

**Universidad Nacional de Ingeniería**  
**Facultad de Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica**



TESIS

**Mejora de la productividad de equipos mecanizados mediante la  
implementación de un centro de control de operaciones en  
unidades mineras subterráneas**

Para obtener el título profesional de Ingeniero de Minas

Elaborado por

Kenyi Abel Ascención Huapaya Hurtado

 0009-0003-8911-8389

Asesor

M Sc José Antonio Cormanya Mauricio

 0000-0003-1070-4155

LIMA – PERÚ

2024

***Dedicatoria***

*A mi madre y hermanos por su apoyo  
incondicional en lo personal y profesional.*

## **Agradecimientos**

A la Empresa Minera Buenaventura – Unidad Tambomayo en mi formación profesional, y  
a la facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica de la UNI por el apoyo brindado

## Resumen

La Unidad Minera Tambomayo se encuentra ubicada en el distrito de Tapay, provincia de Caylloma, región Arequipa, a una altura comprendida entre los 4763 msnm (Campamento) y 5000 msnm (Mina), como parte la mejora continua en los procesos, se hace necesaria la disminución de horas inoperativas de los equipos mecanizados y por ende se espera una mayor productividad de los mismos.

La presente tesis tiene por objetivo determinar cómo la implementación de un Centro de Control de Operaciones en minería subterránea afecta positivamente a la productividad de los equipos mineros, para ello se tomó como muestra a los equipos de perforación de taladros largos y a equipos de carguío y acarreo de mineral. La metodología empleada desarrolla un enfoque cuantitativo de alcance explicativo puesto que analizaremos las variables y veremos la influencia de una sobre la otra.

Los resultados muestran que hubo un incremento en la productividad de los equipos y una disminución en los tiempos inoperativos durante un día de trabajo (20 horas), en cuanto a los equipos de perforación pasó de 21.1 m/hr a perforar 25.6 m hr lo que representa un incremento de 21.32% en m hr de perforación y las horas inoperativas pasaron de 12.69 hr a 11.98 hr representando una disminución de 5.62%, en cuanto a los equipos de carguío y acarreo de mineral pasó de 29.8 ton/hr a mover 34.02 ton/hr, lo cual representa un incremento de 14.16% en productividad y las horas inoperativas pasaron de 9.13 hr a 8.73 hr representando una disminución de 4.37%.

Palabras clave — Productividad, Horas operativas, Horas inoperativas, Reportes.

## **Abstract**

The Tambomayo Mining Unit is located in the district of Tapay, province of Caylloma, Arequipa region, at an altitude between 4763 meters above sea level (Camp) and 5000 meters above sea level (Mine), as part of the continuous improvement in processes, it is necessary the reduction of inoperative hours of mechanized equipment and therefore greater productivity is expected.

The objective of this thesis is to determine how the implementation of an Operations Control Center in underground mining positively affects the productivity of mining equipment. For this purpose, long hole drilling equipment and loading and hauling equipment were taken as a sample of minerals. The methodology used develops a quantitative approach with an explanatory scope since we will analyze the variables and see the influence of one on the other.

The results show that there was an increase in equipment productivity and a decrease in inoperative times during a work day (20 hours). Regarding the drilling equipment, they went from 21.1 m/hr to drilling 25.6 m hr, which represents an increase of 21.32% in m/hr of drilling, and the inoperative hours went from 12.69 hr to 11.98 hr, representing a decrease of 5.62%. As for the loading and hauling equipment, hours went from 29.8 ton/hr to moving 34.02 ton/hr, which represents an increase of 14.16% in productivity and inoperative time went from 9.13 hr to 8.73 hr, representing a decrease of 4.37%.

**Keywords — Productivity, Operational hours, Inoperative hours, Reports.**

## Tabla de Contenido

	Pág.
Resumen	v
Abstract	vi
Introducción	xii
Capítulo I. Parte introductoria del trabajo	1
1.1 Generalidades	1
1.1.1 Ubicación geográfica	1
1.1.2 Accesibilidad	1
1.1.3 Clima	2
1.1.4 Hidrología	2
1.1.5 Hidrogeología	3
1.1.6 Hidroquímica	4
1.2 Descripción del problema de investigación	4
1.3 Objetivos del estudio	5
1.3.1 Objetivo general	5
1.3.2 Objetivo específico	5
1.4 Antecedentes investigativos	5
Capítulo II. Marcos teórico y conceptual	9
2.1 Marco teórico	9
2.1.1 Centro de Control de Operaciones	9
2.1.2 Equipos de carga y acarreo de mineral	10
2.1.3 Equipos de perforación	14
2.1.4 Accesorios de perforación	16
2.1.5 Productividad de equipos	17
2.1.6 Actividades Operativas de los equipos	19
2.1.7 Demoras Operativas de los equipos	20
2.1.8 Demoras no Operativas de los equipos	22

2.1.9	Estudio de tiempos	23
2.2	Marco conceptual	24
<b>Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación</b>		<b>26</b>
3.1	Situación previa al Centro de Control de Operaciones	26
3.1.1	Actividades de equipos de perforacion	27
3.1.2	Actividades de equipos de carguío de mineral y desmonte	29
3.1.3	Rendimiento de Equipos mecanizados	31
3.1.4	Principales demoras en los equipos mecanizados	33
3.1.5	Generación de Reportes	34
3.2	Implementación del centro de Control de Operaciones	35
3.2.1	Etapa 1	37
3.2.2	Implementación de balanza	37
3.2.3	Etapa 2	38
3.2.4	Interface del aplicativo móvil	39
3.3	Requerimientos del proyecto	41
3.3.1	Para el proyecto piloto de maquinas perforadoras Simba	41
3.3.2	Para el proyecto Piloto de maquinas de carguío Scoops	42
3.4	Presupuesto inicial del proyecto	43
<b>Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados</b>		<b>44</b>
4.1	Análisis de los resultados de la investigación	44
4.1.1	Equipos de perforacion	44
4.1.2	Equipos de carguío y acarreo de mineral	45
4.1.3	Reducción de tiempos inoperativos	47
4.2	Discusión de resultados	48
4.2.1	Reducción de tiempos improductivos	49
4.2.2	Flujo de caja y análisis económico del proyecto	50
4.3	Contrastación de hipótesis	51
4.3.1	Contrastación de Hipótesis General	51

<b>4.3.2 Contrastación de Hipótesis específica</b>	<b>51</b>
<b>Conclusiones</b>	<b>52</b>
<b>Recomendaciones</b>	<b>53</b>
<b>Referencias bibliográficas</b>	<b>54</b>
<b>Anexos</b>	<b>1</b>

## Lista de Tablas

	Pag.
Tabla 1: Rutas de acceso a la Unidad Tambomayo	2
Tabla 2: Coordenadas geográficas de la Unidad Tambomayo	2
Tabla 3: Código de actividades-Horas de operación Jumbo electrohidráulico	28
Tabla 4: Código de actividades – Paradas planificadas Jumbo electrohidráulico	28
Tabla 5: Código de actividades – Paradas Mecánico-electrónico Jumbo electrohidráulico	29
Tabla 6: Código de actividades – Paradas Mecánico-eléctrico Jumbo electrohidráulico	29
Tabla 7: Código de actividades - Horas de operación Scoop	30
Tabla 8: Código de actividades – Paradas planificadas Scoop	30
Tabla 9: Código de actividades – Paradas Mecánico-electrónico Scoop	31
Tabla 10: Código de actividades – Paradas no planificadas Scoop	31
Tabla 11: Reporte generado por la Balanza Electrónica	38
Tabla 12: Presupuesto para la implementación del Centro de Control de Operaciones	43
Tabla 13: Promedio de metros perforado por el jumbo electrohidráulico	44
Tabla 14: Toneladas por hora movidas por el equipo Scoop	46
Tabla 15: Horas operativas e inoperativas de los equipos mecanizados	47
Tabla 16: Flujo de caja del proyecto	50

## Lista de Figuras

	Pag
Figura 1: Ubicación de la UEA Tambomayo	1
Figura 2: Equipo LHD (Scoop)	11
Figura 3: Rendimiento del Scoop	13
Figura 4: Jumbo electrohidráulico	14
Figura 5: Distnbucion de tiempos e índices de operaciones	24
Figura 6: Estatus inicial de reportes y procesamiento de informacion	26
Figura 7: Diagrama de flujo del proceso de reportes de equipos mecanizados	27
Figura 8: Metros promedio perforados por la flota de equipos de perforacion	32
Figura 9: Toneladas por hora promedio movidas por la flota de Scoops	32
Figura 10: Diagrama de Pareto de horas inoperativas del jumbo electrohidráulico	33
Figura 11: Diagrama de Pareto de horas inoperativas del Scoop	33
Figura 12: Reporte de actividades de la flota de equipos de perforación	34
Figura 13: Reporte de actividades de la flota de equipos de carguio y acarreo	35
Figura 14: Reporte de actividades de la flota de volquetes	35
Figura 15: Procesamiento de información del Centro de Control de Operaciones	37
Figura 16: Reportes y procesamiento de informacion	39
Figura 17: Operador del CCO y operadores de equipos con el aplicativo móvil	39
Figura 18: Interface del aplicativo movil	40
Figura 19: Reportes Generados y Dashboard enviados por el aplicativo	41
Figura 20: Promedio metros perforados por jumbo electrohidráulico	45
Figura 21: Promedio de ton/hora de Scoops	46
Figura 22: Distnbucion de horas	48
Figura 23: KPI's de los equipos mecanizados	49
Figura 24: Reducción de horas inoperativas de los equipos mecanizados	50

## **Introducción**

La presente tesis de investigación se ha dividido en 04 capítulos, los cuales contiene:

El capítulo I, describe los antecedentes referenciales tomados como base para la investigación, asimismo, se describe la realidad problemática de la minería subterránea en el Perú, se plantea el problema general y específicos, la justificación técnica, personal, económica y social, los objetivos de la investigación, las hipótesis y finalmente las variables e indicadores.

El capítulo II, muestra el marco teórico de la investigación, donde se aprecia la información sobre Centros de Control de Operaciones, así como también información relevante sobre equipos de perforación de taladros largos y equipos de cagüio y acarreo de mineral, se menciona también el estudio de tiempos, las actividades operativas de los equipos, las paradas operativas y no operativas a las cuales están sujetos los equipos mineros dentro de la operación.

En el capítulo III, se desarrolla el trabajo de investigación, mencionando la situación previa a la implementación del Centro de Control de operaciones, se muestra los rendimientos de los equipos y cómo es que se generaban los reportes hacia los jefes de línea, se detalla la implementación del proyecto, la cual se dio en 2 etapas, se menciona también los requerimientos y el presupuesto para la implementación.

En el capítulo IV, se discuten y analizan los resultados obtenidos luego de la implementación del Centro de Control de Operaciones

Finalmente, se muestran las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos utilizados en el trabajo de investigación.

# Capítulo I. Parte introductoria del trabajo

## 1.1 Generalidades

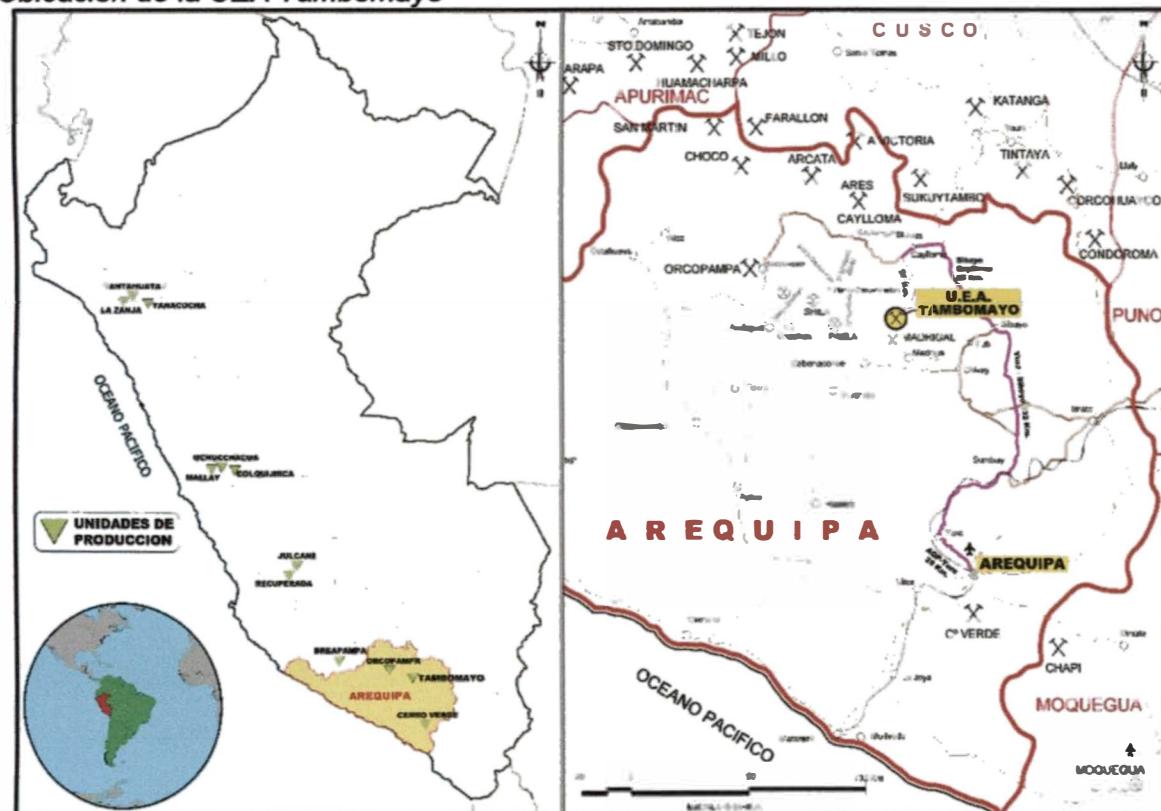
### 1.1.1 Ubicación geográfica

La Unidad Minera Tambomayo se encuentra ubicado en el distrito de Tapay, provincia de Caylloma, región Arequipa, a una altura comprendida entre los 4763 msnm (Campamento) y 5000 msnm (Mina).

El área de operaciones está localizada en la cordillera Chila, entre los nevados Sunhuire (5596 msnm) y el Sahualque (5495 msnm), emplazada en la parte sur - occidental de los Andes Peruanos.

**Figura 1**

*Ubicación de la UEA Tambomayo*



Nota fuente UEA Tambomayo

### 1.1.2 Accesibilidad

La accesibilidad a la unidad minera se realiza desde Arequipa, teniendo trayectos de pista y carretera afirmada además de trocha. El detalle del acceso se muestra a continuación:

**Tabla 1****Rutas de acceso a la Unidad Tambomayo**

Tramo	Vía	Distancia (Km)
Arequipa – Yura - Cañahuas	Pista asfaltada	79
Cañahuas- Sibayo	Carretera afirmada	54
Sibayo - Caylloma	Carretera afirmada	136
Caylloma – Talta Huarahuarco	Trocha carrozable	9
Talta Huarahuarco – Tambomayo	Trocha carrozable	23

Nota: Adaptado de Plan de minado UEA Tambomayo.

**Tabla 2****Coordenadas geográficas de la Unidad Tambomayo**

Coordenadas Geográficas
15° 28' 14" Latitud Sur
71° 54' 56" Longitud Oeste

Nota: Adaptado de Plan de minado UEA Tambomayo.

***1.1.3 Clima***

El clima es fríido con presencia de lluvia entre los meses de diciembre y abril. El periodo de estiaje se da entre los meses de mayo a noviembre. La quebrada Tambomayo es el principal colector el cual confluye en el río Moloco, que a su vez es confluyente del río Colca.

La UEA Tambomayo se encuentra ubicado en la parte alta de la cuenca del río Colca-Majes, perteneciente a la vertiente del Pacífico Sur del Perú. En esta cuenca sus regímenes de precipitaciones están gobernados principalmente por la interacción del Anticiclón del Atlántico (AA), el Anticiclón del Pacífico (AP), la Alta de Bolivia (AB), la zona de convergencia del Atlántico Sur (ZCAS) y la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) y todas con marcada influencia de la cadena de montañas de los Andes peruanos.

***1.1.4 Hidrología***

La Unidad Minera Tambomayo pertenece a la parte alta de la cuenca del río Colca-Majes y subcuenca del río Moloco, ubicándose específicamente en la quebrada Ucnamayo. Esta microcuenca se extiende desde los 4100 msnm hasta una altitud aproximada de los 5500 msnm.

El caudal maximo en la microcuenca Ucnamayo es de 44.60 m<sup>3</sup>/s, se tiene un caudal maximo de 4.81 m<sup>3</sup>/s.

### **1.1.5 Hidrogeología**

La quebrada Tambomayo, superficialmente presenta suelos saturados, con una potencia promedio hasta los 10.00 metros, el cual corresponde al eje de la quebrada y zona de bofedales y depositos fluvio glaciares. Subyaciendo se presenta el basamento rocoso con valores de resistividad mayores.

Superficialmente existe un material cuaternario con presencia de limos y arcillas de un espesor promedio de hasta 8.00 metros aproximadamente, correspondiente a los depositos fluvioglaciares que han tapizado la quebrada Tambomayo, subyaciendo se encuentran depositos gravosos y arenosos con un espesor promedio de 10.00 metros.

Los estratos superiores tienen rangos de permeabilidad moderados a bajos ( $k=10-5$  a  $10-8$  cm/seg), seguidamente los estratos arenosos y gravosos poseen permeabilidades moderadas a bajas ( $k=10-2$  a  $10-4$  cm/seg), y finalmente el basamento rocoso con rangos de permeabilidad moderado ( $k=10-3$  cm/seg).

Los flancos rocosos de la quebrada Tambomayo, se profundizan en forma de "V" o triángulo invertido, el cual se comporta como una barrera encajonante donde se han acumulado los depositos cuaternarios.

Debido a la deposicion de material en la parte alta de la quebrada Tambomayo, se presenta un acuífero confinado, el cual se encuentra por debajo de una capa de arcilla. El acuífero confinado se desarrolla en suelos granulares y arenosos.

En la parte baja de la quebrada, se presenta un acuífero, que es la formacion geologica capaz de retener agua, pero la transmite con dificultad. La quebrada Tambomayo está tapizada por suelos gravosos arenosos con presencia de finos limosos arcillosos, generando un medio semi-impermeable, capaz de retener agua, pero no de transmitirla.

### **1.1.6 Hidroquímica**

Mediante este estudio se evalua la calidad fisicoquímica de las aguas subterráneas (piezómetros) en el área de influencia del proyecto, para lo cual se realizaron monitoreos en los meses de febrero y marzo del 2013.

Los resultados de los análisis de calidad de aguas subterráneas han sido comparados, en forma referencial, con los Estandares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua D.S. N°002-2008-MINAM (categoría 3 - Aguas para riego de vegetales y bebida de animales).

Entre los principales resultados, se observa el predominio de aguas bicarbonatadas calcicas en la parte alta de la quebrada Sahualque, parte alta de la quebrada Tambomayo, así como también en la parte media de la microcuenca Ucnamayo.

Además, el agua subterránea correspondiente a la parte alta de la quebrada Tambomayo, aguas arriba de las operaciones mineras proyectadas, y el agua subterránea correspondiente al área donde se ubicaran las instalaciones del proyecto (planta), presenta una concentración de hierro y manganeso que superan los ECA correspondientes a la categoría 3.

### **1.2 Descripción del problema de investigación**

El planeamiento y control de la operación minera subterránea se aplica para lograr las metas que se trazan en una unidad de producción, los jefes de línea planean la producción anual, semestral y trimestral, el jefe de mina en conjunto con los jefes de turno planean la producción diaria y mensual en función de la capacidad de la planta de tratamiento y en coordinación con todos los departamentos (geología, planeamiento, planta, geomecánica, entre otras), para lograr los objetivos de producción es vital contar con equipos adecuados y operativos que garanticen la continuidad de la operación y el ciclo de minado.

En ese sentido, las actividades unitarias en minera subterránea como la perforación, voladura, carguío y acarreo de mineral entre otras, son vitales para garantizar el logro de objetivos, tomando en cuenta ello, un aspecto importante a tener en cuenta es

el tiempo de operación de los equipos, por ejemplo, en el carguío y acarreo de mineral existen muchos tiempos improductivos ya sea por fallas mecánicas, tiempos de espera, paradas no programadas o falta de coordinación entre operadores, y otras más que pasan desapercibidas o no son tomadas en cuenta por los encargados de producción. Al respecto, Lopez (2018), menciona en su investigación que el carguío de mineral representa el 20% del costo de producción, de esta manera podemos concluir que las actividades unitarias impactan de manera directa en la producción de mineral y en los costos relacionados a ello.

Siguiendo con la idea anterior, es importante la implementación de un Centro de control de operaciones en minera subterránea para velar por la continuidad de la operación. Si bien dicha implementación aun es escasa en el país, se han observado beneficios de su instalación y desarrollo a nivel internacional. Dentro de esos beneficios podemos mencionar el manejo de información e indicadores claves de desempeño (KPI's) de equipos mecanizados, soporte para el desarrollo y ejecución del ciclo de minado, además del ciclo y mantenimiento de equipos que favorecen la disminución de horas inoperativas (durante un día de trabajo) dando un impacto positivo en la productividad.

### **1.3 Objetivos del estudio**

#### ***1.3.1 Objetivo general***

Mejorar la productividad de los equipos mineros subterráneos mediante la implementación de un Centro de Control de Operaciones.

#### ***1.3.2 Objetivo específico***

Incrementar las horas operativas de los equipos mineros subterráneos a través de los reportes del Centro de Control de Operaciones.

### **1.4 Antecedentes investigativos**

Clint, C, Jose, H, (2018), en su tesis titulada “Optimización de los tiempos operativos de los equipos trackless para el logro de la productividad en la compañía minera Volcan, Unidad Chungar”, tuvo como objetivo determinar la influencia de la optimización de los tiempos operativos en los equipos trackless sobre la productividad de la operación

minera, los equipos analizados fueron el scooptram, el jumbo empernador y un jumbo frontonero.

Los resultados obtenidos muestran un incremento de 3.44 hr/guardia a 6.2 hr/guardia para el scooptram, un incremento de 2.64 hr/guardia a 5.85 hr/guardia para el Jumbo empernador y un incremento de 3.32 hr/guardia a 5.58 hr/guardia para el Jumbo Frontonero. Finalmente se mejora el cumplimiento del programa operativo de la empresa en cuanto al avance de 446.4 m a 697.2 m, en cuanto a la produccion de 17 247.4 ton a 27 862.26 ton, en cuanto al sostenimiento de 4005 pza a 8557 pza y en cuanto al desquinche de 300 m<sup>3</sup> a 1202 m<sup>3</sup>.

Arnel, M., Vela, L., Rojas, J. (2016), en su tesis de maestría titulada “Identificación y análisis de los tiempos improductivos en equipos de las principales actividades operativas del ciclo de producción de una mina subterránea Sublevel Stoping (Tajeo por subniveles)”, en la mina Cerro Lindo, tuvo como objetivo identificar, clasificar, cuantificar y analizar los tiempos improductivos durante el ciclo de minado en dicha mina subterránea, se analizó equipos de perforación de taladros largos, equipos de carguío, acarreo y descarga, además de equipos de perforación horizontal.

Los resultados obtenidos del análisis en la investigación muestran que luego de realizar las acciones de mejora se obtendrá un incremento de 19.1% en horas operativas de los equipos de perforación de taladros largos, un incremento de 18.1% en horas operativas para los equipos de carguío, acarreo y descarga, y un incremento de 22.1% en horas operativas para los equipos de perforación horizontal. Finalmente, como producto del incremento de las horas operativas de los equipos, se puede llegar a incrementar la capacidad de producción hasta en 24 000 tpd para los equipos de taladros largos y hasta en 27 000 tpd para los equipos de carguío, acarreo y descarga.

Guevara, J., (2012), en su tesis titulada “Administración de maquinarias pesadas en minería subterránea para una óptima producción en la U.P. Uchucchacua”, tuvo como objetivo optimizar la mecanización y la capacidad de producción de equipos LHD, Dumper y Jumbo, además de reducir costos operativos en la mina subterránea.

Los resultados obtenidos del desarrollo de la investigación muestran que la disponibilidad mecánica de los equipos se elevó a más de 91% y la eficiencia o porcentaje de utilización de los mismos equipos se elevó a más de 90%. En cuanto a los costos de operación, este se redujo en 22.09\$/hr para el Jumbo, en 28.10 \$/hr para el Dumper y en 23.33 \$/hr para el scoop.

Suarez, S, Muñante, C, (2022), En su tesis titulada "Implementación de la gestión de los equipos mineros en pequeña y mediana minería para la mejora de su productividad"; tuvo como objetivo registrar y gestionar la información operativa de los equipos de manera tal que, permita reducir las demoras operativas de los mismos para así mejorar la ejecución mensual de preparación, desarrollo y rotura de mineral. La metodología es de carácter explicativo basado en el análisis e inducción de datos, desarrolla el modelo cuantitativo y diacrónica, cabe mencionar que se inicia de manera descriptiva, luego correlacional y finalmente explicativa. Tuvo como muestra a todos los equipos de la unidad minera y la principal técnica de recolección de datos es el registro diario.

Los resultados muestran un incremento en las horas operativas de los equipos de 564.1 horas mensuales a 935.7 horas mensuales y esto incide en la rotura de mineral que pasó de 5379 TMH a 14 698 THM mensuales, además el avance lineal también se incrementó, al pasar de 200 m en agosto a 408 m en enero.

Salgado, C, (2020), en su tesis titulada "Mejora de la productividad en equipos de acarreo y transporte de mineral y desmonte en la veta Gavia-Nivel 100, Unidad Minera Huarón"; tuvo como objetivo analizar los indicadores operacionales de utilización y disponibilidad para optimizar los costos de transporte de mineral y desmonte en la Gavia de la unidad Huarón perteneciente a Pan American Silver Peru SAC. El estudio fue de carácter descriptivo-explicativo y preexperimental, es así que, se observaron los resultados del análisis de los indicadores operacionales como la utilización y la disponibilidad de los equipos de transporte de mineral y desmonte.

Los resultados muestran que el análisis de los indicadores operacionales como utilización y disponibilidad influyeron positivamente en la optimización de costos en el

transporte de mineral y desmonte en 94% y 77% respectivamente. Finalmente, el autor concluye que el análisis técnico y económico del sistema de transporte de mineral y desmonte mejora la productividad de los equipos mecanizados ya que se identificó que las afectan.

## **Capítulo II. Marcos teórico y conceptual**

La estructura de los capítulos de tesis está establecida mediante la Resolución Rectoral No 1794, donde se establece que el capítulo II debe integrar los siguientes subcapítulos:

### **2.1 Marco teórico**

#### ***2.1.1 Centro de Control de Operaciones***

Un Centro de Control de Operaciones o una Sala de Control de Operaciones es más que tener diversos softwares instalados en interior mina siendo monitoreadas a distancia a tiempo real desde la oficina, implica la recepción de información para su análisis, medición, evaluación y posterior entrega como información relevante a personas indicadas, se puede controlar el rendimiento de equipos, maquinaria o procesos y así garantizar la continuidad de la actividad al tiempo que se hace seguimiento a la producción y el consumo de energía asociado a ello. Es así que un Centro de Control de Operaciones entrega un escenario actual y real de la actividad mediante el monitoreo, comunicación y seguimiento de los indicadores de desempeño.

En ese sentido, Giacomo, E; Sanchez, G. (2019), mencionan que las empresas mineras implementan un Centro de Control de Operaciones con la finalidad de disminuir tiempos en cuanto a la toma de decisiones, mayor colaboración entre áreas y mayor coordinación en toda la cadena de valor. Podemos concluir entonces, que un Centro de Control de Operaciones interactúa con todas las áreas involucradas en el ciclo productivo en la unidad minera.

Así mismo, Chapple, P. (2016), menciona que un Centro de Control debe tener una visión de operación autónoma del proceso y que permita tener información a tiempo real para garantizar la continuidad operacional, mejorando así la producción y seguridad de los procesos siguiendo tres etapas: 1) Operación remota de procesos productivos, 2) Confidencialidad respecto a mejoras de redes de comunicación y 3) Gestión de KPI's

operacionales. En consecuencia, tener información relevante en tiempo real optimiza la producción además de brindar seguridad en los procesos.

Del mismo modo, Gutierrez, L. (2016) menciona que un Centro de Control de Operaciones es un espacio integrado que cumple la función de supervisar y controlar las operaciones, también integra las tareas de gestión y control administrativo para apoyar la operación. En conclusión, podemos mencionar que un Centro de Control de Operaciones es esencial para la planificación, administración y soporte operacional ya que fortalece la sinergia entre diferentes áreas involucradas con el proceso productivo y eso hace que se maximice la eficiencia operacional.

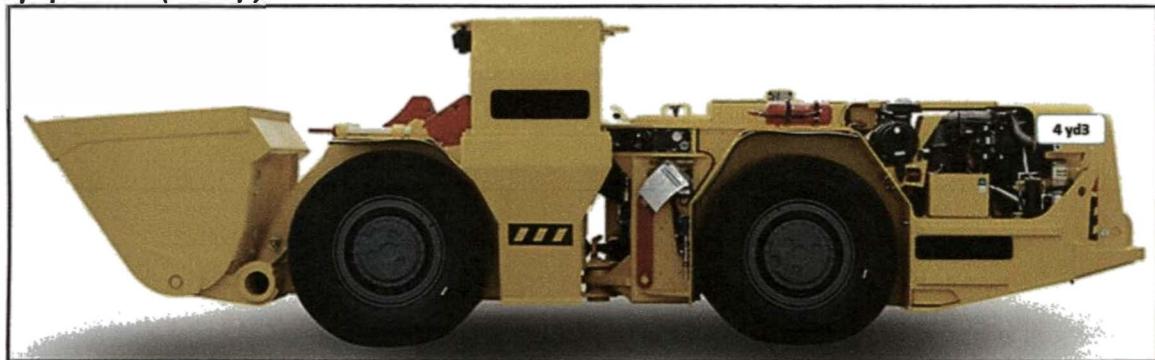
También es válido mencionar que un Centro de Control de Operaciones tenga una visión operacional autónoma del proceso productivo que permita mantener la información en línea, garantizando la continuidad operacional. Se puede dividir la implementación del Centro de Operaciones en 3 etapas: 1) Operación Remota de los procesos productivos (comunicación, radio, videos habilitados, entre otras). 2) Confidabilidad respecto a las mejoras de redes de comunicación, mejoras en seguridad de acceso. 3) Gestión, Diseño de dashboard, el cual abarca la definición de KPI's integrados y los ajustes organizacionales.

### ***2.1.2 Equipos de carga y acarreo de mineral***

La pala cargadora de minería subterránea (Scoop R-1300) se ha diseñado para la carga y el transporte de grandes cargas a un bajo costo por tonelada en trabajos mineros subterráneos. Su diseño compacto, gran rendimiento, construcción sólida y mantenimiento sencillo garantizan una productividad excelente y una larga vida útil con bajos costos de operación. Creada para el máximo rendimiento, diseñada para el confort, fabricada para durar. (Ferreyros Manual de Operación y Mantenimiento 2015).

**Figura 2**

*Equipo LHD (Scoop)*



Fuente Tomado de (Catalogo CAT, 2020)

El equipo LHD 3 2 yd<sup>3</sup> (Scoop) esta capacitado para cargar camiones de bajo perfil y camiones convencionales de altura adecuada, puede tambien descargar sobre piques de traspaso sobre suelo para que otro equipo continúe con el carguío.

Estos equipos cargan, acarrean y vacian el mineral de forma discreta, por lo que se caracteriza por tener un tiempo de ciclo asociado a cada operación.

#### **Características**

- Son equipos sobre llantas y tienen propulsión en las cuatro ruedas.
- Son angostos y bajos, de tal manera que pueden trabajar en lugares donde hay limitaciones de espacios.
- Tienen articulación central de 42° y dirección hidráulica que facilita su manejo y giro en curvas o ambientes cerrados.
- Orientación bidireccional, con el mismo número de cambios de velocidad hacia adelante y hacia atrás, que les permite tener la misma velocidad en ambos sentidos.
- La posición lateral del operador le permite con la misma comodidad y visibilidad en ambos sentidos.
- Sus componentes son de construcción robusta, en comparación con equipos de superficie.
- Durante el viaje, la cuchara cargada y brazos se apoyan en la estructura principal, no en los cilindros hidráulicos
- Pueden ser manejados a control remoto, cuyo límite depende de la visibilidad.

- Peso aproximado 21 150 kg (46 600 lb)
- Longitud (máxima) 9 095 mm (358 pulgadas)
- Ancho (máximo) 2 200 mm (86,6 pulgadas)

**2.1.2.1. Productividad del Scoop.** El acarreo y transporte de mineral es uno de los rubros importantes en la estructura de costos en la operación de la mina y uno de los aspectos que muchas veces no se toma en cuenta es el de la distribución de equipo

Para estimar la producción por ciclo del scoop, se utilizará la siguiente ecuación.

$$P_L = \frac{3600 * C_b * F_W * E * FF * OT}{T_{CL}} \quad (1)$$

Donde.

PL = Carga de producción [BCM/h, BCY/h]

3600 = Segundos en una hora (seg/h)

Cb = Capacidad nominal del cucharon [LCM, LCY]

FW = Factor de esponjamiento

E = Eficiencia operativa

FF = Factor de llenado

TCL = Tiempo de ciclo [seg]

OT = Otros que se considere relevantes

**2.1.2.2. Distancia, Gradiente y velocidad** El gradiente de funcionamiento se define como la pendiente máxima a la cual el scoop cargado puede funcionar. La mayoría de las minas operan LHDs entre 10-20% de gradiente, pero trabajando con una gradiente plana ( $0^\circ$ ), se mejoraría la vida de la máquina y se reduciría costes de funcionamiento.

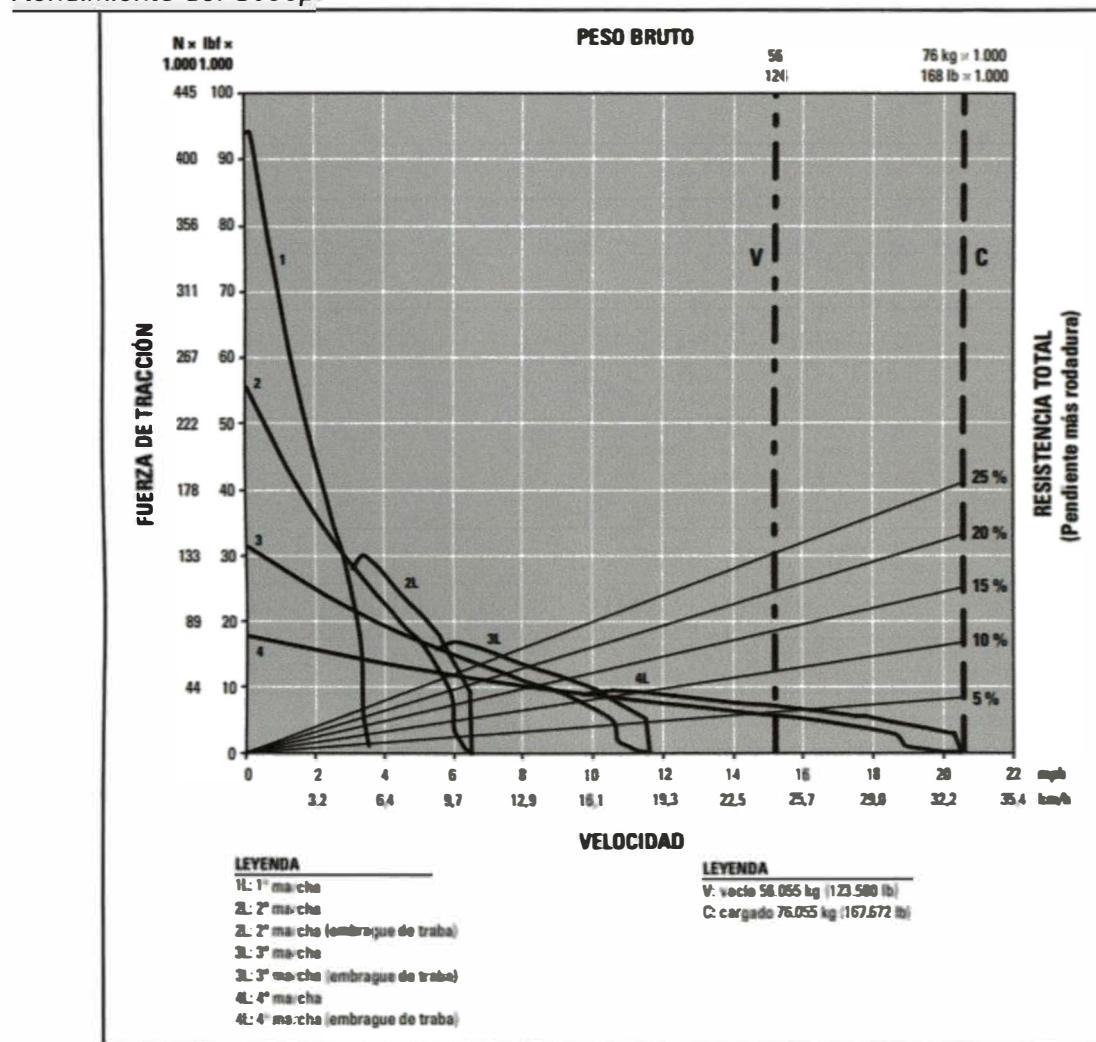
Aunque los scoops pueden operar a una distancia de acarreo de más de un kilómetro, para una capacidad de cucharon de 0,8 m<sup>3</sup>, la distancia económicamente factible podría ser de hasta 75 m si se opera en áreas de arranque o rebaje y 150 m para los frentes de desarrollo (según lo recomendado por algunos fabricantes). Esta distancia aumenta con el aumento de la capacidad de la cuchara, por ejemplo, para un scoop con capacidad de cubo de 10 m<sup>3</sup>, la distancia económicamente factible es de 1,2 km en las

zonas de arranque o rebaje y 2 km para los frentes de desarrollo. La velocidad de los scoops con un cucharon de 3m<sup>3</sup> y capacidades más altas esta entre los 8-16 kms/h con un promedio de 13 km/h en las superficies niveladas.

Para determinar el rendimiento en pendiente, los fabricantes ofrecen diferentes tipos de nomogramas, el siguiente pertenece al modelo R3000H de Caterpillar:

**Figura 3**

*Rendimiento del Scoop*



Fuente: Tomado de (Catalogo CAT, 2020)

En la Figura 2 se muestra el rendimiento del Scoop en pendientes/ velocidad/ Fuerza máxima de tracción. Fuente: Catalogo CAT 2022. Para determinar el rendimiento en pendientes se lee desde el peso bruto hacia abajo hasta el porcentaje de la resistencia total. La resistencia total es igual al porcentaje real de la pendiente más la resistencia a la rodadura. Como norma general, se usa el 2 % para la resistencia a la rodadura en

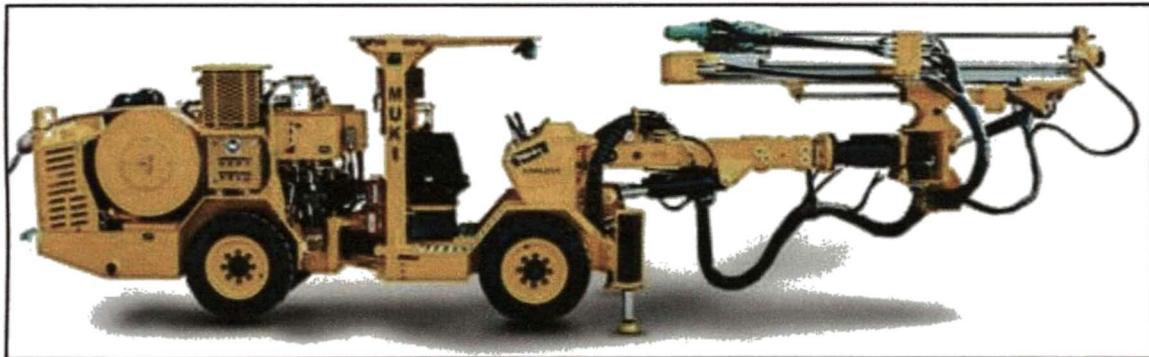
aplicaciones subterráneas o consulte el Manual de Rendimiento de Caterpillar. Desde el punto de resistencia total, desplácese horizontalmente hasta la curva con la marcha más alta obtenible y luego hacia abajo hasta la velocidad máxima. La fuerza de tracción utilizable en las ruedas dependerá de la tracción disponible y del peso sobre las ruedas de tracción.

### **2.1.3 *Equipos de perforación***

Un Jumbo Frontonero Electrohidráulico es un equipo de bajo perfil diseñado sobre todo para realizar trabajos en mina subterránea y en zonas confinadas debido al tamaño limitado de esta. Este equipo está diseñado para perforar frentes de avances y labores de producción (tajos). La longitud de perforación es variable.

**Figura 4**

*Jumbo electrohidráulico*



Fuente. Tomado de (Catalogo CAT, 2020)

El trabajo de perforación en un frente implica que el equipo no puede ser muy grande para que pueda ingresar a las labores más pequeñas de la mina. Se diseñan especialmente para el trabajo que realizarán, tales como la perforación para avances horizontales, para cámaras y pilares, corte y relleno ascendente, perforación en Breasting y realce.

Las características de los equipos de perforación son las siguientes:

- Son equipos sobre llantas y tienen propulsión en las cuatro ruedas.
- Son angostos y bajos, de tal manera que pueden trabajar en lugares donde hay limitaciones de espacios.

- Tienen articulación central 40° y dirección hidráulica que facilita su manejo y giro en curvas o ambientes cerrados.
- La perforadora genera de 3000 a 3500 Golpes por min y por cada golpe transmite una fuerza de 30 - 40 TM/Golpe.
- Área de perforación es de 20 a 45 m<sup>2</sup>.
- Longitud es de 9 a 12 m.
- Altura con caseta levantada es de 2.6 a 3 m.
- Ancho de 1.8 a 2m.
- Peso de las perforadoras de 150 a 170 kg.
- Longitud de taladros de 8, 10, 12, 14 y 16 pies.
- Nivel de ruido durante la perforación 98 a 104 db aproximadamente.
- Velocidad de desplazamiento horizontal de 8 a 13 km/h.
- Fuerza del motor diésel de 70 a 80 HP.
- Radio de giro exterior 4.4 a 5.5 m.
- Peso total de Jumbo de 8 a 18 Ton.

**2.1.3.1. Parámetros de funcionamiento:** Los parámetros de funcionamiento en los diferentes sistemas del equipo son recomendados por el fabricante, esto no es del todo absoluto en los parámetros de perforación. Esto es dado en función a la calidad de roca y en algunos sistemas manipulado por el operador de acuerdo a sus condiciones.

**2.1.3.2. Parámetros de perforación.** Los parámetros de perforación en los jumbos electrohidráulicos a considerar son los siguientes (Catalogo Atlas Copco, 2010)

- Presión de trabajo de la perforadora. La presión al que se regula para la operación de la máquina perforadora es:

La presión de emboquillado: Es la presión menor para facilitar el ingreso e inicio del taladro.

La presión a plena carga: Es la presión mayor para la perforación del taladro.

- Presión de avance de la perforadora. La selección de la longitud del avance es un factor esencial. No solo es importante comparar la longitud entre avances, sino

tambien la carrera de la perforadora sobre la viga de avance pues es esto lo que determina la profundidad del taladro a perforarse y el mayor aprovechamiento de la longitud plena del vanillaje de perforacion

La regulación hidráulica en el sistema avance se considera los siguientes: Presión de emboquillado: Es una menor presión para facilitar el inicio del taladro.

- Presión de rotación de la maquina perforadora. La presión de rotación tiene un parámetro de operación que esta en función al tipo de roca y avance de la perforadora.

La regulación para la rotación de la maquina perforadora está en las RPM de la perforadora. La presión está en función al tipo de roca y/o terreno, bajo este parámetro se regula los parámetros del anti atasque.

- Presión de lubricación. Es la presión que obliga mediante el principio de vacío a que se inyecte aceite de lubricación a los componentes internos de la máquina perforadora y parte de los aceros de perforación.
- Presión de barido. Esta presión permite una adecuada limpieza de los detritos de la rotura de roca durante la perforación. La presión de regulación en el sistema de barido se considera en circuito de agua y en el sistema de aire comprimido para el caso de los que cuentan con un barido mixto.

#### **2.1.4 Accesorios de perforación**

Los accesorios para el proceso de perforación con equipos jumbos son:

- Shank Adapter (Adaptador). El primer componente encargado de recibir y transmitir la potencia de impacto, hacia la columna y posterior a la roca.
- Coupling (manguito de acoplamiento). La que une el shank adapter y la barra de perforación, los tipos o modelos están en función del diámetro y el tipo de paso conocido como tipo R, tipo T y el de tipo mixto.
- Barrenos de perforación. De diferentes longitudes en función del área, terreno y el método de explotación. Barras de 8 pies, 12 pies 14 pies

- **Brocas de perforación** La elección de un tipo u otro de broca, así como de sus diámetros, depende del tipo de maquinaria de perforación, de las características de la roca y del diámetro de los cartuchos del explosivo a introducir, generalmente las brocas de botones son las que proporcionan un mayor rendimiento, al golpear la roca de forma más homogénea y ser más fácil la evacuación del detritus de roca.

Para tal fin se pueden disponer varias entradas de agua frontales y también laterales, para la limpieza del material de perforación.

#### **2.1.5 Productividad de equipos**

La productividad es la capacidad de producir más con menos recursos. Esto redundaría en un costo bajo en la operación minera, para la presente tesis utilizaremos KPI (Indicadores Clave de Rendimiento, por sus siglas en inglés) los cuales son una forma común de medir la productividad de los equipos mineros. Estos indicadores miden el desempeño de los equipos y permiten a los gerentes y supervisores de la mina tomar decisiones basadas en datos para mejorar la eficiencia y la rentabilidad.

Los indicadores de desempeño son instrumentos que proporcionan información cuantitativa sobre el desarrollo y logros de una institución, programa, actividad o proyecto a favor de la población u objeto de su intervención, en el marco de sus objetivos estratégicos y su Misión. Los indicadores de desempeño establecen una relación entre dos o más variables, que, al ser comparados con períodos anteriores, productos similares o metas establecidas, permiten realizar inferencias sobre los avances y logros de las instituciones y/o programas. (Bonnefoy & Armijo, 2005)

Los indicadores que se utilizan en minería pueden ser pre concurrentes, concurrentes o post concurrentes según la parte del proceso que se está midiendo, a la entrada, en la transformación o en la salida de productos o servicios a otros procesos o hacia el cliente final.

A continuación, presentamos algunos de los principales indicadores que se usan en la operación de la industria minera:

- Indicadores de perforación (metros perforados-/hombre-guardia), (kg de acero de perforación/hombre-guardia), etc.
- Indicadores de voladura (m<sup>3</sup> mineral /disparo), (kg explosivo/TM mineral), etc.
- Indicadores de carguío (Disponibilidad, Utilización, %), ((TM cargadas/horamáquina), (m<sup>3</sup> cargados/hora), etc.
- Indicadores de transporte (Disponibilidad, Utilización, %), (costo/km-TM), (gal D2/TM transportada), etc.
- Indicadores de ventilación: (m<sup>3</sup> aire/persona-turno), (tiempo de ventilación/tiempo del ciclo), etc.
- Indicadores de bombeo: (galones bombeados/kw-h-turno), (galones bombeados/hora-máquina de bomba), etc. - Indicadores de chancado: (kw-h/TM chancada), (TM chancadas/turno), etc.
- Indicadores de sostenimiento: (pernos Split set/metro de avance), (m<sup>3</sup> schotcrete/metro de avance), etc.
- Indicadores de molienda: (kw-h/TM molida), (kg bolas de acero/TM molida), etc.
- Indicadores de concentración: (kg de reactivo/TM mineral), (TM de concentrado/TM mineral), etc.
- Indicadores de lixiviación: (gr NaCN/Onza de oro), (m<sup>3</sup> de solución recirculada/kw-h-turno), etc. - Indicadores de fundición: (kg doré/kw-h-turno), (Kg fundentes/Kg doré), etc.
- Indicadores de mantenimiento: (MTBF: Tiempo promedio entre fallas, MTTB), (MTTR: Tiempo promedio para reparar), (Índice de disponibilidad mecánica de equipos), etc.
- Indicadores de seguridad industrial: (Índice de Frecuencia), (Índice de Sevendad), (Índice de Accidentabilidad)
- Indicadores del negocio: EBITDA/Onza, Cash Cost/Onza, Capex/Onza, etc.

Como puede apreciarse la mayoría de las metrcas estan concentradas en medir la relación entre la entrada y la salida de cada proceso o en otros casos en el rendimiento en función al principal recurso utilizado para lograr desarrollar el proceso. En este contexto el juego de indicadores que la organización requiere puede ser muy amplio y depende en todo momento de la naturaleza y escala de cada operación por lo que es muy importante planificar previamente y si es posible desde el diseño una adecuada selección de los mismos que permita garantizar una mejor gestión sobre los procesos en los cuales estamos involucrados. La clave es lograr la mejor combinación posible para garantizar la mayor rentabilidad operacional, ambiental, administrativa, financiera y social con el menor riesgo posible y la mayor productividad efectiva. (Schwarz, 2012).

**2.1.5.1. Factores que afectan la productividad:** Para el presente trabajo de investigación se han identificado algunos aspectos que influyen en la productividad de los equipos en la operación minera subterránea, los cuales son:

- Iluminación.
- Granulometría del material a cargar (colpas muy grandes disminuyen factor de llenado).
- Vías de transito y tráfico.
- Áreas de carga y descarga.
- Ventilación (polvo y falta de oxígeno).
- Interferencias con otras operaciones mineras, tales como voladura secundaria.

## **2.1.6 Actividades Operativas de los equipos**

**Carguío (mineral / desmonte):** Consiste en cargar el material roto de las cámaras de acumulación a los volquetes mineros de 15 m<sup>3</sup> de capacidad.

**Colocado de dique para relleno hidráulico:** Consiste en la acumulación de material desmonte en forma de barrera casi a la entrada de los tajos.

**Limpieza de voladura (mineral / desmonte):** Consiste en realizar la limpieza del material roto producto de la voladura.

**Mantenimiento de vías:** Consiste en la limpieza, nivelación y reparación de las vías principales por donde circulan los equipos mecanizados

**Relleno detritico (desmonte):** Consiste en llenar con material de desmonte las labores de producción ya explotadas (subniveles y tajos)

**Raspado y/o pampeo de labor:** Limpieza y/o nivelación de material (mineral, desmonte y concreto) producto del percutado de las labores

**Servicios:** Son trabajos pequeños, pero de suma importancia para la mina estos son: limpieza de lama de las cámaras de bombeo, traslado de datos, traslado e instalación de ventiladores.

**Traslado de equipo:** Desplazamiento del equipo hacia las labores de trabajo.

#### **2.1.7 Demoras Operativas de los equipos**

Son los tiempos asignados que se dan al inicio, durante y antes de finalizar la guardia.

**Capacitación:** Tiempo en el que el personal recibe su charla de seguridad.

**Chequeo de máquina:** Es el tiempo en el cual el operador realiza la inspección de su equipo a operar durante la guardia y a realizar su respectivo check list del equipo.

**Ingreso de personal:** Es el tiempo en el cual el personal operador de los equipos Trackless ingresa desde superficie hasta el taller de mantenimiento ubicado en interior mina donde se encuentran los equipos.

**Reparto de guardia:** Es el tiempo en el cual el supervisor de turno informa a los operadores del estado operativo en que se encuentran los equipos y de que equipos tendrán su mantenimiento preventivo durante la guardia.

**Refrigerio:** Es el tiempo asignado para que el operador ingiera sus alimentos en el comedor durante la guardia día, y el descanso durante la guardia noche.

**Abastecimiento de combustible:** Es el tiempo en el cual el operador llena de combustible el equipo.

**Accidente de equipo:** Suceso y/o acontecimiento inesperado donde el equipo sufre un daño y lo inhabilita para realizar su trabajo, esto debido al proceso de investigación por parte del área de seguridad.

**Cambio de orden de trabajo:** Se da cuando el equipo da inicio con la limpieza del frente y por problemas de descoordinación entre el jefe de guardia y capataz paralizan el trabajo y devoran el equipo a otra labor.

**Espera de orden de trabajo:** Es el tiempo en donde el operador espera la orden de trabajo por parte del jefe de guardia y/o capataz.

**Espera de frente de trabajo:** Es el tiempo de espera cuando no hay labores para realizar la limpieza, esto debido a un mal ciclado de las labores.

**Espera de percutado del frente:** Es el tiempo de espera del Scooptram, debido a que el equipo Scaler realiza el desate mecanizado de los hastiales y corona de la labor.

**Espera del volquete:** Es el tiempo que espera el Scooptram al volquete, esta espera se da en las cámaras de acumulación de material.

**Falta de ventilación:** Se muestra cuando las labores a limpiar no prestan las condiciones necesarias de ventilación, producto de mangas rotas, bajo flujo de ventilación en la labor, las mangas no están cerca al tope de la labor, ventilador apagado y/o malogrado.

**Falta de operador:** Se da cuando el operador del equipo no ingresa a interior mina por causas de (salud, tardanza, falta, etc ), perjudicando considerablemente al proceso operativo de la mina.

**Lavado de equipo:** Es el tiempo en el que el operador realiza la limpieza del equipo, se realiza con agua a presión para que así se elimine todo el barro y polvo del equipo.

**Traslado de equipo a otra labor (mala orden):** Se da cuando el equipo se dirige a una determinada labor y esta no requiere limpieza, porque ya está trabajando otro equipo, es decir hay una descoordinación entre jefe de guardia y capataz.

**Trafico en la vía:** Se produce cuando existe congestión de equipos en las vías principales producto de mala señalización, equipos inoperativos en la vía, detenoro de vías, tuberías colgadas, cables seccionados, malas instalaciones de servicio, etc.

**Otras demoras:** Son algunas otras demoras que se suscitan en el proceso operativo (caminata del operador al taller, equipo y comedor) y algunas otras demoras que igual retrasan el proceso.

#### **2.1.8 Demoras no Operativas de los equipos**

**Falla mecánica:** Se entiende por falla mecánica cuando existe alguna deficiencia en los componentes del equipo, afectando su correcto funcionamiento o que impida que esta realice la función para la que fue diseñada.

**Falla eléctrica:** Defecto en el aislamiento o conductividad de los componentes o mecanismos del circuito eléctrico, que provoca la interrupción de la corriente del equipo.

**Mantenimiento correctivo:** Servicios de reparación en equipos con falla, es decir este mantenimiento se realiza cuando se detecta la falla o cuando ya ocurrió.

**Mantenimiento preventivo:** Inspección, control y conservación del equipo con la finalidad de prevenir detectar o corregir defectos, tratando de evitar que este falle. Este tipo de mantenimiento preventivo, surge de la necesidad de encontrar un rendimiento óptimo de las maquinarias pesadas cuyo objetivo es reducir la reparación mediante una inspección diana dada por los operadores y supervisores y la renovación de los elementos dañados. Los fabricantes recomiendan de acuerdo al modelo del motor para Scooptram realizar el mantenimiento preventivo + 10% de cada 250 horas para la marca CATERPILLAR y ATLAS COPCO. En este mantenimiento preventivo se realiza 4 eventos de MPs (250, 500, 750, 1000 horas), en diferentes tiempos.

**Mantenimiento predictivo:** Este tipo de mantenimiento se basa en predecir la falla antes de que esta se produzca. Se trata de conseguir o adelantarse a la falla o al momento en que el equipo o elemento deja de trabajar en sus condiciones óptimas.

## **2.1.9 Estudio de tiempos**

$T_T$  = Tiempo Total, corresponde al tiempo total programado o asignado para las operaciones.

$T_D$  = Tiempo Disponible, corresponde al tiempo en que los equipos o maquinas se encuentran disponibles o habilitados para operar, por estar en buenas condiciones.

$T_M$  = Tiempo de mantenimiento, corresponde al tiempo en que la maquina o el equipo no esta disponible, por estar recibiendo el mantenimiento planificado o por fallas.

$T_{M\ pl}$  = Tiempo de mantenimiento planificado, corresponde a los servicios que debe recibir la máquina o equipo para estar en condiciones de operar.

$T_{M\ fa}$  = Tiempo sin operar por fallas, corresponde a los tiempos en que se realizan las reparaciones, para que la máquina o equipo pueda operar.

$T_O$  = Tiempo operativo, corresponde al tiempo, en que el equipo o maquina esta realizando la función para la que fue diseñada.

$T_{DO}$  = Tiempo de demoras operativos, corresponde al tiempo en que el equipo o maquina no está realizando su función, debido básicamente a dos causas:

$T_{DO\ planificadas}$  = Demoras operativas planificadas, que consideran los cambios de turno, cambio de operador, refrenos o descansos de turno y carga de combustible.

$T_{DO\ x\ interferencia}$  = Demoras operativas de interferencia, como la ubicación de trabajo, impedimentos para trasladarse, bloqueos, etc

**Figura 5**

Distribución de tiempos e índices de operaciones

$T_T = \text{TIEMPO TOTAL}$	
$T_T = T_D + T_M$	$T_M = T_{M\ plan} + t_{M\ fa}$
$T_D = \text{TIEMPO DISPONIBLE}$	$T_M = \text{MANTEINIMIENTO}$
<b>DISPONIBILIDAD</b>	<b>MANTENIMIENTO</b>
$D = \frac{T_D}{T_T} \times 100\%$	$M = \frac{T_M}{T_T} \times 100\%$
$T_D = T_O + T_{DO}$	<b>PLANIFICADO</b>
$T_O = \text{TIEMPO OPERATIVO}$	$T_{DO} = T_{DO\ plan} + T_{DO\ x\ inter}$
<b>UTILIZACION</b>	<b>FALLAS</b>
$U = \frac{T_O}{T_D} \times 100\%$	<b>RENDIMIENTO</b>
	$R = \frac{T_O}{T_T} \times 100\%$
	$R = \frac{D \times U}{100\%}$
	<b>PLANIFICADAS</b>
	<b>INTERFERENCIALES</b>

Fuente: Tomada de "Apuntes de catedra, Ricardo Vilar"

La Tabla 2 nos brinda un marco de referencia para la distribución de tiempos en que los equipos y/o maquinaria se encuentran durante la operación, proporciona índices que permiten evaluar el comportamiento y rendimiento de los equipos empleados en la producción.

## 2.2 Marco conceptual

**Rendimiento**, Corresponde al volumen o peso de producción teórico por unidad de tiempo de un equipo determinado. Generalmente se expresa en términos de producción por hora, pero puede también utilizarse la tasa por turno o día.

**Producción**, Volumen o peso total de material que debe manejarse en una operación específica. Puede referirse tanto al mineral con valor económico que se extrae, como al estéril que debe ser removido para acceder al primero. A menudo, la producción de mineral se define en unidades de peso, mientras que el movimiento de estéril se expresa en volumen.

**Productividad**, La productividad es la capacidad de producir más con menos recursos. Esto redundará en un costo bajo mediante la cantidad adecuada de equipos ya sea de carga o de transporte que permita presupuestos menores.

**Carguío,** Corresponde a una operación de carga de mineral y/o desmonte a los camiones volquetes, para que sean trasladados hacia a la planta concentradora o hacia una cancha de acumulación de mineral. En esta operación se incluyen tareas de remoción y acopio del material fragmentado.

**Acarreo,** Se denomina acarreo al traslado corto de material roto en la mina, es decir que el transporte tiene limitaciones, o tiene un determinado radio de acción y estarán ubicados en los frentes de operación, efectuados por los equipos Scooptram.

**Transporte,** Efectuada la voladura del mineral, este es extraído de la mina hacia el exterior, para ello, se acumula y se carga a los diferentes medios de transporte de los que se disponen.

**Tiempo,** Es una magnitud física con la que medimos la duración o separación de acontecimientos, sujetos a cambio, de los sistemas sujetos a observación. El tiempo permite ordenar los sucesos en secuencias, estableciendo un pasado, un futuro y un tercer conjunto de eventos ni pasados ni futuros respecto a otro.

**Tiempo de ciclo,** El tiempo de ciclo corresponde al tiempo que el equipo de carguío demora en ir al lugar de extracción de mineral o estéril y transportarlo al sitio de descarga incluye además el tiempo ocupado en maniobras realizadas en esta operación. El tiempo de ciclo está compuesto por los tiempos fijos y los tiempos variables. Los primeros dependen de las condiciones bajo las cuales opera el equipo. Los tiempos variables además de depender de las condiciones de trabajo, varían según la longitud de los tramos a recorrer y la velocidad que en éstos se desarrolle.

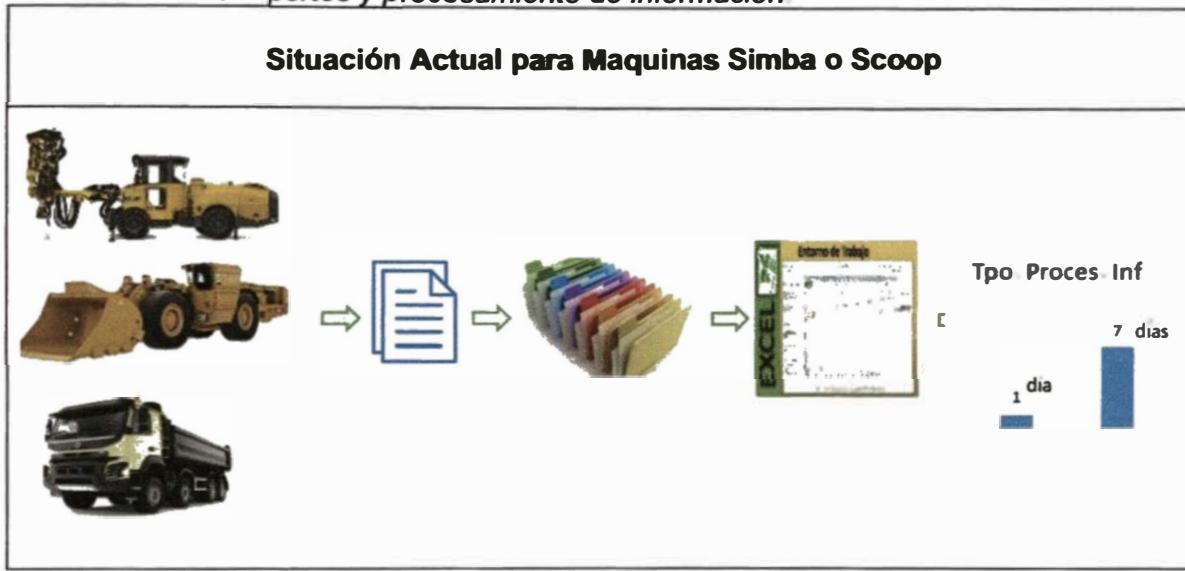
## Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación

### 3.1 Situación previa al Centro de Control de Operaciones

Antes de la implementación del Centro de Control de Operaciones en la unidad minera, los registros de productividad de los equipos se realizaban de la siguiente manera

**Figura 6**

*Estatus inicial de reportes y procesamiento de información*



Como se puede apreciar en la figura 4, la información reportada del avance de las máquinas de perforación (Simba) y carguío (Scoops), son reportadas por los operadores de maquina por escrito, por turno y diariamente, las cuales son entregadas a los supervisores, y luego al asistente administrativo de Mina, el cual los registra en un archivo Excel en su computadora, con posterioridad al día de trabajo, lo que genera atraso en el procesamiento de la información y pierde oportunidad en su presentación a los ejecutivos de línea de la mina (Jefes de Turno, Jefes de Mina, Jefe de perforación y voladura, Jefe de Servicios y Superintendente de mina)

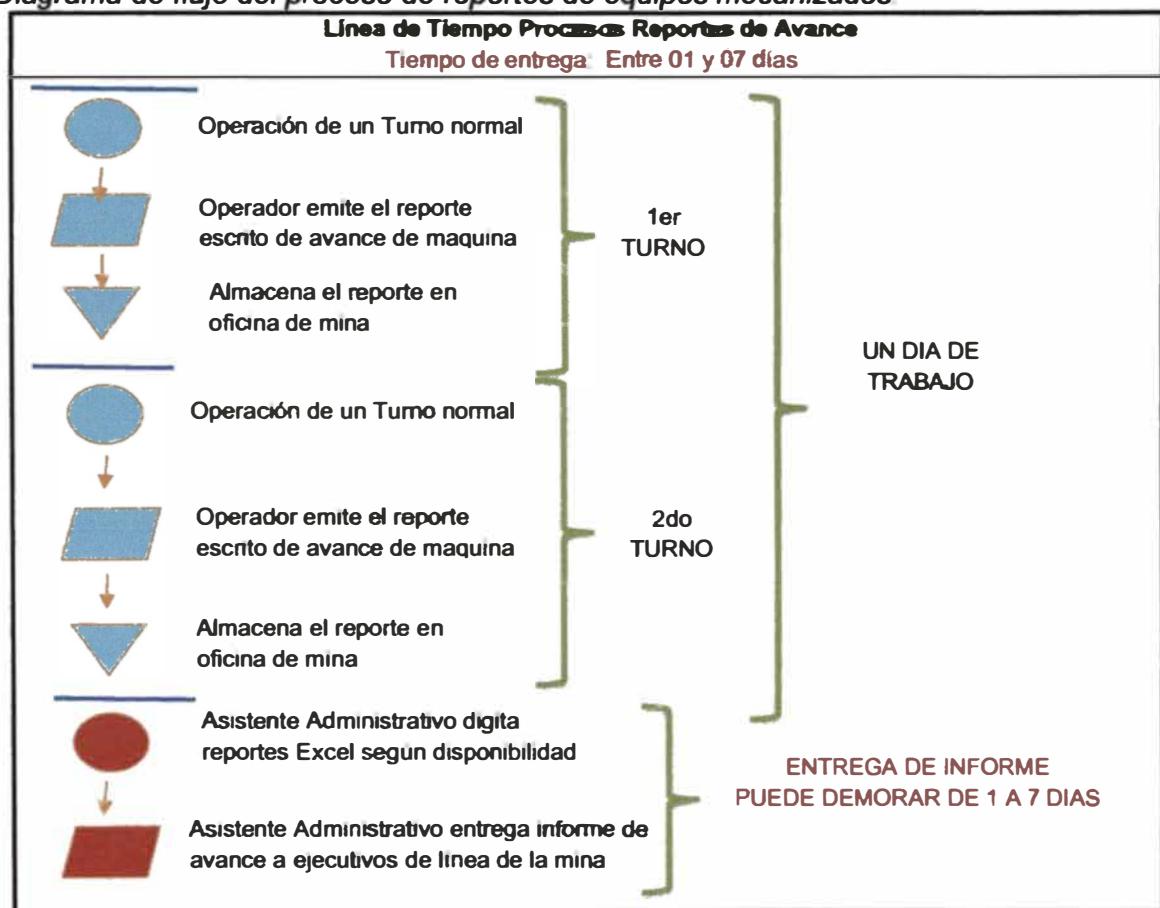
El registrar la información de avance de las maquinas en un registro Excel, tiene sus riesgos en la transcripción de datos, riesgo en cambiar las fórmulas accidentalmente, tiempo de procesamiento elevado, con una sola persona haciendo diferentes funciones

administrativas y finalmente solo se comunica a los jefes de linea de la mina por correo electrónico a destiempo

En la figura 5 se puede observar que existe una deficiencia en el procesamiento de información de los reportes de avance de las maquinas Simba y Scoop de forma oportuna y confiable, los reportes de avance son almacenados turno a turno en la oficina. El Asistente Administrativo que recoge y procesa los reportes de avance. Tiene otras funciones adicionales. El reporte puede demorar de 01 a 07 días.

**Figura 7**

*Diagrama de flujo del proceso de reportes de equipos mecanizados*



Fuente: UM Tambomayo

Los operadores de maquina no tienen radio para comunicar problemas mecánicos eléctrico, agua o aire. Pierden 30 minutos aprox en buscar ayuda.

### **3.1.1 Actividades de equipos de perforación**

Las actividades de los equipos de perforación se clasificaron según códigos para poder registrarlos y hacer seguimiento. Dicho código es importante para el operador ya

que mediante el puede identificar la actividad y registrarla en su reporte diario. Las actividades se clasifican en Horas de Operación, Paradas Planificadas, Paradas no Planificadas y Paradas Mecánico-Electrónico, las cuales se detallan a continuación.

**Tabla 3**

**Código de actividades-Horas de operación Jumbo electrohidráulico**

**HORAS DE OPERACIÓN**

101	Perforación en mineral
102	Perforación en estéril
103	Perforación en relleno cementado
104	Perforación repase de taladros
105	Rimado de taladros
111	Perforación de taladros de alivio/ayuda
112	Perforación desquinche (mineral)
113	Corrección de taladros
114	Perforación de taladros de drenaje
115	Perforación de taladros de servicio
116	Perforación de sostenimiento
117	Perforación descage (desmonte)
118	Perforación slot
119	Otra simba

Nota. Adaptada de UM Tambomayo

**Tabla 4**

**Código de actividades – Paradas planificadas Jumbo electrohidráulico**

**PARADAS PLANIFICADAS**

201	Charla
202	Reparto de guardia
203	Traslado de personal
204	Inspección de equipo
205	Inspección de labor (Libreta IP)
206	Almuerzo
207	MPL - Mantenimiento preventivo de labor
208	Traslado de equipo (entre labor)
209	Capacitación
210	Abastecimiento de petróleo
211	Lavado de equipo
212	Instalación de equipo
220	Otros

Nota. Adaptada de UM Tambomayo

**Tabla 5**

**Código de actividades – Paradas Mecánico-eléctrico Jumbo electrohidráulico**

**PARADAS MECANICO-ELECTRICO**

301	Mantenimiento programado
302	Mantenimiento correctivo
303	Espera del mecánico
304	Traslado de equipo al taller
305	Pruebas mecánicas y falta de energía
306	Inoperativo
307	Calentamiento de equipo
308	Enfriamiento de equipo
309	Mantenimiento preventivo inicial-final
310	Falta de lubricantes, combustible y/o grasas
320	Otros

Nota. Adaptada de UM Tambomayo

**Tabla 6**

**Código de actividades – Paradas Mecánico-electrico Jumbo electrohidraulico**

**PARADAS NO PLANIFICADAS**

401	Espera de condiciones de labor
402	espera de orden
404	falta de labor
405	Falta de operador
406	Falta de servicios
407	Falta marcado topografía
408	Recuperacion/falta de aceros
409	Apoyo a otra área
410	Accidente de equipos
411	Espera de limpieza de labor (Scoop)
420	Otros

Nota. Adaptada de UM Tambomayo

### **3.1.2 Actividades de equipos de caguo de mineral y desmonte**

Al igual que los equipos de perforación, las actividades de los equipos de caguo de mineral y desmonte se clasifican según códigos para poder registrarlos y hacer seguimiento. Las actividades se clasifican en Horas de Operación, Paradas Planificadas, Paradas no Planificadas y Paradas Mecánico-Eléctrico, las cuales se detallan a continuación.

**Tabla 7**Código de actividades - Horas de operación Scoop

HORAS DE OPERACIÓN	
120	Limpieza de tajo
121	Limpieza frente mineral
122	Limpieza frente desmonte
123	Limpieza desquinche
124	Limpieza mineral acumulado
125	Limpieza desmonte acumulado
126	Relleno de tajo
127	Mantenimiento de vía
128	Carguío a volquetes mineral
129	Carguío a volquetes desmonte
130	Traslado de otros materiales
131	Acarreo de materiales

Nota: Adaptada de UM Tambomayo

**Tabla 8**Código de actividades – Paradas planificadas Scoop

PARADAS PLANIFICADAS	
201	Charla
202	Reparto de guardia
203	Traslado de personal
204	Inspección de equipo
205	Inspección de labor (Libreta IP)
206	Almuerzo
207	MPL - Mantenimiento preventivo de labor
208	Traslado de equipo (entre labor)
209	Capacitación
210	Abastecimiento de petróleo
211	Lavado de equipo
220	Otros

Nota: Adaptada de UM Tambomayo

**Tabla 9***Código de actividades – Paradas Mecánico-eléctrico Scoop*

PARADAS MECANICO-ELECTRICO	
301	Mantenimiento programado
302	Mantenimiento correctivo
303	Espera del mecánico
304	Traslado de equipo al taller
305	Pruebas mecánicas y falta de energía
306	Inoperativo
307	Calentamiento de equipo
308	Enfriamiento de equipo
309	Mantenimiento preventivo inicial-final
310	Falta de lubricantes, combustible y/o grasas
320	Otros

Nota Adaptada de UM Tambomayo

**Tabla 10***Código de actividades – Paradas no planificadas Scoop*

PARADAS NO PLANIFICADAS	
401	Espera de condiciones de labor
402	Espera de orden
403	Espera de volquetes
404	Falta de labor
405	Falta de operador
406	Falta de servicios
409	Apoyo a otra área
410	Accidente de equipos
420	Otros

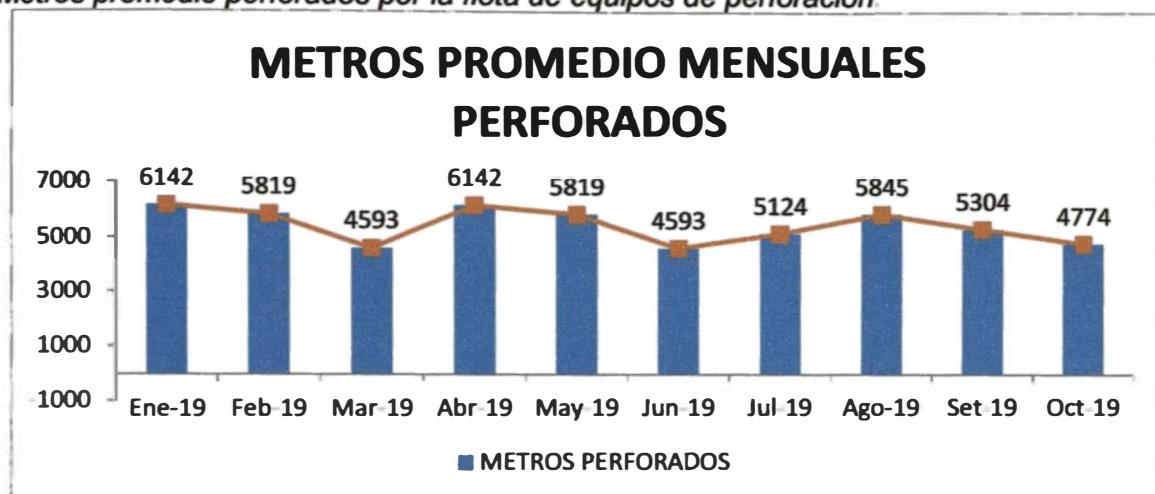
Nota Adaptada de UM Tambomayo

**3.1.3 Rendimiento de Equipos mecanizados**

En cuanto a los equipos de perforación Jumbo Electrohidráulico, el promedio mensual de metros perforados era de 4517 metros, cabe mencionar que se contaba con 4 equipos.

**Figura 8**

*Metros promedio perforados por la flota de equipos de perforación*

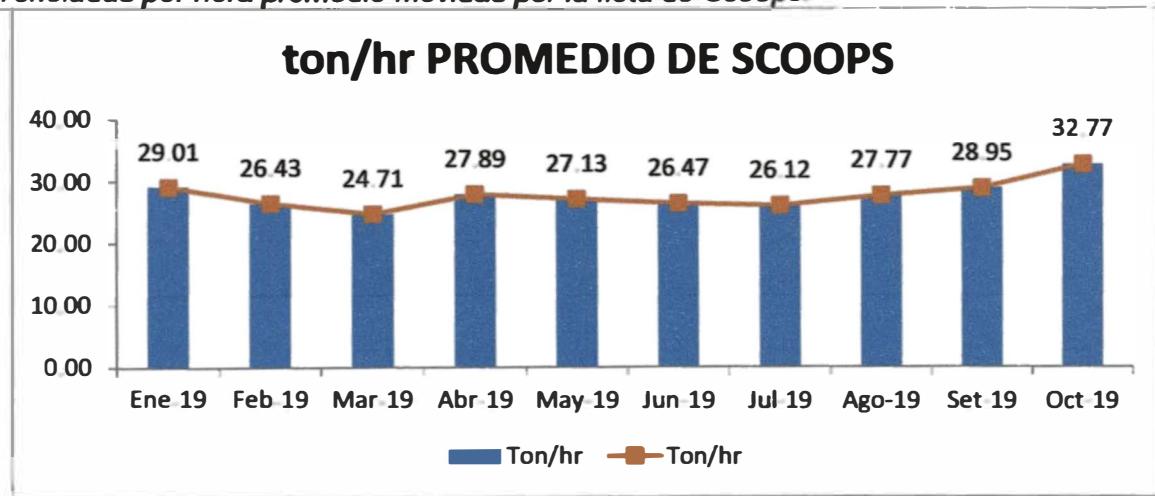


Nota. Fuente UM Tambomayo

Los metros promedio perforados por equipo se muestra en la figura 6, se cuenta con 4 equipos de perforación, entonces el promedio de cada equipo es de 4517 metros mensuales

**Figura 9**

*Toneladas por hora promedio movidas por la flota de Scoops*



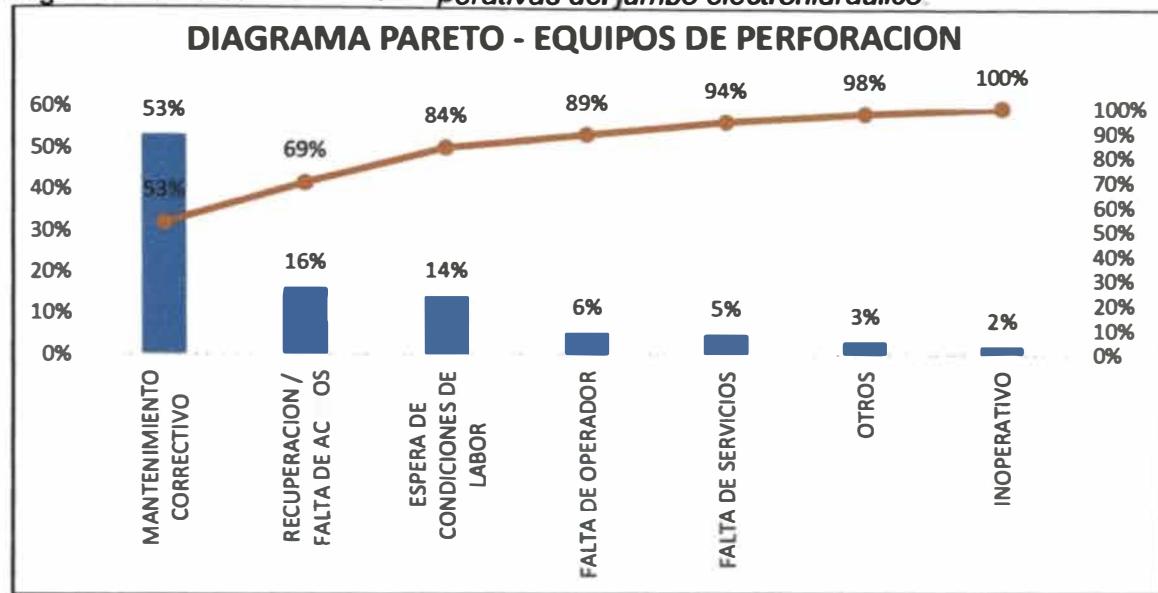
Nota. Fuente UM Tambomayo

En cuanto a los equipos de carguío y acarreo de mineral, el promedio de toneladas de mineral por hora era de 29.8 toneladas movidas por hora (figura 7), se cuenta con 4 Scoop los cuales son destinados a distintas labores, ya sea de carguío o acarreo de mineral y desmonte

### 3.1.4 Principales demoras en los equipos mecanizados

Figura 10

Diagrama de Pareto de horas inoperativas del jumbo electrohidráulico

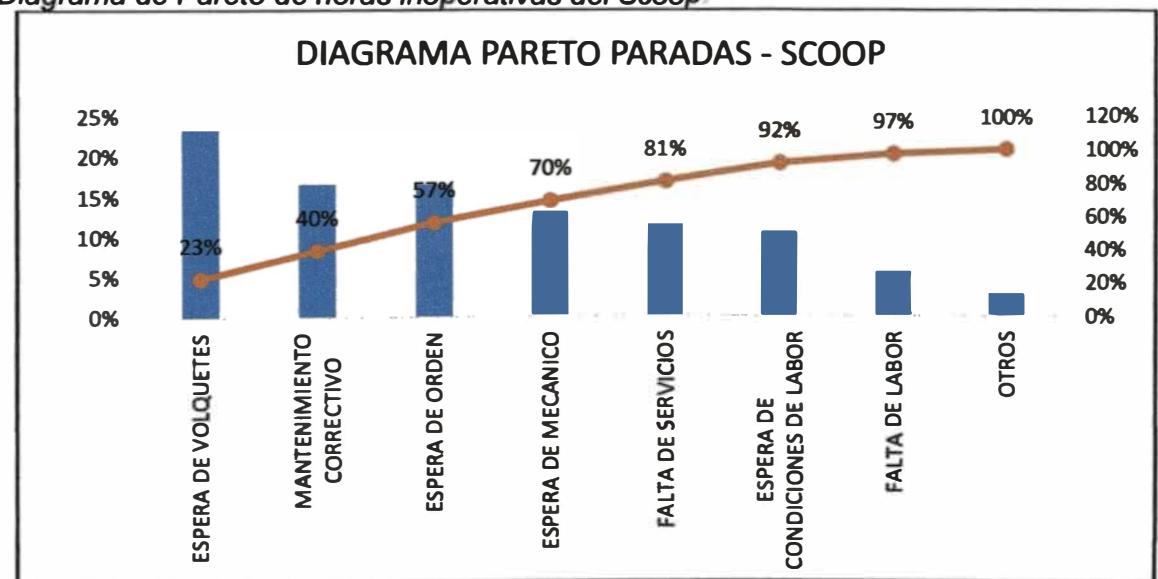


Nota Fuente: UM Tambomayo

Antes de la implementación de Centro de Control de operaciones se tenía los datos de horas inoperativas de los equipos de perforación. Como se puede apreciar en la figura 8, el 53% de las horas inoperativas del Simba se debe a mantenimiento correctivo, esto debido a que la comunicación entre el operador del equipo y el capataz o jefe de guardia es muy lenta.

Figura 11

Diagrama de Pareto de horas inoperativas del Scoop



Nota Fuente: UM Tambomayo

En cuanto al diagrama de Pareto referente a Scoops (Figura 9), se identificó que la principal demora (23% de tiempo de operación) ocurre debido a la falta de volquetes y un 17% de horas inoperativas debido a mantenimiento correctivo.

### 3.1.5 Generación de Reportes

Los reportes generados por el asistente administrativo se realizan de manera diaria a fin de cada guardia, se espera a que el operador de equipo llene su hoja de reporte y vaya a la oficina, todo eso causa que la generación de reportes ejecutivos hacia jefes de línea se haga a destiempo. Los reportes generados por el personal administrativo se muestran a continuación.

**Figura 12**

*Reporte de actividades de la flota de equipos de perforación.*

INDICADORES - MINA						
EQUIPO	Detalle	Unidad	Ejec. Dia	Prog. Dia	Estatus Fecha	Observaciones
Simba # 1	Perforación	Metros	120.00	136	88%	Perforacion en Cable Bolting - Traslado hasta las 11:40 am al 485, OPERATIVO
Simba # 2	Perforación	Metros	53.00	136	39%	Perforacion taladros de anclaje, Fuga por sellos de Agua desde 9:00 a 12:00, OPERATIVO
Simba # 3	Perforación	Metros	76.56	136	56%	Perforacion en mineral,Falta de presion de aire 13:35 a 15:10 pm, OPERATIVO
Simba # 4	Perforación	Metros	90.00	136	66%	Parado por falta de instalaciones electricas de 9 a 12:00, OPERATIVO

Nota. Fuente: UM Tambomayo

En el reporte concerniente a equipos de perforación de taladros (Figura 10) se detalla el número de equipo, la ejecución del día de trabajo, los metros programados para ese día, el estatus a modo de semáforo y las observaciones que se completan manualmente en palabras sencillas para poder ser enviada a los jefes de línea.

En cuanto a los equipos de carguío y acarreo de mineral y desmonte se detalla la labor que realiza el equipo, pudiendo ser de limpieza, acarreo de mineral o desmonte o labores de relleno, la unidad de medida para el trabajo del scoop son las horas de operación, tambien se muestra el estatus a modo de semáforo para indicar el avance durante el turno de trabajo, y al final las observaciones escritas por el personal administrativo.

**Figura 13**

*Reporte de actividades de la flota de equipos de carguío y acarreo*



### INDICADORES - MINA

EQUIPO	Detalle	Unidad	Ejec. Dia	Prog. Dia	Estatus Fecha	Observaciones
Scoop # 1	Limpieza	Horas	8.4	9.0	94%	Relleno TJ 2008 4/7/13, OPERATIVO
Scoop # 2	Limpieza	Horas	8.7	9.0	95%	Limpieza Mineral TJ 2008 PS, OPERATIVO
Scoop # 3	Limpieza	Horas	4.0	9.0	44%	Limpieza de mineral Mirtha 12, Limpieza de sistema de refrigeración de 7:00 am a 10:37 am., OPERATIVO
Scoop # 4	Limpieza	Horas	8.8	9.0	97%	Relleno TJ 2008 4686

Nota Fuente UM Tambomayo

**Figura 14**

*Reporte de actividades de la flota de volquetes*



### INDICADORES - MINA

EQUIPO	Detalle	Unidad	Ejec. Dia	Prog. Dia	Estatus Fecha	Observaciones
Volquetes	Mineral	Viajes	39	40	98%	Extracción de TJ 2008 PS, TJ 200C
Volquetes	Desmonte		5		13%	FALTA AREA PARA RELLENO
Relleno	Cementado		13	16	81%	Tajo 2006 panel 6 - 4540
Relleno	Rock Fill	Viajes	8	10	80%	Tajo 2006 panel 3 - 4572
Relleno 4Ydas	Detritico	Lampones	52	55	95%	Se en el T 2008
Relleno 2Ydas	Detritico	Lampones	34	55	62%	T 200C 4731

Nota Fuente UM Tambomayo

Para la generación de reportes de volquetes (Figura 14), se detalla la labor que esta desarrollando el equipo, ya sea en traslado de mineral, desmonte, o relleno, el numero de viajes que está realizando y el estatus a modo de semaforo para indicamos el avance diario y finalmente las observaciones digitadas por el personal administrativo

### 3.2 Implementación del centro de Control de Operaciones

A finales de 2019 se implementó un Centro de Control en interior mina con la intención de emitir y recibir información de las actividades de los equipos con la finalidad de monitorear y mejorar los procesos de perforación, carguío y transporte, de tal manera eliminar las “horas muertas” e incrementar la productividad, ademas de establecer indicadores que registre las eficiencias y resultados

la implementación se dio en forma progresiva, con la idea de obtener resultados positivos en cada una de ellas Los operadores manejan formatos físicos los cuales son llenados en campo (horómetros, metros perforados, lampones, viajes realizados, etc ) el

formato se entregaba a final de turno al asistente administrativo quien llena la base de datos y genera los reportes entre 1 a 7 días.

En el caso de las máquinas de perforación Simba: La entrega de radio a los operarios para comunicar cualquier evento que impida el avance normal de las operaciones y el avance de perforación a un Centro de Control de Operaciones (CCO). En el sistema de entrada de datos se carga la información el operador del CCO y antes del inicio del siguiente turno los ejecutivos de línea de la mina pueden ver lo realizado en cada máquina o un resumen por proceso de lo realizado en el turno. Esto permite rapidez y oportunidad en recibir la información de avance de perforación en cada turno, tomar mejores decisiones para el siguiente turno. Además, puede permitir control de avance en cualquier momento del turno, y comunicación de eventos no programados que impiden el avance de las operaciones de perforación a los ejecutivos de línea de la mina.

En el caso de las maquinas de carguo Scoop: la instalación de un dispositivo de Sitech al Scoop que permite registrar el peso de cada lampon, el tipo de material cargado (mineral, cementado o esténil), a que volquete se está descargando. Además, Sitech instalará un dispositivo de transmisión de datos registrados a una móvil asignada al operador de la empresa. Cuando el operador de máquina, se retira de la mina al final del turno y este pase por un Access Point, la información es transmitida en forma automática a una base de datos local para que luego se envíe la información detallada o resumida a la aplicación móvil de los ejecutivos de línea de mina. Esto permite que la información se registre en el mismo punto de trabajo, luego se transmita de forma inalámbrica hacia la móvil y luego hacia el access point y finalmente hacia las móviles del ejecutivo de línea de mina. Es decir, la información fluye muy rápidamente y se presenta a los ejecutivos de la mina de forma rápida, segura, confiable y antes del siguiente turno. Con esta información los ejecutivos de línea de la mina, puedan tomar mejores decisiones para alcanzar las metas comprometidas con Planeamiento.

La implementación del Centro de Control de Operaciones se dio en 2 etapas:

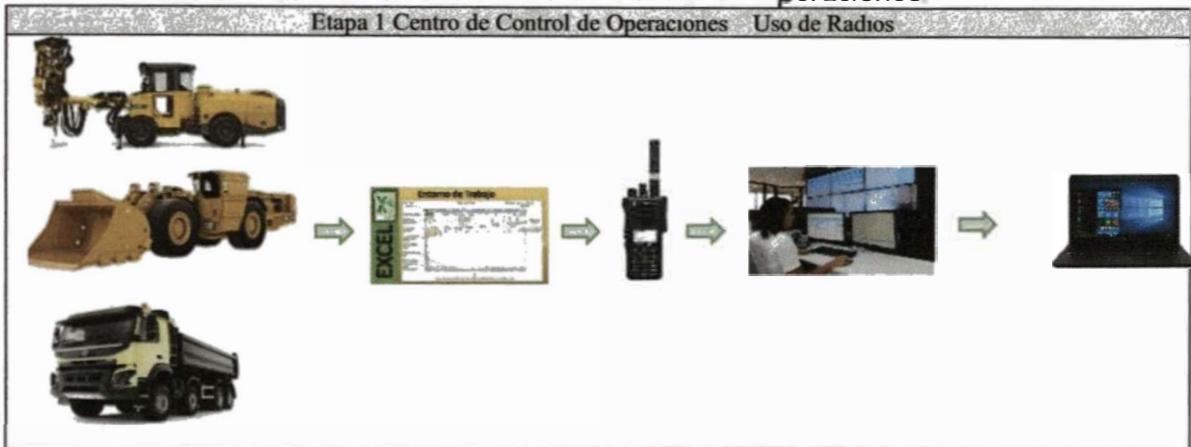
### **3.2.1 Etapa 1**

Se implemento una oficina de Centro de Control de Operaciones con personal en ambos turnos así mismo se entrego radios a cada operador de equipos (Simba y Scoop)

De esta manera los operadores de los equipos de Simba y Scoop comunican inmediatamente cualquier evento que impida el avance normal de las operaciones al CCO. Se carga la información del operador y los ejecutivos de linea de la mina pueden visualizarlo antes de cada turno, reduciendo así el tiempo de respuesta.

**Figura 15**

#### *Procesamiento de informacion del Centro de Control de Operaciones*



Nota Fuente: UM Tambomayo

### **3.2.2 Implementación de balanza**

Para poder registrar de manera eficaz el tonelaje de mineral extraido, se instaló una balanza en la cancha de descarga de mineral, el operador del volquete debe pasar por la balanza antes de descargar el mineral, el registro de cada peso llega de manera inmediata al centro de control de operaciones donde se proyecta en pantalla a tiempo real y así poder tomar decisiones respecto a la extracción. A continuación, se muestra un resumen del reporte generado por la balanza electrónica instalada.

**Tabla 11***Reporte generado por la Balanza Electronica*

TURNO	VOLQUETE	TIPO LABOR	NIVEL	LABOR	PESO CARGADO	TARA	TMH	TMS
DIA	V9N-791	TAJO	4540	200 B PAN 4	44770	16220	28 550	26 84
DIA	V9Q-739	TAJO	4540	200 B PAN 4	37550	16440	21 110	19 84
DIA	V2B-782	TAJO	4540	200 B PAN 4	39430	15800	23 630	22 21
DIA	V9N-721	TAJO	4540	200 B PAN 1	40990	16440	24 550	23 08
DIA	ACP-719	TAJO	4540	200 B PAN 1	38720	15000	23 720	22 30
DIA	V9N 721	TAJO	4673	Tj200B_4673	41850	16730	25 120	23 61
DIA	V9L-803	TAJO	4673	Tj200B_4673	41920	15550	26 370	24 79
DIA	V9Q-739	TAJO	4673	Tj200B_4673	42630	16440	26 190	24 62
DIA	V9Q-705	TAJO	4673	Tj200B_4673	44890	16690	28 200	26 51
DIA	V9N-721	TAJO	4673	Tj200B_4673	44260	16730	27 530	25 88
DIA	V9G-875	TAJO	4673	Tj200B_4673	43820	15640	28 180	26 49
DIA	V9Q-739	TAJO	4673	Tj200B_4673	45940	16440	29 500	27 73
NOCHE	B8C-703	AVANCE	4572	S/N 572 - 6	46280	15540	30 740	28 90
NOCHE	V9Q-718	TAJO	4690	MIRTHA 11	38440	16090	22 350	21 01
NOCHE	V9Q-739	AVANCE	4572	S/N 572 - 6	48080	17400	30 680	28 84
NOCHE	V9T-797	TAJO	4690	MIRTHA 11	39350	16230	23 120	21 73
NOCHE	V9N-721	AVANCE	4572	S/N 572 - 6	51400	17000	34 400	32 34
NOCHE	V9T-797	TAJO	4809	MIRTHA 10	42460	16221	26 239	24 66
NOCHE	V2B-782	TAJO	4690	MIRTHA 11	38890	15180	23 710	22 29
NOCHE	V9Q-739	TAJO	4690	MIRTHA 11	39880	17400	22 480	21 13
NOCHE	ACP-719	TAJO	4809	MIRTHA 10	41910	15000	26 910	25 30
NOCHE	AUO-935	TAJO	4809	MIRTHA 10	41870	16050	25 820	24 27
NOCHE	V9Q-705	TAJO	4809	MIRTHA 10	43530	16990	26 540	24 95
NOCHE	V9Q-718	TAJO	4809	MIRTHA 10	43230	16090	27 140	25 51
NOCHE	V9L-803	AVANCE	4572	S/N 572 - 6	47930	15690	32 240	30 31
NOCHE	V9T-797	TAJO	4809	MIRTHA 10	42850	16220	26 630	25 03
NOCHE	V9Q-739	TAJO	4809	MIRTHA 10	42330	17400	24 930	23 43
NOCHE	ACP-719	TAJO	4809	MIRTHA 10	41110	15000	26 110	24 54
NOCHE	V9Q-718	TAJO	4809	MIRTHA 10	44270	16090	28 180	26 49
NOCHE	V9N-721	AVANCE	4572	S/N 572 - 6	49870	17000	32 870	30 90
NOCHE	ACP-719	TAJO	4690	MIRTHA 11	37620	15000	22 620	21 26
NOCHE	V9Q-705	TAJO	4690	MIRTHA 11	39320	16990	22 330	20 99
NOCHE	V9T-797	AVANCE	4572	S/N 572 - 6	50660	16211	34 449	32 38
NOCHE	V9Q-718	TAJO	4690	MIRTHA 11	39610	16090	23 520	22 11
NOCHE	AUO-935	AVANCE	4572	S/N 572 - 6	50620	16050	34 570	32 50
NOCHE	V2B-782	TAJO	4690	MIRTHA 11	40180	15170	25 010	23 51
NOCHE	V9L-803	TAJO	4690	MIRTHA 11	40070	15690	24 380	22 92
NOCHE	V9Q-739	TAJO	4690	MIRTHA 11	41070	17400	23 670	22 25
NOCHE	V9N-721	TAJO	4572	200 B PAN 3	49000	17000	32 000	30 08

Nota. Fuente UM Tambomayo

### 3.2.3 Etapa 2

Se Instalo de un aplicativo en los telefonos móviles de los operadores, donde registran los rendimientos claves de cada actividad, estos datos son enviados al sistema cada vez que los operadores se acerquen a un punto de red y visualizada en el CCO

(media y fin de guardia). Son mostrados como indicadores graficos (dashboard) en pantallas y en los dispositivos de los jefes de linea dentro o fuera de la oficina de mina.

**Figura 16**

**Reportes y procesamiento de información**



Nota. Fuente. UM Tambomayo

**3.2.4 Interface del aplicativo móvil**

El aplicativo permite registrar datos como: inicio y fin de operacion, metros perforados, peso de cada lampon, el tipo de material cargado (mineral, cementado o estenil) a que volquete se esta descargando, etc.

**Figura 17**

**Operador del CCO y operadores de equipos con el aplicativo móvil**



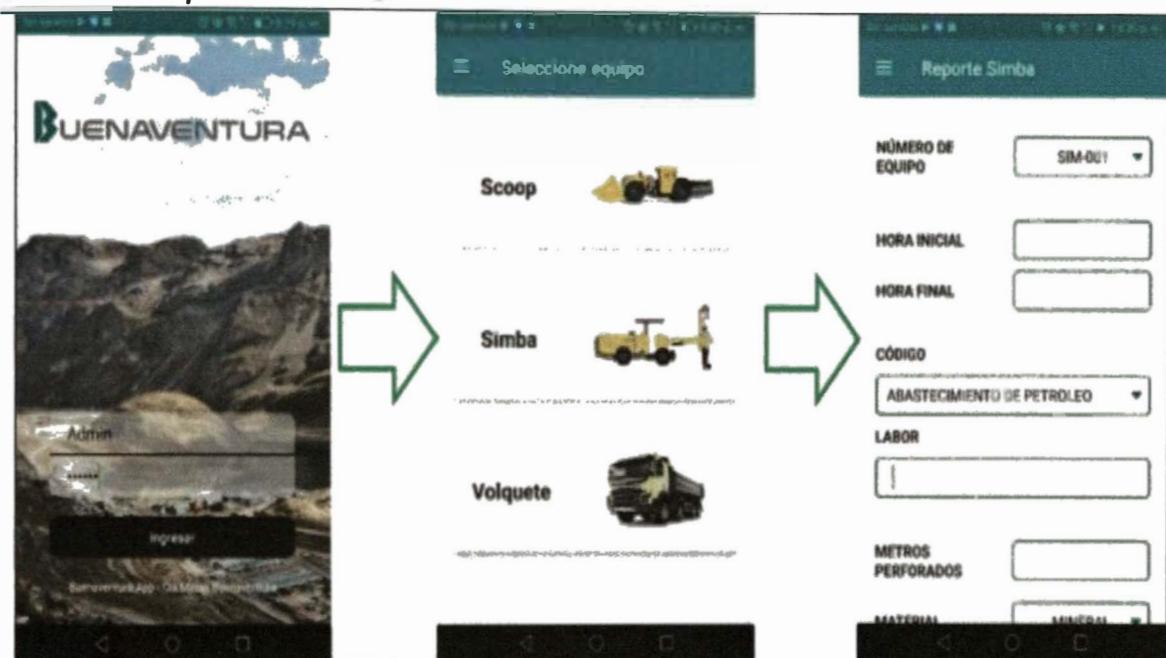
Nota. Fuente. UM Tambomayo

En la figura 17, podemos observar las pantallas que se utilizan en el Centro de Control de Operaciones. En la pantalla de la izquierda se aprecia el estatus de los equipos de carguio y acarreo de mineral, y en la pantalla de la derecha el estado de extracción de

mineral reportados desde la balanza ubicada en la cancha de mineral. A la izquierda se muestra a los operadores de equipos con el aplicativo móvil instalado en sus teléfonos celulares los cuales son reportados de manera inmediata en las pantallas del Centro de Control de Operaciones.

**Figura 18**

*Interface del aplicativo móvil*



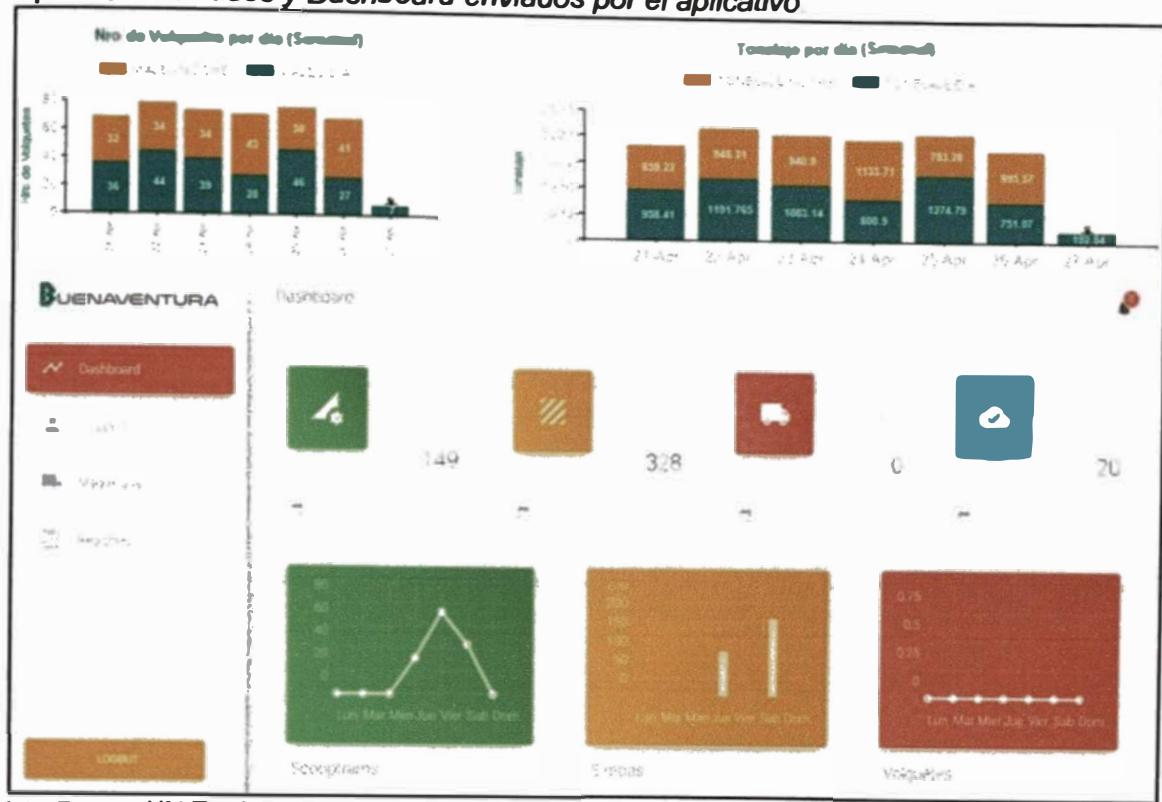
Nota. Fuente: UM Tambomayo

En la figura 16 se muestra la interface del aplicativo móvil instalado en los teléfonos celulares de los operadores, en ella tienen que acceder digitando su nombre y contraseña la cual se les proporciona, luego identifican el equipo que operan ya sea Scoop, Jumbo electrohidráulico o volquete, finalmente digitán los detalles de la operación, como hora de inicio, hora de fin de operación, labor, entre otras.

La información es transmitida en forma automática a una base de datos local para que luego se envíe de manera resumida a la aplicación móvil de los ejecutivos de línea de mina.

**Figura 19**

**Reportes Generados y Dashboard enviados por el aplicativo**



Nota Fuente: UM Tambomayo

El Dashboard generado por el aplicativo se muestra en la figura 17, podemos apreciar el número de volquetes o viajes de mineral que se extrae así como el tonelaje de mineral diario y semanal, también se puede ingresar para ver el estatus de los diferentes equipos mecanizados, este panel permite tomar decisiones más rápidas y oportunas frente a diferentes eventos fortuitos que pudieran perjudicar la normalidad de las labores de producción.

### 3.3 Requerimientos del proyecto

#### 3.3.1 Para el proyecto piloto de máquinas perforadoras Simba:

##### Radios Portátiles

- Se asigna una radio portátil a cada operador de máquina Simba
- Se asigna una banda de transmisión y se programan las radios

##### Redes Leaky Feeder (LF):

- Implementar puntos de soporte (Alcayatas) para ampliar redes de LF

- Ampliar las redes de LF, para que se acerquen a los puntos de trabajo de las maquinas Simba
- Instalar dispositivos complementarios a la red de LF (VHF Splice unit, Termination unit)

**Centro de Control de Operaciones (CCO):**

- Establecer una oficina para el CCO
- Asignar y entrenar operadores (03) para el CCO
- Asignar un escritorio, computadora, anexo, celular (móvil) y radio

**Desarrollo de un sistema de entrada de datos Data Entry (DE)**

- Definir plantillas de ingreso de datos y de presentación detallada y resumida
- Desarrollar un Sistema de ingreso de datos (DE) para el operador del CCO
- Desarrollar el sistema para la entrega de información (DE) para los ejecutivos de línea de la mina

**3.3.2 Para el proyecto Piloto de máquinas de carguío Scoops:**

**Dispositivos Sitech:**

- Comprometer a Sitech enviar a su personal a la UM Tambomayo.
- Brindar alojamiento, alimentacion y acceso a la mina al personal de Sitech
- Desarrollar dispositivo para registrar peso, material y volquete que se carga
- Desarrollar dispositivo de transmisión inalámbrico del dispositivo antes señalado al móvil del operador de Scoop

**Móvil para operadores de Scoop:**

- Asignar una móvil a cada operador de Scoop
- Instalar la aplicación en el móvil del operador de Scoop

**Desarrollo del sistema de ingreso datos (Data Entry):**

- Definir plantillas de ingreso de datos, presentación detallada y resumida
- Desarrollar el sistema de ingreso de datos para el operador del Scoop
- Desarrollar el sistema de ingreso de datos y visualización para el operador del CCO

- Desarrollar el sistema para la entrega de información para los ejecutivos de línea de la mina.

### **3.4 Presupuesto inicial del proyecto**

En la tabla N° 11 se detalla el presupuesto inicial para desarrollar la implementación del Centro de Control de Operaciones, inversión que abarca desde el personal a trabajar hasta las infraestructuras necesarias para su desarrollo.

**Tabla 12**

**Presupuesto para la implementación del Centro de Control de Operaciones**

PRESUPUESTO SOLICITADO	TOTAL (\$)	
Capital	US\$ 4 923	
Gastos Operativos (3 años)	US\$ 7 350	
<b>Total (3 años)</b>	<b>US\$ 12 273</b>	
<hr/>		
PRESUPUESTO DETALLE	MENSUAL (\$)	TOTAL 3 AÑOS (\$)
INFRAESTRUCTURA RADIO VARIS AMPLIFICADOR	-	2 230
INFRAESTRUCTURA RADIO VARIS COMPONENTES		1 894
INFRAESTRUCTURA RADIO VARIS CABLE		549 00
RADIOS	204	7 350
APLICACIÓN	-	250
PERSONAL CENTRO CONTROL DE OPERACIONES (3)	4000	
<b>TOTAL (US\$)</b>	<b>4204</b>	<b>12 273</b>

Nota Fuente UM Tambomayo

Inicialmente el presupuesto estimado es de \$ 12 273 dolares, el cual abarca los gastos operativos del proyecto y el salario del personal calificado, cabe mencionar que el presupuesto está sujeto a modificaciones que puedan surgir durante la implementación y desarrollo del proyecto.

## Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados

### 4.1 Análisis de los resultados de la investigación

#### 4.1.1 Equipos de perforación:

Antes de la implementación del Centro de Control de Operaciones, el promedio en metros perforado de cada equipo de perforación alcanzaba los 4517 metros, Luego de varios meses de tomar muestras se obtuvo un promedio de 6122 metros perforado por equipo que representa un incremento de 36% en metros perforados, esto evidencia que el impacto fue positivo para el jumbo electrohidráulico. El registro de los metros perforados antes y después de la implementación del Centro de Control de operaciones ser muestra en la siguiente tabla:

Tabla 13

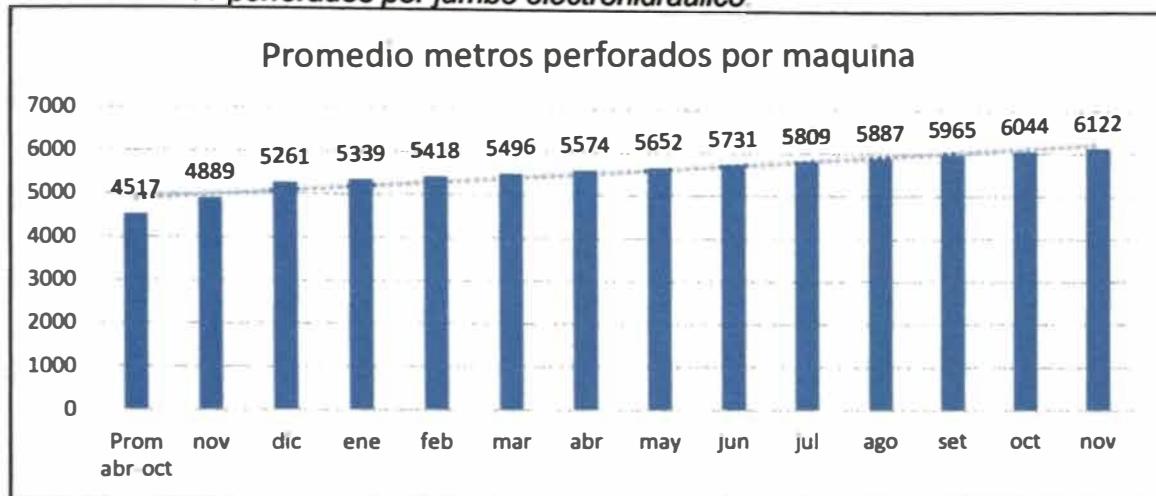
Promedio de metros perforado por el jumbo electrohidráulico

	PROMEDIO METROS PERFORADOS POR MAQUINA	% DE INCREMENTO
Prom abr-oct	4517	
nov	4889	8%
dic	5261	16%
ene	5339	18%
feb	5418	20%
mar	5496	22%
abr	5574	23%
may	5652	25%
jun	5731	27%
jul	5809	29%
ago	5887	30%
set	5965	32%
oct	6044	34%
nov	6122	36%

Fuente: UM Tambomayo

**Figura 20**

*Promedio metros perforados por jumbo electrohidráulico*



Fuente: UM Tambomayo

En la figura 18 se muestra la evolución de los metros perforados, se obtuvo un 36% de incremento respecto al periodo base.

#### **4.1.2 *Equipos de carguío y acarreo de mineral:***

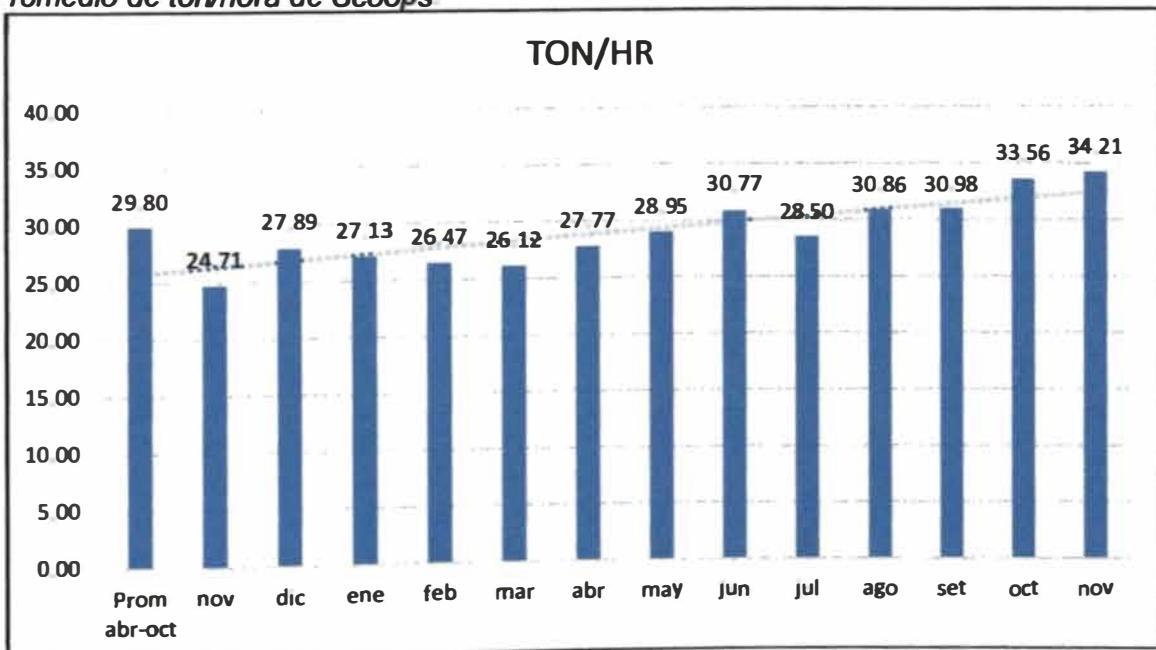
En cuanto a los equipos de carguío y acarreo de mineral y desmonte se tiene la data del tonelaje de mineral movido por hora, en el periodo base se tenía como medida 29.8 ton/hora en promedio por flota de Scoops, luego de la implementación del Centro de Control de Operaciones se logró un incremento hasta de 334.21 ton/hora, lo cual representa un incremento de 15% respecto al periodo base. El registro de las toneladas de mineral movidas por los Scoops antes y despues de la implementación del Centro de Control de Operaciones se muestran en la tabla 13.

**Tabla 14****Toneladas por hora movidas por el equipo Scoop**

PERIODO	TON/HR
Prom abr-oct	29 80
nov	24 71
dic	27 89
ene	27 13
feb	26 47
mar	26 12
abr	27 77
may	28 95
jun	30 77
jul	28 50
ago	30 86
set	30 98
oct	33 56
nov	34 21

Fuente: UM Tambomayo

En la figura N° 19 se muestra la evolución de la cantidad de mineral extraído en promedio por cada scoop evidenciando así el incremento de 29,8 ton/hora a 34,21 ton/hora que representa un incremento de 36%.

**Figura 21****Promedio de ton/hora de Scoops**

Fuente: UM Tambomayo

#### **4.1.3 Reducción de tiempos inoperativos**

Con respecto a las horas operativas de los equipos, en la Tabla N° 14 se observa el antes y después de la implementación del Centro de control de Operaciones, se observa que inicialmente las horas operativas eran menor a las horas no operativas de los equipos durante la guardia de trabajo que consta de 10 horas. Luego de la implementación del Centro de control de Operaciones se observa como las horas operativas han ido incrementándose y por ende se aprecia la reducción de las horas no operativas, este incremento de las horas operativas representa un 22% respecto del periodo base. Los registros tomados de las horas operativas y no operativas de los equipos se muestran a continuación:

**Tabla 15**

**Horas operativas e inoperativas de los equipos mecanizados**

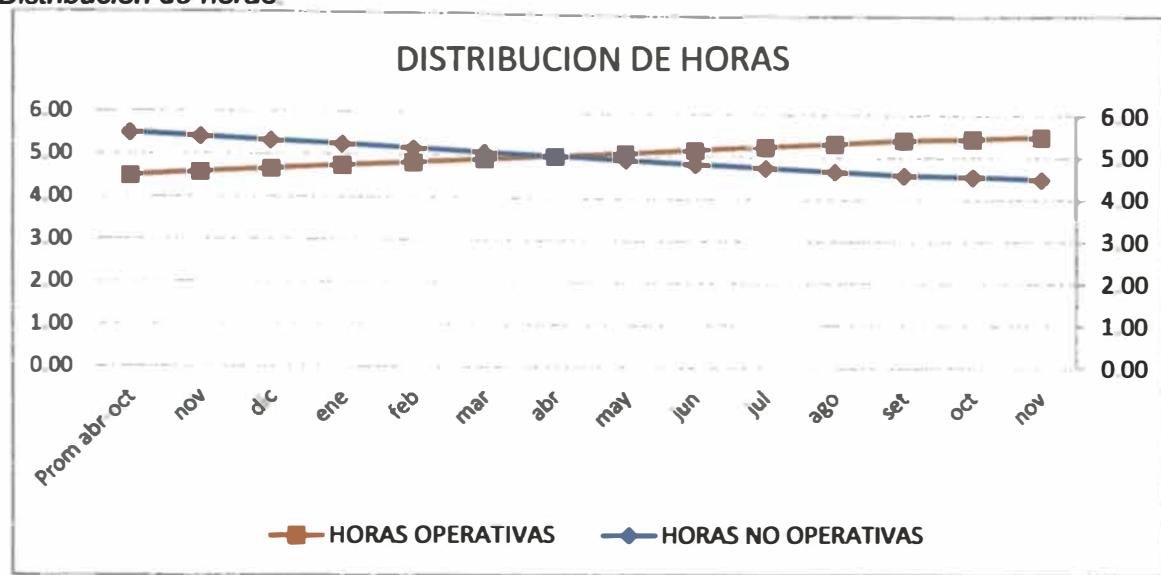
	HORAS	HORAS NO
	OPERATIVAS	OPERATIVAS
Prom abr-oct	4 50	5 50
nov	4 58	5 42
dic	4 67	5 33
ene	4 75	5 25
feb	4 83	5 17
mar	4 92	5 08
abr	5 00	5 00
may	5 08	4 92
jun	5 17	4 83
jul	5 25	4 75
ago	5 33	4 67
set	5 42	4 58
oct	5 45	4 55
nov	5 50	4 50

Fuente: UM Tambomayo

En la figura N° 20 se observa la evolución de la cantidad de horas operativas versus las horas no operativas de los equipos mecanizados, evidenciando el incremento de 4.5 horas a 5.5 horas operativas.

**Figura 22**

*Distribucion de horas*



Fuente: UM Tambomayo

#### **4.2 Discusión de resultados**

En resumen, los resultados obtenidos luego de la implementación del Centro de Control de Operaciones generaron un impacto positivo en el proceso productivo de la unidad minera.

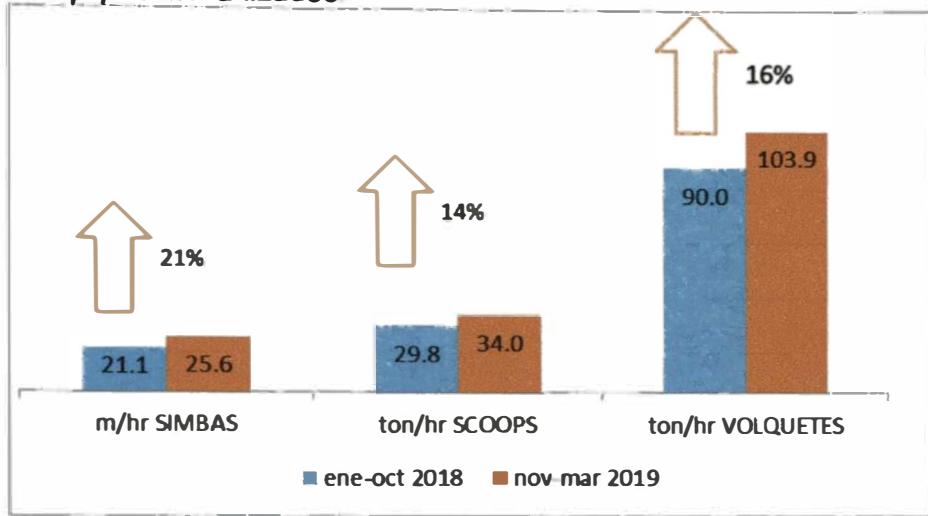
Con respecto al rendimiento de los equipos de perforación de taladros se logró pasar de 21,1 m/hora a 25,6 m/hora, lo cual representa un incremento de 21%.

En cuanto a los equipos de carguío y acarreo de mineral y desmonte se logró pasar de 29,8 ton/hora a 34 ton/hora, lo cual representa un incremento de 14%.

Finalmente, en cuanto a la extracción de mineral se pasó de extraer 90 ton/hora a 103 ton/hora, lo cual representa un incremento de 16% respecto al periodo base.

**Figura 23**

**KPI's de los equipos mecanizados**



Fuente: UM Tambomayo

En la figura N° 23 se aprecia el impacto positivo que tuvo la implementación del Centro de Control de Operaciones en los equipos de perforación de taladros, en los equipos de carguío y acarreo de mineral y desmonte y finalmente estos resultados como repercuten en la extracción de mineral logrando incrementos del 21%, 14% y 16% respectivamente.

#### **4.2.1 Reducción de tiempos improductivos**

En resumen, los resultados obtenidos luego de la implementación del Centro de Control de Operaciones generaron un impacto positivo en las horas operativas de los equipos.

Con respecto a las horas no operativas de los equipos de perforación de taladros se pasó de 12,69 horas por día a 11,98 horas por día representado así una reducción de 5,62% de horas improductivas.

En cuanto a las horas no operativas de los equipos de carguío y acarreo de mineral y desmonte se pasó de 9,13 horas por dia a 8,73 horas por dia representado así una reducción de 4,37 % de horas improductivas.

**Figura 24**

*Reducción de horas inoperativas de los equipos mecanizados*



Fuente UM Tambomayo

**4.2.2 Flujo de caja y análisis económico del proyecto**

**Tabla 16**

*Flujo de caja del proyecto*

Descripción	Costo Inicial (\$)	Costo Mensual (\$)	# meses	Sub Total (\$)	Costo Total Anual (\$)
Radios portátiles	800				800
Salano Operarios CCO		4 000	10	40 000	40 000
Infraestructura de cableado	50 000	16 000	7	112 000	162 000
Aplicativo para móviles	10 000				10 000
<b>Costo anual del proyecto</b>					<b>212 800</b>
<b>Beneficio aproximado por incremento de la productividad</b>					<b>316 920</b>
<b>Ahorro Anual</b>					<b>104 120</b>
<hr/>					
Periodo (años)	1	2	3		
Inversión	(\$60 800)	152 000	40 000		
Rendimiento		480 000	420 000		
Flujo de caja	(\$60 800)	480 000	420 000		
Tasa	10%				
VAN	656 974				
TIR	769%				

Fuente UM Tambomayo

La implementación del Centro de Control de Operaciones en la unidad minera generó un impacto positivo en las operaciones.

Una vez llevado en marcha el proyecto y analizando los beneficios que se consiguen por incremento de la productividad de los equipos, se estima que la ganancia total del proyecto a un año es de USD 316 920 (tabla 16), esto a su vez genera un ahorro anual de \$ 104 120.

## **4.3 Contrastación de hipótesis**

### ***4.3.1 Contrastación de Hipótesis General***

Al implementar el centro de control de Operaciones se logró incrementar la productividad de los equipos mineros subterráneos. Con respecto a la productividad de los equipos de perforación de taladros se logró un incremento de 21% de metros por hora perforados, y con respecto a los equipos de carguío y acarreo de mineral y desmonte se logró un incremento de 14% en cuanto a las toneladas de mineral por hora movidas.

### ***4.3.2 Contrastación de Hipótesis específica***

Al generar los reportes en tiempo real se disminuyó las horas inoperativas de los equipos mineros subterráneos, dichos reportes permiten tomar decisiones rápidas y efectivas frente a inconvenientes que puedan afectar al proceso productivo. Con respecto a las horas no operativas de los equipos de perforación de taladros se redujo en 5,62% y en cuanto a las horas no operativas de los equipos de carguío y acarreo de mineral y desmonte se logró una reducción de 4,37 % de horas improductivas.

## **Conclusiones**

La implementación de un Centro de Control de Operaciones permite lograr el objetivo general planteado el cual consiste en incrementar la productividad de los equipos mineros subterráneos, se aprecio que el rendimiento de los equipos de perforación se incremento en 21% y el rendimiento de los equipos de carguo y acarreo de mineral y desmonte se incrementó en 14%.

A su vez se pudo lograr resolver el objetivo específico planteado el cual consiste en incrementar las horas operativas de los equipos mineros subterráneos mediante la generacion de reportes del Centro de Control de Operaciones. Con respecto a las horas operativas de los equipos se logro un incremento de 22% lo cual tambien repercute en mayor extraccion de mineral llegando a un incrementarse de 90 ton/hora a 103 ton/hora.

En conclusion, la implementacion de un Centro de Control de Operaciones genera una plataforma poderosa para la mejora de la productividad democratizando el objetivo de la compañia y crea un clima de colaboracion y compromiso entre los colaboradores quienes, al ver mejoras en la productividad apuestan por un cambio de actitud frente a la supervisión, Finalmente se puede mencionar que el reporte directo entre el operador y el Centro de Control de operaciones genera una comunicación efectiva con mejora en la toma de decisiones y clandad de responsabilidades.

## **Recomendaciones**

Se recomienda continuar y mantener la cultura de mejora continua en la unidad minera ya que la implementación del Centro de Control de Operaciones es la primera etapa, y como se pudo apreciar los resultados han sido motivadores y generan un clima de confianza y seguridad en los operadores

Para mejorar el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo de mineral y desmonte se recomienda mantener la buena coordinación entre el operador del equipo y el operador del Centro de Control de Operaciones, así mismo el operador del equipo es el primero en informar sobre el estado del equipo minero y estado de las vías para que así se puedan gestionar las ayudas necesarias a fin de no perjudicar el proceso productivo

Para la mejora continua en cuanto a los equipos de perforación se recomienda que el Centro de Control de Operaciones juntamente con los jefes de línea gestionen adecuadamente el traslado del equipo entre labores, de esta manera se reduce los tiempos improductivos, así como también manejar eficientemente los repuestos del almacén para una atención rápida y eficaz ante cualquier avería que pueda tener el equipo

Se recomienda ampliar el alcance de la red para los radios portátiles ya que hay algunas zonas donde la señal es nula o baja y para que el operador del equipo se comunique con el Centro de Control de Operaciones debe caminar un tramo de 20 a 30 metros demorando así el tiempo en que llegará la ayuda necesaria

## Referencias bibliográficas

- Amel, M , Vela, L , Rojas, J (2016), Identificación y análisis de los tiempos improductivos en equipos de las principales actividades operativas del ciclo de producción de una mina subterránea Sublevel Stoping (Tajo por subniveles),  
[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/GERE\\_00951655a94823942c476af10caf2139](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/GERE_00951655a94823942c476af10caf2139)
- Chapple, P. (2016). La apuesta de la minera del futuro. Operación remota y automatización de las faenas. Revista Nueva Minería.  
<http://www.nuevamineria.com/revista/la-apuesta-de-la-mineradel-futuro-operacion-remota-y-automatizacion-de-las-faenas/>
- Clint, C; José, H, (2018), Optimización de los tiempos operativos de los equipos trackless para el logro de la productividad en la compañía minera Volcan, Unidad Chungar,  
[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNMB\\_f29bc15c23af9480534c3fc236fee19b](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNMB_f29bc15c23af9480534c3fc236fee19b)
- Compañía de Minas Buenaventura - Unidad Tambomayo (2018-2019) Resultados Centro Control Operaciones.
- Con, N, (2012), Transformando una Operación de Mediana Minería Subterránea rumbo a Clase Mundial.
- Dessureault, S; Tenorio, V; Rojas, M, (2011), Implementación de una Sala de Control para Investigación de la Mejora de Productividad en Minas a Gran Escala.
- Empresa Minera Codelco – División El teniente (2019) Resultados del Centro Integrado de operaciones Mineras.
- Giacomo, E , y Sanchez, G (2019) Centros integrados de operaciones, cómo optimizar sus beneficios <https://aurysconsulting.com/centros-integradosde-operaciones-como-optimizar-sus-beneficios/>
- Guevara, J , (2012), Administración de maquinarias pesadas en minería subterránea para una óptima producción en la U.P. Uchucchacua,

[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNMB\\_fb081d45e5743679a4ff387f0a1f7806](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNMB_fb081d45e5743679a4ff387f0a1f7806)

Gutierrez, L. J. (2016). Centro integrado de gestión y control de operaciones

<https://www.linkedin.com/pulse/centrointegrado-de-gesti%C3%B3n-y-controloperaciones-iii-luis-guti%C3%A9rez/>

Lopez, D. (2018). Determinación de los factores influyentes en el control y la optimización de la productividad operativa de carguío en la operación minera Cerro Corona – Gold Fields.

Narvaez, D, A, Perez, B, Giubergia, A, (2020). Control y administración de datos en una mina subterránea de oro y plata. *Tecnura*, 24(64), 66-80

Olea, C, (2018), Retos de Innovación y tecnología 4ta Hackaton

Salgado, C, (2020), Mejora de la productividad en equipos de acarreo y transporte de mineral y desmonte en la veta Gavia-Nivel 100, Unidad Minera Huarón,  
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/8430>

Suarez, S, Muñante, C, (2022). Implementación de la gestión de los equipos mineros en pequeña y mediana minería para la mejora de su productividad,  
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/24320>

## Anexos

	Pag.
Anexo 1: Matriz de Consistencia	2
Anexo 2: Reporte de actividades del equipo de perforación	3
Anexo 3: Reporte de actividades del equipo de carguío y acarreo de mineral y desmonte	4
Anexo 4: Reporte de la balanza electrónica	5
Anexo 5: Timeline en la implementación del Centro de Control de Operaciones	6
Anexo 6: Ubicación de los equipos en tiempo real, reporte generado por Centro de Control de Operaciones	7
Anexo 7: Reporte operacional de equipos de perforación de taladros largos generado por Centro de Control de Operaciones	8
Anexo 8: Balanza electrónica registra peso de volquete y envia información al Centro de Control de Operaciones	9
Anexo 9: Estatus de reportes y procesamiento de información mediante recolección de data automatizada	10
Anexo 10: Mejora continua en equipos de carguío y acarreo de mineral y desmonte	11
Anexo 11: Mejora continua en equipos de perforación de taladros largos	12

## Anexo 1. Matriz de Consistencia

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Diseño metodológico
<b>Problema General</b>  ¿Cómo influirá la implementación del Centro de Control de Operaciones en la productividad de equipos mineros subterráneos?	<b>Objetivo General</b>  Mejorar la productividad de los equipos mineros subterráneos mediante la implementación de un Centro de Control de Operaciones	<b>Hipótesis General</b>  Si se implementa un Centro de Control de Operaciones se incrementará la productividad de equipos mineros subterráneos	<b>Variable Dependiente Y</b>  $Y =$ Productividad de equipos mineros subterráneos	<b>Variable Dependiente Y1</b>  Horas operativas <b>Y2</b> m/hr (Equipos de perforacion) <b>Y3</b> Ton/hr (Equipos de carguo y acarreo)	<b>Tipo de Investigación</b>  Explicativo  <b>Diseño de la Investigación</b>  Cuasi experimental  <b>Población</b>  Muestra no probabilística  <b>Técnicas en recolección</b>
<b>Problema específico</b>  ¿Cómo influira los reportes del Centro de Control de Operaciones en el incremento de horas operativas de los equipos mineros subterráneos?	<b>Objetivo Específico</b>  Incrementar las horas operativas de los equipos mineros subterráneos a través de los reportes del Centro de Control de Operaciones	<b>Hipótesis Específica</b>  Si se genera los reportes del Centro de Control de Operaciones se incrementará las horas operativas de los equipos mineros subterráneos	<b>Variable Independiente X</b>  $X =$ Centro de Control de Operaciones	<b>Variable Independiente X1</b>  Reportes dianos	*Observación  *Registro  <b>Instrumento</b>  Reportes dianos

## **Anexo 2. Reporte de actividades del equipo de perforación**

**Anexo 3. Reporte de actividades del equipo de carguío y acarreo de mineral y desmonte**

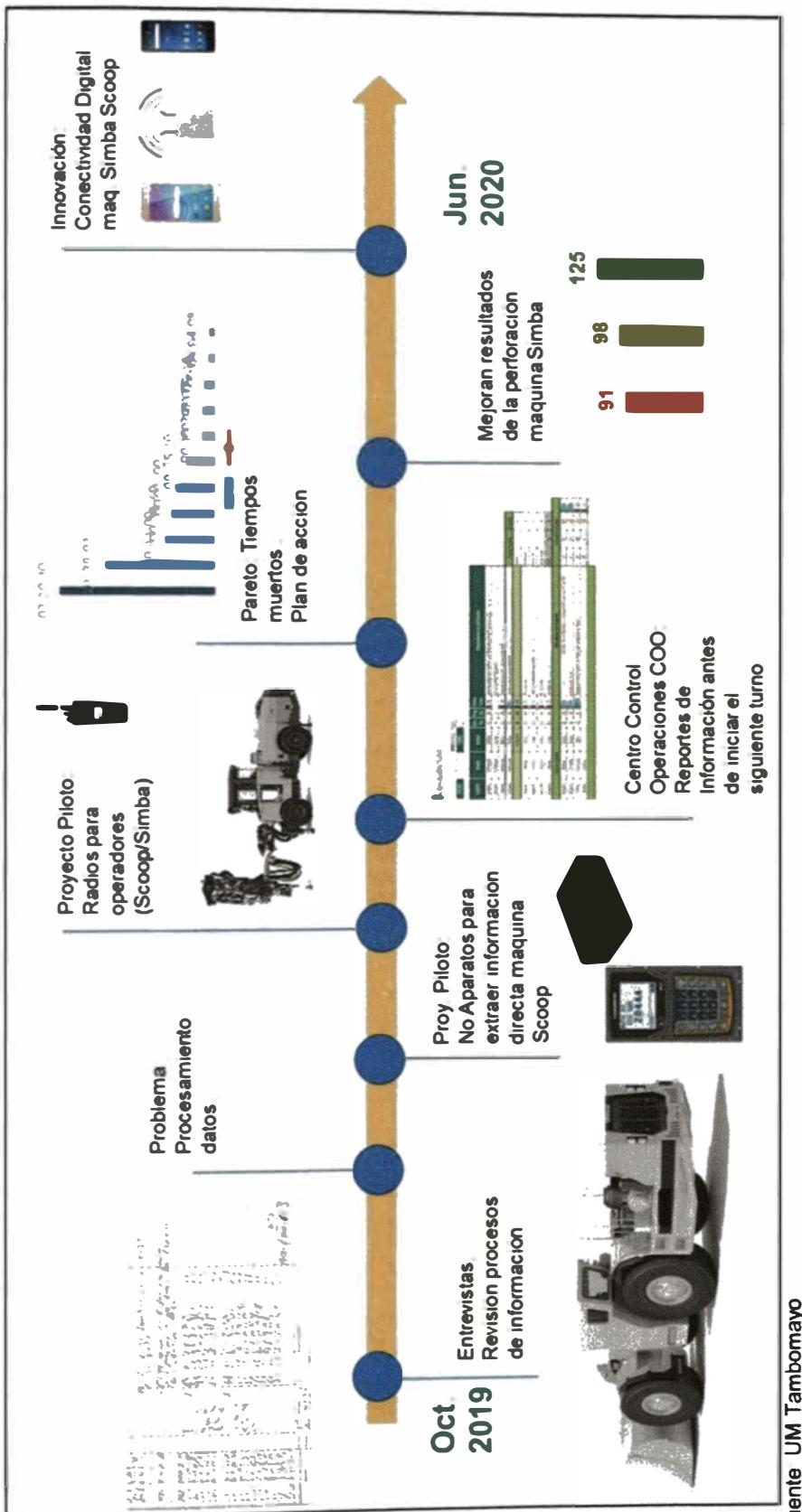
DIGNAVENTURA		REPORTE DE EQUIPO - CARGADOR BAJO FERIL									
		Carga		Formato		Consumo		Peso		Otras	
Nº	FECHA	FECHA	FORMATO	FORMATO	FORMATO	Consumo Inicial	Consumo Final	Peso	Peso	Consumo	Otras
1	02-02-2010	07-02-2010				S304.0	S304.9				
2	07-02-2010	07-02-2010									
3	Día										
4	Mtro. Horacio Chave										
DATOS DE OPERACIÓN											
Nº	Código	Tiempo	Labor Origen	Horometro Diesel	Labor Final						Observación
		Inicio	Termino	Inicio	Final	# de Cargas	Rendim.	Labor Origen	Labor Final		
1	203	17:00	17:20	4140	Taller Mina						
2	202	17:40	17:50	4140	Taller Mina						
3	202	17:50	17:55	4140	Taller Mina						
4	203	17:55	00:05	4140	Taller Mina						
5	200	00:05	00:25	4140	Taller Mina						
6	208	00:40	01:40	4140	Taller Mina						
7	126	02:00	02:10	4140	Feria 331						
8	208	02:40	02:50	4140	Feria 331						
9	126	02:50	03:20	4140	Feria 331						
10	126	03:20	03:40	4140	Feria 331						
11	126	03:40	04:20	4140	Feria 331						
12	126	04:20	04:40	4140	Feria 331						
13	126	04:40	05:00	4140	Feria 331						
14	126	05:00	05:20	4140	Feria 331						
15	126	05:20	05:40	4140	Feria 331						
16	126	05:40	06:00	4140	Feria 331						
17	126	06:00	06:20	4140	Feria 331						
18	126	06:20	06:40	4140	Feria 331						
19	126	06:40	07:00	4140	Feria 331						
20	126	07:00	07:20	4140	Feria 331						
21	126	07:20	07:40	4140	Feria 331						
22	126	07:40	08:00	4140	Feria 331						
23	126	08:00	08:20	4140	Feria 331						
24	126	08:20	08:40	4140	Feria 331						
25	126	08:40	09:00	4140	Feria 331						
26	126	09:00	09:20	4140	Feria 331						
27	126	09:20	09:40	4140	Feria 331						
28	126	09:40	10:00	4140	Feria 331						
29	126	10:00	10:20	4140	Feria 331						
30	126	10:20	10:40	4140	Feria 331						
31	126	10:40	11:00	4140	Feria 331						
32	126	11:00	11:20	4140	Feria 331						
33	126	11:20	11:40	4140	Feria 331						
34	126	11:40	12:00	4140	Feria 331						
35	126	12:00	12:20	4140	Feria 331						
36	126	12:20	12:40	4140	Feria 331						
37	126	12:40	13:00	4140	Feria 331						
38	126	13:00	13:20	4140	Feria 331						
39	126	13:20	13:40	4140	Feria 331						
40	126	13:40	14:00	4140	Feria 331						
41	126	14:00	14:20	4140	Feria 331						
42	126	14:20	14:40	4140	Feria 331						
43	126	14:40	15:00	4140	Feria 331						
44	126	15:00	15:20	4140	Feria 331						
45	126	15:20	15:40	4140	Feria 331						
46	126	15:40	16:00	4140	Feria 331						
47	126	16:00	16:20	4140	Feria 331						
48	126	16:20	16:40	4140	Feria 331						
49	126	16:40	17:00	4140	Feria 331						
50	126	17:00	17:20	4140	Feria 331						
51	126	17:20	17:40	4140	Feria 331						
52	126	17:40	18:00	4140	Feria 331						
53	126	18:00	18:20	4140	Feria 331						
54	126	18:20	18:40	4140	Feria 331						
55	126	18:40	19:00	4140	Feria 331						
56	126	19:00	19:20	4140	Feria 331						
57	126	19:20	19:40	4140	Feria 331						
58	126	19:40	20:00	4140	Feria 331						
59	126	20:00	20:20	4140	Feria 331						
60	126	20:20	20:40	4140	Feria 331						
61	126	20:40	21:00	4140	Feria 331						
62	126	21:00	21:20	4140	Feria 331						
63	126	21:20	21:40	4140	Feria 331						
64	126	21:40	22:00	4140	Feria 331						
65	126	22:00	22:20	4140	Feria 331						
66	126	22:20	22:40	4140	Feria 331						
67	126	22:40	23:00	4140	Feria 331						
68	126	23:00	23:20	4140	Feria 331						
69	126	23:20	23:40	4140	Feria 331						
70	126	23:40	24:00	4140	Feria 331						
71	126	24:00	24:20	4140	Feria 331						
72	126	24:20	24:40	4140	Feria 331						
73	126	24:40	25:00	4140	Feria 331						
74	126	25:00	25:20	4140	Feria 331						
75	126	25:20	25:40	4140	Feria 331						
76	126	25:40	26:00	4140	Feria 331						
77	126	26:00	26:20	4140	Feria 331						
78	126	26:20	26:40	4140	Feria 331						
79	126	26:40	27:00	4140	Feria 331						
80	126	27:00	27:20	4140	Feria 331						
81	126	27:20	27:40	4140	Feria 331						
82	126	27:40	28:00	4140	Feria 331						
83	126	28:00	28:20	4140	Feria 331						
84	126	28:20	28:40	4140	Feria 331						
85	126	28:40	29:00	4140	Feria 331						
86	126	29:00	29:20	4140	Feria 331						
87	126	29:20	29:40	4140	Feria 331						
88	126	29:40	30:00	4140	Feria 331						
89	126	30:00	30:20	4140	Feria 331						
90	126	30:20	30:40	4140	Feria 331						
91	126	30:40	31:00	4140	Feria 331						
92	126	31:00	31:20	4140	Feria 331						
93	126	31:20	31:40	4140	Feria 331						
94	126	31:40	32:00	4140	Feria 331						
95	126	32:00	32:20	4140	Feria 331						
96	126	32:20	32:40	4140	Feria 331						
97	126	32:40	33:00	4140	Feria 331						
98	126	33:00	33:20	4140	Feria 331						
99	126	33:20	33:40	4140	Feria 331						
100	126	33:40	34:00	4140	Feria 331						
101	126	34:00	34:20	4140	Feria 331						
102	126	34:20	34:40	4140	Feria 331						
103	126	34:40	35:00	4140	Feria 331						
104	126	35:00	35:20	4140	Feria 331						
105	126	35:20	35:40	4140	Feria 331						
106	126	35:40	36:00	4140	Feria 331						
107	126	36:00	36:20	4140	Feria 331						
108	126	36:20	36:40	4140	Feria 331						
109	126	36:40	37:00	4140	Feria 331						
110	126	37:00	37:20	4140	Feria 331						
111	126	37:20	37:40	4140	Feria 331						
112	126	37:40	38:00	4140	Feria 331						
113	126	38:00	38:20	4140	Feria 331						
114	126	38:20	38:40	4140	Feria 331						
115	126	38:40	39:00	4140	Feria 331						
116	126	39:00	39:20	4140	Feria 331						
117	126	39:20	39:40	4140	Feria 331						
118	126	39:40	40:00	4140	Feria 331						
119	126	40:00	40:20	4140	Feria 331						
120	126	40:20	40:40	4140	Feria 331						
121	126	40:40	41:00	4140	Feria 331						
122	126	41:00	41:20	4140	Feria 331						
123	126	41:20	41:40	4140	Feria 331						
124	126	41:40	42:00	4140	Feria 331						
125	126	42:00	42:20	4140	Feria 331						
126	126	42:20	42:40	4140	Feria 331						
127	126	42:40	43:00	4140	Feria 331						
128	126	43:00	43:20	4140	Feria 331						
129	126	43:20	43:40	4140</							

**Anexo 4. Reporte de la balanza electrónica**

**REPORTE DE ALIMENTACION DIRECTA A TOLVA**

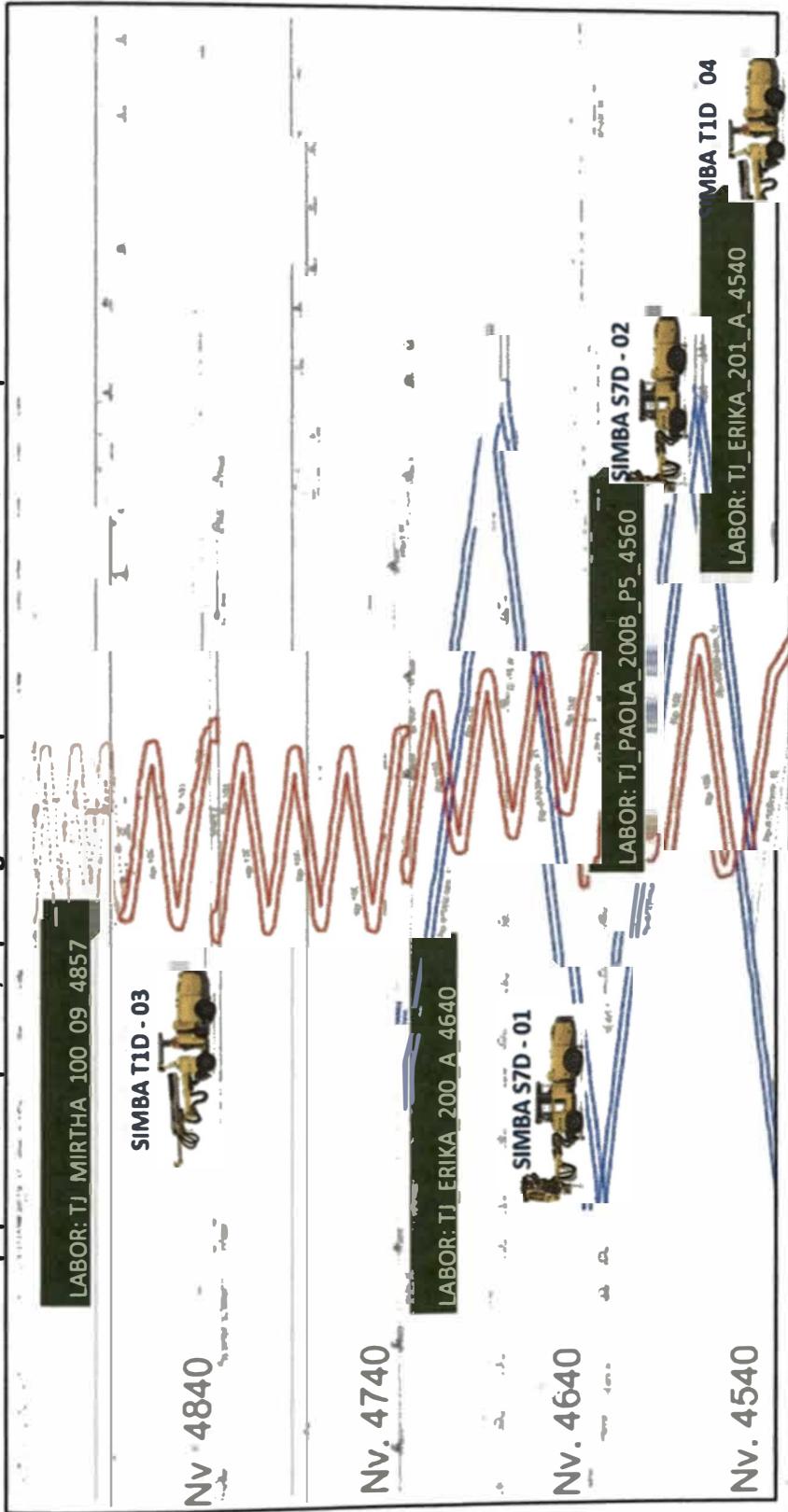
HORA	EMPRESA	PLACA	NIVEL	LABOR	PESO	FIRMA
1	Refineria	88-703	4572	200-B-P-5	73600	
2	Transmision	ALM-906	4572	200B-P-5	72410	
3	Refinaria	V2B-782	4572	200B-P-5	42390	
4	Miguel Alvaro	V2B-782	4572	200B-P-5	7500	
5	Miguel Alvaro	V2B-782	4572	200B-P-5	7500	
6	Miguel Alvaro	V2B-782	4572	200B-P-5	39400	
7	Refineria	RBC-703	4572	200B-P-5	44070	
8	Refineria	RBC-703	4572	200B-P-5	44070	
9	Transmision	ALM-906	4572	200B-P-5	44090	
10	Refineria	88-703	4572	200B-P-5	44280	
11	Refineria	88-703	4572	200B-P-5	45700	
12	Refineria	V2B-782	4572	200B-P-5	39160	
13	Refineria	BBC-703	4572	200B-P-5	26070	
14	Miguel Alvaro	V2B-782	4572	200B-P-5	45280	
15	Miguel Alvaro	V2B-782	4572	200B-P-5	13840	
16	Transmision	ALM-906	4572	200B-P-5	44360	
17	Miguel Alvaro	V2B-782	4572	200B-P-5	45170	
18	Sutimex	V2B-782	4572	200B-P-5	40100	
19	Miguel Alvaro	V2B-782	4572	200B-P-5	40030	
20	Transmision	ALM-906	4572	200B-P-5	93500	
21	Sutimex	V2B-782	4572	200B-P-5	41990	
22	Refineria	V2B-782	4572	200B-P-5	44150	
23	Miguel Alvaro	V2B-782	4572	200B-P-5	42000	
24	Miguel Alvaro	V2B-782	4572	200B-P-5	43800	
25	Miguel Alvaro	V2B-782	4572	200B-P-5	13740	
26	Refineria	V2B-782	4572	200B-P-5	14880	
27	Transmision	ALM-906	4572	200B-P-5	44250	
28	Miguel Alvaro	V2B-782	4572	200B-P-5	15680	
29	Sutimex	V2B-782	4572	200B-P-5	510230	
30	Miguel Alvaro	V2B-782	4572	200B-P-5	46500	
31	Refineria	V2B-782	4572	200B-P-5	44200	
32	Miguel Alvaro	V2B-782	4572	200B-P-5	43200	
33	Transmision	ALM-906	4572	200B-P-5	44250	
34	Miguel Alvaro	V2B-782	4572	200B-P-5	40400	
35	Transmision	V2B-782	4572	200B-P-5	44200	
36	Miguel Alvaro	V2B-782	4572	200B-P-5	44200	
37	Transmision	ALM-906	4572	200B-P-5	44200	
38	Sutimex	V2B-782	4572	200B-P-5	44200	
39	Refineria	RBC-703	4572	200B-P-5	54400	
40	Miguel Alvaro	V2B-782	4572	200B-P-5	44200	
41	Miguel Alvaro	V2B-782	4572	200B-P-5	44200	
42	Sutimex	V2B-782	4572	200B-P-5	44200	
43	Miguel Alvaro	V2B-782	4572	200B-P-5	44200	
44	Refineria	V2B-782	4572	200B-P-5	44200	
45	Miguel Alvaro	V2B-782	4572	200B-P-5	15680	
46	Transmision	ALM-906	4572	200B-P-5	16250	
47						
48						
49						
50						

**Anexo 5: Timeline en la implementación del Centro de Control de Operaciones.**



Nota Fuente UM Tambomayo

**Anexo 6: Ubicación de los equipos en tiempo real, reporte generado por Centro de Control de Operaciones.**



Nota Fuent UM Tambomayo

**Anexo 7: Reporte operacional de equipos de perforación de taladros largos generado por Centro de Control de Operaciones.**

Buenaventura		FORMULARIO	CODIGO REVISION			
		APROBADO	PAGINA			
		1 de 1				
Responsable Guardia	MANUEL VEGA - DIA	Area:	MINIA			
Responsable Dara:	HILDEBRANDO	Fecha y Hora:	20/12/2018 - 08:30 Hrs			
SUB AREAS / RESPONSABLES		Indicador de Gestión		ESTADO HORAS MUERTAS		
1 Perforación	Und	Prog	Real	ESTADO	Avance	Horas Muertas
1.1	Simba 1	m	18	Atendiendo	0	1.5
1.2	Simba 2	m	18	Corregido	0	0
1.3	Simba 3	m	18	Corregido	0.7	0.7
1.4	Simba 4	m	18	Corregido	0.5	0.5
				Detalle		2.7
				Estado		

**ESTADOS DE LA OBSERVACION DE HORAS MUERTAS**

Los Programado se actualizará automáticamente cada hora

automáticamente con lo ingresado por Control de Operaciones (Horas Programadas menos Horas Operacion)

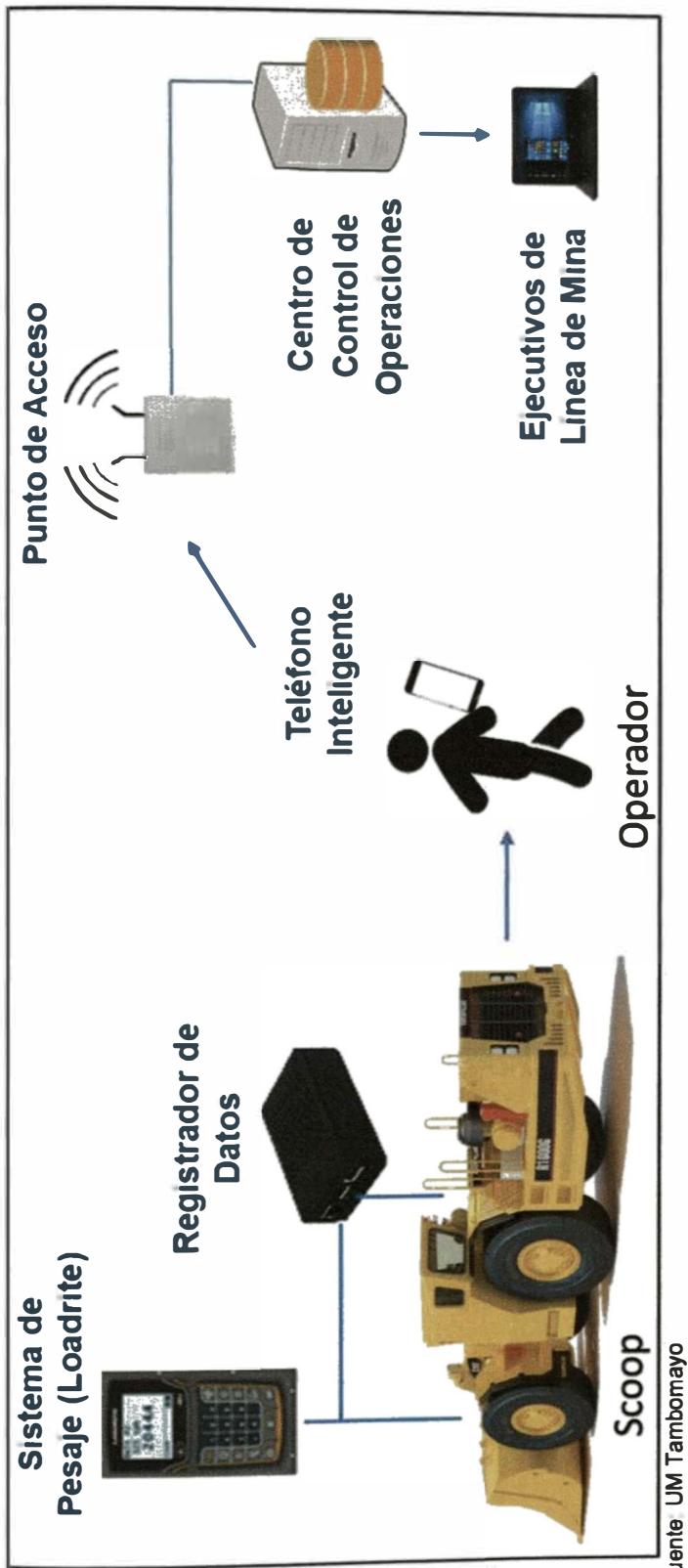
Nota Fuente: UM Tambomayo

**Anexo 8: Balanza electrónica registra peso de volquete y envía información al Centro de Control de Operaciones.**



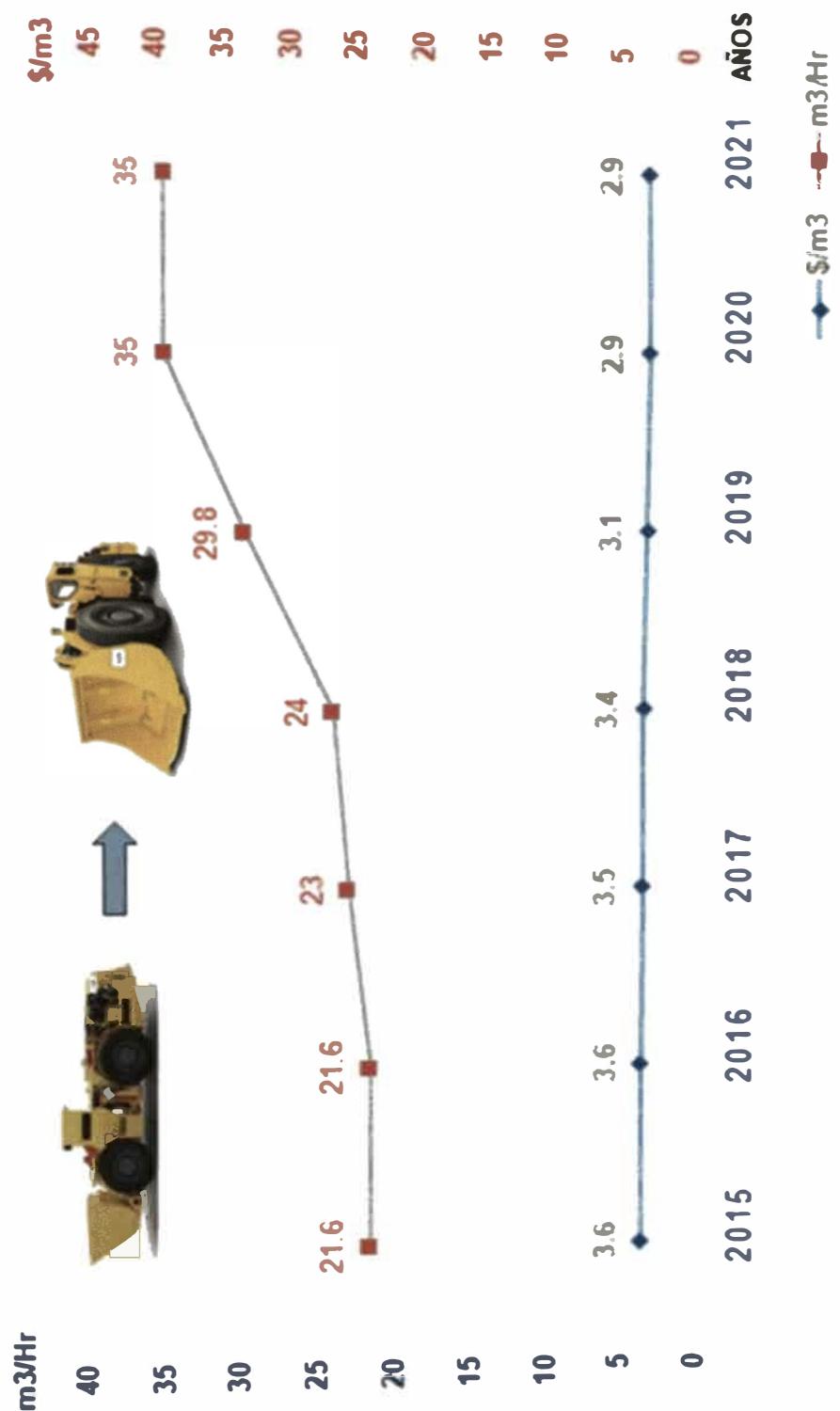
Nota Fuen<sup>te</sup> UM Tambomayo

**Anexo 9. Estatus de reportes y procesamiento de información mediante recolección de data automatizada.**



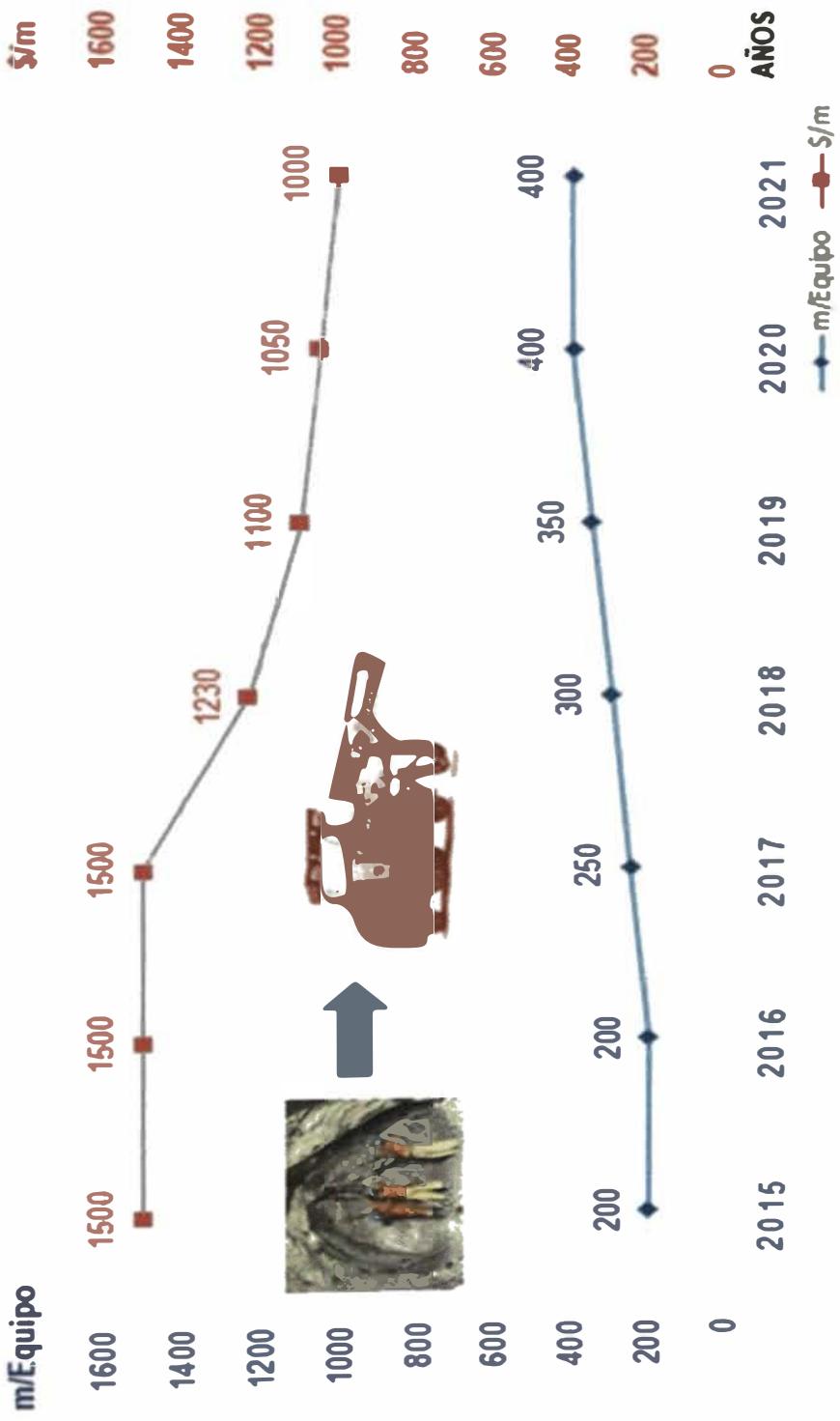
Nota: Fuente: UM Tambomayo

**Anexo 10: Mejora continua en equipos de carguío y acarreo de mineral y desmonte.**



Nota Fuente UIM Tambomayo

**Anexo 11: Mejora continua en equipos de perforación de taladros largos.**



Nota Fuente UIM Tambomayo