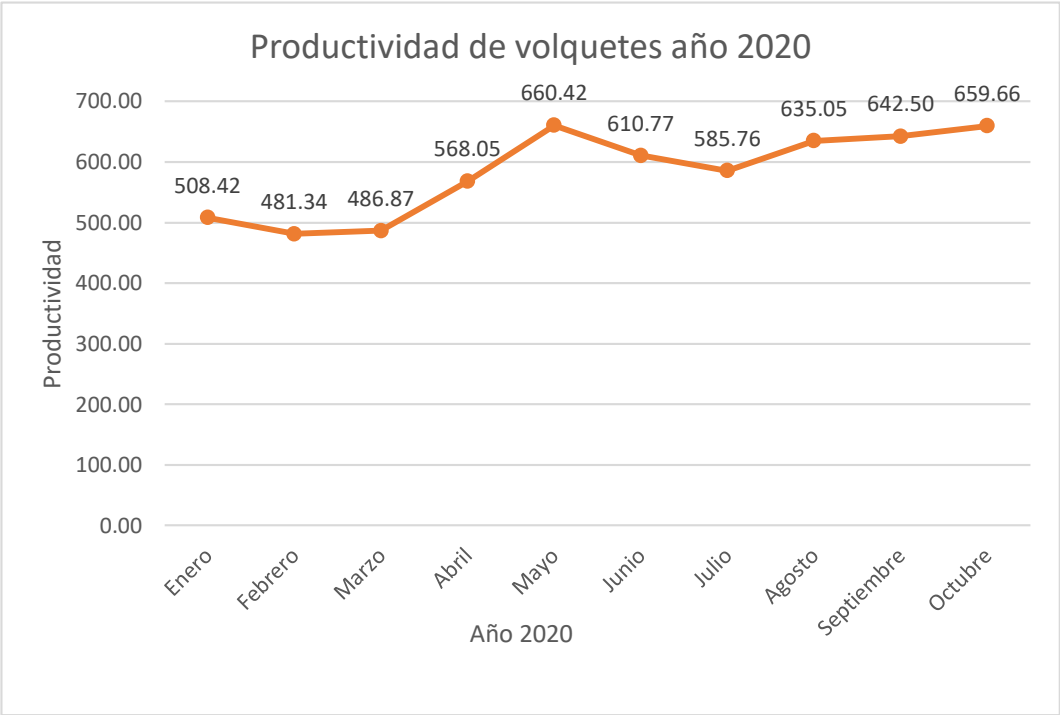


Nota: Elaboración propia.

Con las mejoras realizadas para optimizar los tiempos de espera de los volquetes, no solo se logró reducir estos tiempos de espera sino también se logró reducir el número de volquetes destinados a esta actividad, haciendo uso de solo 9 volquetes con ello se destinó 3 volquetes adicionales al ciclo de palas de desbroce, por lo que la productividad de los volquetes paso de 511.17 TM/hr a 632.36 TM/hr, como se muestra en la Figura 16; de esta manera también se obtuvo una ganancia de tonelaje después de las mejoras realizadas, obteniendo un total de producción adicional desde mayo a octubre del 2020 de 3,154,997 toneladas métricas, como se presenta en la Tabla 12.

Figura 16

Productividad de volquetes 2020



Nota: Elaboración propia.

Tabla 12

Ganancia de tonelaje

Ganancia tonelaje por distribución volquetes a chancadora.	
Mes	**TM**
Mayo	514,702
Junio	558,823
Julio	548,619
Agosto	501,965
Setiembre	484,961
Octubre	545,927
Total	**3,154,997**

Nota: Elaboración propia.

Los costos de espera de los volquetes en la zona de descarga de chancadora, también se redujeron considerablemente pasando de 2,964,256 US$/ año a 676,856 US$/ año lo que representa una reducción del 22.8% del costo de espera.

Por otro lado, se tuvo resultados beneficiosos para mina disminuyendo la cantidad de movimiento de palas, reasignación de volquetes, disminuir la falta de material; en chancado se redujo la cantidad de arranques de la chancadora primaria, incremento el ritmo de tonelaje transportado y disminuir la falta de disponibilidad de la chancadora primaria por pila llena de 10.8% a 9%; en mantenimiento disminuyo los eventos no programados y aumento la disponibilidad de 85 a 90%.

CAPITULO V

ASPECTOS COMPLEMENTARIOS / RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se logró optimizar el tiempo de espera de volquetes en la zona de descarga de mineral sulfurado de la chancadora primaria de 4.45 minutos a 1.22 minutos, lo que representa una disminución de tiempo de 72.6% lo que representaría una disminución de costo de US$ 2,287,400 al año.

Se determinó con la distribución de tiempo de acarreo, que el tiempo de espera para descarga representaba un 11.6% del tiempo total del ciclo, posterior a las mejoras realizadas este tiempo de espera para descarga se redujo a 4%, obteniendo una reducción considerable.

Se determinó que, con la estandarización de uniformización de volquetes, conociendo el porcentaje de nivel de cajón de chancadora y una correcta coordinación se logra aumentar la productividad de volquetes en el ciclo de mineral en un 23.7% de 511.17 a 632.36 toneladas en promedio.

Al optimizar el tiempo de espera para descarga de mineral, no solamente se disminuye este tiempo, sino también que reduciendo en 3 unidades los volquetes destinados para esta actividad se logra incrementar la productividad de los volquetes. Por consiguiente, estas 3 unidades son enviados al ciclo de acarreo de desmonte.

El MineOps es gran ayuda para controlar y sistematizar las operaciones unitarias de mina, sin embargo, requiere del constante supervisión y análisis del administrador, para tener una correcta eficiencia de los ciclos.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda revisar, evaluar y optimizar los tiempos de las otras operaciones unitarias de la actividad minera, pudiendo ser este el ciclo de acarreo de desmonte, ciclo de perforación y voladura, entre otros.

Se sugiere revisar y evaluar los parámetros de trabajo de la chancadora para que la optimización de espera para descarga sea aún mayor, esto debido a que existen paradas de chancadora hasta por 5 horas por pila llena.

Mantener el principio de mina-planta, esto se debe a que las operaciones unitarias de mina están ligadas directamente con el procesamiento de planta, por ello debe de existir una correcta y eficiente coordinación entre mina y planta, para poder optimizar sus operaciones unitarias de ambas gerencias.

Considerar que siempre está presente la oportunidad de mejorar las operaciones unitarias a pesar de que estas se encuentren sistematizadas, estas oportunidades se dan por los cambios que constantemente se dan en mina, como fue el caso del presente trabajo de la instalación de la nueva chancadora primaria dentro del tajo mina.

CAPITULO IV

REFERENCIAS

Cardenas M. (2020). *Optimización Granulometrica del Material Volado a Partir de la Mejora a de Estándares en las Operaciones Unitarias de Perforación y Voladura en la Unidad Minera Hércules - Compañía Minera Lincuna*. Huancayo, Perú.

https://hdl.handle.net/20.500.12394/9332

Champi M. (2015). "*Reducción de las Demoras Operativas y Optimización de Tiempos por Abastecimiento de Combustible con el Sistema VR • 300 GPM. en los Volquetes de Mina Unidad Operativa Cuajone*". Arequipa, Perú. http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/61

Guzmán A. (2015). *Análisis de la Interrelación entre el Transporte de Minerales del Nivel 17 de la Mina Subterránea y el Chancado Primario Convencional de la División Andina de Codelco Chile.* Quito, Ecuador. http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/783

López F. (2016*). Diagnóstico Productivo en las Operaciones Unitarias de Transporte y Planta de Chancado de Minera Antucoya Mediante Simulación Dinámica de Eventos Discretos.* Chile. http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/140578

Meza N. (2016). *Propuestas de Mejora de la Utilización Efectiva en Base a Disponibilidad de la Flota de Carguío y Transporte en Minera Los Pelambres*. Santiago, Chile. http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/139829

Olazabal J. (2015). *Factibilidad del Cambio de Sistema de Control de Mina en la Unidad Minera Toquepala.* Lima, Perú. http://hdl.handle.net/20.500.12404/5948

Pardo L. (2021). *Optimización de Costos en la Voladura de Pre-Corte en la Mina Cuajone.* Moquegua, Perú. http://hdl.handle.net/20.500.12918/5718

Pacheco D. (2015). *Voladuras de Alta Intensidad y su Influencia en el Chancado y Molienda del Pórfido Cupríferos de Cerro Verde*. Arequipa, Perú. http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3862

Pavez K. (2015). *Evaluación Técnico-Económica de Transporte de Mineral desde Stock Donoso a Chancado en Mina Los Bronces*. Santiago, Chile. http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/137281

TejsI W. (2019). *Estudio del Consumo de Combustible e Implementación de un Módulo de Información en el Sistema Dispatch para los Camiones de la Cía. Minera Antapaccay.* Cusco Perú. http://hdl.handle.net/20.500.12918/3625

Rojas A. (2016). *Optimización del Sistema de Carguío de Camiones de Transporte de Mineral de la Unidad Minera Pucamarca de la Empresa Minsur*. Tacna, Perú. http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/2473

Ulises O. (2019). *Diseño de Secuencia de Minado de la Pala Eléctrica P01, para Incrementar la Producción en la Fase 5 de la Unidad Minera Cuajone Southern Perú*. Puno Perú. http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/12297

Satchwel W. (1982). "*Economic control of quality of manufactured producto". Nueva York.* https://www.ams.org/journals/bull/1933-39-11/S0002-9904-1933-05731-2/

CAPITULO VII

ANEXOS

SOUTHERN COPPER
SOUTHERN PERU

PROCEDIMIENTO Nº SP-PR-09-15-009

CIERRE DIARIO DE PRODUCCIÓN MINA

Rev. #	Fecha	Preparado	Revisado/Conformidad	Aprobado	Firma
3	12 diciembre 2019	Gerencia Operaciones Mina	Superintendencia de Control Interno Comité de Políticas y Procedimientos	Dirección de Operaciones Cuajone	

Elaboró	Revisó	Autorizó
Oscar Concha Superintendente de Geología	Carlos Vidal Superintendente de Control Interno	Javier Salazar Muñoz Gerente de Mina

(*) 23 Mayo 2010

(**)30 Mayo 2016

TABLA DE CONTENIDO

I. Objetivo……	3
II. Alcance……	3
III. Responsables……	3
IV. Definiciones, Conceptos y Abreviaturas……	3
V. Disposiciones del Documento……	4
1. Lineamientos Generales ..……	4
2. Procedimientos ..……	4
3. Diagramas de Flujo.....	8
VI. Sanciones……	9
VII. Vigencia……..……....	9
VIII. Excepciones……	9
IX. Anexos……..……	9
1. Formatos utilizados ……	10
2. Hojas de cálculo……..	16
3. Tabla de riesgos.....	16

I. Objetivo

Establecer lineamientos que permitan normar las actividades de control de la información diaria de producción mina y su ingreso al OMS.

II. Alcance

La revisión, sumarización, registro y reporte de los tonelajes producidos a diario en mina, la realiza el departamento de Ingeniería (Administración Dispatch) con el visto bueno de la Gerencia de Mina.

III. Responsables

La Dirección de Operaciones Cuajone tiene a su cargo la aprobación del presente procedimiento.

La Gerencia de Mina tiene a su cargo la elaboración o actualización, difusión y hacer que se cumpla con éste procedimiento.

Las personas que intervienen en éste procedimiento son las siguientes.

- Administrador Dispatch.
- Gerente de Mina.

IV. Definiciones, Conceptos y Abreviaturas

1. **RHI (Rock Hardness Index):** Índice que mide el grado de dificultad que ofrece la roca para su pulverización en el molino de bolas.

2. **Sistema MineOps:** Software que utiliza GPS para la ubicación y registro de los equipos de mina en tiempo real. Dentro de sus opciones, es la de controlar los tonelajes y leyes diarios que cada pala envía de la mina a su destino.

3. **JView:** Software que permite reportar la información del MineOps.

4. **OPUS (OPERATIONS UNIFIED SYSTEM):** Software corporativo desarrollado por SPCC, que en un proceso de transferencia, recopila los tonelajes y leyes desde el Sistema MineOps. Cuenta con aplicaciones para las áreas de Perforación & Disparos, Geología e Ingeniería Mina.

5. **OMS:** Software corporativo desarrollado por SPCC que recoge información oficial del proceso productivo de cada área de la empresa, con el fin de mostrar a la alta Dirección los resúmenes de la producción de la empresa.

V. Disposiciones del Documento

1. Lineamientos generales

Para manejar la información de la producción mina se utilizan las siguientes aplicaciones: MineOps, JView, OPUS, OMS. Las personas autorizadas a estos sistemas lo hacen a través de un código de usuario y una contraseña.

En el siguiente cuadro se resume los sistemas utilizados para manejar los datos de producción para el cierre diario:

Área	Cargo	Software	Frec.	Revisión
Operaciones	Controlador de volquetes	MineOps	Diario	Administrador Dispatch
Ingeniería	Administracion Dispatch	MineOps, OPUS, OMS	Diario	Gerente de Mina

2. Procedimientos
2.1 Cierre diario de producción Mina.

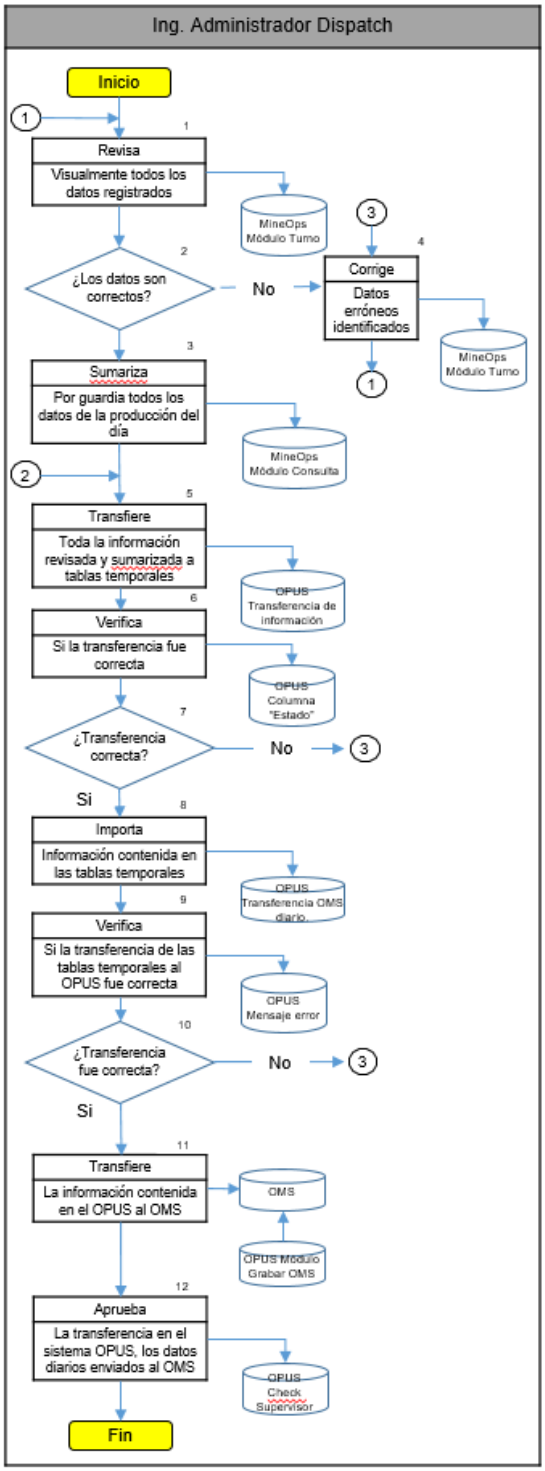
RESPONSABLE	ACT.	DESCRIPCIÓN
Administrador Dispatch	1	**Revisa:** Visualmente en el MineOps, en el módulo TURNO (opción descargas (Sumario)), los datos registrados (Pala, nivel, polígono, tonelajes, leyes, RHI, distancias, destinos, etc.).
	2	**¿Los datos son correctos?** En caso afirmativo, continúa en la actividad # 3. En caso contrario, continúa en la actividad #4.
	3	**Sumariza:** Por guardia, todos los datos de la producción del día, en el módulo CONSULTA (opción Producción por Pala) del MineOps. Continúa en la actividad #5.
	4	**Corrige:** Los datos erróneos identificados en el módulo TURNO (opción descargas (Sumario)) del MineOps. Regresa a la actividad #1.
	5	**Importa:** La información contenida en el MineOps. Esta transferencia se hace con el modulo Transferencia del sistema OPUS, donde se elige la fecha inicial y final de la transferencia de datos.
	6	**Verifica:** Si la transferencia de las Tablas Temporales al OPUS fue correcta. Esta verificación se hace con los mensajes “Error” que aparecen en los registros hacemos clic en la columna “Estado” para q nos indique la ubicación de los errores y corregirlos en el MineOps.
	7	**¿Transferencia fue correcta?:** En caso afirmativo, continúa en la actividad # 8. En caso contrario, repetir desde la actividad #4.

Administrador Dispatch	8	**<u>Transfiere y aprueba:</u>** La información contenida en el OPUS al OMS. Esta transferencia se hace en el OPUS a partir del módulo GRABAR OMS. La aprobación la hace en el módulo "Transferencia OMS diario" haciendo Check en la casilla "Supervisor".

Fin del Procedimiento

3. Diagramas de Flujo

3.1 Cierre diario de Producción Mina



VI. Sanciones

Las infracciones al presente procedimiento serán sancionadas de acuerdo a las normas establecidas en el Reglamento Interno de Trabajo y la Política de Conflicto de Intereses.

El desconocimiento no exime al trabajador de las responsabilidades que se deriven de un accionar contrario al presente procedimiento.

VII. Vigencia

Este procedimiento queda vigente al día siguiente de su publicación en la Intranet de SPCC.

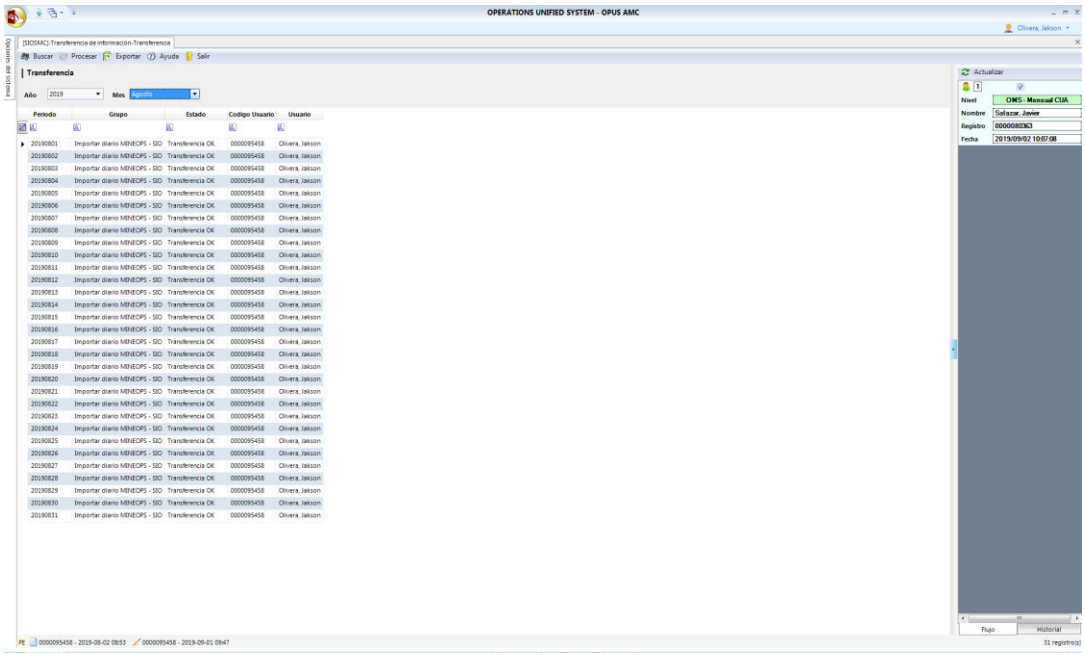
VIII. Excepciones

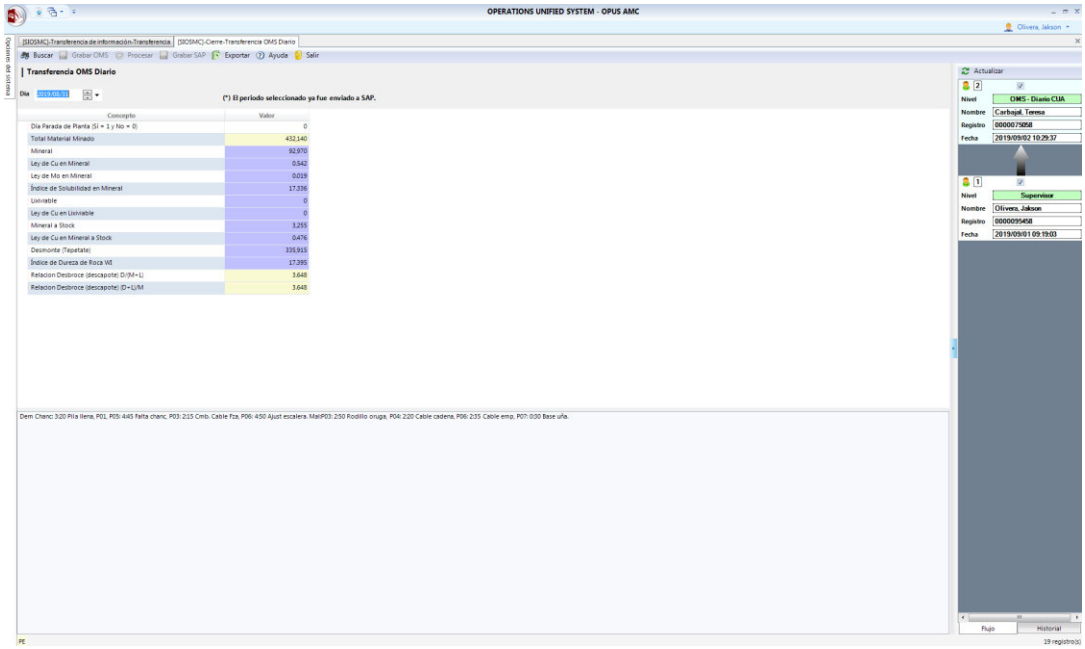
No aplica.

IX. Anexos

1. Formatos Utilizados

Fuente: Sistema Protiviti.





2. Hojas de cálculo

NOMBRE	SEMAFORO	REPOSITORIO SI/NO
Plan de Minado Semanal	Verde	No

3. Tabla de riesgos

Riesgos		Diseño de Control	
N°	**Riesgo**	**Objetivo de Control**	**Actividad de Control**
	No aplica	No aplica	No aplica

Fuente: Sistema Protiviti

SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD PROSESA-CUAJONE

Revisión Elaborada por:	Fecha	Revisión Elaborada por:	Fecha
Supervisor de Operaciones Mina		Jefe General de Guardia de Operaciones Mina	
Osmar Valdivia Candela		Ricardo Puerta Villagaray	

Revisado y Aprobado por:	Fecha	Revisado y Aprobado por:	Fecha
Jefe General de Operaciones Mina		Superintendente de Operaciones Mina	
Josue Vilchez Espejo		José Medina Lazo	

Revisado y Aprobado por:	Fecha	Aprobado por:	Fecha
Gerente de Seguridad		Gerente de Mina	
Marcos Chirinos Vogl		Javier Salazar Muñoz	

CONTROL DE CAMBIOS	
ITEM MODIFICADO	**DIFERENCIAS CON LA VERSIÓN ANTERIOR**
2	Se agregó: “Barbiquejo”, se cambia Chaleco de Alta Visibilidad por Chaleco con cinta reflectiva y en respirador se elimina “de media cara con cartucho”.
3	Se cambia “sistema JMineops” por • Radio de comunicación base. • Teléfono fijo. • Computadoras y pantallas. • Cuaderno de relevo de guardia.
4.1	En el segundo guion Se elimina “por problemas en el Hopper”.
4.1	En el tercer guion se cambia todo el contenido por “seguimiento al estado de la chancadora”
4.3	Se agrega al inicio “Ingresar al sistema, MineOPS, con su usuario correspondiente”.
4.3	En el tercer guion se cambia “Mineral al Hopper o Stock mineral, desmonte al Botadero, etc”. por “Mineral a la chancadora, desmonte al Botadero, etc”.
4.3	Se agrega: • Cumplir con el plan de minado. • Cumplir con el blending. • Parar equipos excedentes … aprovechar entrenamiento. • Verificar la asignación del sector de cambio de guardia de los equipos. • Imprimir los reportes de fin de guardia para el Jefe General de Guardia. • Enviar el correo de los reportes a la línea funcional superior.
5.1	Se agrega “y sus modificatorias contenidas en el D.S. N° 023-2017-EM”.
5.2	Se cambia el item 5.2 por “En Cuajone queda totalmente prohibido el ingreso y uso de celulares…… en las normas y reglamentos de Seguridad”.
5.3	Se cambia el ítem 5.3 por ”Durante tormenta eléctrica seguir las indicaciones del SCJ-PRE-45 protocolo de respuesta a emergencias TORMENTAS ELECTRICAS”.

5.4	Se agrega el ítem 6.4 “No se permiten colas en las palas, debe haber un volquete cargando y otro cuadrado, esto evitará accidentes, menor consumo de combustible y una utilización óptima de la flota de volquetes”.

1. PERSONAL

- Jefe general de guardia mina.
- Supervisor de operaciones mina.

2. EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL

- Chaleco con cinta reflectiva.
- Lentes de seguridad.
- Zapatos de seguridad.



3. EQUIPO / HERRAMIENTAS / MATERIALES

- Radio de comunicación base.
- Telefono fijo.
- Computadoras y pantallas.
- Cuaderno de relevo de guardia.

4. PROCEDIMIENTO:

4.1 El controlador debe estar bien informado sobre los planes de minado del día tomando en cuenta lo siguiente:

- Material disponible operativamente y el tipo de minado que corresponde a cada una de las palas y cuál es el destino respectivo del material minado.
- Alternativas de contingencia para las palas en caso se requiera reubicarlas en otro frente de carguío que no sea mineral (por problemas de Chancadora).
- Seguimiento al estado de Chancadora.

- Conocer el tráfico de volquetes y sus alternativas; si existe alguna vía o tramo de vía cerrado para actualizarlo en el sistema JMineops.
- Conocer las prioridades de minado de las palas.
- En caso que una determinada ruta requiera tránsito de volquetes cargados en rampa negativa, el controlador deberá asegurar una buena configuración en el sistema para que, por ningún motivo, la flota Komatsu 830E circule por dicha ruta. Además, deberá de notificar oportunamente por radio y deberá realizar un seguimiento constante de esta circunstancia.

4.2 La comunicación (proceso vía radio), juega un papel muy importante para alcanzar todos los objetivos:

- Comunicación constante con el jefe de guardia y con la supervisión de campo (ubicación de la pala respecto a los polígonos, demoras en las palas o en los botaderos; recordando que Congestión es sinónimo de Accidente).
- El controlador de volquetes recopilará, analizará y hará seguimiento de toda la información recibida para el mejor control y distribución de los equipos y mantendrá informado al jefe de guardia de todo lo acontecido en la operación.

4.3 Es deber del Controlador de Volquetes:

- Ingresar al sistema, MineOPS, con su usuario correspondiente.
- Cumplir con el plan de minado.
- Cumplir con el blending, respetar los porcentajes.
- Parar equipos excedentes (cuando hay palas paradas), informar al O1 para aprovechar el entrenamiento.
- Trabajar el Sistema de Control de Volquetes “JMineOps” con asignación dinámica, para optimizar la producción, evitando tener “ociosas” las palas (Hang) y disminuir los costos, evitando la cola de volquetes (Queue).
- Tener oportunamente actualizada todas las rutas de acarreo (desde las palas hasta la zona de descarga).

- Tener claro el lugar donde se depositará la carga del volquete de acuerdo al tipo de material. Ejemplo: Mineral a la chancadora, desmonte al Botadero, etc.
- Durante la guardia se asegurará que todos los niveles y polígonos en el "JMineOps – Turno – Descargas" por pala, estén ordenados y corregidos para un mejor seguimiento de la producción.
- Registrar cualquier evento u observación referido a la operatividad de los equipos en su cuaderno de reporte diario para que quede constancia y como información para el siguiente turno de los hechos ocurridos durante la guardia.
- Verificar la asignación del sector de cambio de guardia de los equipos.
- Imprimir los reportes de fin de guardia para el jefe general de guardia.
- Enviar el correo de los reportes a la linea funcional superior.

5. RESTRICCIONES

5.1 Retirarse de cualquier área de trabajo al detectar un peligro de alto riesgo que atente contra su seguridad o salud, dando aviso inmediato (Art. 40 Inciso d RSSO DS. 024-2016 EM y sus modificatorias contenidas en el D.S. N° 023-2017-EM).

5.2 En Cuajone queda totalmente prohibido el ingreso y uso de celulares en las áreas industriales. Los teléfonos celulares, télefonos pórtatiles y radios asignados a la supervisión que por razones de trabajo lo requieran pueden ser utilizados teniendo en consideración las restricciones de uso establecidas en las normas y reglamentos de Seguridad.

5.3 Durante tormenta eléctrica seguir las indicaciones del SCJ-PRE-45 protocolo de respuesta a emergencias TORMENTAS ELECTRICAS.

5.4 No se permiten colas en las palas, debe haber un volquete cargando y otro cuadrado, esto evitará accidentes, menor consumo de combustible y una utilización óptima de la flota de volquetes.

ANEXO 01

PROCEDIMIENTO DE CONTROLADOR DE VOLQUETES		
	Nombre de las personas que participaron en su elaboración	**Firma**
1	Ricardo Puerta Villagaray	
2	Osmar Valdivia Candela	
3	Kemper Portocarrero Ramos	

"UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA"

DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA PARA TESIS AL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN DEL ACCESO ABIERTO DE LA UNAM

VICEPRESIDENCIA DE INVESTIGACIÓN

Formulario de autorización para la publicación electrónica en la página web del Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Moquegua, de conformidad con el Decreto Legislativo N° 822, sobre la Ley de los Derechos de Autor, Ley N° 30035 del Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto de la UNAM aprobada mediante la Resolución de C.O. N° 0158-2016-UNAM.

1. DATOS PERSONALES DEL AUTOR

Apellidos y Nombres:	Hilasaca Gómez Hayar Hans
D.N.I.:	43517648
Otro Documento:	—
Nacionalidad:	Peruana
Teléfono:	993 781 016
e-mail:	hayar.hilasaca@gmail.com

2. DATOS ACADÉMICOS

Escuela Profesional:	Ingeniería de Minas
Grado Académico otorgado:	Bachiller en Ingeniería de Minas
Título Profesional otorgado:	Ingeniero de Minas
Tesis (Pregrado y/o Postgrado):	Pregrado
Modalidad de Titulación:	Suficiencia profesional

3. DATOS DE LA TESIS

Título de la tesis:	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
Fecha de Sustentación:	29 de octubre 2021
Calificación:	Diecisiete
Año de Publicación:	2021

4. DATOS DEL ASESOR

Apellidos y Nombres:	Florez Salas, Jorge Luis Tomas
D.N.I.:	00790320
Otro Documento:	—
Nacionalidad:	Peruana
Teléfono:	968 401 069
e-mail:	jflorezs@unam.edu.pe

"UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA"

DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

5. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN VERSIÓN ELECTRÓNICA

A través de la presente, autorizo la publicación del texto completo de la tesis, en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Moquegua para su explotación no exclusiva, ilimitada, perpetua y con alcance mundial, a favor de la Universidad Nacional de Moquegua.

Según el Reglamento de la Ley Nº 30035, Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto DECRETO SUPREMO N° 006-2015-PCM "TÍTULO IV GESTIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL Y DE LOS DATOS PERSONALES; *Artículo 10º.- De los Derechos: Esta cesión de derechos comprende, mas no se limita, a los derechos de reproducción, comunicación al público, distribución, traducción, adaptación, arreglo, edición, modificación, cambio de formato u otra transformación, importación al territorio nacional de copias por cualquier medio incluyendo la transmisión, así como cualquier otra forma de utilización de las obras, datos procesados y estadísticas de monitoreo que no estén contempladas en la ley de la materia como excepción al derecho patrimonial y, en general, para cualquier tipo de utilización y explotación, que la entidad estime pertinentes, en cualquier forma o procedimiento, conocido o por conocerse, pudiendo poner a disposición las obras, datos procesados y estadísticas de monitoreo por medio de autorizaciones o licencias a favor del público en general."*

Sin perjuicio de otras obligaciones a su cargo, EL AUTOR deberá entregar una versión digital final de la TESIS sin ninguna medida tecnológica efectiva ni sistema de auto tutela, sin contraseña ni restricción, de acuerdo con los lineamientos establecidos por el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) en relación con el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto. Cuando las obras contengan en parte o consistan en programas de ordenador o software, además deberá entregar el código fuente, código objeto, documentación técnica y manuales. Lo dispuesto en relación con los programas de ordenador no se aplicará cuando la entidad pública sea sólo licenciataria del software.

Para facilitar la divulgación y alcance nacional e internacional de los resultados de las investigaciones en materia de ciencia, tecnología e innovación contenidos en los repositorios institucionales y en el Repositorio Nacional Digital, se autoriza la traducción automática a otros idiomas y dialectos por medio de programas de ordenador de las obras, datos procesados y estadísticas de monitoreo, así como de los metadatos de los mismos. En caso de ser fijadas o reproducidas, se deberá incluir expresamente que se trata de traducciones hechas por medios informáticos, con fines ilustrativos o referenciales.

Firma y huella digital: _____



Fecha de autorización: 23 de noviembre 2021