

Universidad Nacional de Ingeniería
Facultad de Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica




TESIS

**Análisis de tiempos y movimientos de extracción de mineral para
incrementar la productividad y la disponibilidad mecánica de la
flota de volquetes en minería subterránea**

Para obtener el título profesional de Ingeniero de Minas


Elaborado por

Ruben Gustavo Reynoso Paucar

 0009-0002-3685-1918

Asesor

MBA. Eder León Salazar Dulanto

 0000-0002-1400-3144

LIMA – PERÚ

2023

Citar/How to cite	Reynoso Paucar [1]
Referencia/Reference	[1] R. Reynoso Paucar, " <i>Análisis de tiempos y movimientos de extracción de mineral para incrementar la productividad y la disponibilidad mecánica de la flota de volquetes en minería subterránea</i> " [Tesis de pregrado]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2023.
Estilo/Style: IEEE 2020)	

Citar/How to cite	(Reynoso, 2023)
Referencia/Reference	Reynoso, R. (2023). <i>Análisis de tiempos y movimientos de extracción de mineral para incrementar la productividad y la disponibilidad mecánica de la flota de volquetes en minería subterránea</i> . [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

Dedicatoria

*A mis padres (Lila Paucar y
Rubén Reynoso) que me apoyaron
incondicionalmente en el transcurso de mi vida
profesional, a mi hija (Lissa) por ser mi motor y motivo.*

Agradecimientos

A Dios por sobre todas las cosas.

A mi alma mater la Universidad Nacional de Ingeniería.

Mi profundo agradecimiento a todos los profesionales y profesores que contribuyeron a mi formación profesional.

Resumen

La presente tesis está orientada al sector industrial, específicamente al transporte de material con volquetes desde un punto a otro punto; es una investigación que tiene un enfoque cuantitativo, alcance descriptivo, y el diseño es del tipo experimental.

En cuanto a esta es realizada en una minera subterránea específicamente en la operación unitaria del transporte de mineral con volquetes desde interior mina hacia la chancadora.

En resumen, a lo que se quiere llegar en base a la investigación realizada es analizar una base digital de datos estructurada la cual es recolectada en campo por medio de los reportes operacionales que realizan los operadores de volquete, se recopila los tiempos y movimientos de extracción de volquetes.

Es importante destacar que en base a este análisis de datos y al importante aporte de los operadores, se logra analizar dos indicadores que son la base de estudio en la presente investigación, la disponibilidad mecánica y la productividad que equivale a las toneladas métricas transportadas por viaje.

Finalmente, en el año 2020 se obtuvo como resultado el incremento de la disponibilidad mecánica de 75% en el mes de julio a 80% en el mes de agosto, también la productividad en ese mismo año aumento de 36.79 Tm/viaje en setiembre a 37.77 Tm/viaje en octubre.

Así mismo en el año 2021 la sobrecarga en los volquetes disminuyo de 36.88 Tm/viaje en junio a 36.4 Tm/viaje en julio, entonces la disponibilidad mecánica aumento de 87% en el mes de junio a 92% en el mes de julio del mismo año.

Palabras claves — Productividad, disponibilidad, volquetes, escalonamiento, sobrecarga

Abstract

This thesis is oriented to the industrial sector, specifically to the transport of material with dump trucks from one point to another point; It is a research that has a quantitative approach, descriptive scope, and the design is of the experimental type.

As for this, it is carried out in an underground mining company, specifically in the unitary operation of transporting ore with dump trucks from inside the mine to the crusher.

In summary, what you want to achieve based on the research carried out is to analyze a digital structured data base which is collected in the field through the operational reports carried out by the dump truck operators, the extraction times and movements are collected.

It is important to highlight that based on this data analysis and the important contribution of the operators, it is possible to analyze two indicators that are the basis of study in the present investigation, the mechanical availability and the productivity that is equivalent to the metric tons transported per trip. .

Finally, in the year 2020, the increase in mechanical availability from 75% in the month of July to 80% in the month of August was obtained, also the productivity in that same year increased from 36.79 Tm/trip in September to 37.77 Tm/trip in October.

Likewise, in the year 2021 the overload in the dump trucks decreased from 36.88 Tm/trip in June to 36.4 Tm/trip in July, then the mechanical availability increased from 87% in the month of June to 92% in the month of July of the same year.

Keywords — Productivity, availability, dump trucks, scaling, overload

Tabla de contenido

	Pág.
Resumen	v
Abstract	vi
Introducción	xiv
Capítulo I. Parte introductoria del trabajo	1
1.1 Generalidades.....	1
1.2 Descripción del problema de investigación.....	1
1.2.1 Problema general.....	3
1.2.2 Problemas específicos	3
1.3 Objetivos del estudio	3
1.3.1 Objetivo General	3
1.3.2 Objetivos Específicos	4
1.4 Hipótesis y operacionalización de variables	4
1.4.1 Hipótesis General.....	4
1.4.2 Hipótesis específica.....	4
1.5 Antecedentes investigativos	4
1.5.1 Antecedentes internacionales	4
1.5.2 Antecedentes nacionales	8
1.5.3 Antecedentes locales	13
Capítulo II. Marcos teórico y conceptual	15
2.1 Marco teórico	15
2.1.1 Análisis de tiempos y movimientos.....	15
2.1.2 Productividad	23
2.1.3 Disponibilidad Mecánica.....	27
2.2 Marco conceptual.....	33
2.2.1 Data	33

2.2.2	Horario	33
2.2.3	Volquete.....	33
2.2.4	Sobrecarga	34
2.2.5	Palada.....	34
2.2.6	Desfase.....	34
2.2.7	Escalonamiento.....	34
2.2.8	Mantenimiento.....	34
2.2.9	Toneladas	34
2.2.10	Viaje	34
2.2.11	Unidad.....	34
2.2.12	Ciclo	35
2.2.13	Contraguardía.....	35
2.2.14	Actividad.....	35
2.2.15	Standard.....	35
Capitulo III. Desarrollo del trabajo de investigación.....		36
3.1	Unidad de análisis	36
3.1.1	Ubicación	36
3.1.2	Historia.....	36
3.1.3	Geología	37
3.1.4	Recursos minerales.....	40
3.1.5	Reservas minerales.....	41
3.1.6	Descripción de operaciones y desarrollo	43
3.1.7	Descripción del método de explotación	45
3.2	Materiales y equipos usados	53
3.2.1	Modelo de volquetes	53
3.2.2	Programación de volquetes.....	54
3.2.3	Distribución de operador vs volquete	55

3.2.4	Capacidad máxima de los volquetes	56
3.2.5	Relevo por turno.....	56
3.2.6	Power Query	56
3.2.7	Power Bi.....	56
3.3	Recolección de datos	57
3.3.1	Horario de trabajo área de operaciones	57
3.3.2	Horario de trabajo área de mantenimiento	57
3.3.3	Reporte de operatividad de equipos.....	58
3.3.4	Salida de volquetes.....	58
3.3.5	Numero de paladas por volquete.....	60
3.3.6	Reporte Operacional de trabajo.....	61
3.4	Procesamiento de la información	61
3.5	Análisis de la información.....	63
3.5.1	Hora promedio de la primera palada	63
3.5.2	Tiempo máximo promedio de llegada a la labor	64
3.5.3	Hora promedio de salida de volquetes	64
	Capitulo IV. Análisis y discusión de resultados	66
4.1	Escenario inicial	66
4.1.1	Simultaneidad de horarios entre el área de operaciones y el área de mantenimiento. 66	
4.1.2	Sobrecarga de volquetes.....	67
4.2	Escenario final.....	68
4.2.1	Escalonamiento de horario entre el área de operaciones y el área de mantenimiento68	
4.2.2	Disminución de paladas por volquete	70
4.3	Prueba hipótesis	73
4.3.1	Hipótesis aumento de la productividad de la flota de volquetes.....	73
4.3.2	Hipótesis aumento de la disponibilidad mecánica de la flota de volquetes	75
	Conclusiones	77

Recomendaciones	78
Referencias bibliográficas	79
Anexos	1

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1: Recursos minerales Compañía Minera Condestable.....	41
Tabla 2: Recursos minerales Mina Raul.....	41
Tabla 3: Recursos minerales Mina Condestable	41
Tabla 4: Reservas minerales Compañía Minera Condestable.....	42
Tabla 5: Reservas minerales Mina Raul.....	43
Tabla 6: Reservas minerales Mina Condestable	43
Tabla 7: Parámetros de productividad de volquetes Volvo FMX 8x4R	54
Tabla 8: Parámetros de productividad de volquetes Scania P450 8x4XT	54
Tabla 9: Programación regular de volquetes por guardia.....	55
Tabla 10: Ejemplo de distribución de volquetes	55
Tabla 11: Capacidad máxima de los volquetes	56
Tabla 12: Horario de trabajo del área de operaciones.....	57
Tabla 13: Horario de trabajo del área de mantenimiento.....	57
Tabla 14: Ejemplo de cuadro de salida de volquetes	60
Tabla 15: Numero de paladas por volquete	61
Tabla 16: Disminución de paladas por modelo de volquete	70

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1: Fases o etapas del estudio de tiempos y movimientos	19
Figura 2: Ubicación de la mina Condestable	36
Figura 3: Evolución del tratamiento de mineral a través de los años desde sus inicios en operación de la mina hasta la actualidad	37
Figura 4: Vista panorámica de las unidades mineralizadas	39
Figura 5: Vista del block mineralizado explotado por “Shrinkage”	46
Figura 6: Vista del block mineralizado explotado por Cámaras y pilares	47
Figura 7: Vista del block mineralizado explotado por tajeo por subniveles	48
Figura 8: Parámetros de diseño para el método tajeo por subniveles	49
Figura 9: Parámetros del equipo de perforación	50
Figura 10: Parámetros de perforación.....	51
Figura 11: Perforación de taladros en tajeos por subniveles	52
Figura 12: Carguío de taladros en tajeos por subniveles	52
Figura 13: Explosivos para voladura en tajeos por subniveles	53
Figura 14: Ejemplo de reporte de operatividad de equipos	58
Figura 15: CN461 Scania P450 XT 8x4 salida a las 07:50	59
Figura 16: CN405 Volvo FMX R 8x4 partida a las 07:45	59
Figura 17: Extracción de información hacia el Power Query	62
Figura 18: Orden y limpieza de la información digital	62
Figura 19: Información cargando en el power BI	63
Figura 20: Hora promedio de la primera palada por año	64
Figura 21: Tiempo máximo promedio de llegada a la labor	64
Figura 22: Hora promedio de salida de volquetes hacia interior mina	65
Figura 23: Línea de tiempo, muestra la simultaneidad de horarios del área de operaciones y área de mantenimiento	66

Figura 24: Disponibilidad mecánica por mes.....	67
Figura 25: Tonelaje promedio por mes	67
Figura 26: Línea de tiempo desfase de horario entre el área de operaciones y el área de mantenimiento	68
Figura 27: Aumento de la disponibilidad Mecánica 2020	69
Figura 28: Toneladas netas transportadas por viaje	69
Figura 29: Sobrecarga en los volquetes Volvo FMX 8x4.....	70
Figura 30: Sobrecarga en los volquetes Scania P450 8x4	71
Figura 31: Disminución del tonelaje promedio por volquete	71
Figura 32: Aumento de la disponibilidad mecánica 2021	72
Figura 33: Región de rechazo, distribución z, nivel de significancia 5%.....	74
Figura 34: Región de rechazo, distribución z, nivel de significancia 1%.....	76

Introducción

En el primer capítulo se describe las generalidades del trabajo de investigación, se describe y formula el problema de investigación, así mismo se indican los objetivos, hipótesis, y los antecedentes investigativos internacionales, nacionales y locales.

En el segundo capítulo detallara el marco teórico, describiendo los temas más importantes que son de investigación en la tesis: estudio de tiempos y movimientos, productividad y disponibilidad mecánica, así como el marco conceptual donde se tocan los conceptos que puedan tener doble significado en el presente.

El tercer capítulo se desarrolla el trabajo de investigación., la unidad de análisis, materiales y equipos usados; como se recolecto la información, como se procesó esta para obtener las tablas y gráficos que nos permite el análisis, para la toma de decisiones.

En el cuarto capítulo se discute los resultados, se analizan dos escenarios, un escenario inicial antes de implementar las nuevas acciones; y un escenario final que muestra las mejoras.

Capítulo I. Parte introductoria del trabajo

1.1 Generalidades

Las empresas mineras tienen como una de sus principales políticas la mejora continua de sus procesos. La cantidad de mineral que se transporta mediante el uso de volquetes, desde las labores mineras hacia el chancado es tema de investigación, y de oportunidad de mejora.

La mejora de la productividad y la disponibilidad mecánica de una flota de volquetes mediante el análisis de los tiempos y movimientos, promueve el cumplimiento de producción diaria de mineral, así mismo el cuidado de la flota de volquetes.

El presente trabajo de investigación analiza los tiempos y movimientos recopilados en campo y en base a estos, traslada, transforma, ordena y crea una base digital de datos estructurada, del cual se infieren indicadores que conllevan a decisiones importantes para gestionar de manera eficiente la operación unitaria del transporte de mineral con volquetes en una mina subterránea.

Como investigación fomentara el interés en utilizar el estudio de tiempos y movimientos en las diversas actividades de una empresa minera, para así aprovechar las oportunidades de mejora y tomar las mejores decisiones para alcanzar los objetivos de la empresa.

1.2 Descripción del problema de investigación

En base a una data digital de reportes diarios de operación de los operadores de volquete y la observación en campo se concluye que la mala planificación en el tiempo de intervenciones de los mantenimientos trae como consecuencia la disminución de la disponibilidad mecánica de la flota, así como la disminución en su productividad que equivale a las toneladas por viaje de mineral transportadas a la planta.

En detalle el que no exista un horario del área de mantenimiento el cual se encuentre desfasado del horario del área de operaciones; no permite que el área de

mantenimiento ingrese a trabajar antes que el área de operaciones y avanzar con las averías de los volquetes dejadas por la guardia saliente.

A todo esto, el área de operaciones cuando llega de la zona de campamento a la mina, lo primero que hacen los trabajadores inmediatamente de relevarse con su contraguardia, es recibir su orden de trabajo, realizar su inspección de equipo del inicio de guardia, reportar su inspección, entonces se dirigen a la sala de capacitación a recibir su charla de seguridad, reparto de guardia.

El área de mantenimiento cuando llega de la zona de campamento a la mina, lo primero que hacen los trabajadores inmediatamente de relevarse con su contraguardia, es ir a vestuario a cambiarse, de recibir su orden de trabajo, realizar su inspección de herramientas, reportar su inspección, entonces se dirigen a la sala de capacitación a recibir su charla de seguridad, reparto de guardia.

Estas actividades las realizan en forma paralela tanto el área de mantenimiento como el área de operaciones cada día y después de realizar esto se avocan a sus tareas efectivas, el área de mantenimiento a realizar los mantenimientos de los volquetes y el área de operaciones a realizar el transporte de mineral y desmonte.

De lo mencionado se observa que el horario de los trabajadores del área de operaciones y el área de mantenimiento es el mismo entonces las dos áreas salen a realizar sus tareas diarias en simultaneidad, en esta realidad esto trae como consecuencia que los mantenimientos no se agilicen, muy por el contrario, se retrasa la partida hacia interior mina de los volquetes programados.

En tanto no se aprovecha por parte del área de mantenimiento el tiempo en el que el área de operaciones realiza las actividades para inicio de trabajo ya mencionadas (relevarse con su contraguardia, de recibir su orden de trabajo, etc.), no hay un desfase de horarios de trabajo para realizar los mantenimientos correctivos, mantenimientos preventivos, mantenimientos programados los cuales son necesarios para mantener una disponibilidad mecánica que garantice la eficiente productividad de los volquetes.

Asimismo, en el análisis de dicha información digital y la observación, se identifica un exceso de carga sobre el tonelaje promedio de los volquetes el cual trae como consecuencia la disminución de la disponibilidad mecánica de estos.

En detalle el número de cucharadas por volquetes son excesivas, por lo que la sobrecarga afecta el sistema de suspensión del volquete, en efecto las paradas de los volquetes aumentan, la disponibilidad mecánica disminuye.

De igual modo los volquetes tienen un tonelaje recomendado por los fabricantes, el cual no se puede sobrepasar para el cuidado del equipo, así mismo para la prolongación de la vida útil de estos, para que no fallen, por lo que tonelajes mayores a este son considerados como sobrecargas y afectan la disponibilidad mecánica de los volquetes.

Entonces la formulación al problema de investigación se plantea de la siguiente manera:

1.2.1 Problema general

¿En qué medida el no analizar los tiempos y movimientos de extracción de mineral permite la disminución de la productividad y la disponibilidad mecánica de la flota de volquetes en minería subterránea?

1.2.2 Problemas específicos

¿En qué medida el no analizar los tiempos y movimientos de extracción de mineral permite la disminución de la productividad de la flota de volquetes en minería subterránea?

¿En qué medida el no analizar los tiempos y movimientos de extracción de mineral consiente la disminución de la disponibilidad mecánica de la flota de volquetes en minería subterránea?

1.3 Objetivos del estudio

1.3.1 Objetivo General

Analizar los tiempos y movimientos de extracción de mineral para definir estrategias para incrementar la productividad y la disponibilidad mecánica de la flota de volquetes en minería subterránea.

1.3.2 *Objetivos Específicos*

Analizar los tiempos y movimientos de extracción de mineral y así incrementar la productividad de la flota de volquetes en minería subterránea.

Analizar los tiempos y movimientos de extracción de mineral para incrementar la disponibilidad mecánica de la flota de volquetes en minería subterránea.

1.4 Hipótesis y operacionalización de variables

1.4.1 *Hipótesis General*

Si se logra analizar los tiempos y movimientos de extracción de mineral permitirán definir estrategias para incrementará la productividad y la disponibilidad mecánica de la flota de volquetes en minería subterránea.

1.4.2 *Hipótesis específica*

Si se logra analizar los tiempos y movimientos de extracción de mineral entonces se incrementaría la productividad de la flota de volquetes en minería subterránea.

Variable dependiente, análisis de tiempos y movimientos de extracción de mineral.

Variable independiente, incremento de la productividad de la flota de volquetes.

Si se logra analizar los tiempos y movimientos de extracción de mineral se incrementaría la disponibilidad mecánica de la flota de volquetes en minería subterránea.

Variable dependiente, análisis de tiempos y movimientos de extracción de mineral.

Variable independiente, incremento de la disponibilidad mecánica de la flota de volquetes.

Se adjunta la tabla de matriz de consistencia en el Anexo 5,

1.5 Antecedentes investigativos

1.5.1 *Antecedentes internacionales*

Navarro M. (2017) Metodología para el cálculo y seguimiento de productividad en la preparación minera para minería subterránea de Block/Panel Caving en División El Teniente:

La productividad en la industria minera está en la agenda del sector y es un desafío constante el cómo medir efectivamente las obras de construcción en los proyectos mineros subterráneos, donde las condiciones inherentes del método de explotación junto a la arquitectura mina, dificultan las labores. El trabajo a desarrollar tiene como objetivo principal generar una metodología para cuantificar la productividad y llevar a cabo un seguimiento de la preparación minera en proyectos subterráneos explotados por Block/Panel Caving. La metodología propuesta corresponde a la construcción de indicadores de productividad en base a la definición de eficiencia y eficacia. Cuantificando la eficiencia en base a la utilización de los recursos, por medio de la relación entre lo que se produce y los elementos productivos que participan en el proceso. Y la eficacia a través de la obtención de las metas planificadas, con un indicador del porcentaje de cumplimiento del avance físico con respecto al programa. Se definen diferentes métricas que ayudan a determinar la velocidad de construcción, cuantificando la magnitud y/o volumen de actividades que se realizan en los últimos años en la División El teniente, específicamente para los sectores de Esmeralda, Reservas Norte y Diablo Regimiento. Para la estimación de la productividad se recopila información histórica del control y seguimiento del cumplimiento físico y financiero de las obras junto al número de trabajadores que están relacionados. Los resultados arrojan que la División el Teniente en el periodo del 2006-2015 ha aumentado su eficiencia medida con el indicador propuesto en un 90%, y presenta un cumplimiento promedio del 91%, ubicándose en una zona de alta productividad. Para cada uno de los sectores, los resultados dieron que todos han aumentado su eficiencia en el periodo de 2011-2015. Esmeralda en un 74%, Reservas Norte un 59% y Diablo Regimiento un 84%, mientras que la eficacia con el cumplimiento ha sido más variable para cada sector. Finalmente, la productividad calculada con esta metodología, tiene dos funciones, servir como parámetro de mejoramiento en procesos futuros y como registro histórico y línea base para comparaciones más adelante.

Morales A. (2016) Análisis de productividad laboral en obras de construcción en proyectos subterráneos de la División El Teniente:

El tema a desarrollar consiste en la medición y análisis de la productividad en el área de la construcción de proyectos subterráneos. El objetivo primordial es determinar los factores que afectan la productividad de los contratos a través de la estimación de rendimientos y tiempo efectivo de las cuadrillas presentes en la sala eléctrica principal, considerada crítica según el programa maestro del proyecto. Para la estimación de la productividad se recopila información en terreno respecto al avance físico, horas efectivas y número de trabajadores. Se realiza un seguimiento continuo a la jornada identificando las principales causas de tiempo perdido y bajo ritmo de trabajo. En el presente estudio se determina que la productividad de las cuadrillas en su conjunto es aproximadamente un 76 %, es decir, uno de cuatro trabajadores no genera un avance significativo. En cuanto a la eficiencia de los trabajos, se calcula que el porcentaje de horas efectivas alcanza el 63% mientras que la efectividad de la programación solo llega a un 70 %. Un aspecto positivo es que comparado al indicador de eficiencia con el promedio nacional estimado por la Corporación de Desarrollo Tecnológico y la Cámara Chilena de la Construcción se tiene que la empresa colaboradora es un 14% más eficiente. Los principales factores que reducen la productividad del contrato se relacionan con la logística de suministros y materiales, y la programación y planificación. Un 23% de la jornada no genera valor por estos conceptos y se traduce en pérdidas cercanas a los 750 mil dólares por contrato. Se comprueba que la estandarización de las mediciones y la generación de instructivos permite mejorar los indicadores y detectar de forma rápida los elementos que reducen el desempeño de las cuadrillas. Durante el trabajo el nivel de eficiencia al interior de la sala aumento de un 61% a un 63% que se traduce en 11 minutos más de tiempo efectivo disminuyendo las pérdidas económicas en alrededor de 30 mil dólares.

Campos I. (2012) Determinación de métricas de productividad en la excavación subterránea del P.H. Toro 3:

La construcción de obras subterráneas para la generación de energía hidroeléctrica, requiere de una serie de actividades que deben de ser planeadas con anticipación. Una manera correcta es el uso de datos históricos sobre las diferentes actividades. La recolección de datos de los procesos en este tipo de obras necesita gran cantidad de tiempo, por ende, dinero, lo que debería de ser aprovechado al máximo este esfuerzo y poder contribuir en futuros proyectos en el aprovechamiento de mano de obra, materiales y equipo. La intención de este proyecto ha sido determinar rendimientos reales mediante un modelo estadístico, basado en una distribución normal de las actividades, que puedan ser aplicadas al futuro en obras subterráneas en proyectos similares al que se utilizó. Este comprendió la excavación de dos pozos y un túnel de conducción mediante métodos manuales. El modelo abarcó el ciclo completo en cada obra y fue realizado con base en las actividades que la desarrolladora tomó para medir la eficiencia de trabajadores y equipos.

Muñoz Y. & Monserrat B. (2021) Metodología para la medición y análisis de la productividad en operaciones mineras: productividad total de factores:

La minería, y en particular la minería del cobre es un sector muy importante para el crecimiento en Chile, contribuyendo significativamente tanto al ingreso nacional a través de su contribución anual al PIB como a través de la recaudación fiscal; por lo que los márgenes que pueda obtener la industria son de vital importancia para el desarrollo económico en nuestro país. Por otra parte, la productividad del sector se ha tomado la agenda en los últimos años, principalmente debido a la sostenida baja que ha sufrido desde el año 2000 a la fecha en nuestro país, sobre todo durante el súper ciclo de los commodities durante inicios de dicha década, impactando fuertemente a la competitividad, en parte por las estrategias adoptadas por los productores, pero también debido a variables exógenas. En esta tesis se propone y analiza el valor de implementar una metodología integral para medir la productividad en la industria. Para esto, se escoge la productividad total de factores como medida para analizar la productividad, ya que captura todo el crecimiento

del producto que no es explicado por la acumulación de capital, trabajo e insumos. En este trabajo, se aplica esta metodología y se utiliza para analizar la evolución de la productividad en las actuales minas de cobre operadas por Angloamerican, Los Bronces y El Soldado, para identificar así en qué medida es posible mejorar el desempeño de estas operaciones a través de iniciativas de tecnología y/o gestión y, por lo tanto, analizar el valor de utilizar esta metodología como base para llevar la productividad a discusiones de nivel estratégico en las distintas empresas mineras. Por último, se analizan tendencias dentro de la industria y cómo éstas pueden impactar a la productividad del sector o de una empresa en específico, además de hacer un repaso de las lecciones que nos dejó el último súper ciclo de commodities en cuanto a productividad, para obtener el mayor beneficio en el contexto de precios actual dando la debida prioridad a la gestión de la productividad.

1.5.2 Antecedentes nacionales

Arriel M. et al. (2016) Identificación y análisis de los tiempos improductivos en equipos de las principales actividades operativas del ciclo de producción de una mina subterránea Sublevel Stopping (Tajeo por Subniveles):

El trabajo de investigación tiene como objetivo identificar, clasificar, cuantificar y analizar los tiempos improductivos presentados en las principales actividades del ciclo de minado de una mina subterránea y como estos impactan en los tiempos dedicados a actividades esenciales del proceso, a partir, principalmente, de la metodología de la “Gestión Lean (Gestión Esbelta) en la Industria Minera” en la operación Sublevel Stopping (Tajeo por Subniveles) de la mina subterránea Cerro Lindo, propiedad de la Cía. Minera Milpo. Como resultado de la aplicación de la metodología Lean (Gestión Esbelta) en una mina de fluorita se tuvo inicialmente una distribución de la siguiente manera: 45.5% de actividades esenciales, 39.4% de actividades auxiliares y 15.1% de desperdicios. Pero a partir de acciones de mejoras, se obtuvo la siguiente distribución: 60.7% de actividades esenciales, 33.5% de actividades auxiliares y 5.8% de desperdicios o inútiles.

Los equipos analizados en la mina subterránea Cerro Lindo fueron, en primer lugar, los equipos de perforación de taladros largos, cuyos resultados iniciales tuvieron la siguiente distribución: 36.2% de actividades esenciales, 38.8% de actividades auxiliares y 25% de desperdicios. Pero con las acciones de mejora adecuadas, se obtendría 55.3% para las actividades esenciales, es decir, un incremento del 19.1%. En segundo lugar, se tienen los equipos de carguío, acarreo y descarga, cuyos resultados iniciales tuvieron la siguiente distribución: 45.3% de actividades esenciales, 43.6% de actividades auxiliares y 11.1% de desperdicios. Pero con las acciones de mejora adecuadas, se obtendría 61.7% para las actividades esenciales, es decir, un incremento del 18.1%. Y, en tercer lugar, se tienen los equipos de perforación horizontal, con la siguiente distribución inicial: 26.5% de actividades esenciales, 53.8% de actividades auxiliares y 19.7% de desperdicios. Pero con las acciones de mejora adecuadas, se obtendría 48.6% para las actividades esenciales, es decir, un incremento del 22.1%. Como producto del incremento de las actividades esenciales, se podría incrementar la capacidad de producción hasta en 24,000 tpd, para los equipos de taladros largos y hasta de 27, 000 tpd para los equipos de carguío, acarreo y descarga. Para llevar a cabo este trabajo, se tomó los reportes por equipo que fueron llenados por los mismos operadores; para un periodo de 4 meses.

Castro D. (2018) Aplicación del método de estudio de tiempos para actualizar el tiempo estándar de perforación en la fase de extracción Minera Acata:

En la empresa se tiene una deficiencia en la actualización del tiempo estándar en perforación debido al cambio de método de trabajo en los últimos años, cuyo propósito principal es actualizar el tiempo estándar de perforación en el método convencional realce mediante la aplicación del estudio de tiempos en la fase de extracción de la Minera Arcata. La determinación de resultados fue realizada a través de la entrevista, revisión de documentos y observación para el registro de datos, donde se analizó la información obtenida para la elaboración de las conclusiones finales de la investigación.

El estudio da a conocer el detalle del trabajo de observación en campo por parte del equipo de productividad Arcata, realizado en cada uno de los tajos seleccionados para el estudio, durante el desarrollo de cada una de las actividades del ciclo de minado en los turnos de día y noche., obtenido mediante la aplicación del estudio de tiempos en la fase de extracción de la Mina Arcata es de 211.95 minutos/malla; así mismo se recomienda realizar la aplicación del método de estudio de tiempos en un tiempo no mayor a 4 años para mantener un reconocimiento constantes de las actividades que pueden ser aparecer en la actividad de perforación.

Llallahui E. (2016) Mejoramiento de carguío y acarreo de mineral en la U.E.A mina Breapampa - Cía. Minera Buenaventura S.A.A.:

La Tesis se resume en la implementación de métodos de control, alternativas de solución para la mejora de la productividad, en base al análisis de las operaciones en función del tiempo, ya que como sabemos el acarreo y transporte son variables que influyen en forma prioritaria en la reducción de costos. Es entonces, gracias al planeamiento de minado enfocado al transporte en mina se pueden hacer cálculos y tener estimaciones como la cantidad de material que se espera mover año a año durante el tiempo de vida del proyecto, y que por lo tanto, ayuda a calcular el dimensionamiento de la flota que se hará cargo de este transporte, el cual se calcula que para el primer año es de 06 camiones netamente del carguío del mineral, y se obtiene mediante el uso de parámetros de la operación como: tiempos de carguío de las excavadoras, distancias a recorrer, factor de llenado, resistencia a rodadura, tiempos de descargue, pendientes de las vías, etc. contribuyendo como información de entrada a un sistema que mediante variables y operaciones llega al cálculo óptimo de la flota y que se podrá apreciar con más detenimiento a lo largo del desarrollo de la tesis. Inicialmente se analizarán los factores que afectan positiva y negativamente la productividad de la operación de acarreo y transporte (línea base), los métodos de trabajo, y los sistemas de control (en caso se cuente con los mismos o si sería necesario una implementación), a este análisis

acompañaremos una propuesta de solución a la actividad que genera un mayor tiempo improductivo en el proceso, finalmente se propondrá una guía para la optimización de flota en minas subterráneas con similares características que la mina analizada (Cia. Minera Buenaventura S.A.A. U.E.A Breapampa).

Quispe (2018) Plan de mejora en la gestión de mantenimiento para asegurar la disponibilidad de equipos de carguío de una empresa minera. Apurímac-2018:

El objetivo de esta investigación fue Elaborar un plan de Mejora en la gestión de mantenimiento para asegurar la disponibilidad de equipos de carguío. Para medir el estado actual de disponibilidad en los equipos, se revisó reportes de horas reales de trabajo de máquina, tiempos de parada no planeadas durante el año 2017. Para luego elaborar una mejora en la gestión de mantenimiento, mediante la implementación del área de planeamiento de soldadura, para lo cual se contrató personal, así mismo se gestionó la compra de un camión de servicio implementado con equipos de soldadura para atender las fallas en campo y disminuir tiempos muertos de traslado, también se brindará charlas al personal para asegurar un servicio de calidad al cliente. Una vez identificado la disponibilidad actual se procedió a tomar las acciones para aumentar la disponibilidad de los equipos, obteniendo como resultado el aumento de la disponibilidad en 5% en todos los equipos y a la vez reduciendo las horas de parada en un 57.72% con esto la empresa genera ganancias de 213419 dólares por mes.

Condori R. (2017) Estudio del sistema de acarreo de interior mina para optimizar tiempos, disminuir costos e incrementar la producción en E.E. NCA Servicios Mina Morococha:

En esta etapa de competitividad se vive en un mundo de continuos retos completamente globalizado, donde la productividad de las operaciones juega un rol importante en un proyecto, más aún si se trata de un proyecto minero, por consiguiente, es necesario obtener o idear sistemas que nos permitan medirla en base a parámetros característicos de cada proyecto. El presente trabajo gira en torno a lo antes mencionado,

y nace a raíz de la necesidad de contar con un control y elevar la producción del sistema de acarreo de interior mina en base a la productividad de los equipos, teniendo como factor característico el tiempo de cada ciclo de las operaciones. Estas operaciones se realizan en interior mina hacia superficie, cancha de mineral y botaderos de la Cía. Minera Argentum Unidad Morococha y consisten en el carguío y acarreo del material (mineral y/o desmonte) y de superficie a mina relleno cementado. El objetivo principal del presente trabajo es obtener un método de control y mejoramiento de la productividad en base a la toma de tiempos, evaluación de KPI's y análisis de costos de cada ciclo de la operación, de manera que pueda ser utilizado en cualquier otro proyecto y con cualquier tipo de equipo. Con este sistema se identificará las causas que no permiten que las operaciones sean óptimas, y así una vez identificadas podremos tomar medidas que nos ayuden a eliminar o minimizar su incidencia en la productividad, con el fin de mejorar y elevar nuestros rendimientos. El mejoramiento de la productividad se refleja directamente en la rentabilidad de la empresa NCA Servicios S.A.C., haciéndola más competitiva frente a otras empresas contratistas explicadas en el capítulo VI. El éxito del estudio crea un precedente para su aplicación en futuros proyectos, como una herramienta sencilla para controlar los costos de las operaciones. Este estudio nos permitirá visualizar mejor nuestras operaciones, y a mejorar la dispersión del tiempo productivo mediante el estudio de los KPI's durante las operaciones las cuales se han analizados al detalle, lo cual permitirá detectar errores que se puedan cometer al realizar las operaciones en cuestión. Este análisis es iterativo, por lo que la mejora es continua y en nuestro caso se traduce en la disminución del tiempo de cada ciclo de operación del proceso. Para el desarrollo del presente estudio se ha recurrido a bibliografía con respecto al tema, y una gran parte se ha realizado en base a experiencias y análisis de las operaciones en campo, y con el asesoramiento de ingenieros especializados en el tema.

1.5.3 Antecedentes locales

Arias P. (1994) Estudio de tiempos para el incremento de la productividad en la Unidad de producción Cobriza:

Como es de conocimiento general, la minería viene atravesando por momentos difíciles, debido a la caída de precios de los metales y al constante incremento de los costos. Algunas Empresas se han visto en la obligación de paralizar sus operaciones, otras están reorientando sus estrategias y seguramente muchas están viendo la forma de mejorar su productividad y reducir sus costos. Por ello Centromin Perú S.A., viene desarrollando un elogiado esfuerzo de recuperación y consolidación, tratando de adecuar el manejo de la Empresa a conceptos Gerenciales modernos como Rentabilidad, Productividad y Calidad. En tal sentido, la Unidad de producción Cobriza ha asumido el compromiso y el reto de hacer rentable nuestras operaciones maximizando la producción, mejorando las leyes y contenidos metálicos, reduciendo los costos e incrementando la productividad. El presente trabajo es el resultado de las medidas adoptadas por la Administración de la Unidad de Producción Cobriza. En él presentan los resultados obtenidos del estudio de tiempos de los principales equipos de producción y de la mano de obra, un análisis y evaluación de los tiempos productivos e improductivos, factores que influyen en la baja utilización de los equipos, baja productividad de las operaciones y además se presentan alternativas de solución y un programa de mejoras a los problemas detectados.

Villanueva J. (2010) Incremento de productividad y reducción de costos en la mina Arcata, por la aplicación de taladros largos en vetas angostas:

En la Introducción se presenta las condiciones encontradas en la operación de la mina que motivo a llevar a cabo esta aplicación de minado. Asimismo, se explica los objetivos que se propone alcanzar. En el Capítulo I se da a conocer los Aspectos Generales y la estructura del funcionamiento de la Mina. Al final se detalla el trabajo de las áreas operativas y de Servicios a la Mina. En el Capítulo II se presenta los Aspectos Geológicos

del yacimiento para explicar el comportamiento de las estructuras mineralizadas del Distrito Minero Arcata, y asociar vetas potenciales con condiciones para la aplicación del método de minado propuesto. En el Capítulo III se describe el sistema de explotación tradicional de la Mina Arcata que ha venido aplicándose en los últimos 5 años, incidiendo a detalle en el ciclo de minado, para identificar oportunidades de mejora. Se explican las operaciones unitarias de la explotación, el manejo de los recursos y destinos de los materiales de la explotación. En el Capítulo IV, se presenta la propuesta de la aplicación del método de minado tajea por subniveles con Taladros Largos, consideraciones generales y específicas para la aplicación del método, asimismo los filtros a las estructuras mineralizadas para la preparación de los tajos. Recursos y sus controles respectivos: equipos, mano de obra, materiales. En el Capítulo V se presentan el análisis y los cálculos de costos, para sustentar la aplicabilidad del método propuesto en los sectores que cumplan los parámetros de diseño. Se presentan los cuadros comparativos entre el método propuesto y el minado clásico de la mina. Asimismo, se comparan los de indicadores de Productividad. Las Conclusiones y Recomendaciones derivadas a partir del desarrollo e implementación del método propuesto en la Mina Arcata, que puedan servir de base a futuros estudios sobre este método de minado, o también de modelo para yacimientos que cumplan el estándar de diseño expuesto. Finalmente, los anexos que detallan los procedimientos de trabajo y costos base, ilustran los diseños en planos y estándar de minado, y los sustentos geomecánicas del método propuesto.

Capítulo II. Marcos teórico y conceptual

2.1 Marco teórico

2.1.1 *Análisis de tiempos y movimientos*

Lopez C. (2020) El estudio de tiempos y movimientos. Qué es, origen, objetivos y características, estudio de tiempos es la actividad que implica la técnica de establecer un estándar de tiempo permisible para realizar una tarea determinada, con base en la medición del contenido del trabajo del método prescrito, con la debida consideración de la fatiga y las demoras personales y los retrasos inevitables.

Lopez C. (2020) El estudio de tiempos y movimientos. Qué es, origen, objetivos y características, estudio de movimientos es el análisis cuidadoso de los diversos movimientos que efectúa el cuerpo al ejecutar un trabajo.

2.1.1.1 Antecedentes. Lopez C. (2020) El estudio de tiempos y movimientos. Qué es, origen, objetivos y características. Fue en Francia en el siglo XVIII, con los estudios realizados por Perronet acerca de la fabricación de alfileres, cuando se inició el estudio de tiempos y movimientos en la empresa, pero no fue sino hasta finales del siglo XIX, con las propuestas de Taylor que se difundió y conoció esta técnica. El padre de la administración científica comenzó a estudiar los tiempos y movimientos, específicamente cronometrando el tiempo que los trabajadores se tomaban para realizar una tarea específica, a comienzos de la década de los 1880's, por esta época desarrolló el concepto de tarea, en el que proponía que la administración se debía encargar de la planeación del trabajo de cada uno de sus empleados y que cada trabajo debía tener un estándar de tiempo basado en el trabajo de un operario muy bien calificado.

Lopez C. (2020) El estudio de tiempos y movimientos. Qué es, origen, objetivos y características. Después de un tiempo, fueron los esposos Frank y Lilian Gilbreth quienes, basados en los estudios de Taylor, ampliaron este trabajo investigativo y desarrollaron el estudio de movimientos, dividiendo el trabajo en 17 movimientos fundamentales llamados

Therblig (su apellido al revés), el estudio de tiempos y movimientos fue la base para el desarrollo de la ingeniería industrial y es aplicado hasta el día de hoy en muchos de los talleres y fábricas alrededor del mundo con gran éxito.

2.1.1.2 El estudio de tiempos. Lopez C. (2020) El estudio de tiempos y movimientos. Qué es, origen, objetivos y características. El estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos de trabajo y actividades correspondientes a las operaciones de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas, con el fin de analizar los datos y poder calcular el tiempo requerido para efectuar la tarea según un método de ejecución establecido. Su finalidad consiste en establecer medidas o normas de rendimiento para la ejecución de una tarea.

Antes de emprender el estudio hay que considerar, básicamente, lo siguiente:

- Para obtener un estándar es necesario que el operario domine a la perfección la técnica de la labor que se va a estudiar.
- El método a estudiar debe haberse estandarizado.
- El empleado debe saber que está siendo evaluado, así como su supervisor y los representantes del sindicato.
- El analista debe estar capacitado y debe contar con todas las herramientas necesarias para realizar la evaluación.
- El equipamiento del analista debe comprender al menos un cronómetro, una planilla o formato preimpreso y una calculadora. Elementos complementarios que permiten un mejor análisis son la filmadora, la grabadora y en lo posible un cronómetro electrónico y una computadora personal.
- La actitud del trabajador y del analista debe ser tranquila y el segundo no deberá ejercer presiones sobre el primero.

Lopez C. (2020) El estudio de tiempos y movimientos. Qué es, origen, objetivos y características. Hay dos métodos básicos para realizar el estudio de tiempos, el continuo y el de regresos a cero; en el método continuo se deja correr el cronómetro mientras dura

el estudio, en esta técnica, el cronómetro se lee en el punto terminal de cada elemento, mientras las manecillas están en movimiento, en caso de tener un cronómetro electrónico, se puede proporcionar un valor numérico inmóvil. En el método de regresos a cero el cronómetro se lee a la terminación de cada elemento, y luego se regresa a cero de inmediato, al iniciarse el siguiente elemento el cronómetro parte de cero, el tiempo transcurrido se lee directamente en el cronómetro al finalizar este elemento y se regresa a cero otra vez, y así sucesivamente durante todo el estudio.

Objetivos del estudio de tiempos

Lopez C. (2020) El estudio de tiempos y movimientos. Qué es, origen, objetivos y características.

- Minimizar el tiempo requerido para la ejecución de trabajos.
- Conservar los recursos y minimizar los costos.
- Efectuar la producción sin perder de vista la disponibilidad de energéticos o de la energía.
- Proporcionar un producto que es cada vez más confiable y de alta calidad.

2.1.1.3 El estudio de movimientos. Lopez C. (2020) El estudio de tiempos y movimientos. Qué es, origen, objetivos y características. También llamado estudio de métodos de una tarea, es la investigación sistemática de las operaciones que la componen, su tipología, materiales y herramientas utilizadas.

El estudio de métodos divide y desglosa la tarea en una parte razonable de operaciones. De esta manera se entiende mejor cómo se ejecuta la tarea, y de este modo sirve para unificar un método operatorio para todos los implicados en su ejecución. Además, es el punto de partida para su mejora, si bien se hace notar que el hecho de describir un método operatorio ya es en sí una mejora, probablemente la más importante.

Lopez C. (2020) El estudio de tiempos y movimientos. Qué es, origen, objetivos y características. El estudio de movimientos se puede aplicar en dos formas, el estudio visual de los movimientos y el estudio de los micro movimientos. El primero se aplica más

frecuentemente por su mayor simplicidad y menor costo, el segundo sólo resulta factible cuando se analizan labores de mucha actividad cuya duración y repetición son elevadas.

Objetivos del estudio de movimientos

Lopez C. (2020) El estudio de tiempos y movimientos. Qué es, origen, objetivos y características.

- Eliminar o reducir los movimientos ineficientes.
- Acelerar u optimizar los movimientos eficientes.

2.1.1.4 Procedimiento del estudio de tiempos y movimientos. Lopez C. (2020) El estudio de tiempos y movimientos. Qué es, origen, objetivos y características. Sintetiza el proceso del estudio de tiempos y movimientos así:

Una tarea está compuesta por un conjunto de operaciones que podrán ser de distintos tipos; su duración se medirá con un cronómetro quedando registrado el tiempo. Previo al registro del tiempo, el analista debe valorar y asignar la actividad. Para cada operación se deberá tomar un número determinado de mediciones en función de su complejidad, dimensión, repetición e importancia.

Lopez C. (2020) El estudio de tiempos y movimientos. Qué es, origen, objetivos y características

Después de tomar el número necesario de mediciones, se realizará un escrutinio para cada operación que compone la tarea a fin de obtener el tiempo normal de esta. El analista debe ser lo más detallista posible para ser justo y evitar que se produzcan desviaciones. El objetivo es que los tiempos calculados sean equitativos tanto para la empresa como para el trabajador.

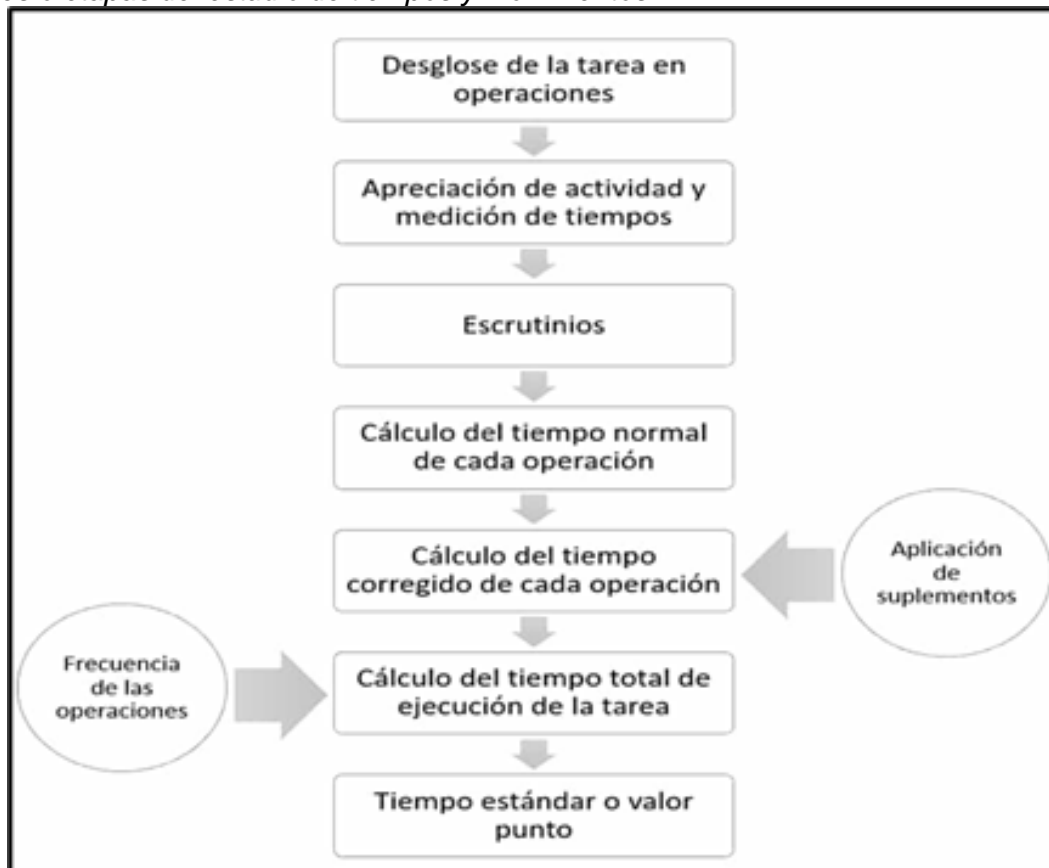
Lopez C. (2020) El estudio de tiempos y movimientos. Qué es, origen, objetivos y características

A cada tiempo normal se le aplicarán sus correspondientes suplementos, obteniendo así el tiempo corregido de cada operación. El siguiente paso será calcular cuál es la frecuencia normal de cada operación, es decir, las veces que se repite. Esta

frecuencia será variable en función de una serie de fórmulas y parámetros estadísticos. Con todo este proceso, lo que se pretende es llegar a simular, en una hoja de cálculo (estudio de métodos -movimientos- y tiempos), todas las variables y parámetros que influyen en el tiempo de una tarea, como se muestra en la Figura 1.

Figura 1

Fases o etapas del estudio de tiempos y movimientos



Fuente: Lopez C. (2020) El estudio de tiempos y movimientos. Qué es, origen, objetivos y características

2.1.1.5 Therbligs. Lopez C. (2020) El estudio de tiempos y movimientos. Qué es, origen, objetivos y características

Dentro del estudio de movimientos hay que resaltar los movimientos fundamentales, estos movimientos fueron definidos por los esposos Gilbreth y se denominan Therbligs, son 17 y cada uno es identificado con un símbolo gráfico, un color y una letra o sigla.

Estos movimientos se dividen en eficientes o efectivos e ineficientes o inefectivos así:

Movimientos eficientes o efectivos

Lopez C. (2020) El estudio de tiempos y movimientos. Qué es, origen, objetivos y características

De naturaleza física o muscular: alcanzar, mover, soltar y precolocar en posición.

De naturaleza objetiva o concreta: usar, ensamblar y desensamblar.

Movimientos ineficientes o Inefectivos

Lopez C. (2020) El estudio de tiempos y movimientos. Qué es, origen, objetivos y características

Mentales o Semimentales: buscar, seleccionar, colocar en posición, inspeccionar y planear.

Retardos o dilaciones: retraso evitable, retraso inevitable, descansar y sostener.

2.1.1.6 Los principios de la economía de los movimientos. Lopez C. (2020)

El estudio de tiempos y movimientos. Qué es, origen, objetivos y características

Hay tres principios básicos, los relativos al uso del cuerpo humano, los relativos a la disposición y condiciones en el sitio de trabajo y los relativos al diseño del equipo y las herramientas.

Los relativos al uso del cuerpo humano

Lopez C. (2020) El estudio de tiempos y movimientos. Qué es, origen, objetivos y características

Ambas manos deben comenzar y terminar simultáneamente los elementos o divisiones básicas de trabajo y no deben estar inactivas al mismo tiempo, excepto durante los periodos de descanso.

Los movimientos de las manos deben ser simétricos y efectuarse simultáneamente al alejarse del cuerpo y acercándose a éste.

Lopez C. (2020) El estudio de tiempos y movimientos. Qué es, origen, objetivos y características

Siempre que sea posible deben aprovecharse el impulso o ímpetu físico como ayuda al trabajador y reducirse a un mínimo cuando haya que ser contrarrestado mediante un esfuerzo muscular.

Son preferibles los movimientos continuos en línea recta en vez de los rectilíneos que impliquen cambios de dirección repentinos y bruscos.

Lopez C. (2020) El estudio de tiempos y movimientos. Qué es, origen, objetivos y características

Deben emplearse el menor número de elementos o Therbligs y éstos se deben limitar de más bajo orden o clasificación posible. Estas clasificaciones, enlistadas en orden ascendente del tiempo y el esfuerzo requeridos para llevarlas a cabo, son:

- Movimientos de dedos.
- Movimientos de dedos y muñeca.
- Movimientos de dedos, muñeca y antebrazo.
- Movimientos de dedos, muñeca, antebrazo y brazo.
- Movimientos de dedos, muñeca, antebrazo, brazo y todo el cuerpo.

Debe procurarse que todo trabajo que pueda hacerse con los pies se ejecute al mismo tiempo que el efectuado con las manos. Hay que reconocer que los movimientos simultáneos de los pies y las manos son difíciles de realizar. Los dedos cordial y pulgar son los más fuertes para el trabajo. El índice, el anular y el meñique no pueden soportar o manejar cargas considerables por largo tiempo. Los pies no pueden accionar pedales eficientemente cuando el operario está de pie.

Los movimientos de torsión deben realizarse con los codos flexionados.

Para agarrar herramientas deben emplearse las falanges o segmentos de los dedos, más cercanos a la palma de la mano.

Los relativos a la disposición y condiciones en el sitio de trabajo

Lopez C. (2020) El estudio de tiempos y movimientos. Qué es, origen, objetivos y características

Deben destinarse sitios fijos para toda la herramienta y todo el material, a fin de permitir la mejor secuencia de operaciones y eliminar o reducir los Therbligs buscar y seleccionar. Hay que utilizar depósitos con alimentación por gravedad y entrega por caída o deslizamiento para reducir los tiempos alcanzar y mover; asimismo, conviene disponer de expulsores, siempre que sea posible, para retirar automáticamente las piezas acabadas. Todos los materiales y las herramientas deben ubicarse dentro del perímetro normal de trabajo, tanto en el plano horizontal como en el vertical.

Lopez C. (2020) El estudio de tiempos y movimientos. Qué es, origen, objetivos y características

Conviene proporcionar un asiento cómodo al operario, en que sea posible tener la altura apropiada para que el trabajo pueda llevarse a cabo eficientemente, alternando las posiciones de sentado y de pie. Se debe contar con el alumbrado, la ventilación y la temperatura adecuados.

Deben tenerse en consideración los requisitos visuales o de visibilidad en la estación de trabajo, para reducir al mínimo la fijación de la vista. Un buen ritmo es esencial para llevar a cabo suave y automáticamente una operación y el trabajo debe organizarse de manera que permita obtener un ritmo fácil y natural siempre que sea posible.

Los relativos al diseño del equipo y las herramientas

Lopez C. (2020) El estudio de tiempos y movimientos. Qué es, origen, objetivos y características

Deben efectuarse, siempre que sea posible, operaciones múltiples con las herramientas combinando dos o más de ellas en una sola, o bien disponiendo operaciones múltiples en los dispositivos alimentadores, si fuera el caso (por ejemplo, en tornos con carro transversal y de torreta hexagonal). Todas las palancas, manijas, volantes y otros elementos de control deben estar fácilmente accesibles al operario y deben diseñarse de manera que proporcionen la ventaja mecánica máxima posible y pueda utilizarse el conjunto muscular mas fuerte .

Las piezas en trabajo deben sostenerse en posición por medio de dispositivos de sujeción.

Siempre que exista la posibilidad de utilizar herramientas mecanizadas (eléctricas o de otro tipo) o semiautomáticas, como aprieta tuercas y destornilladores motorizados y llaves de tuercas de velocidad, debe hacerse.

2.1.2 Productividad

Sevilla A. (2016) Productividad. La productividad es una medida económica que calcula cuántos bienes y servicios se han producido por cada factor utilizado (trabajador, capital, tiempo, tierra, etc.) durante un periodo determinado. El objetivo de la productividad es medir la eficiencia de producción por cada factor o recurso utilizado, entendiendo por eficiencia el hecho de obtener el mejor o máximo rendimiento utilizando un mínimo de recursos. Es decir, cuantos menos recursos sean necesarios para producir una misma cantidad, mayor será la productividad y, por tanto, mayor será la eficiencia. De este modo, la productividad nos permite responder a las siguientes preguntas: ¿Cuánto produce al mes un trabajador? ¿cuánto produce una maquinaria? La respuesta bien podría ser, un trabajador produce 30 unidades por mes o 0,25 unidades por hora trabajada. Esto es a lo que llamamos productividad.

2.1.2.1 Fórmula de la productividad. Sevilla A. (2016) Productividad. Teniendo esto en cuenta, la fórmula para calcular la productividad es el cociente entre producción obtenida y recursos utilizados.

Productividad = Producción obtenida / Cantidad de factor utilizado

Por ejemplo, para calcular la productividad de un país podemos dividir el PIB entre el número de horas trabajadas. El resultado será cuánto se ha producido en el país, de media, por cada hora trabajada. Un apunte importante, siempre hay que tener mucho cuidado con las unidades con las que se trabaja. La productividad no siempre es directamente observable.

Sevilla A. (2016) Productividad. Por ejemplo, en el caso de un trabajador del departamento de atención al cliente, ¿cómo mides la productividad? Existen medidas para intentar aproximarse, pero no son directamente observables. ¿Quién es más productivo, un trabajador que atiende a 3 clientes de manera excepcional o uno que atiende a 20 clientes de manera pésima? Y, consecuentemente ¿cómo medimos esa buena atención? Una de las medidas es elaborar encuestas de satisfacción en el trato. Ahora bien, recuerda que a la hora de calcular la productividad no todo siempre es exacto y medible.

2.1.2.2 Importancia de la productividad. Sevilla A. (2016) Productividad. El aumento de productividad es tan importante porque permite mejorar la calidad de vida de una sociedad, repercutiendo en los sueldos y la rentabilidad de los proyectos, lo que a su vez permite aumentar la inversión y el empleo.

Sevilla A. (2016) Productividad. Para una empresa, una industria o un país, la productividad es un factor determinante en el crecimiento económico. Cuando se estima la tendencia de crecimiento a largo plazo de un país se descompone en dos componentes principales: los cambios en el empleo (que dependen a su vez del crecimiento de la población y de la tasa de empleo) y la productividad (que depende sobre todo del gasto en bienes de capital y de los factores productivos que veremos más abajo).

Un análisis de lo más productivo supone:

- Ahorro de costes: Es posible al permitir deshacerse de aquello que es innecesario para la consecución de los objetivos.
- Ahorro de tiempo: Debido a que permite realizar un mayor número de tareas en menor tiempo y dedicar ese tiempo «ahorrado» a seguir creciendo a través de otras tareas.

Un buen análisis permite establecer la mejor combinación de maquinaria, trabajadores y otros recursos para conseguir maximizar la producción total de bienes y servicios.

2.1.2.3 Tipos de productividad. (Sevilla Arias, 2016) Productividad. Según los factores que tengamos en cuenta, se puede clasificar en los siguientes tipos:

- Productividad laboral: Se relaciona la producción obtenida y la cantidad de trabajo empleada.
- Productividad total de los factores: Se relaciona la producción obtenida con la suma de todos los factores que intervienen en la producción. Estos factores son la tierra el capital y el trabajo.
- Productividad marginal: Es la producción adicional que se consigue con la una unidad adicional de un factor de producción, manteniendo el resto de factores constantes. Aquí entra en escena la ley de rendimientos decrecientes, que afirma que, en cualquier proceso productivo, añadir más unidades de un factor productivo, manteniendo el resto de factores constantes, dará progresivamente menores incrementos en la producción por unidad.

2.1.2.4 Factores que afectan a la productividad. (Sevilla Arias, 2016) Productividad. Una de las formas más comunes de aumentar la productividad es invertir en bienes de capital (maquinaria o informática, por ejemplo) para hacer el trabajo más eficiente, manteniendo o incluso reduciendo el empleo.

Estos son los principales factores que afectan a la productividad de una empresa:

- Calidad y disposición de recursos naturales; tierra (T): Si una empresa o país tiene o se encuentra cerca de recursos naturales será más productiva. Tanto por el valor de esos recursos, por no tener que comprarlos ni transportarlos desde lejos. Este factor de producción se engloba como factor tierra (T).
- El capital invertido en la industria (K): La cantidad de capital es un factor directo de la productividad.
- La cantidad y calidad de los recursos humanos; labor o trabajo (L): El número de empleados de la industria, su nivel de educación y experiencia

- El nivel tecnológico (A): Cuanto mayor sea el conocimiento y nivel tecnológico mayor será la productividad. Tecnología no solo son productos mecánicos, sino procesos productivos.
- La configuración de la industria: El tipo de industria afectará enormemente a la productividad de una empresa. No es lo mismo la producción de trigo que de naves espaciales. La estructura de una industria viene determinada por intensidad de la competencia, competidores potenciales, barreras de entrada, productos sustitutivos y poder de negociación.
- Entorno macroeconómico: La coyuntura económica influirá tanto en la demanda de productos y servicios como en la necesidad de innovación y mejorar la eficiencia. Son las fuerzas externas que van a tener un impacto indirecto sobre la organización.
- Entorno microeconómico: El micro entorno tiene un impacto directo en su capacidad de servir su producto o servicio al cliente final, como por ejemplo la regulación de la industria.

2.1.2.5 Productividad de volquete

Productividad teórica

Society for Mining. (1992) SME Mining Engineering Handbook. Las toneladas (kilogramos) por hora producida por una unidad operativa si no se encontraron retrasos, esto indica 100% de potencial, que es rara vez, si alguna vez se logra.

$$\text{Tons (kg) por hr.} = 60 / (\text{ciclo del volquete}) \times (\text{tonelaje transportado})$$

Productividad promedio:

Society for Mining. (1992) SME Mining Engineering Handbook. Las toneladas (kilogramos) por hora producida por una unidad operativa, tomando en cuenta demoras fijas y variables. Esta tasa debe aplicarse al período de tiempo deseado (turno, día, etc.) para estimar producción total:

$$\text{Tons (kg) por hr.} = (U-D) \times 60 \times E \times TT / U \times C$$

Donde U es la unidad de tiempo (digamos, 8 h), D demoras fijas (D), E es la eficiencia de trabajo (se ajusta a retrasos variables), TT es el tonelaje transportado (toneladas), C es el tiempo de ciclo del volquete (min).

Productividad máxima

Society for Mining. (1992) SME Mining Engineering Handbook. Las toneladas (kilogramos) por hora producidos por una unidad operativa teniendo en cuenta solo los retrasos variables. Esta tasa se usaría para determinar el número de unidades de transporte que se asignarán a una pala para lograr una determinada producción requerida.

$$Tph \text{ (kph)} = 60 \times (\text{job efficiency}) \times (\text{truck rating}) / (\text{cycle time})$$

2.1.3 Disponibilidad Mecánica

Dhillon B. (2008) Mining Equipment Reliability, Maintainability and Safety. La probabilidad de que un equipo/sistema funcione satisfactoriamente en el momento T cuando se utiliza de acuerdo con las condiciones especificadas, donde el tiempo total incluye el tiempo de funcionamiento, el tiempo logístico, el tiempo de reparación activa y el tiempo administrativo.

2.1.3.1 Formula de la disponibilidad Mecánica. Dhillon B. (2008) Mining Equipment Reliability, Maintainability and Safety. Esta es simplemente la proporción de tiempo que el equipo puede ser utilizado para su propósito y se expresa por:

$$\text{Disponibilidad Mecánica} = (\text{Horas programadas} - \text{Horas por fallas}) / \text{Horas programadas}$$

Donde:

Horas programadas: Las horas que planeas que tu equipo trabaje en un turno.

Horas por fallas: Fallas Mecánica, fallas eléctricas, fallas por problema de llantas, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo.

Para poder gestionar la disponibilidad mecánica tenemos que tomar en cuentas las siguientes características:

2.1.3.2 Mantenimiento. Cuatrecasas L. (2012) Mantenimiento de los equipos productivos. El mantenimiento es un conjunto de acciones necesarias para realizar inspecciones periódicas o para reparar un aparato o dispositivo que tras fallar se pone de nuevo en estado de funcionamiento para que continúe dando servicio, también se considera como acciones dirigidas a asegurar que todo elemento físico continúe desempeñando las funciones deseadas.

Importancia del mantenimiento

Cuatrecasas L. (2012) Mantenimiento de los equipos productivos. El mantenimiento se considera como una actividad necesaria para asegurar la disponibilidad de los equipos, edificios e instalaciones. El mantenimiento debe considerarse como una parte integral e importante en la organización que maneja una fase de las operaciones. La dependencia del departamento de producción con el departamento de mantenimiento aumenta con la complejidad del equipo que se utiliza hoy en día en la industria.

Cuatrecasas L. (2012) Mantenimiento de los equipos productivos. El costo de mantenimiento representa una parte importante del costo total de la producción. Por ello, este departamento debe contar con personal calificado (ingenieros, técnicos, etc.) en las diferentes disciplinas, a fin de atender día a día todas las tareas de turno.

En minería la importancia del mantenimiento es fundamental durante todo el proceso minero, en el área de extracción el mantenimiento de los volquetes es vital para cumplir con la extracción diaria.

Optimización del mantenimiento

Cuatrecasas L. (2012) Mantenimiento de los equipos productivos. Las organizaciones requieren de procesos productivos que les permitan maximizar la disponibilidad de sus activos físicos y minimizar los paros imprevistos, de tal forma que puedan reducir al máximo sus costos de producción, para poder participar en los mercados internacionales, con la mayor productividad, rentabilidad y competitividad.

Cuatrecasas L. (2012) Mantenimiento de los equipos productivos. La optimización del mantenimiento industrial implica lograr una mayor productividad mediante el incremento de su eficiencia y eficacia. Eficiencia hacer referencia a la ejecución de acciones con alta calidad en menor tiempo posible, eficacia a la ejecución de acciones tendientes a obtener excelentes resultados para alcanzar los objetivos propuestos, y optimo, al logro de resultados al más bajo costo posible. Todo programa de optimización de mantenimiento debe ser establecido con los siguientes objetivos:

- Optimizar el talento humano y los recursos físicos disponibles para realizar el mantenimiento en forma efectiva.
- Determinar los niveles óptimos de existencia de repuesto.
- Justificar con base a costos reales de mantenimiento, el reemplazo y la inversión en nuevos equipos.
- Formular políticas administrativas para fijar y controlar la eficiencia del mantenimiento.

Cuatrecasas L. (2012) Mantenimiento de los equipos productivos. Para lograr los objetivos planteados y vigilar el desarrollo del programa de optimización, el área de mantenimiento debe valerse de indicadores de gestión, mediante el estudio y análisis de los reportes que produce el sistema de información, sobre parámetros tales como la confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad y efectividad de los equipos y sistemas.

Tipos de Mantenimiento

Cuatrecasas L. (2012) Mantenimiento de los equipos productivos. Los equipos, máquinas, sistemas e instalaciones han evolucionado y han cambiado a lo largo de los tiempos, haciéndose cada vez más sofisticados, exigiendo una mejora continua en los procesos de mantenimiento y un trabajo más riguroso por parte del gestor de mantenimiento. Aunque haya habido una evolución de los equipos e instalaciones, las necesidades de mantenimiento siguen siendo semejantes.

Por esta razón, y entendiendo el mantenimiento como un conjunto de acciones técnicas que permiten regular el funcionamiento normal de esos mismos equipos, podemos dividirlo en tres grandes grupos:

- **Mantenimiento Correctivo**

Cuatrecasas L. (2012) Mantenimiento de los equipos productivos. Conocido también por mantenimiento reactivo o “funcionar hasta estropearse”; es la actividad técnica ejecutada después de producirse una avería y tiene como objetivo restaurar el activo a una condición en la que puede funcionar como deseado, ya sea debido a su reparación, ya sea debido a su sustitución.

Ventajas:

- Una vez que este planteamiento se caracteriza por acciones de mantenimiento después producirse una avería, es ideal para equipos de baja prioridad, sin los cuales las operaciones de la empresa pueden seguir funcionando normalmente.
- Lo mismo se aplica a equipos de bajo valor, ya que el trabajo necesario para realizar su mantenimiento o supervisión constante puede resultar más caro que la reparación o sustitución en caso de avería. Un ejemplo sencillo sería una bombilla, que puede usarse hasta que se funda y debe, en ese momento, sustituirse.
- Teniendo en cuenta que no hace falta mucha programación para este planteamiento, su costo de implementación es muy bajo, en comparación con las alternativas.

Desventajas:

- El problema viene cuando se confía en el mantenimiento correctivo para activos de prioridad media o alta.
- Una vez que no se realiza ningún tipo de acciones preventivas en una estrategia de Mantenimiento Correctivo, el tiempo de vida de los equipos terminará siendo más corto que con una de las estrategias alternativas.

- Cuando aplicada a equipos de elevada prioridad o valor (¡no debe serlo!), conducirá a paradas inesperadas y, probablemente, elevados costos de reparación.

- **Mantenimiento Preventivo**

Cuatrecasas L. (2012) Mantenimiento de los equipos productivos. Mantenimiento regular realizado de acuerdo con calendarios definidos, independientemente de la condición del equipo; surge por oposición al mantenimiento correctivo. En lugar de esperar que se produzca la avería, este tipo de mantenimiento tiene como objetivo prevenir que eso ocurra.

Cuatrecasas L. (2012) Mantenimiento de los equipos productivos. El mantenimiento preventivo ocurre de modo cíclico y programado, independiente de la condición del activo y con el objetivo de evitar averías y minimizar las consecuencias de colapsos de equipos. La frecuencia es definida por el gestor de mantenimiento con base en una valoración de la vida útil del equipo y en las recomendaciones del fabricante. Ejemplos de acciones de mantenimiento preventivo incluyen revisiones periódicas, inspecciones, limpieza y lubricación de piezas.

Ventajas:

- Este tipo de mantenimiento es imprescindible en los equipos esenciales al funcionamiento normal de la empresa.
- Es más, cuanto mayor es el riesgo asociado a una determinada avería, mayor es la necesidad de mantenimiento preventivo para aumentar la vida útil del activo y reducir las paradas no planificadas. Un ejemplo clásico son los ascensores o los montacargas, un fallo en el ascensor puede ser arriesgado si alguien se queda atrapado; la reparación es larga y un ascensor fuera de servicio siempre representa una gran molestia.

Desventajas:

- Una vez que no se basan en la condición real de los equipos, los planes de mantenimiento preventivo pueden, a veces, ser ineficientes y resultar en

acciones de mantenimiento (incluyendo sustitución de piezas) innecesarias y que cuestan tiempo y dinero.

- El efecto se agrava cuando un planteamiento preventivo es aplicado a activos de baja prioridad o bajo costo que podrían generar costes más bajos si solamente fueran reparados de manera reactiva.

- **Mantenimiento Predictivo**

Cuatrecasas L. (2012) Mantenimiento de los equipos productivos. Mantenimiento con base en la condición, que se basa en la constante supervisión del equipo en funcionamiento y en la previsión de averías. De todos los tipos de mantenimiento, este es el más reciente y el que requiere más inversión a nivel tecnológico. El objetivo del mantenimiento predictivo es prever cuándo es que una avería está a punto de producirse. Cuando se detectan ciertas condiciones indeseables, se programa una reparación antes de la ocurrencia, antes de que el equipo, efectivamente, se averíe, eliminando, de este modo, la necesidad de mantenimiento correctivo con un gran gasto o mantenimiento preventivo innecesario. Se basa en la condición física y operativa de los equipos a través de la supervisión regular y pruebas de la condición y rendimiento de los equipos, usando técnicas avanzadas como análisis de vibración, análisis de aceite, acústico, pruebas de infrarrojos o imagen térmica.

Ventajas:

- Este planteamiento se basa en la condición física u operativa de los activos en el momento del mantenimiento, en lugar de basarse en estadísticas y calendarios definidos previamente. Intenta detectar el fallo en su fase todavía oculta, antes de que haya cualquier tipo de señal visible, y en su fase potencial.
- Así, el mantenimiento efectuado será más informado, necesario y oportuno, una vez que el equipo solo se someterá a mantenimiento cuando una avería es prevista, lo que bajará los costes y el tiempo de mano de obra invertidos en el mantenimiento.

Desventaja:

- La necesidad de invertir en equipos de supervisión específicos, bien como en la formación de personal para usarlos correctamente e interpretar los datos recogidos, hace la implementación de esta estrategia muy cara, y por eso, no suele estar al alcance de la capacidad de pequeñas y medianas empresas. Por esta razón, no es un planteamiento rentable para activos que no sean esenciales al funcionamiento adecuado de sus operaciones.

2.2 Marco conceptual**2.2.1 Data**

Bembibre V. (2009) Base de datos. Una base de datos o data es el conjunto de datos informativos organizados en un mismo contexto para su uso y vinculación. Una base de datos puede ser de diverso tipo, desde un pequeño fichero casero para ordenar libros y revistas por clasificación alfabética hasta una compleja base que contenga datos de índole gubernamental en un Estado u organismo internacional. Recientemente, el término base de datos comenzó a utilizarse casi exclusivamente en referencia a bases construidas a partir de software informático, que permiten una más fácil y rápida organización de los datos. Las bases de datos informáticas pueden crearse a partir de software o incluso de forma online usando Internet. En cualquier caso, las funcionalidades disponibles son prácticamente ilimitadas.

2.2.2 Horario

Kluwer W. (2015) Horario de trabajo. El horario de trabajo define uno de los parámetros fundamentales de la prestación laboral que es el tiempo de trabajo. A través del horario se fijará con precisión los tiempos en los que se van a llevar a cabo las tareas que constituyen el objeto del mismo.

2.2.3 Volquete

Dhillon B. (2008) Mining Equipment Reliability, Maintainability and Safety. Los transportistas de unidades discretas se dividen en dos categorías: aquellos que siguen un

camino fijo y aquellos que son libres de moverse en cualquier dirección. Los transportistas de ruta no fijan se caracterizan principalmente por ser los volquetes.

2.2.4 Sobrecarga

(española). Exceso de carga.

2.2.5 Palada

Dhillon B. (2008) Mining Equipment Reliability, Maintainability and Safety. Es la capacidad del equipo cargador en una iteración, para así cargar por completo el volquete.

2.2.6 Desfase

(española). Diferencia o desajuste entre dos acciones, situaciones o procesos.

2.2.7 Escalonamiento

(española). Distribución en fases temporales sucesivas de las partes que componen una serie.

2.2.8 Mantenimiento

Dhillon B. (2008) Mining Equipment Reliability, Maintainability and Safety. Todas las acciones necesarias para retener un equipo, pieza de equipo; dentro de un sistema, o restaurarlo a una condición específica.

2.2.9 Toneladas

Del peso bruto en kilogramos medido en la balanza se le resta la tara del volquete y por último se divide esta resta entre 1000.

2.2.10 Viaje

Es la iteración que se realiza que combina el recorrido para ir a cargar el mineral y para ir cargado a descargar este.

2.2.11 Unidad

Cuando nos referimos a unidad significa, una unidad de volquete.

2.2.12 Ciclo

Es la suma de los tiempos de traslado vacío, tiempo para cuadrarse vacío, tiempo de carguío, tiempo de traslado cargado, tiempo para cuadrarse cargado y tiempo de descarga; en un viaje realizado.

2.2.13 Contraguardia

Es el operador de volquete del turno día con respecto al operador del turno noche.

2.2.14 Actividad

(española). Conjunto de operaciones o tareas propias de una persona o entidad.

2.2.15 Standard

Patrón, parámetros internacionales que se imitan para controlar cantidades y calidades de seguridad, operaciones de una actividad.

Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación

3.1 Unidad de análisis

3.1.1 Ubicación

Mina Condestable se encuentra ubicada en el distrito de Mala, provincia de Cañete, departamento de Lima.

Las principales instalaciones están referenciadas geográficamente por las coordenadas: 76° 35' 30" de longitud W y 12° 42' 02" de latitud Sur, dadas en el Elipsoide Internacional.

Su acceso desde Lima es de la siguiente manera:

Autopista Lima – Mala = 90 km

Trocha afirmada = 0,5 km, como se muestra en la Figura 2.

Figura 2

Ubicación de la mina Condestable



Fuente: Google Maps. (2021)

3.1.2 Historia

La actividad principal de Compañía Minera Condestable a lo largo de los años ha sido la generación de concentrado de cobre, el cual es derivado del mineral extraído de mina.

La mina, a cargo de la empresa Nipón Mining Company, empezó sus operaciones en el año 1962, y su producción en 1964 con una extracción de 600 toneladas diarias con una ley promedio de 2,5 % de cobre.

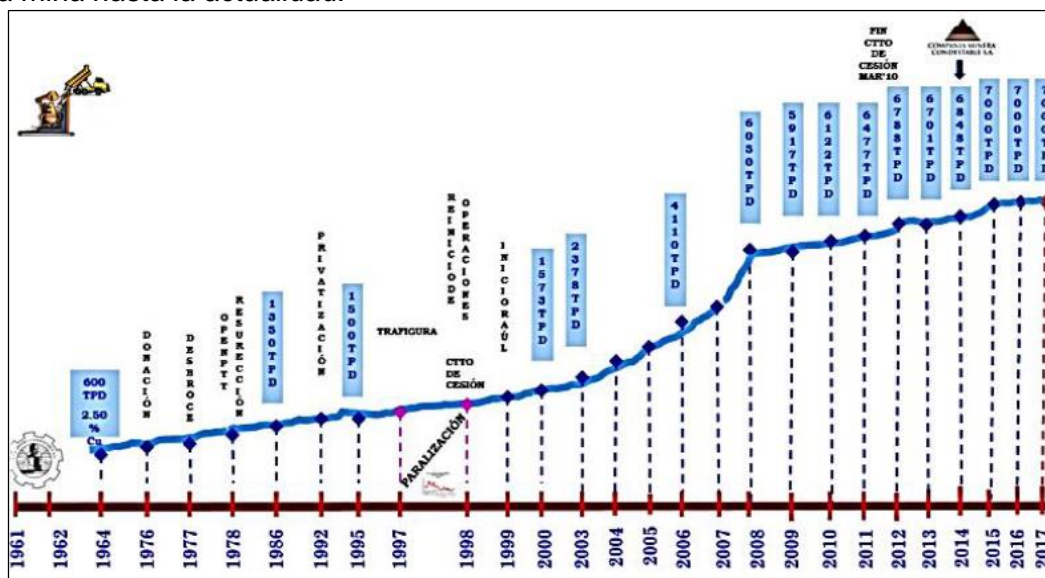
En 1976, la mina pasó a manos del Estado, a forma de pago por la deuda por el tiempo de servicio del personal, sin embargo, en 1992, la mina fue privatizada a través de la empresa SERFI-CORMIN.

A partir del año 1997, la mina fue concesionada a la empresa TRAFIGURA, quien se encargó de las operaciones de la mina Raúl, con una ley de cabeza promedio de 1,31 % de cobre.

La empresa Southern Peaks Mining compra el 98.68% de acciones, en el año 2014, donde en la actualidad, se extraen 7000 toneladas diarias con una ley de cabeza de 0,89 % de cobre con agregado de oro y plata, como se indica en la Figura 3.

Figura 3

Evolución del tratamiento de mineral a través de los años desde sus inicios en operación de la mina hasta la actualidad.



Fuente: Área de planeamiento Minera Condestable. (2020)

3.1.3 Geología

3.1.3.1 Geología regional. Desde el punto de visto estructural, la columna estratigráfica determina la parte más baja hacia la parte superior a Formación Asia, luego Morro Solar, Pucusana, Pamplona, Atocongo y Chilca.

3.1.3.2 Geología local. El 75% del área de las concesiones están cubiertas por rocas volcánico-sedimentarias depositadas en un ambiente marino de aguas no tan profundas.

Se ha dividido en 6 unidades lito estratigráficas para realizar un mejor estudio de estas, las cuales son: Calicanto, Apolo, Actinolita, Intermedio, Polvorín y Chicharrón.

Rasgos lito estratigráficos:

Se describe las unidades identificadas en Compañía Minera Condestable.

▪ **Unidad Calicantro**

Consiste de lavas andesíticas porfiríticas con estratificación gruesa y aisladas intercalaciones de piroclastos andesíticos masivos de color verde oscuro y matriz afanítica, potencia mayor de 430 metros

▪ **Unidad Apolo**

Conformada por tufos volcánico clásticos, brechoides gris claro verdosos intercalados con flujos lávicos andesíticos y areniscas tufáceas. Estratificación delgada y desarrollo de anfibolita, potencia estimada de 80 m.

▪ **Unidad Actinolita.**

Constituida mayormente por andesitas gris verdoso y verde oscuro de textura porfiríticas con intercalaciones lenticulares de brechas volcánicas, con desarrollo de cristales aciculares de actinolita, potencia estimada 180-200 m.

▪ **Unidad Intermedio.**

Representada por piroclásticos líticos (fragmentos de 30 cm al techo), tufos arenosos y lutitas con horizontes calcáreos gris negruzco, chert crema sucio que sirve de horizontes guía y grauvacas. Al techo de la unidad presenta horizontes con brechas, potencia estimada de 130 m.

▪ **Unidad Polvorín.**

Compuesta por bancos gruesos de lavas andesíticas verde oscuro a negruzco y textura afanítica, la andesítica se presenta alterada a clorita y calcita.

Intercalaciones de piroclásticos, horizontes calcáreos, lutitas y grauvacas de tonos marrones que se reconocen en su sección superior. Correlaciona con la parte superior de la Formación Pamplona.

▪ **Unidad Chicharrón.**

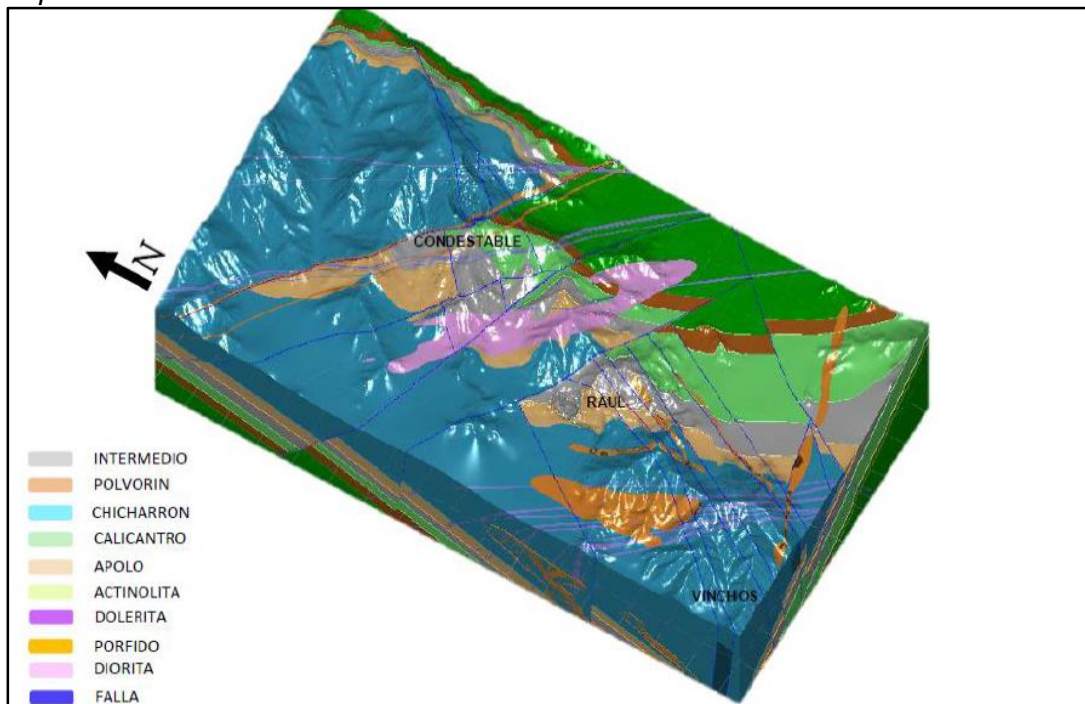
Presenta predominio de lutitas y calizas, con tufos areniscas y lodolitas con una clara estratificación delgada. Fósiles al piso de la unidad. El conjunto tiene coloraciones marrones. Potencia estimada de 160 m. Correlaciona con la Formación Atocongo.

▪ **Pórfido Andesítico.**

Diques y sills de pórfido andesítico - dacítico con rumbo NO, NE cortan todas las unidades anteriormente descritas produciendo un metamorfismo local. Por tectonismo, muchos de sus contactos se presentan fallas. En el área de la mina al techo de la unidad Chicharrón se presenta un sills de pórfido de 320 metros de potencia, como se señala en la Figura 4.

Figura 4

Vista panorámica de las unidades mineralizadas



Fuente: Área de planeamiento Minera Condestable. (2020)

3.1.3.3 Geología económica. Los minerales que se explotan son calcopirita y bornita, teniendo al oro y plata, como subproductos en los concentrados. Estos minerales se encuentran principalmente en estructuras mineralizadas como vetas, mantos y brechas, dando como resultado, que la explotación se centren en estas.

3.1.3.4 Características de las estructuras mineralizadas. Se reconocen las siguientes estructuras mineralizadas:

Mantos:

La potencia de esta estructura mineralizada varía desde algunos centímetros hasta los 6 metros. Estas estructuras, se presentan principalmente en las unidades de Apolo y Chicharrón.

Vetas:

En su mayoría, son transversales a los mantos, con longitudes entre los 100 y 600 metros. Estas estructuras mineralizadas, tiene buzamientos casi verticales.

Diseminaciones:

Se presenta como finas vetillas o finas diseminaciones de Pirita y Calcopirita, y se presenta en las unidades Polvorín, Apolo e Intermedio.

Brechas:

Esta estructura mineralizada es de forma y dimensión variada, y se muestra como finas diseminaciones de Pirita y Calcopirita en las unidades de Intermedio y Actinolita.

3.1.3.5 Persistencia de la mineralización. A través de sondajes diamantinos, se ha comprobado que la mineralización en profundidad, se encuentra hasta el nivel -700 en las distintas estructuras del yacimiento.

3.1.4 Recursos minerales

3.1.4.1 Recursos minerales: Compañía Minera Condestable. Los Recursos Minerales de Compañía Minera Condestable “Medido e Indicados”, evaluado a diciembre del 2016, ascienden a 8479955 toneladas con una ley 1,46 %Cu, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1*Recursos minerales Compañía Minera Condestable*

CERTEZA	TONELADAS	LEY (Cu %)
Medido	5,659,092	1.39
Indicado	2,820,864	1.59
Total	8,479,955	1.46

Fuente: Área de planeamiento Minera Condestable. (2020)

3.1.4.2 Recursos minerales: Mina Raúl**Tabla 2***Recursos minerales Mina Raul*

CERTEZA	TONELADAS	LEY (Cu %)
Medido	4,819,491	1.42
Indicado	2,194,116	1.73
Total	7,013,607	1.51

Fuente: Área de planeamiento Minera Condestable. (2020)

3.1.4.3 Recursos minerales: Mina Condestable**Tabla 3***Recursos minerales Mina Condestable*

CERTEZA	TONELADAS	LEY (Cu %)
Medido	839,601	1.22
Indicado	626,748	1.12
Total	1,466,348	1.18

Fuente: Área de planeamiento Minera Condestable. (2020)

3.1.5 Reservas minerales

3.1.5.1 Reservas Minerales: Compañía Minera Condestable. Las Reservas Minerales se encuentran basados en las definiciones y estándares del Código JORC. Según los Códigos Internacionales, para la estimación de las Reservas Minerales es necesario considerar los siguientes factores modificadores o también denominados parámetros de estimación:

Parámetros Económicos:

- Precios
- Costos Operativos por Métodos de Minado: Sublevel Stopping – Room & Pillar – Shrinkage

Parámetros Metalúrgicos:

- Balances Metalúrgicos: Mina Raúl - Mina Condestable - Mina Vinchos

Parámetros Operativos:

- Error de Ensaye
- Dilución
- Recuperación por Método de Minado
- Parámetros de Diseño por Método de Minado

Parámetros Comerciales:

- Factores Unitarios, (considera los Precios, Términos de comercialización y Balances Metalúrgicos)

Los Reservas Minerales de Compañía Minera Condestable: “Probadas y Probables”, evaluado a diciembre del 2016, ascienden a 9946804 ton con una ley de 1,09 % Cu, como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4

Reservas minerales Compañía Minera Condestable

CERTEZA	TONELADAS	LEY (Cu %)
Medido	6,606,048	1.05
Indicado	3,340,756	1.17
Total	9,946,804	1.09

Fuente: Área de planeamiento Minera Condestable. (2020)

3.1.5.2 Reservas minerales: Mina Raúl

Tabla 5

<i>Reservas minerales Mina Raul</i>		
CERTEZA	TONELADAS	LEY (Cu %)
Medido	5,658,330	1.07
Indicado	2,642,859	1.25
Total	8,301,189	1.13

Fuente: Área de planeamiento Minera Condestable. (2020)

3.1.5.3 Reservas Minerales: mina Condestable

Tabla 6

<i>Reservas minerales Mina Condestable</i>		
CERTEZA	TONELADAS	LEY (Cu %)
Medido	947,718	0.95
Indicado	697,897	0.88
Total	1,645,615	0.92

Fuente: Área de planeamiento Minera Condestable. (2020)

3.1.6 Descripción de operaciones y desarrollo

Compañía Minera Condestable S.A. es una empresa dedicada a la producción de Concentrados de Cobre con agregado de oro y plata, los cuales son obtenidos mediante la explotación de sus diferentes estructuras mineralizadas.

3.1.6.1 Diseño general de la mina

Niveles principales

Los niveles de trabajo en la mina son las siguientes:

En "Mina Condestable": los niveles son: +180, +125, +70, +20, -20 -55 y -95.

En "Mina Raúl": los niveles son: + 125, +90, +55, +20, -20, -55, -95, - 130, -175, - 215, -255, -300, -350, -400, -450, - 460, - 490, -520 y -550)

La Nomenclatura de los niveles representa la altitud sobre el nivel del mar, la diferencia entre niveles varía de 35 hasta los 50 metros.

Accesos principales

Los accesos principales a la mina son:

Por "Mina Condestable" el Nivel +295, el Nivel +235, la Rampa 2000 y la RP_2001.

Por "Mina Raúl" la Rampa Fico y la Rampa Principal.

Labores de avance

Las labores mecanizadas son realizadas por equipos Jumbo de 14 y 16 pies marca Atlas Copco.

Las labores de avances se realizan de acuerdo a un programa, el cual es elaborado anualmente.

Se trabajan con los siguientes tipos de mallas:

- Sección 4,0m x 4,0m.- Este tamaño de sección, se realiza para vías principales y preparaciones para la explotación por el método de taladros largos. Se realiza 35 taladros de rotura más 4 de alivio, con un arranque tipo corte quemado. La longitud efectiva de perforación es de 3,76 metros, con barras de 14 pies de largo, brocas de 48 mm de diámetro y Rimador de 109 mm de diámetro, obteniendo un avance promedio efectivo de 3,64 metros por disparo. Actualmente se está realizando pruebas, usando barras de 16', obteniendo un avance efectivo promedio de 4,28 m. Anteriormente se realizó pruebas con barras con jumbo de 20 pies, por lo que se adaptó un jumbo con la columna perforadora de un equipo simba, por lo que se acoplaba 4 barras de 5 pies, y usaba una broca de 64 mm.
- Sección 3,0m x 3,0m.- Son usadas para labores de preparación y desarrollo, para tajos de explotación convencional. Este tipo de secciones, prácticamente no es utilizado, dado que la mayoría de tajos, son explotadas por el método de taladros largos. Para la perforación se utiliza 32 taladros más 3 de alivio. Se realiza la perforación con barrenos de 4 y 6 pies, además, de brocas de 34 y 33 mm respectivamente. La longitud efectiva de perforación es de 5,6 pies obteniendo un

avance de 1,53 metros / disparo. Se usa el Emulex 1" x 7" como cebo para los taladros, y el Examon como columna de carga, además de Pentacord y Carmex.

- Sección 2,4m x 1,5m.- Utilizadas mayormente para chimeneas de preparación y servicios. Se utiliza arranque de corte quemado, donde se perfora 18 taladros más 3 de alivio, con una longitud de perforación efectiva de 1,6 metros, con barras de 6', brocas de 33mm y 34 mm, obteniéndose un avance promedio de 1,45 metros/disparo. Se usa el Emulex 1" x 7" como cebo para los taladros, y el Examon como columna de carga, además de Pentacord y Carmex. 35

3.1.7 Descripción del método de explotación

En Compañía Minera Condestable "CMC", se aplican los siguientes 3 métodos de explotación, los tipos de métodos aplicados en Condestable son las siguientes:

3.1.7.1 Shrinkage. El método de explotación "Shrinkage" es utilizado para vetas con buzamiento mayor a 60°.

El método consiste en realizar una galería en dirección de la veta, y se realizan chimeneas siguiendo el buzamiento de la estructura hasta el nivel superior. La separación entre chimeneas es de 25 metros para un correcto circuito de ventilación, y la cantidad de chimeneas dependerá de la longitud del tajo. Se debe dejar un puente de 5 metros antes de llegar al nivel superior.

En el caso que la potencia de la estructura mineralizada es mayor a 3 metros, se realizará un "by pass" paralelo a la veta, además de cruceros (ventanas) para la extracción de mineral.

Cuando la potencia de la estructura es menor a 3,0 m o en el caso donde sea necesario conservar la galería base, la preparación se realiza con cruceros desde la misma galería base y chimeneas en contra para formar los conos.

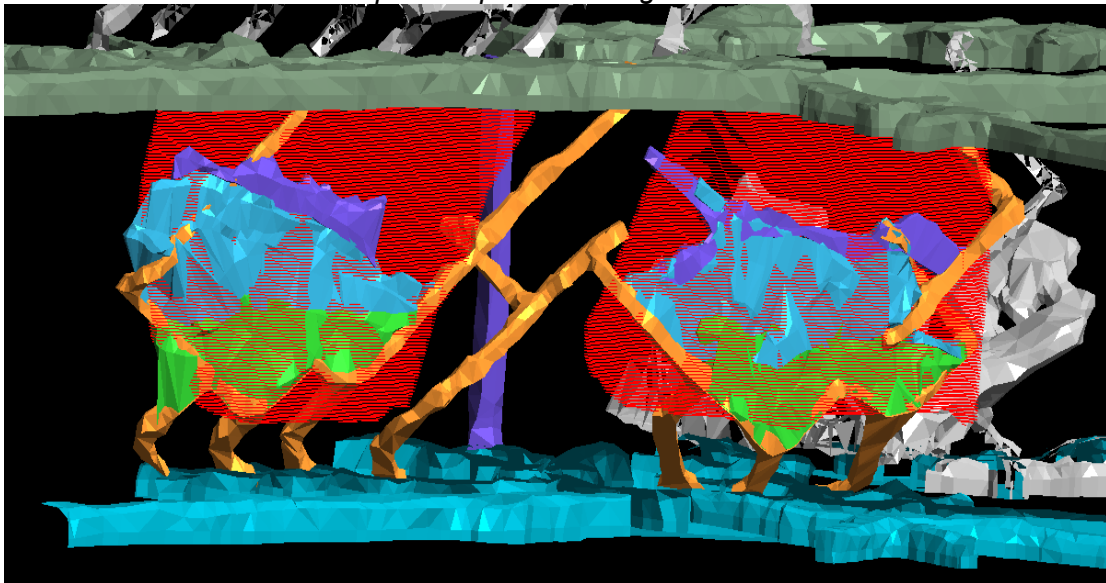
Se debe tratar de conservar el piso horizontal, para realizar la acumulación de taladros y luego realizar el disparo de todos los taladros, a lo largo del tajo. 36

Al realizar la explotación, se debe colocar “línea de vida” a lo largo del tajo y los trabajadores asignados a laborar, siempre deben utilizar el arnés correctamente enganchado a la “línea de vida”, dando cumplimiento al reglamento de trabajos en altura.

La extracción deberá ser regulada, no más de un tercio del volumen disparado. Este método representa el 4% de la producción de la mina, como se verifica en la Figura 5.

Figura 5

Vista del block mineralizado explotado por “Shrinkage”



Fuente: Área de planeamiento Minera Condestable. (2020)

3.1.7.2 Cámaras y pilares. Este método es aplicado para estructuras mineralizadas tipo brechas y mantos, con un buzamiento promedio de 40° y con una potencia de 2 metros.

La explotación empieza con la preparación de galerías y ventanas siguiendo el rumbo de la estructura. La dimensión de los pilares se realiza de acuerdo a principios del área de Geomecánica, en su gran mayoría los pilares y cámaras tienen dimensiones de 5 m x 5 m. Al acabar la explotación del tajo se recuperan los pilares, y se realiza el relleno con material detrítico proveniente de las labores de avance.

La perforación se realiza con barrenos de 4, 6, 8, y 10 pies y brocas de diámetros de 32, 33 y 34 milímetros.

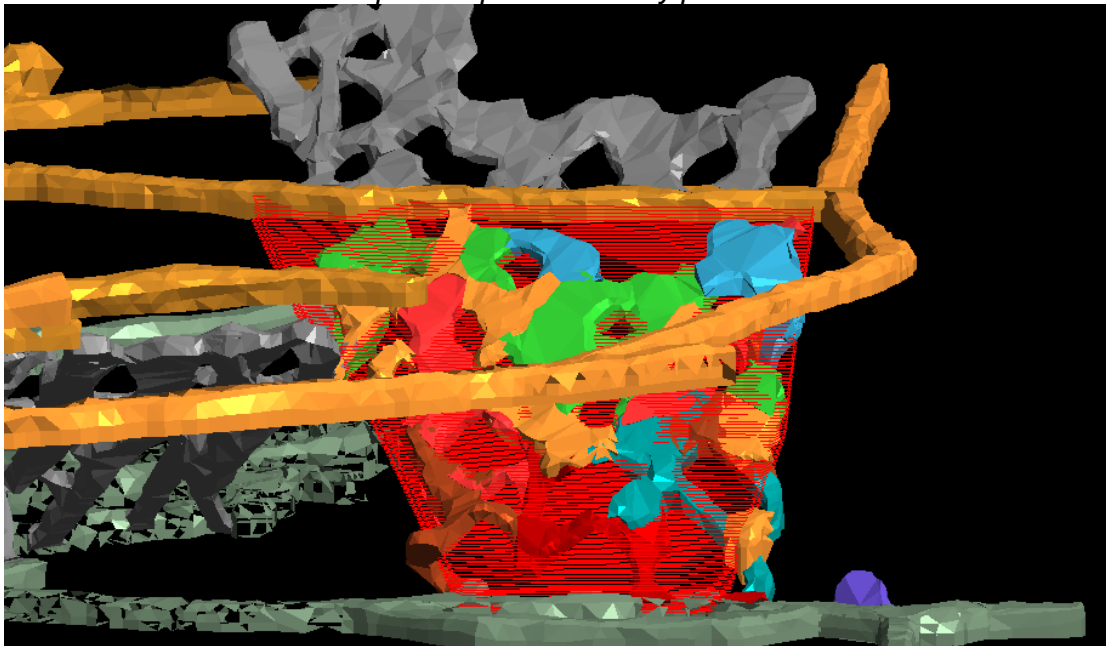
Los explosivos usados para la explotación convencional son Examon (Anfo) y Emulex (Emulsión), además de accesorios, como la mecha rápida y Carmex, siguiendo la correcta secuencia de la voladura.

Luego de realizar la voladura, el personal debe ranflear la carga de mineral, para que caiga a las ventanas de extracción, y luego se realizará el carguío con “scooptram” hacia los volquetes, para su posterior destino, la planta concentradora.

La mina al estar mecanizada casi en su totalidad, este método de explotación sólo representa el 6% de la producción de la mina, como se presenta en la Figura 6.

Figura 6

Vista del block mineralizado explotado por Cámaras y pilares



Fuente: Área de planeamiento Minera Condestable. (2020)

3.1.7.3 “Sublevel Stoping” o tajeos por subniveles o taladros largos. Este método es aplicado principalmente para mantos y brechas, donde la longitud del tajo, puede llegar hasta 100 metros de longitud, con altura de hasta 40 metros y potencia de hasta 20 metros.

Perforación es realizada en abanico paralelo y vertical hacia arriba o hacia abajo, con longitudes de los taladros de hasta 32 metros y su diámetro es de 64 mm. La malla de

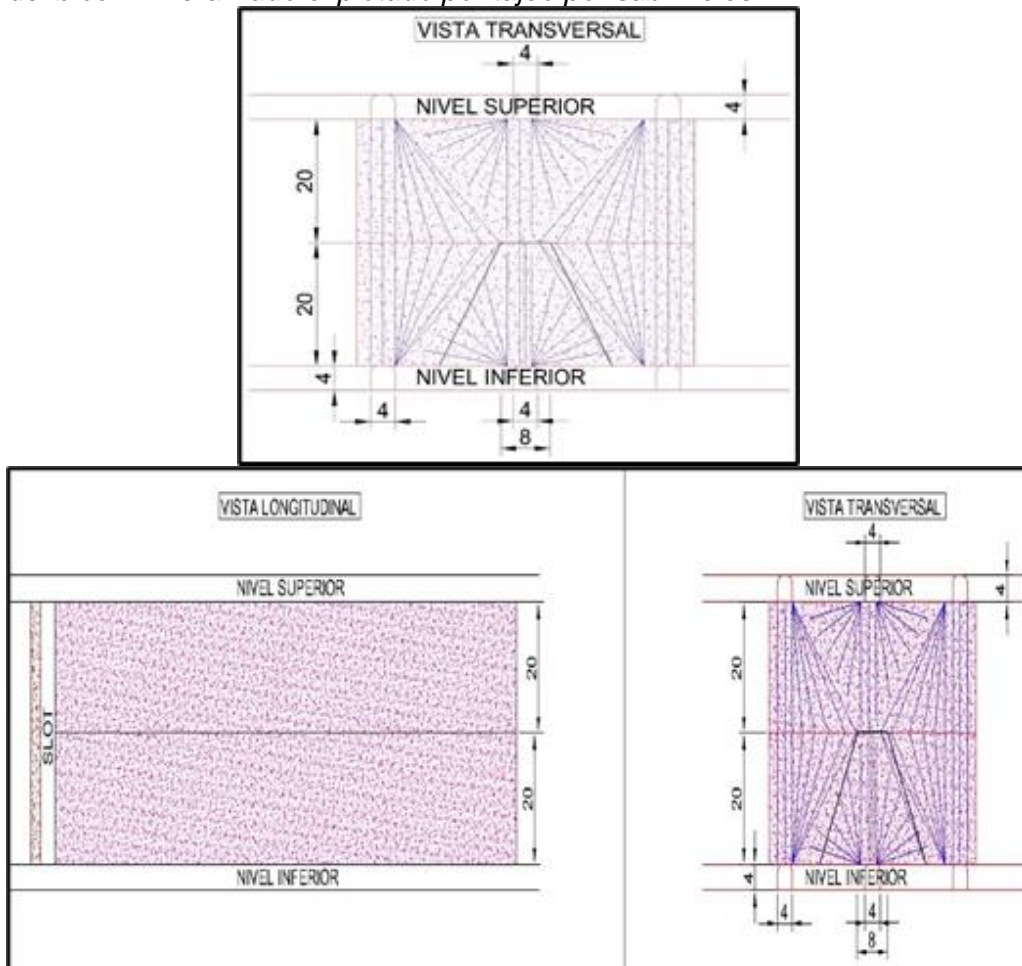
perforación es cuadrada con espaciamento de taladros de 1,75m, para tener una correcta fragmentación del macizo rocoso.

Extracción del mineral, es realizada mediante “scooptram” de 6 yd³ a través de ventanas de extracción. Cuando el mineral se encuentra dentro del tajo, con altura mayor a los 4 metros, se implementa el uso de control remoto, el operador maneja el “scooptram” desde una cabina, acumulando la carga para su posterior carguío a los volquetes.

Terminada la extracción de mineral del tajo, se realiza el relleno del tajo con material detrítico, generado de las labores de avance, como se señala en la Figura 7.

Figura 7

Vista del block mineralizado explotado por tajeo por subniveles



Fuente: Área de planeamiento Minera Condestable. (2020)

Parámetros de diseño de tajeo por subniveles

El carguío de los taladros hacia arriba, se realiza mediante el equipo JET-ANOL, el cual trabaja mediante inyección neumática, conectando la manguera de aire al equipo, y luego este confina el ANFO. En cambio, en los taladros hacia abajo se hace por gravedad, como se indica en la Figura 8.

Figura 8

Parámetros de diseño para el método tajeo por subniveles

METODO TAJEO POR SUBNIVELES	
Altura del tajo (metros)	40
Altura de sub niveles (metros)	20
Ancho de tajos en cuerpos (metros)	>5
Longitud de tajo (metros)	>50
Producción mensual de tajos (TM)	50000
Longitud de la barra (metros)	1,5
Diámetro del taladro (milímetros)	64
Longitud de los taladros (metros)	25
Rendimientos (metros/Turno)	100
Disponibilidad Mecánica (%)	89
Índices de perforación (TM/metro)	8,8
Tonelaje perforado (TM/turno)	1056
Personal de operación / maquina	2

Fuente: Área de planeamiento Minera Condestable. (2020)

Parámetros de equipos de perforación de taladros largos

Se muestra los parámetros para realizar la perforación en el método de taladros largos, como se muestra en la Figura 9.

Figura 9

Parámetros del equipo de perforación

MODEL DE EQUIPO	Simba H 281
Altura de traslado de equipo (metros)	3,5
Altura de perforación (metros)	4,0
Ancho de la galería de transporte	4,0
Longitud de la barra (metros)	1,5
N° de gatas	4,0
Tipo de Perforadora	COP 1638
Metros por hora de percusión (metros /hr)	22,1

Fuente: Área de planeamiento Minera Condestable. (2020)

Diseño de perforación

En la malla de perforación de las secciones para la voladura por taladros largos, se ha aplicado el algoritmo de Langerfors, el cual brinda resultados para diseño de una malla cuadrada para el espaciamiento y burden, considerando longitud y diámetro del taladro, así como, la orientación, dureza de la estructura y la fragmentación requerida, también hay que tener en cuenta variables como el explosivo que se va a utilizar y la precisión de perforación.

La fórmula del algoritmo de LANGEFORS es:

$$B = \frac{\left(\frac{D}{33}\right) \times \sqrt{dc \times PRP}}{c \times f \times \left(\frac{S}{B}\right)}$$

B: Burden (metros)

D: Diámetro del taladro (milímetros)

c: Constante de roca = 1,15 rocas duras y 1,05 rocas medias.

PRP: Potencia relativa del explosivo en peso.

f: Factor de fijación = 0,85 (barrenos inclinados)

S/B: relación Burden y Espaciamiento = 1,25

dc: densidad de carga (kg/dm³)

El valor del burden práctico (Bp) está en función al burden máximo "B" aplicando un reajuste por la desviación de los taladros, según el modelo matemático de Langefors es:

$$B_p = B_m - 2D - 0,02L$$

Siendo L la longitud del taladro.

Los valores obtenidos son:

Bp =1,8 para Anfo

Bp =2,2 para emulsiones

Longitudes de perforación: 10 a 32 metros.

Todos estos cálculos se realizan, buscando una mejor fragmentación, para sí evitar voladuras secundarias. Los valores que actualmente se trabajan son los que se señalan en la Figura 10.

Figura 10

Parámetros de perforación

EQUIPO	DIAMETRO (milímetros)	BURDEN (m.)	ESPACIAMIENTO (m.)
Simba H – 281	64	1,75	1,75

Fuente: Área de planeamiento Minera Condestable. (2020)

Técnicas de perforación de taladros largos

La perforación en el método de tajeos por subniveles, son realizadas con equipos SIMBA H-281, realizada desde subniveles ubicados cada 20 metros, en estructuras que tengan cajas de mineral competentes.

Al realizar la perforación con simba, se busca que los taladros sean paralelos para controlar la desviación de estos, por tal motivo, en estos métodos se trabaja con la máxima sección, teniendo en cuenta la calidad geomecánica del macizo rocoso, como muestra la Figura 11.

Figura 11

Perforación de taladros en tajeos por subniveles



Fuente: Área de planeamiento Minera Condestable. (2020)

Voladura de taladros largos

La voladura se realiza, en los diferentes tajeos, pero al efectuar la extracción de los diferentes tajeos, la ley de cabeza debe ser en promedio 0,89 % de Cobre.

Esta actividad se realiza en retirada desde una cara libre o “slot”, el cual normalmente se encuentra ubicado en los extremos del tajo. Normalmente, el carguío de los taladros se realiza de arriba hacia abajo, buscando una correcta confinación del explosivo para tener buenos resultados de fragmentación, como presenta la Figura 12.

Figura 3

Carguío de taladros en tajeos por subniveles



Fuente: Área de planeamiento Minera Condestable. (2020)

Voladura secundaria

La voladura secundaria es propia del método de tajeo por subniveles, donde la cantidad de bancos grandes depende de:

- La desviación de los taladros
- Diseño de la malla de perforación.
- Factores estructurales, presencia de discontinuidades para la formación de cuñas.
- Factores humanos como error al realizar el carguío de taladros, mala secuencia de voladura, etc.

Explosivos utilizados en voladura de taladros largos

Figura 13

Explosivos para voladura en tajeos por subniveles

ITEM	Densidad (g/cm ³)	Velocidad de Detonación (m/seg)	Presión de Detonación (kbar)	Resistencia al agua
EXAMON	0,82	3200	21	
Emulex 1½" x 7"	1,16	5600	89	Excelente
Emulex 1"x 7"	1,16	5600	89	Excelente

Fuente: Área de planeamiento Minera Condestable. (2020)

3.2 Materiales y equipos usados

3.2.1 Modelo de volquetes

3.2.1.1 Volquetes FMX 8x4 R. Se cuenta para la operación de extracción de mineral con 21 volquetes Volvo FMX 8x4R, con las siguientes características, como indica la Tabla 7.

Tabla 7*Parámetros de productividad de volquetes Volvo FMX 8x4R*

Distancia:	5.22	km
Velocidad cargada:	11.0	km/h
Velocidad vacía:	20.0	km/h
Tiempo carguío:	8.00	min
Tiempo viaje cargado:	28.47	min
Tiempo viaje vacío:	15.66	min
Tiempo pesado/descarga:	6.00	min
Tiempo Imprevistos:	2.00	min
Tiempo por ciclo:	60.13	min
Minutos por guardia	400	min
Nro.# Ciclos (viajes)	6.65	viajes
Capacidad del camión	33.36	Ton
Rendimiento:	33.29	Ton/h

Fuente: Elaboración propia. (2022)

3.2.1.2 Volquetes Scania P450 8x4 XT. Se cuenta para la operación con 09 volquetes Scania P450 8X4 XT con las siguientes características, como presenta la Tabla 8.

Tabla 8*Parámetros de productividad de volquetes Scania P450 8x4XT*

Distancia:	5.50	km
Velocidad cargada:	11.0	km/h
Velocidad vacía:	20.0	km/h
Tiempo carguío:	8.00	min
Tiempo viaje cargado:	30.00	min
Tiempo viaje vacío:	16.50	min
Tiempo pesado/descarga:	6.00	min
Tiempo Imprevistos:	2.00	min
Tiempo por ciclo:	62.50	min
Minutos por guardia	400	min
Nro.# Ciclos (viajes)	6.40	viajes
Capacidad del camión	43.00	Ton
Rendimiento:	41.28	Ton/h

Fuente: Elaboración propia. (2022)

3.2.2 Programación de volquetes

Por cada turno se programan 30 volquetes operativos para el transporte de mineral desde las labores programadas hacia la planta chancadora, de estos se desea una continua disponibilidad en la operación para el objetivo diario.

De dicha programación la distribución por zonas es de la siguiente manera, como muestra la Tabla 9, frecuentemente, estando sujeta dicha programación a cambios en el transcurso del laboreo

Tabla 9

Programación regular de volquetes por guardia

Zona	Numero de volquetes
Taladros largos	22
Profundización	8

Fuente: Elaboración propia. (2022)

3.2.3 Distribución de operador vs volquete

Para los 30 volquetes programados que se tiene se ha distribuido los operadores de volquete de manera que las tres guardias de trabajo (una guardia que trabaja de día, una que trabaja de noche, una que se encuentra en días libres) tengan un operador fijo por volquete, de esta manera esto ayuda al cuidado del equipo, al no estar rotando innecesariamente los operadores de volquete en volquete, como indica la Tabla 10.

Tabla 10

Ejemplo de distribución de volquetes

Equipo	Guardia a (noche)	Guardia b (dia)	Guardia c (libres)
Cn 400	Torres ricse hugo	Rodriguez alcoser cesar	Chavez cordova raul
Cn 404	Escobar taibe javier	Edones beltran alexander	Alvarado jancachagua juan
Cn 405	Galarza esteban jhan carlos	Martinez huaman jaime	Justiniano jara raul
Cn 406	Zambrano albornoz roger	Felix ramos benjamin	Bustillos lopez jaime
Cn 407	Panez arzapalo gerson	Lopez arcos alfonso cayo	Hilario bellido Joel
Cn 408	Sancho coronado gilmer	Roman vilcapoma manuel r	Gilvonio cente mario
Cn 409	Palomino janampa moises	Guadalupe muñoz john pablo	Santos romo hector
Cn 437	Aquino chuco juan	Choque villalobos emerson	Soto carhuachuco victor
Cn 439	Yauri echenique miguel	Alvarez horna josue	Cruz pareja edwin michael
Cn 440	Placencia deza vilmar	Crisostomo ccaccachahua	Asto quispe Eduardo
Cn 441	Roman de la o luis alberto	Corcuera burgos lixcher jorge	Zavaleta cueto Jonny
Cn 447	Gamboa gutierrez vladimir	Quispe palomino luis miguel	Cuya hilario moises alberto
Cn 454	Laureano zuñiga samuel	Quinta huanaco gorki	Alejandro bravo marcos
Cn 455	Flores picoy david	Mancilla condor juan noe	Camacho romero juan
Cn 456	Rosales huaman milton pepe	Uzuriaga velasquez romaldo	Zuñiga bejarano robinson
Cn 457	Chuco yapias yenner luis	Ventocilla alcocer jose alvino	Vasquez baltazar raymundo
Cn 458	Cornelio curi enrique	Vega rodriguez hugo americo	Roldan quispe cesar miguel
Cn 459	Lazo alfaró luis	Campos salcedo klever	Torres santa cruz victor
Cn 460	Acuña vera edixon abel	Choque villalobos jose luis	Taboada palomino urbano
Cn 461	Yataco huamani luis orlando	Carrion honorato pepe rolando	Vasquez anticona mercedes

Fuente: Elaboración propia. (2022)

3.2.4 Capacidad máxima de los volquetes

Los volquetes según el diseño tienen una capacidad máxima y esta se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11

Capacidad máxima de los volquetes

Volquete	Capacidad máxima
Scania P450 XT 8x4	42 TM
Volvo FMX R 8x4	35.3 TM

Fuente: Elaboración propia. (2022)

3.2.5 Relevos por turno

El relevo por turno se refiere al intercambiar información de la operatividad del volquete a fin de guardia, esta coordinación se realiza entre el operador entrante y el operador saliente, es importante que los operadores realicen un correcto chequeo de equipo (check list) tanto a inicio, en el transcurso de la jornada y al final de turno y reportar estos de manera eficiente a su relevo.

Gracias a relevarse de la mejor manera se agilizan los mantenimientos correctivos, pues el área de mantenimiento tiene la alerta oportuna de las averías.

De igual manera se utilizó los siguientes softwares:

3.2.6 Power Query

Microsoft. (2022) Microsoft Docs. Es un motor de preparación de datos y transformación de datos. Power Query incluye una interfaz gráfica para obtener datos de orígenes y un editor de Power Query para aplicar transformaciones. Dado que el motor está disponible en muchos productos y servicios, el destino donde se almacenarán los datos depende de dónde Power Query se ha usado. Con Power Query, puede realizar el procesamiento de extracción, transformación y carga (ETL) de los datos.

3.2.7 Power BI

Microsoft. (2022) Microsoft Docs. Es una colección de servicios de software, aplicaciones y conectores que funcionan conjuntamente para convertir orígenes de datos sin relación entre sí en información coherente, interactiva y atractiva visualmente. Sus

datos pueden ser una hoja de cálculo de Excel o una colección de almacenes de datos híbridos locales y basados en la nube. Power BI permite conectarse con facilidad a los orígenes de datos, visualizar y descubrir qué es importante y compartirlo con cualquiera o con todos los usuarios que desee.

3.3 Recolección de datos

3.3.1 Horario de trabajo área de operaciones

El horario de trabajo del área de operaciones es de 07:00 a 19:00 para el turno día y de 19:00 a 07:00 para el turno noche con 01:45 de descanso para ambos turnos, siendo de 12:30 a 13:45 el descanso para el turno día y de 00:30 a 01:45 para el turno noche, como se presenta en la Tabla 12.

Tabla 12

Horario de trabajo del área de operaciones

Área de operaciones	Horario de trabajo		Descanso	
	Inicio	Final	Inicio	Final
Turno día	07:00	19:00	12:30	13:45
Turno noche	19:00	07:00	00:30	01:45

Fuente: Elaboración propia. (2022)

3.3.2 Horario de trabajo área de mantenimiento

El horario de trabajo del área de operaciones es de 07:00 a 19:00 para el turno día y de 19:00 a 07:00 para el turno noche con 01:45 de descanso para ambos turnos, siendo de 12:30 a 13:45 el descanso para el turno día y de 00:30 a 01:45 para el turno noche, como se señala en la Tabla 13.

Tabla 13

Horario de trabajo del área de mantenimiento

Área de mantenimiento	Horario de trabajo		Descanso	
	Inicio	Final	Inicio	Final
Turno día	07:00	19:00	12:30	13:45
Turno noche	19:00	07:00	00:30	01:45

Fuente: Elaboración propia. (2022)

3.3.3 Reporte de operatividad de equipos

El área de mantenimiento realiza un cuadro de la operatividad de los equipos cada fin de guardia, el cual se recopila de la información del relevo de los operadores por cada turno, este cuadro es importante pues con este se va a realizar la programación de los volquetes, como se muestra en la Figura 14.

Figura 14

Ejemplo de reporte de operatividad de equipos

REPORTE DE ESTADO DE EQUIPOS

VOLQUETES A MINA				#VOP	IRA	ZDA	
1	CN386		TRACKLESS		X		
2	CN387		TRACKLESS		X		
3	CN388		TRACKLESS		X		
4	CN389		TRACKLESS		X		
5	CN390	ENGRASE DE TOLVA	TRACKLESS			X	
6	CN391		TRACKLESS		X		
7	CN393	EVALUACION DE AMORTIGUADOR DELANTERO DE CABINA LADO IZQUIERDO + SONIDO DE RUEDA POSTERIOR	TRACKLESS			X	
8	CN395	CAMBIO DE MANGUETA P.#3	TRACKLESS	X			
9	CN397		TRACKLESS		X		
10	CN398		TRACKLESS		X		
11	CN401		TRACKLESS		X		
12	CN402		TRACKLESS		X		
13	CN403		TRACKLESS		X		
14	CN404		TRACKLESS		X		
15	CN405		TRACKLESS		X		
16	CN406	EVALUACION DEL SENSOR DE NIVEL DE REFRIGERANTE	TRACKLESS	X			
17	CN407		TRACKLESS		X		
18	CN408	ENGRASE DE TOLVA	TRACKLESS			X	
19	CN409		TRACKLESS		X		
20	CN437		TRACKLESS		X		
21	CN439		TRACKLESS		X		
22	CN447	AGREGAR HIDROUNA	TRACKLESS			X	
23	CN454		TRACKLESS		X		
24	CN455		TRACKLESS		X		
25	CN456	RD. MUELLE POS #3 STA HOJA ROTA + CAMBIO DE ESPARRAGOS P.#12	TRACKLESS			X	
26	CN457		TRACKLESS		X		
27	CN459		TRACKLESS		X		
28	CN460	ANOMALIAS EN LA CAJA DE CAMBIO	TRACKLESS	X			
				#TOT	#VOP	IRA	X
				28	1	20	5

VOLQUETES MINA CON REMOLQUE				UBICAC	#VOP	IRA	ZDA
1	CN440	RD. AJUSTE DE RUEDAS Y DE CARDAN, DESPUES DE UN VIAJE	TRACKLESS		X		
2	CN462	RD. ESPEJO P2 + REPARACION DE PINES Y BOBINAS DEL TIRO DE LA CARRETA (PUNTA DE LANZA)	CHILCA	X			
3	CN463	CARRETA			X		
				#TOT	#VOP	IRA	X
				2	1	1	0

VOLQUETES REPARACION EN LIMA				UBICAC	#VOP	IRA	ZDA
1	CN441	MANTENIMIENTO DE INYECTORES	LIMA	X			
2	CN458	PROCESO DE REPAR. DE TOLVA	LIMA	X			
3	CN400	PROCESO DE REPARACION DE TOLVA	LIMA	X			
				#TOT	#VOP	IRA	ZDA
				3	3	0	0

Fuente: Área de mantenimiento contrata Cnsac Minería y Construcción. (2022)

3.3.4 Salida de volquetes

Diariamente se controla la salida de volquetes del parqueo hacia interior mina; a inicio de cada turno, como se muestra en la Figura15 y Figura 16 , un colaborador realiza

este control, está información va a una data, de la cual se puede inferir la hora promedio de partida de los volquetes.

Figura 15

CN461 Scania P450 XT 8x4 salida a las 07:50



Fuente: Área de operaciones contrata Cnsac Minería y Construcción. (2022)

Figura 16

CN405 Volvo FMX R 8x4 partida a las 07:45



Fuente: Área de operaciones contrata Cnsac Minería y Construcción. (2022)

Además, se realiza un cuadro donde se resume la partida de todos los volquetes al inicio de cada guardia, como se presenta en la Tabla 14.

Tabla 14

Ejemplo de cuadro de salida de volquetes

ÍTEM	EQUIPO	FECHA 29/08/2020			TURNO NOCHE	GUARDIA C
		NIVEL	LABOR	HORA DE LLEGADA	OBSERVACIÓN	HORA DE SALIDA
1	CN456	-255	TJ_610 4	07:00:00	OPERATIVO	19:38:00
2	CN455	-670	TJ_582 4	07:00:00	OPERATIVO	19:39:00
3	CN457	-255	TJ_610 4	07:00:00	OPERATIVO	19:44:00
4	CN437	20	TJ_595 6	07:00:00	OPERATIVO	19:46:00
5	CN405	-300	RP_613 9	07:00:00	OPERATIVO	19:46:20
6	CN459	-255	TJ_610 4	07:00:00	OPERATIVO	19:46:50
7	CN460	-255	TJ_610 4	07:00:00	OPERATIVO	19:47:10
8	CN439	20	TJ_595 6	07:00:00	OPERATIVO	19:47:25
9	CN409	-300	RP_613 9	07:00:00	OPERATIVO	19:48:00
10	CN441	-730	RP_78	07:00:00	OPERATIVO	19:48:29
11	CN447	-670	RP_78	07:00:00	OPERATIVO	19:49:00
12	CN408	-300	RP_613 9	07:00:00	OPERATIVO	19:54:00
13	CN407	20	TJ_595 6	07:00:00	OPERATIVO	19:54:25
14	CN386	20	TJ_595 6	07:00:00	OPERATIVO	19:58:00
15	CN440	-550	XC_571 4	07:00:00	OPERATIVO	19:59:00
16	CN406	-300	RP_613 9	07:00:00	OPERATIVO	20:01:00
17	CN390	-300	RP_613 9	07:00:00	OPERATIVO	20:01:35
18	CN387	20	TJ_595 6	07:00:00	OPERATIVO	20:02:00
19	CN397	-550	XC_571 4	07:00:00	OPERATIVO	20:05:00
20	CN454	-670	TJ_582 4	07:00:00	INSTALACION DE TAPABARRO PROGRAMADO S: 20	20:14:00 OPERATIVOS 20

Fuente: Elaboración propia. (2022)

3.3.5 Numero de paladas por volquete

Se cuenta con equipos “scooptram” de 6yd3 modelo CAT R1600G para realizar el carguío de las labores de explotación y avances. Se cuenta con cámaras de acumulación y de carguío en los diferentes niveles de la mina.

El número de paladas para llenar la tolva del volquete, están determinadas para cada volquete por modelo, como indica la Tabla 15.

Tabla 15

Numero de paladas por volquete

Volquete	N°de paladas
Scania P450 XT 8x4	5 CUCHARADAS
Volvo FMX R 8x4	4 CUCHARADAS

Fuente: Elaboración propia. (2022)

3.3.6 Reporte Operacional de trabajo

La recolección de datos se ejecutó mediante la entrega diaria de reportes operacionales por parte de los operadores, el relleno de estos es realizado por los operadores de volquete durante toda su jornada laboral, empezando desde su llegada a la mina, anotando toda su rutina diaria en dicho reporte, hasta la salida de la mina. Mayores detalles se comenta en el Anexo 8.1.

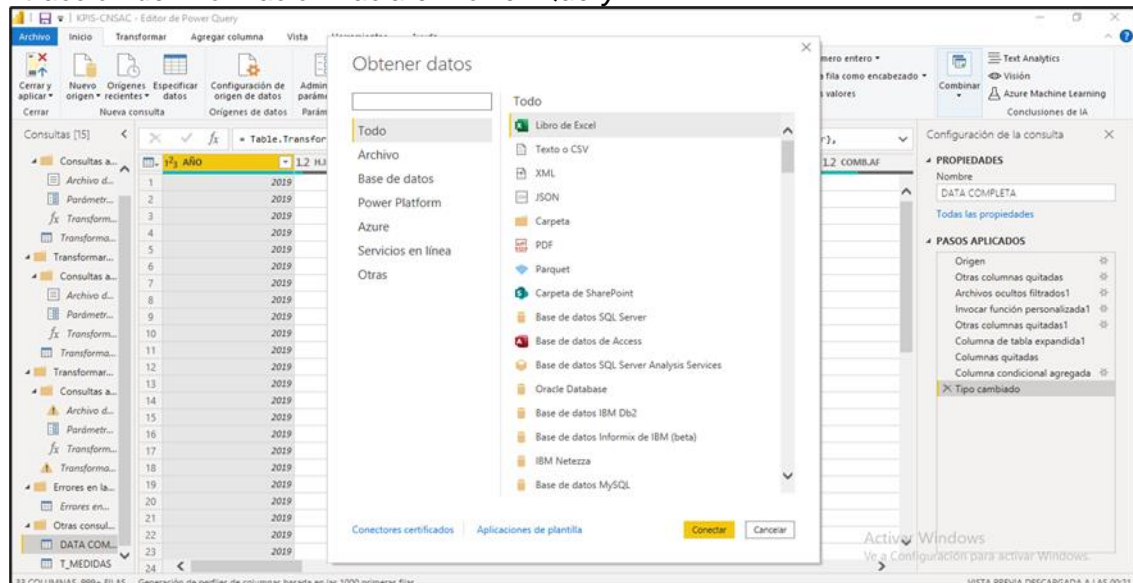
3.4 Procesamiento de la información

La información recolectada en reportes se digita sobre el software Excel 2016, llegando a un promedio de 450 filas digitadas por turno, de la recolección de toda la información de los años 2020 y 2021 se llega a un promedio de 648 000 filas; a continuación, se describe la forma en que se procesó esta información para poder obtener tablas y gráficos que nos permiten el mayor análisis.

Para procesar esta información no se pudo utilizar el Excel pues esta herramienta es limitada para la cantidad de información digital que se manejaba; se tuvo que utilizar el software Power Query para la extracción de la información de las hojas de Excel, para luego en el mismo Power Query realizar la limpieza y orden de toda la data, como se muestra en la Figura 17.

Figura 17

Extracción de información hacia el Power Query



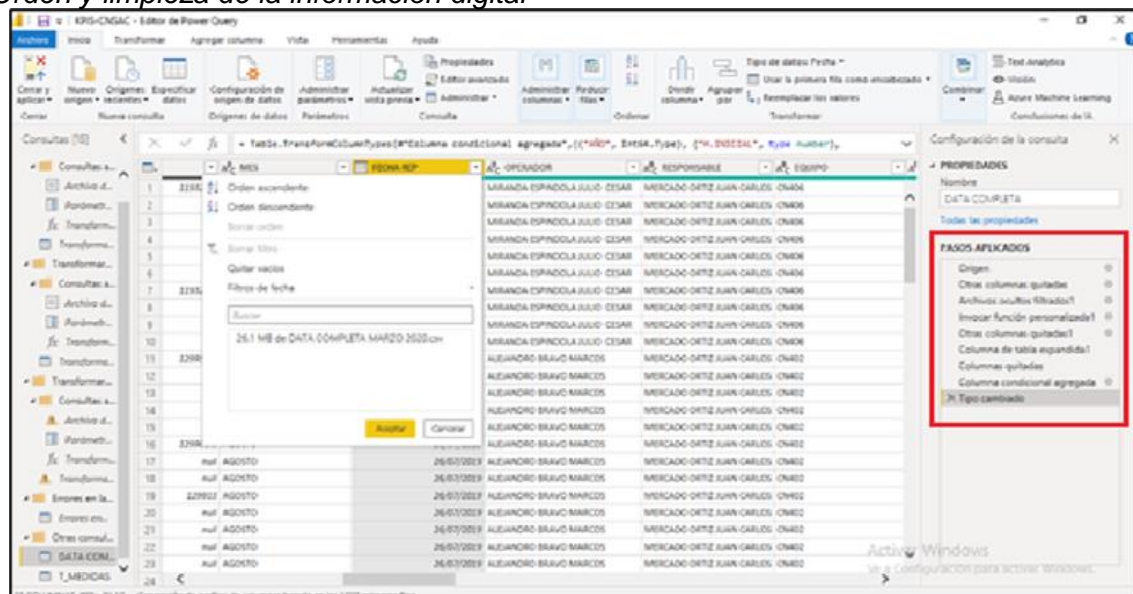
Fuente: Elaboración propia. (2022)

Nota: Se importó toda la información de 2años.

Lo primero que se realizó fue importar toda la información digital hacia el Power Query para después limpiar y ordenar esta, como se presenta en la Figura 18.

Figura 18

Orden y limpieza de la información digital



Fuente: Elaboración propia. (2022)

Nota: Lo que se resalta en rojo menciona los pasos que se realizaron para el orden y limpieza de la información

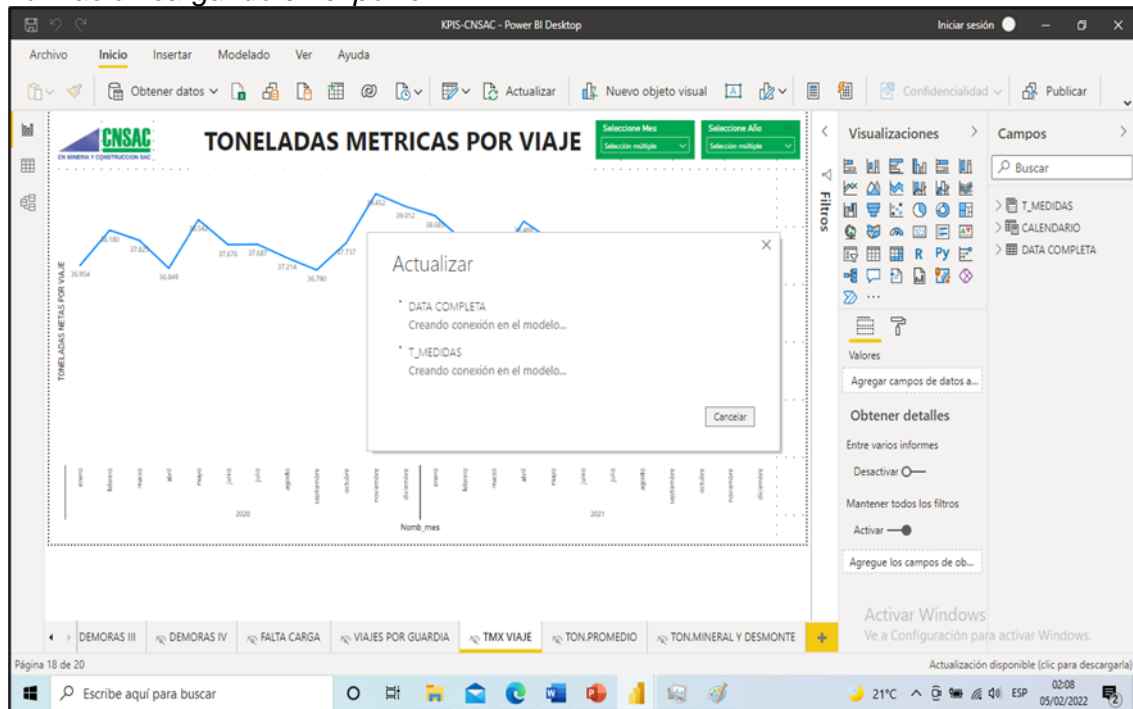
Como segundo paso, sabemos la información es digitada por tres digitadores distribuidos en las tres guardias, por lo que el error humano es latente, entonces la limpieza y el orden de la información es importante.

Para esto se utiliza las herramientas del power query que se resaltan en el cuadro rojo; que son los pasos que se realizaron dentro del software.

Como último paso se cargó toda la información ya transformada sobre el power BI para crear un modelo que nos permita crear nuestras medidas y en base a estas crear nuestras tablas y gráficos, como se señala en la Figura 19.

Figura 19

Información cargando en el power BI



Fuente: Elaboración propia. (2022)

Nota: La información se carga en el power BI para crear modelos y medidas

3.5 Análisis de la información

Después de realizar el procesamiento de la información se obtienen las tablas y gráficos que van a permitir el análisis de la información.

3.5.1 Hora promedio de la primera palada

Figura 20

Hora promedio de la primera palada por año

HORA PROMEDIO DE LA PRIMERA PALADA		
AÑO	TURNO	
	DIA	NOCHE
2020	08:40	20:35
2021	08:25	20:25
PROMEDIO	08:30	20:30

Fuente: Elaboración propia. (2022)

De este grafico podemos analizar que el promedio de la primera palada empieza a las 08:30 para el turno día y para la noche a las 20:30, para el turno noche, como se verifica en la Figura 20.

3.5.2 Tiempo máximo promedio de llegada a la labor

Figura 21

Tiempo máximo promedio de llegada a la labor

TIEMPO MAXIMO PROMEDIO DE LLEGADA A LA LABOR		
AÑO	TURNO	
	DIA	NOCHE
2020	00:50	00:55
2021	00:52	00:53
PROMEDIO	00:50	00:50

Fuente: Elaboración propia. (2022)

De la data también se puede analizar que un volquete como máximo utiliza para el tiempo de traslado vacío hacia las labores de mineral 50 minutos tanto para el turno día y noche, como se indica en la Figura 21.

3.5.3 Hora promedio de salida de volquetes

De las dos últimas figuras podemos restar la hora promedio de la primera palada menos el tiempo máximo promedio de llegada a la labor y obtenemos la hora de tiempo promedio necesario de salida de la flota de volquetes para poder tener disponibles los volquetes en sus respectivas labores.

Entonces de la resta se muestra la Figura 22.

Figura 22

Hora promedio de salida de volquetes hacia interior mina

HORA PROMEDIO DE SALIDA DE VOLQUETES HACIA INTERIOR MINA		
AÑO	TURNO	
	DIA	NOCHE
2020	07:50	19:40
2021	07:33	19:32
PROMEDIO	07:30	19:30

Fuente: Elaboración propia. (2022)

Como se observa en el grafico como máximo en promedio la flota de volquetes debe partir a las 07:30 para el turno día y a las 19:30 para el turno noche.

En retrospectiva y teniendo claro que la partida debe de ser a las 07:30 para el turno día y 19:30 para el turno noche en promedio y si consideramos menos 30 minutos de inspección de equipo, entrega de orden de trabajo, charla de seguridad; los operadores de volquetes están obligados a entrar a laborar a las 07:00 para el turno día y a las 19:00 para el turno noche.

Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados

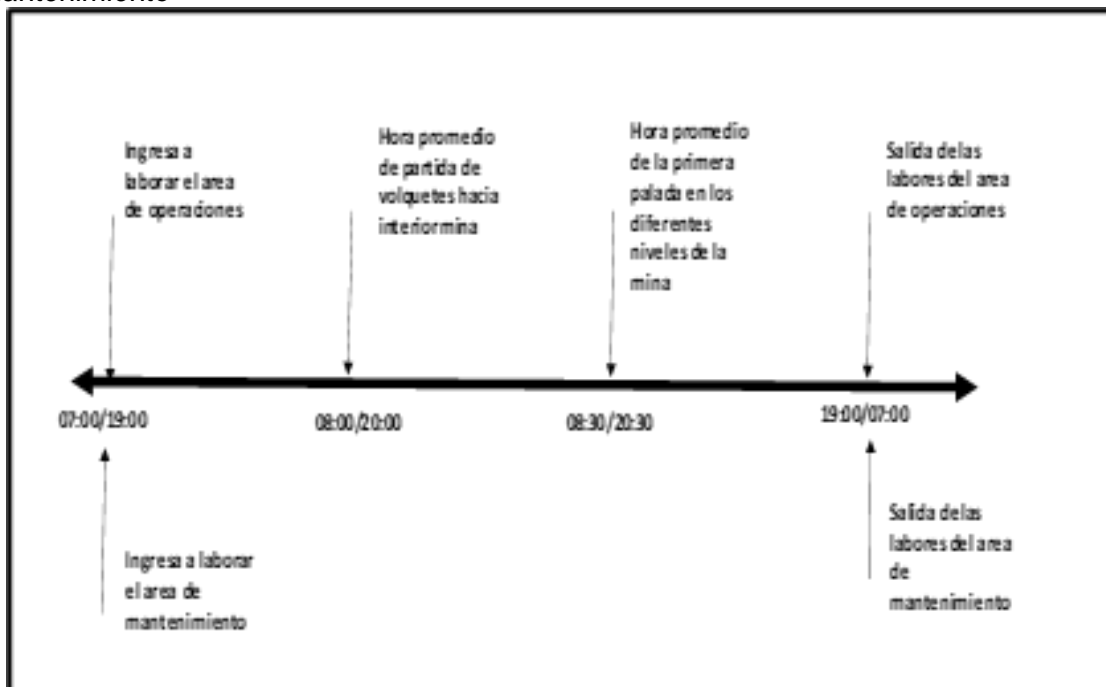
4.1 Escenario inicial

4.1.1 Simultaneidad de horarios entre el área de operaciones y el área de mantenimiento

El área de operaciones y área de mantenimiento entran a trabajar en simultaneo, al mismo tiempo, como señala la Figura 23.

Figura 23

Línea de tiempo, muestra la simultaneidad de horarios del área de operaciones y área de mantenimiento



Fuente: Elaboración propia. (2022)

La simultaneidad concluye en la disminución de la productividad, así también de la disponibilidad mecánica, como muestra la Figura 24.

Figura 24

Disponibilidad mecánica por mes



Fuente: Elaboración propia. (2022)

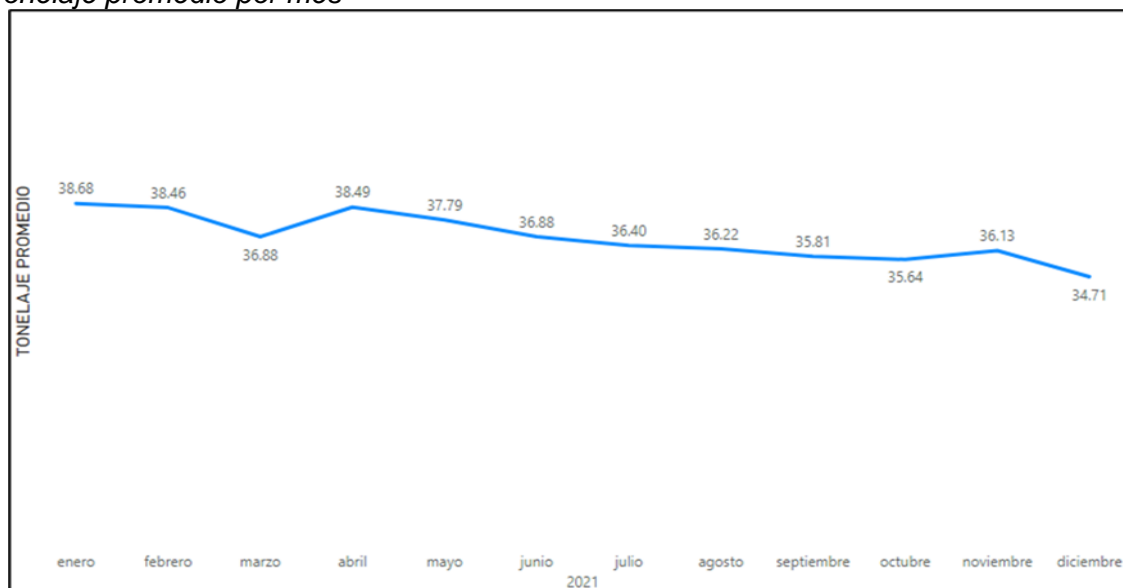
Nota: Como se observa en la figura la disponibilidad mecánica de la flota en el mes de julio del 2020 llegó a un porcentaje del 75% reduciendo en un 5% con respecto del mes anterior.

4.1.2 Sobrecarga de volquetes

Así mismo del procesamiento de la información se puede observar la sobrecarga sobre los volquetes por cada mes en el año 2021, como presenta la Figura 25.

Figura 25

Tonelaje promedio por mes



Fuente: Elaboración propia (2022)

Nota: El tonelaje promedio está por encima de las 36.65 toneladas promedio, hasta el mes de junio del 2021.

4.2 Escenario final

4.2.1 Escalonamiento de horario entre el área de operaciones y el área de mantenimiento

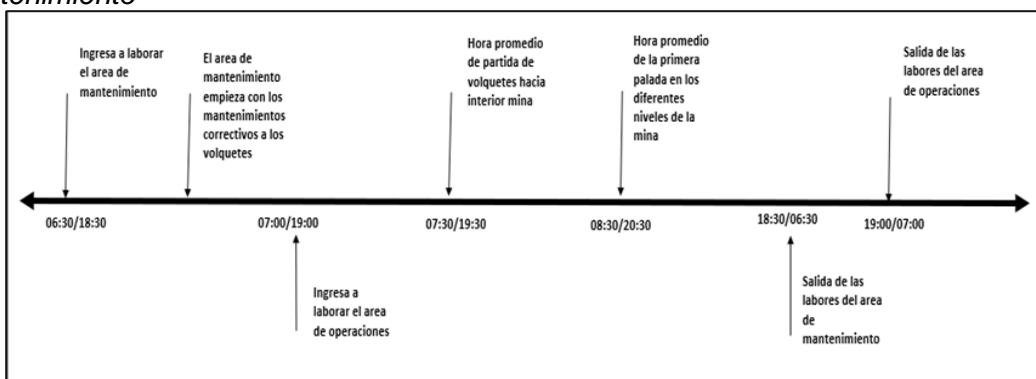
De lo observado en campo y del procesamiento de información se deduce que si queremos asegurar la partida de los volquetes se necesita la operatividad de los volquetes para 07:30 para el turno día y a las 19:30 para el turno noche., entonces el grupo del área de mantenimiento no puede entrar a laborar en simultaneidad con el área de operaciones, tiene que entrar antes.

Por lo que se dispuso en agosto del año 2020 que el área de mantenimiento entre a las 06:30 para el turno día y a las 18:30 para el turno noche, y así avanzar con los mantenimientos correctivos dejados por la guardia saliente de operadores de volquete, y tener así volquetes operativos para el momento que entra la guardia siguiente y así inmediatamente acaba su inspección, charla de seguridad, etc.; se trasladen hacia interior mina, como se presenta en la Figura 26.

La implementación del escalonamiento de horario entre el área de operaciones y el área de mantenimiento en el inicio del mes de agosto del año 2020, permitió que aumentara la disponibilidad mecánica de la flota de 75% a un 80%, como se verifica en la Figura 27.

Figura 26

Línea de tiempo desfase de horario entre el área de operaciones y el área de mantenimiento

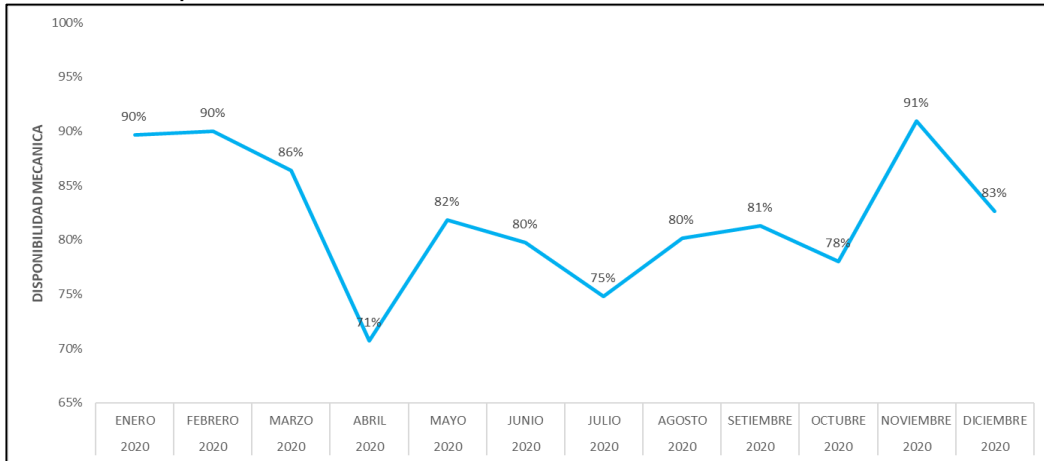


Fuente: Elaboración propia. (2022)

Nota: Se realizó el desfase treinta minutos entre el área de mantenimiento y el área de operaciones

Figura 27

Aumento de la disponibilidad Mecánica 2020



Fuente: Elaboración propia. (2022)

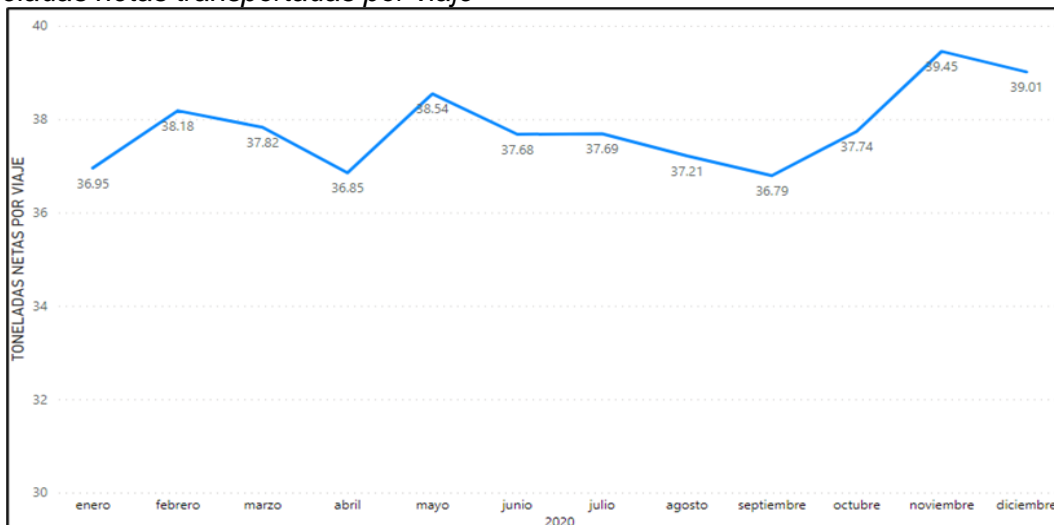
Nota: En la figura la disponibilidad mecánica de la flota en el mes de agosto del 2020 llegó a un porcentaje del 80 % aumentando en un 5% con respecto del mes anterior.

Como se observa en el gráfico este escalonamiento trajo como consecuencia la tendencia al aumento de la disponibilidad mecánica.

Así mismo el aumento de la disponibilidad mecánica nos llevó a que la tendencia de la productividad (toneladas/viaje) sea al aumento, como se indica en la Figura 28:

Figura 28

Toneladas netas transportadas por viaje



Fuente: Elaboración propia. (2022)

Nota: Después de la implementación del escalonamiento de horarios la productividad tuvo una tendencia al aumento.

Como se analiza del grafico la productividad aumento de 36.79 Tm/viaje el mes de setiembre a 37.74 Tm/viaje al mes de octubre del año 2020, y si analizamos el trasfondo, esta sutil pero productiva implementación trajo consigo que la productividad tiende al alza.

4.2.2 Disminución de paladas por volquete

La sobrecarga observada sobre los volquetes lleva a tomar la decisión de disminuir una palada por cada volquete a fines del mes de junio del año 2021, como se muestra en la Tabla16.

Tabla 16

Disminución de paladas por modelo de volquete

Volquete	N°de paladas
Scania P450 XT 8x4	4 CUCHARADAS
Volvo FMX R 8x4	3 CUCHARADAS

Fuente: Elaboración propia. (2022)

Figura 29

Sobrecarga en los volquetes Volvo FMX 8x4

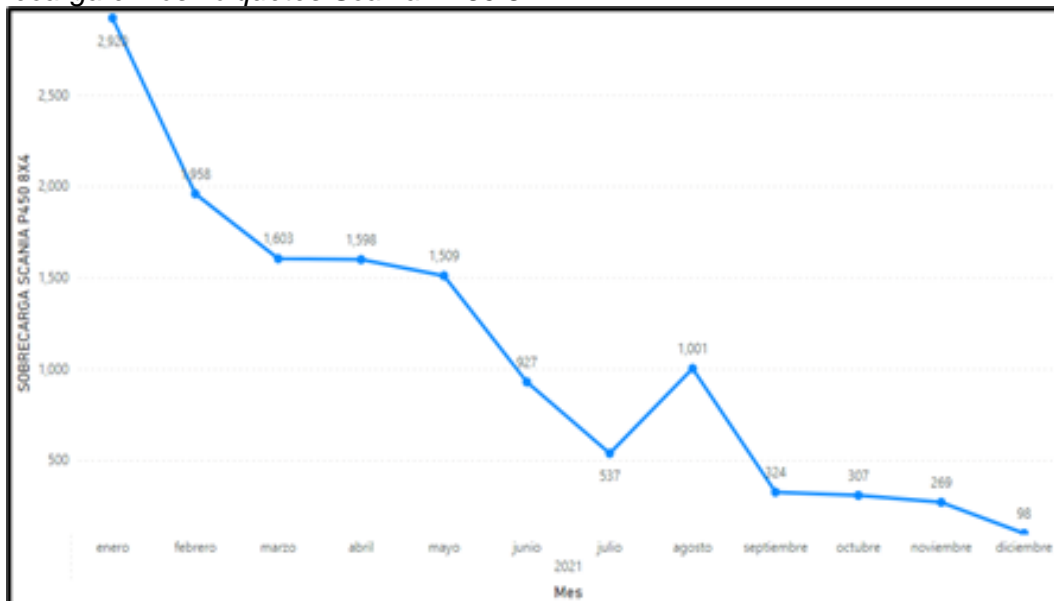


Fuente: Elaboración propia. (2022)

Nota: La sobrecarga para este modelo tuvo tendencia a disminuir a partir del mes de julio.

Figura 30

Sobrecarga en los volquetes Scania P450 8x4



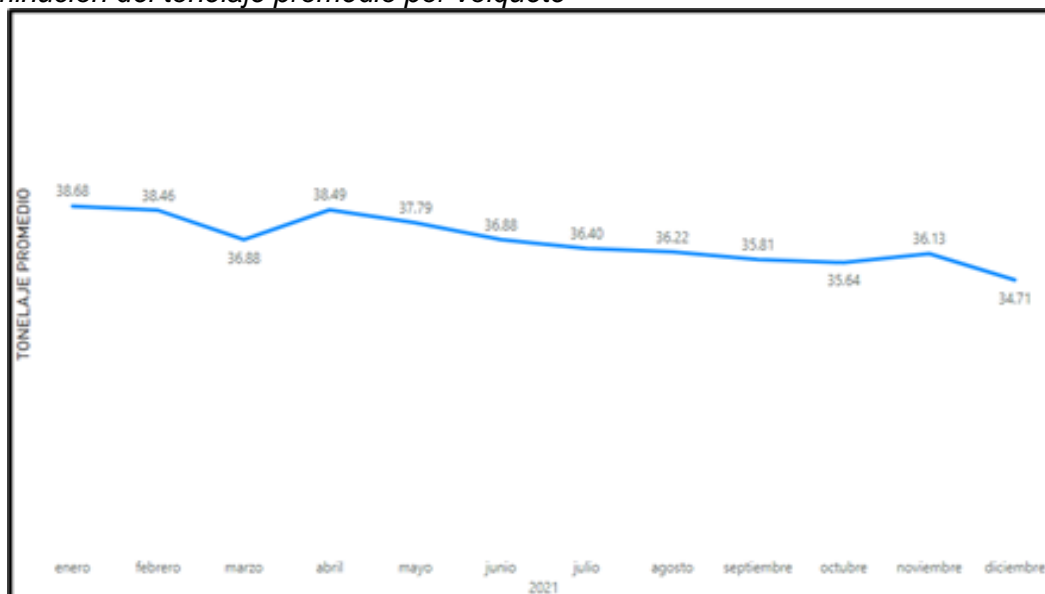
Fuente: Elaboración propia. (2022)

Nota: La sobrecarga para este modelo tuvo tendencia a disminuir a partir del mes de julio.

De esta decisión se observó que las toneladas promedio comenzaron a disminuir, esto quiere decir también la sobrecarga sobre los volquetes comenzó a disminuir, como se muestra en la Figura 29 y Figura 30.

Figura 31

Disminución del tonelaje promedio por volquete



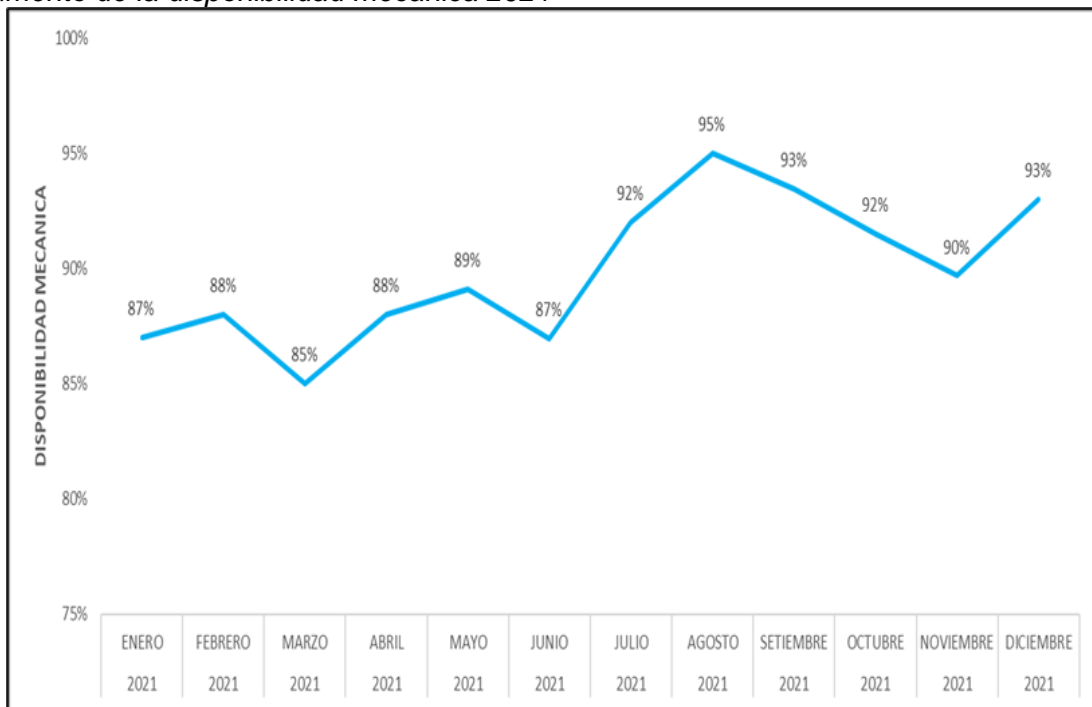
Fuente: Elaboración propia. (2022)

Nota: Se considera los dos modelos de volquetes Volvo FMX 8x4 y Scania P450 8x4

Como se observa el tonelaje promedio de los volquetes hasta junio del 2021 estuvo sobre dimensionado ocasionando paradas por fallas principalmente estas por problemas de llantas y por problemas en el sistema de suspensión de los volquetes, inmediatamente se implementó la disminución de una palada por modelo, el tonelaje promedio comenzó a disminuir como se nota en el Figura 31 del mes de junio al mes de julio , en un valor de 0.477 ton , que trajo como consecuencia el aumento de la disponibilidad mecánica de la flota, como se presenta en la Figura 32, pero la productividad por volquetes, las toneladas por viaje transportadas disminuyeron en la misma cantidad y estas tendieron disminuir.

Figura 32

Aumento de la disponibilidad mecánica 2021



Fuente: Elaboración propia. (2022)

Nota: La disponibilidad mecánica aumento en 5% en el mes de Julio con respecto al mes anterior.

4.3 Prueba hipótesis

4.3.1 *Hipótesis aumento de la productividad de la flota de volquetes*

4.3.1.1 Hipótesis nula. H_0 : El incremento de la productividad es de 0.95TM/viaje después de analizar los tiempos y movimientos e implementar el escalonamiento de horarios entre el área de mantenimiento y el área de operaciones.

$$H_0=0.95$$

4.3.1.2 Hipótesis alternativa. H_1 : El incremento de la productividad no es de 0.95TM/viaje después de analizar los tiempos y movimientos e implementar el escalonamiento de horarios entre el área de mantenimiento y el área de operaciones

$$H_1 \neq 0.95$$

4.3.1.3 Nivel de significancia. El nivel de significancia es del: $\alpha = 5\%$ entonces el nivel de confianza es del 95%

4.3.1.4 Selección del estadístico de prueba. El estadístico de prueba en este trabajo es la distribución Z, por lo que la muestra es ≥ 30 , en este caso es igual a 30 muestras, sin embargo, no se conoce el valor de la desviación estándar poblacional por lo tanto hay que sustituir la desviación estándar poblacional por la desviación estándar muestral en:

$$Z = \left| \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma / \sqrt{n}} \right|$$

Donde:

n: número de observaciones de la muestra

\bar{X} : media aritmética de la muestra

σ : desviación estándar

μ : media poblacional hipotética

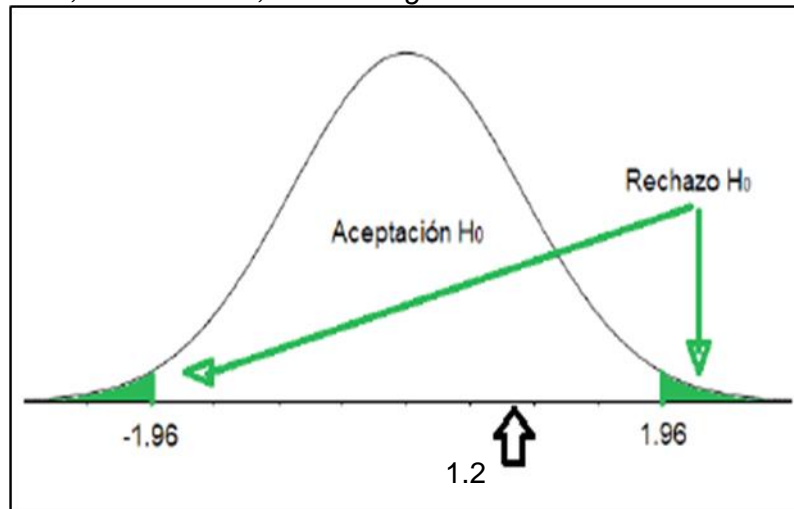
4.3.1.5 Regla de decisión. Los valores críticos de z se presentan en el anexo 8.3, la figura 39 (tabla z distribución normal estándar).

Se calculan como $(1-\alpha) / 2 = (95\%) / 2 = 0.475$, se interpola y entonces se dice que el valor crítico de 95%=1.96.

Según la campana, como se muestra en la Figura 33, la regla de decisión es aceptar la H_0 si el valor de z es menor que -1.96, o mayor que 1.96.

Figura 33

Región de rechazo, distribución z, nivel de significancia 5%



4.3.1.6 Tomar una decisión. Para determinar el valor estadístico de prueba se deben calcular los siguientes parámetros:

$$n=30$$

$$\bar{X} = 0.83$$

$$\sigma = 0.55$$

$$\mu = 0.95$$

Por lo tanto:

$$z = \frac{0.83 - 0.95}{0.55 / \sqrt{30}}$$

$$z = |-1.2| = 1.2$$

Como -1.2 se encuentra en la región de aceptación del valor crítico 1.96, con el nivel de significancia 0.05, por lo tanto, se acepta la Hipótesis nula.

4.3.2 Hipótesis aumento de la disponibilidad mecánica de la flota de volquetes

4.3.2.1 Hipótesis nula. H_0 : El incremento de la disponibilidad mecánica es de 5% después de analizar los tiempos y movimientos entonces ejecutar la disminución de paladas por volquete.

4.3.2.2 Hipótesis alternativa. H_1 : El incremento de la disponibilidad mecánica es de 5% después de analizar los tiempos y movimientos entonces ejecutar la disminución de paladas por volquete.

4.3.2.3 Nivel de significancia. El nivel de significancia es del: $\alpha = 1\%$ entonces el nivel de confianza es del 99%.

4.3.2.4 Selección del estadístico de prueba. El estadístico de prueba en este trabajo es la distribución Z, por lo que la muestra es ≥ 30 , en este caso es igual a 30 muestras, sin embargo, no se conoce el valor de la desviación estándar poblacional por lo tanto hay que sustituir la desviación estándar poblacional por la desviación estándar muestral en:

$$Z = \left| \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma / \sqrt{n}} \right|$$

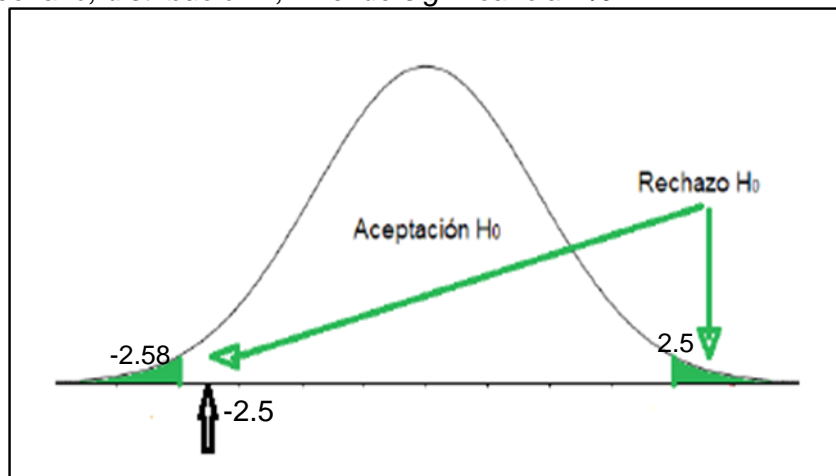
4.3.2.5 Regla de decisión. Los valores críticos de z se presentan en anexo 8.3, la figura 39 (tabla z distribución normal estándar).

Se calculan como $(1-\alpha) / 2 = (99\%) / 2 = 0.495$, se interpola y entonces se dice que el valor crítico de 99%=2.575.

Según la campana, como se muestra en la Figura 34, la regla de decisión es aceptar la H_0 si el valor de z es menor que -2.575, o mayor que 2.575.

Figura 34

Región de rechazo, distribución z, nivel de significancia 1%



4.3.2.6 Tomar una decisión. Para determinar el valor estadístico de prueba se deben calcular los siguientes parámetros:

$$n=30$$

$$\bar{X} = 0.04$$

$$\sigma = 0.02$$

$$\mu = 0.05$$

Por lo tanto:

$$z = \frac{0.04 - 0.05}{0.02 / \sqrt{30}}$$

$$z = |-2.5| = 2.5$$

Como -2.5 se encuentra en la región de aceptación del valor crítico 2.58, con el nivel de significancia 0.01, por lo tanto, se acepta la Hipótesis nula.

Conclusiones

La productividad y la disponibilidad mecánica de una flota de volquetes están relacionados e influyen claramente en el desempeño de una empresa minera.

El análisis nos permite observar que disponibilidad mecánica en junio del 2020 era de un 75% y después de implementar el escalonamiento de horarios entre el área de operaciones y el área de mantenimiento, este aumento a un 80% en el siguiente mes, por lo que su aumento fue de un 5% y su tendencia a partir de ahí fue al alza.

Así mismo de dicho aumento de la disponibilidad mecánica en consecuencia la tendencia de la productividad a elevarse se nota claramente, a partir del mes de setiembre del 2020 donde era 36.79Tm/viaje y aumento en 0.98Tm/viaje, llegando a 37.77 Tm/viaje en octubre del 2020.

Por otro lado, del análisis del estudio de tiempos y movimientos que lleva a la reducción de una palada por modelo de volquete, podemos concluir en la disminución del tonelaje promedio transportado de 36.88 Tm/vje en el mes de junio del 2021 a 36.4 Tm/vje en julio del 2021, reduciendo en 0.48Tm/vje.

En consecuencia, que la sobrecarga por volquete disminuyo en julio del 2021, la disponibilidad mecánica aumento de 87% en el mes de junio del 2021 a 92% en julio del 2021.

El control diario de las operaciones, por medio de reportes físicos, reportes digitales y análisis de estos te llevan a conclusiones importantes para la mejora continua de tus procesos.

Recomendaciones

Tener presente el estudio de tiempos y movimientos en una actividad comercial te lleva a un mayor análisis y a su vez a tomar las mejores decisiones para la mejora de los indicadores de producción de una empresa.

Modelar este estudio en una base digital es relevante pues con ayuda de las actuales herramientas, softwares de cálculos y visualizaciones, llevas un paso adelante en el análisis de los indicadores más importantes que te permitan controlar y dar seguimiento a tu operación y buscar las mejoras oportunamente.

En una operación de transporte con volquetes el área de operaciones y el área de mantenimiento deben tener un horario de trabajo escalonado, esto quiere decir no pueden entrar en simultaneo a trabajar, den estar desfasados como mínimo 30 min.

Así mismo en una operación minera de trabajo con volquetes tener definida y estandarizado el número de paladas por modelo de volquete, es importante pues evita fallas por problemas de fallas mecánicas.

Referencias bibliográficas

- Arias Donayre, P. F. (1994). Estudio de tiempos para el incremento de la productividad en Unidades de producción Cobriza
- Arriel Pereira, M., Vela Arellano, L., & Rojas Pérez, J. (2016). Identificación y análisis de los tiempos improproductivos en equipos de las principales actividades operativas del ciclo de producción de una mina subterránea Sublevel Stopping (Tajeo por Subniveles)
- Bembibre, V. (2009). Base de datos. Definición ABC. Obtenido de <https://www.definicionabc.com/tecnologia/base-de-datos>.
- Campos Godínez, I. S. (2012). Determinación de métricas de productividad en la excavación subterránea del P.H.Toro 3.
- Castro Pérez, D. J. (2018). Aplicación del método de estudio de tiempos para actualizar el tiempo estándar de perforación en la fase de extracción Minera Arcata.
- Condori Condori, R. B. (2017). Estudio del sistema de acarreo de interior mina para optimizar tiempos, disminuir costos e incrementar la producción en E.E. NCA Servicios Mina Morococha.
- Cuatrecasas Arbos, L. (2012). Mantenimiento de los equipos productivos. Díaz de Santos.
- Dhillon, B. (2008). Mining Equipment Reliability, Maintainability and Safety. Springer.
- española, R. A. (s.f.). Obtenido de <https://dle.rae.es/sobrecarga>
- Kluwer, W. (2015). Horario de trabajo. Obtenido de <https://guiasjuridicas.wolterskluwer.es/Content/Documento>.
- Llallahui Rojas, E. (2016). Mejoramiento de carguío y acarreo de mineral en la U.E.A mina Breapampa - Cia Minera Buenaventura S.A.A.
- Lopez, C. (11 de junio de 2020). El estudio de tiempos y movimientos. Qué es, origen, objetivos y características. <https://www.gestiopolis.com/el-estudio-de-tiempos-y-movimientos/>

- Microsoft. (2022). Microsoft Docs. Obtenido de <https://docs.microsoft.com/es-es/power-query/power-query-what-is-power-query>
- Morales Tello, A. (2016). Análisis de productividad laboral en obras de construcción en proyectos subterráneos de la División El Teniente.
- Muñoz, Y., & Monserrat, B. (2021). Metodología para la medición y análisis de la productividad en operaciones mineras: productividad total de factores.
- Navarro Quilodrán, M. E. (2017). Metodología para el cálculo y seguimiento de productividad en la preparación minera para minería subterránea de Block/Panel Caving en División El Teniente.
- Quispe Flores. (2018). Plan de mejora en la gestión de mantenimiento para asegurar la disponibilidad de equipos de carguío de una empresa minera Apurimac 2018.
- Society for Mining, M. a. (1992). SME Mining Engineering Handbook. Howard L.Hartman.
- Villanueva Jimenez, J. J. (2010). Incremento de la productividad y reducción de costos en la mina Arcata, por la aplicación de taladros largos en vetas angostas

Anexos

Lista de Anexos

	Pág.
Anexo 1: Formato de reporte operacional.....	5
Anexo 2: Ejemplo de relleno del reporte operacional.....	6
Anexo 3: Capacitación del llenado de reportes operacionales.....	7
Anexo 4: Archivo Excel de reportes operacionales digitados.....	8
Anexo 5: Matriz de consistencia.....	9
Anexo 6: Tabla de valores de probabilidad acumulada para la distribución normal estándar	10
Anexo 7: Resultado de la utilización de los equipos.....	11

Estructura del reporte operacional

Cada operador realiza un reporte operacional donde detallan toda su jornada laboral por turno, como se presenta en la Figura 35, en este reporte se resaltan los siguientes datos:

Fecha, el día actual de trabajo.

Apellidos y nombres, del operador de volquete.

Zona, de trabajo.

Turno, sea día o noche.

Horómetro del volquete, tanto al inicio de la jornada laboral como al final de esta.

Contometro de Combustible, tanto al inicio de la jornada laboral como al final de esta.

Kilometraje, tanto al inicio de la jornada laboral como al final de esta.

Código del volquete, asignado por la empresa

Hora de llegada, a la labor de trabajo.

Hora de inicio, de la primera palada por cada viaje.

Hora de fin, de carguío.

Hora de descarga, del material transportado.

Kilometraje, en el punto de carguío por viaje.

Kilometraje, en el punto de descarga por viaje.

Ubicación de la labor, punto inicial de carguío

Tipo, de material transportado.

Tipo, de equipo de carguío con código.

Demoras, operativas y no operativa.

Las demoras están distribuidas y tipificadas con el código siguiente:

Demoras operativas

150 transporte

151 transporte ripios, arena

- 193 demora en scoop / esperando scoop
- 194 demora de carguío / esperando turno
- 195 equipo de carguío inoperativo
- 196 cambio a otra labor
- 197 trafico en vía (mtto vías, serv.aux., etc.)
- 198 salida sin carga de la labor
- 191 quedo cargado
- 199 demora en la descarga / esperando turno
- 192 demora en descarga por condiciones de labores

Demoras no operativas

- 200 entrega de volquete al relevo
- 201 chequeo del equipo check list (volquete)
- 202 reparto de guardia
- 203 traslado a la labor
- 204 traslado a taller, grifo, comedor. etc.
- 205 lavado de equipo
- 206 stand by / cambio de volquete
- 300 abastecimiento de combustible
- 301 parado por condiciones de laborales

Demoras operativas por fallas

- 304 parados por problemas de llantas
- 306 parado por falla mecánica
- 307 parado por falla eléctrica
- 308 mantenimiento preventivo
- 309 mantenimiento programado
- 310 mantenimiento correctivo

Inactividad

- 312 daño al equipo
- 313 almuerzo / descanso

Anexo 1: Formato de reporte operacional

		FECHA		TURNO	INICIAL		FINAL		CODIGO CN				
		OPERADOR			HOROMETRO								
						COMBUSTIBLE							
						KILOMETRAJE							
Nº	HORAS				KILOMETRAJE		INFORMACION GENERAL					CODIGOS	
	HORA LLEGADA	INICIO CARGA	FINAL CARGA	DESCARGA	CARGUIO	DESCARGA	CODIGO	NIVEL	LABOR	DESTINO	MAT	EQUIP. CARGUIO / OBSERVACION	CODIGO
1												150	ACARREO
2												151	ACARREO RIPIOS, ARENA
3												193	DEMORA EN SCOOP / ESPERANDO SCOOP
4												194	DEMORA DE CARGUIO / ESPERANDO TURNO
5												195	EQUIPO DE CARGUIO INOPERATIVO
6												196	CAMBIO A OTRA LABOR
7												197	TRAFICO EN VIA (MTO, VIAL, Serv. Aux., etc)
8												198	SALIDA SIN CARGA DE LA LABOR
9												191	QUEDO CARGADO
10												199	DEMORA EN LA DESCARGA / ESPERANDO TURNO
11												192	DEMORA EN DESCARGA por condiciones de labores
12												DEMORAS OPERATIVAS POR CNSAC	
13												200	ENTREGA DE VOLQUETE AL RELEVO
14												201	CHEQUEO DEL EQUIPO CHECK LIST (VOLQUETE)
15												202	REPARTO DE GUARDIA
16												203	TRASLADO A LA LABOR
17												204	TRASLADO A Taller, Grifo, Comedor, Etc
18												205	LAVADO DE EQUIPO
19												206	STAND BY / CAMBIO DE VOLQUETE
20												300	ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE
21												301	PARADO POR CONDICIONES DE LABORALES
22												DEMORAS DE LA UNIDAD	
23												304	PARADOS POR PROBLEMAS DE LLANTAS
24												306	PARADO POR FALLA MECANICA
25												307	PARADO POR FALLA ELECTRICA
26												308	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
27												309	MANTENIMIENTO PROGRAMADO
28												310	MANTENIMIENTO CORRECTIVO
29												INACTIVIDAD	
30												312	DAÑO AL EQUIPO
31												313	ALMUERZO / DESCANSO
OBSERVACIONES GENERALES										MINERAL			
										DESMONTE			
										OTROS		FIRMA DEL OPERADOR	
												FIRMA DEL SUPERVISOR	

Fuente: Elaboración propia. (2022)

Anexo 2: Ejemplo de relleno del reporte operacional

CNSAC CN MINERIA Y CONSTRUCCION SAC												N° 012313			
FECHA 13-09-18				TURNO M-2		HOROMETRO INICIAL 627 FINAL 635		COMBUSTIBLE 0.0		KILOMETRAJE 6965		CODIGO CN			
OPERADOR Yotaco Huarcaya Lora				22312969		191.9		7064		CN-447					
EQUI. CARGUIO C-29															
HORAS			KILOMETRAJE			INFORMACION GENERAL					CODIGOS				
HORA LLEGADA	INICIO CARGA	FINAL CARGA	DESCARGA	CARGUIO	DESCARGA	CODIGO	NIVEL	LABOR	DESTINO	MAT	Observacion	CODIGO	ACTIVIDAD OPERATIVA		
1	19:00	19:05				200						150	ACARREO		
2	19:05	19:10				201						151	ACARREO RIPIOS, ARENA,		
3	19:10	19:55				202						193	DEMORA EN SCOOP / ESPERANDO SCOOP		
4	19:55	20:06				203						194	DEMORA DE CARGUIO / ESPERANDO TURNO		
5	20:28	20:49				197						195	EQUIPO DE CARGUIO INOPERATIVO		
6	21:06	21:34				194						196	CAMBIO A OTRA LABOR		
7	21:06	21:35	21:52	22:44	6974	6785	150	-580	fj 5021	CH	M C-29 61350	197	TRAFICO EN VIA (Mitto Vias, Serv.Aux., etc)		
8	22:44	23:16				203						198	SALIDA SIN CARGA DE LA LABOR		
9	23:16	23:45				194						199	DEMORA EN LA DESCARGA / ESPERANDO TURNO		
10	23:16	23:46	23:56	00:51	6995	7006	150	-580	fj 5021	CH	M C-29 8028	192	DEMORA EN DESCARGA por condiciones de labores		
11	00:51	01:31	← 50	50	6995	7006	203						DEMORAS OPERATIVAS POR CNSAC		
12	01:31	01:42				196						200	ENTREGA DE VOLQUETE AL RELEVO		
13	01:31	01:43	01:57	02:59	7016	7028	150	-580	fj 5021	CH	M C-29	201	CHEQUEO DEL EQUIPO CHECK LIST (VOLQUETE)		
14	02:59	03:34				203						202	REPARTO DE GUARDIA		
15	03:34	03:35	03:44	4:33	7037	7049	150	-580	fj 5021	CH	M C-29	203	TRASLADO A LA LABOR		
16	04:33	04:39				204						204	TRASLADO DE LABOR A Taller, Grifo, Comedor, Etc		
17	04:39	04:51				200						205	LAVADO DE EQUIPO		
18	04:51	05:16				203						206	STAND BY / CAMBIO DE VOLQUETE		
19	05:16	05:34				194						300	ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE		
20	05:34	05:52				198						301	PARADO POR CONDICIONES DE LABORALES		
21	05:52	06:55				205							DEMORAS DE LA UNIDAD		
22	06:55	07:00				203						304	PARADOS POR PROBLEMAS DE LLANTAS		
23												306	PARADO POR FALLA MECANICA		
24												307	PARADO POR FALLA ELECTRICA		
25												308	MANTENIMIENTO PREVENTIVO		
26												309	MANTENIMIENTO PROGRAMADO		
27												310	MANTENIMIENTO CORRECTIVO		
28													INACTIVIDAD		
29												312	DAÑO AL EQUIPO		
30												313	ALMUERZO / DESCANSO		
FIRMA DEL OPERADOR										FIRMA DEL SUPERVISOR		MINERAL		OBSERVACIONES GENERALES	
												DESMONTE		de progreso a cargar al chat, para ya	
												RIPIOS		no habia carga y se salio	
												OTROS		lento.	

Fuente: Elaboración propia. (2022)

Capacitaciones de reportes de operaciones

Para que estos reportes tengan un nivel aceptable de confianza se hace seguimiento de parte de la supervisión del llenado de estos en campo.

Así mismo se capacita a los operadores en el correcto llenado de estos reportes, las capacitaciones se realizan en el periodo de inducción, asimismo esta es constante durante los repartos de guardia, como se muestra en el Anexo 3.

Anexo 3: Capacitación del llenado de reportes operacionales



Fuente: Elaboración propia. (2022)

Nota: Se capacita a cada operador del total de guardias en el correcto llenado de los reportes operacionales.

Data de operación

Se cuenta con 3 digitadores uno por turno para el almacenamiento y actualización de la información, cada uno en su turno digita cada uno de los reportes, estructurándolo en un formato Excel ya predeterminado, como se indica en el anexo 4.

Anexo 4: Archivo Excel de reportes operacionales digitados

AÑO	H INICIAL	H FINAL	SEPA	PALETA	COMBAI	COMB AF	KM INIC	KM FINAL	MES	FECHA REP	OPERADOR	RESPONSABLE	EQUIPO	TURNO	INICIO	FINAL	CODIGO	LAVADO EQUIPO	HORAS	OBSERVA	ACC	SCOOP	NIVEL	LABOR	DESTINO	DISTANCIA	Materia	PBR	TARA	PAT	Valet		
2021	2281331	22902		38452	38977	208022	208073		DIC/8/2021	26/11/2021	SANTOS ROY	PAUCAR QU	CH42	ME	7	71	200	ENTREGA DE	0.17														
2021									DIC/8/2021	26/11/2021	SANTOS ROY	PAUCAR QU	CH42	ME	7.1	72	201	CHEQUEO DE	0.17														
2021									DIC/8/2021	26/11/2021	SANTOS ROY	PAUCAR QU	CH42	ME	7.2	7.6	202	REPARO DE	0.42														
2021									DIC/8/2021	26/11/2021	SANTOS ROY	PAUCAR QU	CH42	ME	7.45	9	308	MANTENIMI	1.25														
2021									DIC/8/2021	26/11/2021	SANTOS ROY	PAUCAR QU	CH42	ME	9	9.30	203	TRASLADADA	0.69														
2021									DIC/8/2021	26/11/2021	SANTOS ROY	PAUCAR QU	CH42	ME	9.38	10	309	DEMONRA EN	0.37														
2021									DIC/8/2021	26/11/2021	SANTOS ROY	PAUCAR QU	CH42	ME	10	10.32	340	DEMONRA DE	0.53														
2021		9:38	10:36	104	111	2080718	208029		DIC/8/2021	26/11/2021	SANTOS ROY	PAUCAR QU	CH42	ME	10.32	11:09	350	CARREO	0.62	C-6B				-15 T/ 609	CHANCADO	51 Mine al	4810	0700	30.25	1			
2021									DIC/8/2021	26/11/2021	SANTOS ROY	PAUCAR QU	CH42	ME	11:09	11:39	203	TRASLADADA	0.5														
2021		11:39	11:41	114	122	2080187	208028		DIC/8/2021	26/11/2021	SANTOS ROY	PAUCAR QU	CH42	ME	11:39	12:16	350	CARREO	0.62	C-6B				-15 T/ 609	CHANCADO	51 Mine al	4800	0700	30.75	1			
2021									DIC/8/2021	26/11/2021	SANTOS ROY	PAUCAR QU	CH42	ME	12:16	12.3	204	TRASLADADO	0.29														
2021									DIC/8/2021	26/11/2021	SANTOS ROY	PAUCAR QU	CH42	ME	12.3	13	353	ALUMBRADO	0.5														
2021									DIC/8/2021	26/11/2021	SANTOS ROY	PAUCAR QU	CH42	ME	13	13.25	203	TRASLADADA	0.58														
2021									DIC/8/2021	26/11/2021	SANTOS ROY	PAUCAR QU	CH42	ME	13.25	14.28	309	DEMONRA EN	0.88														
2021									DIC/8/2021	26/11/2021	SANTOS ROY	PAUCAR QU	CH42	ME	14.28	14.38	340	DEMONRA DE	0.17														
2021		13:35	14:39	144	151	2080312	208034		DIC/8/2021	26/11/2021	SANTOS ROY	PAUCAR QU	CH42	ME	14.38	15.1	350	CARREO	0.53	C-6B				-15 T/ 609	CHANCADO	52 Mine al	4800	0700	30.53	1			
2021									DIC/8/2021	26/11/2021	SANTOS ROY	PAUCAR QU	CH42	ME	15.1	15.39	203	TRASLADADA	0.48														
2021		15:39	15:4	154	161	2080441	208046		DIC/8/2021	26/11/2021	SANTOS ROY	PAUCAR QU	CH42	ME	15.39	16.34	350	CARREO	0.58	C-6B				-15 T/ 609	CHANCADO	52 Mine al	4800	0700	31.4	1			
2021									DIC/8/2021	26/11/2021	SANTOS ROY	PAUCAR QU	CH42	ME	16.14	17	203	TRASLADADA	0.77														
2021		17	17:02	171	172	2080593	208062		DIC/8/2021	26/11/2021	SANTOS ROY	PAUCAR QU	CH42	ME	17	17.24	350	CARREO	0.4	OP 10				-60 VC_608	DEMONITOR	30 Monte	4800	0700	31.5	1			
2021									DIC/8/2021	26/11/2021	SANTOS ROY	PAUCAR QU	CH42	ME	17.24	18	308	SAJADA SIN C	0.6														
2021									DIC/8/2021	26/11/2021	SANTOS ROY	PAUCAR QU	CH42	ME	18	18.1	204	TRASLADADO	0.17														
2021									DIC/8/2021	26/11/2021	SANTOS ROY	PAUCAR QU	CH42	ME	18.1	18.2	205	LAVADO EQU	0.17														
2021									DIC/8/2021	26/11/2021	SANTOS ROY	PAUCAR QU	CH42	ME	18.2	18.5	300	ABASTECIMI	0.5														
2021									DIC/8/2021	26/11/2021	SANTOS ROY	PAUCAR QU	CH42	ME	18.5	19	200	ENTREGA DE	0.17														

Fuente: Elaboración propia. (2022)

Anexo 5: Matriz de consistencia

"Análisis de tiempos y movimientos de extracción de mineral para incrementar la productividad y la disponibilidad mecánica de la flota de volquetes en minería subterránea"					
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	DISEÑO METODOLOGICO
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES INDEPENDIENTES	INDICADORES DE X	
¿En qué medida el no analizar los tiempos y movimientos de extracción de mineral permite la disminución de la productividad y la disponibilidad mecánica de la flota de volquetes en minería subterránea?	Analizar los tiempos y movimientos de extracción de mineral para definir estrategias para incrementar la productividad y la disponibilidad mecánica de la flota de volquetes en minería subterránea	Si se logra analizar los tiempos y movimientos de extracción de mineral permitirán definir estrategias para incrementar la productividad y la disponibilidad mecánica de la flota de volquetes en minería subterránea.	X1: Análisis de tiempos y movimientos de extracción de mineral.	Horas (h1) efectivas de trabajo de volquetes por mes. - Horas (h2) improductivas de volquetes por mes	Tipo: Cuantitativo descriptivo Diseño: Experimental
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICAS	VARIABLES DEPENDIENTES	INDICADORES DE Y	
¿En qué medida el no analizar los tiempos y movimientos de extracción de mineral permite la disminución de la productividad de la flota de volquetes en minería subterránea?	Analizar los tiempos y movimientos de extracción de mineral y así incrementar la productividad de la flota de volquetes en minería subterránea.	Si se logra analizar los tiempos y movimientos de extracción de mineral entonces se incrementaría la productividad de la flota de volquetes en minería subterránea	Y1: Incremento de la productividad de la flota de volquetes	-Toneladas por viaje transportadas (ton/viaje).	Muestra: -30 volquetes. Técnicas de Recolección -Procesamiento y análisis de base de datos.
¿En qué medida el no analizar los tiempos y movimientos de extracción de mineral consiente la disminución de la disponibilidad mecánica de la flota de volquetes en minería subterránea?	Analizar los tiempos y movimientos de extracción para incrementar la disponibilidad mecánica de la flota de volquetes en minería subterránea.	Si se logra analizar los tiempos y movimientos de extracción de mineral se incrementaría la disponibilidad mecánica de la flota de volquetes en minería subterránea.	Y2: Incremento de la disponibilidad mecánica de la flota de volquetes.	Porcentaje de horas que el volquete está operativo (%)	-Observación. Instrumento: -Computadora. Software: - Excel 2016 - Power BI

Fuente: Elaboración propia. (2022)

Anexo 6: Tabla de valores de probabilidad acumulada para la distribución normal estándar

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.0000	0.0040	0.0080	0.0120	0.0160	0.0199	0.0239	0.0279	0.0319	0.0359
0.1	0.0398	0.0438	0.0478	0.0517	0.0557	0.0596	0.0636	0.0675	0.0714	0.0753
0.2	0.0793	0.0832	0.0871	0.0910	0.0948	0.0987	0.1026	0.1064	0.1103	0.1141
0.3	0.1179	0.1217	0.1255	0.1293	0.1331	0.1368	0.1406	0.1443	0.1480	0.1517
0.4	0.1554	0.1591	0.1628	0.1664	0.1700	0.1736	0.1772	0.1808	0.1844	0.1879
0.5	0.1915	0.1950	0.1985	0.2019	0.2054	0.2088	0.2123	0.2157	0.2190	0.2224
0.6	0.2257	0.2291	0.2325	0.2359	0.2393	0.2427	0.2461	0.2495	0.2529	0.2563
0.7	0.2580	0.2611	0.2642	0.2673	0.2704	0.2734	0.2764	0.2794	0.2823	0.2852
0.8	0.2881	0.2910	0.2939	0.2967	0.2995	0.3023	0.3051	0.3078	0.3106	0.3133
0.9	0.3159	0.3186	0.3212	0.3238	0.3264	0.3289	0.3315	0.3340	0.3365	0.3389
1.0	0.3413	0.3438	0.3461	0.3485	0.3508	0.3531	0.3554	0.3577	0.3599	0.3621
1.1	0.3643	0.3665	0.3686	0.3708	0.3729	0.3749	0.3770	0.3790	0.3810	0.3830
1.2	0.3849	0.3869	0.3888	0.3907	0.3925	0.3944	0.3962	0.3980	0.3997	0.4015
1.3	0.4032	0.4049	0.4066	0.4082	0.4099	0.4115	0.4131	0.4147	0.4162	0.4177
1.4	0.4192	0.4207	0.4222	0.4236	0.4251	0.4265	0.4279	0.4292	0.4306	0.4319
1.5	0.4332	0.4345	0.4357	0.4370	0.4382	0.4394	0.4406	0.4418	0.4429	0.4441
1.6	0.4452	0.4463	0.4474	0.4484	0.4495	0.4505	0.4515	0.4525	0.4535	0.4545
1.7	0.4554	0.4564	0.4573	0.4582	0.4591	0.4599	0.4608	0.4616	0.4625	0.4633
1.8	0.4641	0.4649	0.4656	0.4664	0.4671	0.4678	0.4686	0.4693	0.4699	0.4706
1.9	0.4713	0.4719	0.4726	0.4732	0.4738	0.4744	0.4750	0.4756	0.4761	0.4767
2.0	0.4772	0.4778	0.4783	0.4788	0.4793	0.4798	0.4803	0.4808	0.4812	0.4817
2.1	0.4821	0.4826	0.4830	0.4834	0.4838	0.4842	0.4846	0.4850	0.4854	0.4857
2.2	0.4861	0.4864	0.4868	0.4871	0.4875	0.4878	0.4881	0.4884	0.4887	0.4890
2.3	0.4893	0.4896	0.4898	0.4901	0.4904	0.4906	0.4909	0.4911	0.4913	0.4916
2.4	0.4918	0.4920	0.4922	0.4925	0.4927	0.4929	0.4931	0.4932	0.4934	0.4936
2.5	0.4938	0.4940	0.4941	0.4943	0.4945	0.4946	0.4948	0.4949	0.4951	0.4952
2.6	0.4953	0.4955	0.4956	0.4957	0.4959	0.4960	0.4961	0.4962	0.4963	0.4964
2.7	0.4965	0.4966	0.4967	0.4968	0.4969	0.4970	0.4971	0.4972	0.4973	0.4974
2.8	0.4974	0.4975	0.4976	0.4977	0.4977	0.4978	0.4979	0.4979	0.4980	0.4981
2.9	0.4981	0.4982	0.4982	0.4983	0.4984	0.4984	0.4985	0.4985	0.4986	0.4986
3.0	0.4987	0.4987	0.4987	0.4988	0.4988	0.4989	0.4989	0.4989	0.4990	0.4990

Fuente: Moreira E. (2012) Validación Estadística de la Aplicación del Ensayo de Abrasión en la Comprobación de la Adherencia en Riegos.

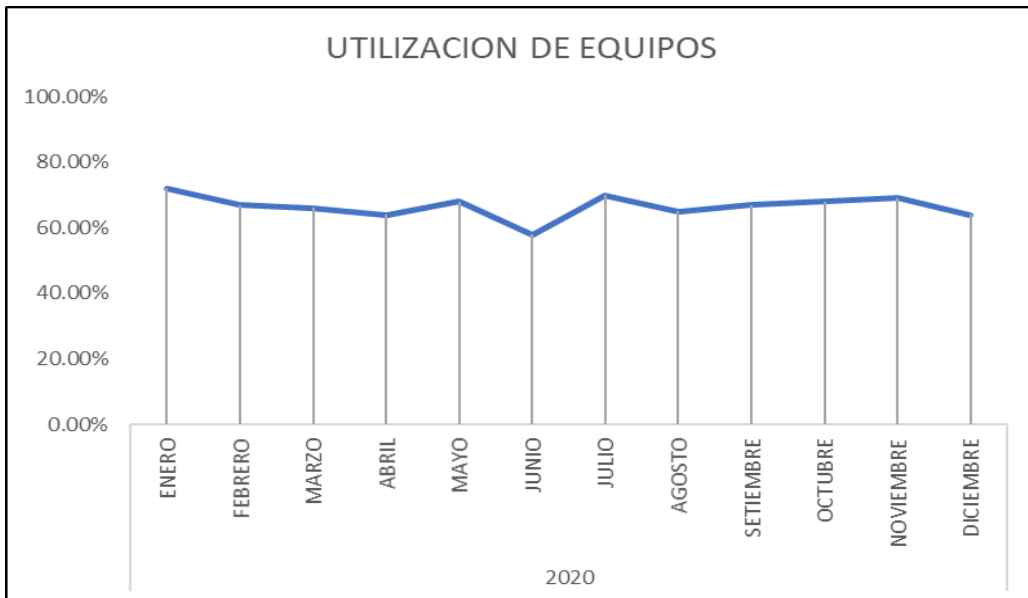
Anexo 7: Resultado de la utilización de los equipos

Así mismo después del análisis de toda la data un resultado muy importante para tener presente es la utilización de los equipos y se muestra a continuación:

Utilización de equipos en el año 2020

AÑOS	MES	UTILIZACION DE EQUIPOS
2020	ENERO	72.00%
	FEBRERO	67.00%
	MARZO	66.00%
	ABRIL	64.00%
	MAYO	68.00%
	JUNIO	58.00%
	JULIO	70.00%
	AGOSTO	65.00%
	SETIEMBRE	67.00%
	OCTUBRE	68.00%
	NOVIEMBRE	69.00%
	DICIEMBRE	64.00%

Visualización de Utilización de equipos en el año 2020



Utilización de equipos en el año 2021

AÑOS	MES	UTILIZACION DE EQUIPOS
2021	ENERO	62.00%
	FEBRERO	68.00%
	MARZO	69.00%
	ABRIL	61.00%
	MAYO	59.00%
	JUNIO	65.00%
	JULIO	67.00%
	AGOSTO	68.00%
	SETIEMBRE	61.00%
	OCTUBRE	66.00%
	NOVIEMBRE	59.00%
	DICIEMBRE	63.00%

Visualización de Utilización de equipos en el año 2021

