

**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC  
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**TESIS**

**“CARGUÍO Y ACARREO DE MINERAL MEDIANTE EL USO DE INDICADORES  
CLAVES DE DESEMPEÑO (KPIs) EN CIA MINERA LOS QUENUALES S.A.,  
YAULIYACU, LIMA -2018.”**

**PRESENTADO POR:**

**BACH. YURY PIZARRO SANCHEZ  
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO DE MINAS**

**ABANCAY - PERÚ  
2019**



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



Tesis

“CARGUÍO Y ACARREO DE MINERAL MEDIANTE EL USO DE INDICADORES  
CLAVES DE DESEMPEÑO (KPIs) EN CIA MINERA LOS QUENUALES S.A., YAULIYACU,  
LIMA-2018.”

Presentado por BACH. YURY PIZARRO SANCHEZ, para optar el Título de:  
INGENIERO DE MINAS

Sustentado y aprobado el martes, 22 de octubre del 2019 ante el jurado:

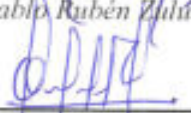
Presidente:

  
Mtro. Franklin Aguirre Huillcas

Primer Miembro:

  
Dr. Pablo Rubén Zuluaga Candia

Segundo Miembro:

  
Ing. Giovanni Frisancho Triveño

Asesor (es):

  
Ing. Rodolfo Andrés Mattos Ojeda

### **Agradecimiento**

*El presente trabajo de tesis quiero darle gracias a Dios quien me ha dado la vida y me ha permitido estudiar esta gran carrera; Por su apoyo y provisiones en mi vida, por darme las fuerzas para seguir adelante cada día, y poder culminar esta gran etapa de vida.*

*A la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac por haberme dado cobijo y por brindar conocimientos que aprendí en ella.*

*Agradezco por la confianza y el apoyo brindado por parte de mis padres, que siempre me han dado su apoyo incondicional y a quien debo este triunfo profesional, por todo su trabajo y dedicación para darme una formación académica.*

EL AUTOR



## **Dedicatoria**

*A Dios por estar siempre conmigo en todo momento.*

*A mis padres: Zenón y Sebastiana, por estar apoyándome en todo momento.*

*A mi hermano: Fernando por su apoyo incondicional en la elaboración del presente trabajo.*



## ÍNDICE

CAPÍTULO I	
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.1 Descripción del problema.....	4
1.2 Enunciado.....	5
1.2.1 General.....	5
1.2.2 Específicos.....	5
1.3 Objetivos.....	5
1.3.1 General.....	5
1.3.2 Específicos.....	5
1.4 Justificación.....	5
1.5 Delimitación.....	6
1.5.1 Delimitación espacial.....	6
1.5.2 Delimitación social.....	6
1.5.3 Delimitación temporal.....	6
1.5.4 Delimitación Conceptual.....	7
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO.....	8
2.1 Antecedentes.....	8
2.1.1 Antecedentes internacionales.....	8
2.1.2 Antecedentes a nivel nacional:.....	9
2.2 Marco referencial / Base teórica.....	9
2.2.1 Geología.....	10
2.2.2 Estratigrafía.....	12
2.2.3 Índices de Operación Minera.....	33
2.2.4 Tiempo de Operación Minera.....	34
2.2.5 Índices Operacionales.....	37
2.2.6 Diagrama Causa - Efecto (Ishikawa).....	39
2.2.7 Diagrama de Pareto.....	39
2.3 Definición de términos (marco conceptual).....	41
2.3.1 Rampa:.....	41
2.3.2 Cruceros:.....	41
2.3.3 Chimeneas:.....	41
2.3.4 By Pass.....	41
2.3.5 Ore pass (OP).....	41
2.3.6 Galerías sobre Veta.....	41
2.3.7 Galería de extracción.....	41
2.3.8 Raise boring (RB).....	41
2.3.9 Costos directos.....	42



2.3.10	Costos indirectos.....	42
2.3.11	Costos operativos o de producción mina .....	42
2.3.12	Rendimiento .....	42
2.3.13	Key Performance Indicators (KPIs).....	42
2.3.14	Indicador .....	42
2.3.15	Control de operaciones .....	42
2.3.16	Transporte de mineral .....	43
2.3.17	Acarreo de mineral .....	43
2.3.18	Productividad.....	43
2.3.19	Eficiencia.....	43
<b>CAPÍTULO III</b>		
<b>DISEÑO METODOLÓGICO .....</b>		<b>44</b>
3.1	Definición de Variables .....	44
3.2	Operacionalización de variables .....	44
3.3	Hipótesis de la Investigación.....	45
3.3.1	Hipótesis general .....	45
3.3.2	Hipótesis específicas.....	45
3.4	Tipo y diseño de la investigación .....	45
3.4.1	Tipo.....	45
3.4.2	Diseño. ....	45
3.5	Población y muestra.....	45
3.5.1	Población.....	45
3.5.2	Muestra.....	45
3.6	Procedimiento de la investigación .....	45
3.7	Material de investigación .....	46
3.7.1	Instrumentos de investigación .....	46
	Los instrumentos a usar en el proyecto de investigación son los siguientes: .....	46
<b>CAPÍTULO IV</b>		
<b>RESULTADOS .....</b>		<b>47</b>
4.1	Descripción de los resultados. ....	47
4.1.1	Trabajo In-situ: .....	47
4.1.2	Trabajo de gabinete.....	48
<b>CAPÍTULO V</b>		
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>104</b>
5.1	CONCLUSIONES.....	104
5.2	RECOMENDACIÓN: .....	105
<b>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA .....</b>		<b>106</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>108</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1 TIEMPO DE OPERACIÓN .....	36
TABLA N° 2 VARIABLES, INDICADORES Y/O ÍNDICES. ....	44
TABLA N° 3 DATOS TÉCNICOS DE LOS EQUIPOS DE CARGUÍO.....	48
TABLA N° 4 DATOS TÉCNICOS DE LOS EQUIPOS DE ACARREO .....	48
TABLA N° 5 INDICADORES DE EQUIPO DE CARGUÍO 2017.....	49
TABLA N° 6 INDICADORES DE LOS EQUIPOS DE ACARREO 2017 .....	49
TABLA N° 7 TIEMPOS ACTUALES DE LOS SCOOP CAT-R1600G .....	50
TABLA N° 8 SUMA DE TODA LAS DEMORAS OPERATIVAS SCOOP R1300G .....	51
TABLA N° 9 TIEMPOS ACTUALES DE LOS DUMPERS EJC-417 .....	53
TABLA N° 10 FACTOR DE CARGA DE MINA YAULIYACU.....	54
TABLA N° 11 RESUMEN DE TIEMPOS PARA CALCULAR INDICADORES .....	55
TABLA N° 12 TPM DE LOS TRABAJOS IN-SITU .....	57
TABLA N° 13 PARÁMETROS DE DATOS MEDIDOS EN MINA .....	59
TABLA N° 14 MANUAL DE RENDIMIENTO CATERPILLAR.....	60
TABLA N° 15 PARÁMETROS PARA CÁLCULO DE RENDIMIENTO.....	60
TABLA N° 16 TPM DE LOS TIEMPOS DE TRABAJO .....	62
TABLA N° 17 MANUAL DE RENDIMIENTO CATERPILLAR.....	63
TABLA N° 18 TPM DE LA ACTIVIDAD PROGRAMADA DUMPER-EJC-417.....	68
TABLA N° 19 PLANEAMIENTO A CORTO PLAZO.....	70
TABLA N° 20 MANUAL DE RENDIMIENTO CATERPILLAR .....	70
TABLA N° 21 CÁLCULO DE KPIS, RESUMEN DE DATOS DEL ANEXO I .....	72
TABLA N° 22 PRODUCCIÓN ACTUAL DIARIO DE EQUIPOS - UM-YAULIYACU.....	75
TABLA N° 23 NÚMERO ACTUAL DE DUMPERS .....	76
TABLA N° 24 PARETO DEL SCOOP CAT-R1600G.....	78
TABLA N° 25 PARETO DE EQUIPO SCOOP CAT-R1300G .....	79
TABLA N° 26 PARETO DE LOS DUMPERS EJC - 417.....	80
TABLA N° 27 TIEMPO OPTIMIZADO SCOOP CAT-R1600G .....	86
TABLA N° 28 TIEMPO OPTIMIZADO DEL SCOOP CAT-R1300G.....	87
TABLA N° 29 TIEMPO OPTIMIZADO DE DUMPERS EJC-417 .....	89
TABLA N° 30 TPM OPTIMIZADO DEL SCOOP-R1600 .....	91
TABLA N° 31 PARÁMETRO PARA EL CÁLCULO DE RENDIMIENTO SCOOP-R1600G. ....	92
TABLA N° 32 TIEMPOS OPTIMIZADOS SEGÚN LOS TPMS DE LOS EQUIPOS EN ESTUDIO .....	94
TABLA N° 33 PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DE RENDIMIENTO DE SCOOP CAT R1300G .....	95
TABLA N° 34 TIEMPOS OPTIMIZADOS SEGÚN LOS TPMS DE LOS EQUIPOS EN ESTUDIO .....	96
TABLA N° 35 PARÁMETROS PARA CÁLCULOS DE PRODUCTIVIDAD OPTIMIZADOS DEL DUMPER - EJC-417 .....	97
TABLA N° 36 CUADRO COMPARATIVO DE KPIS.....	98
TABLA N° 37 CUADRO DE PRODUCCIÓN DE TAJOS SECCIÓN IV .....	100
TABLA N° 38 CUADRO COMPARATIVO DE KPIS PARA LA NUEVA PRODUCCIÓN DE MINERAL. ....	100
TABLA N° 39 REQUERIMIENTO DE FLOTA PARA MOVIMIENTO DE MINERAL .....	101
TABLA N° 40 EQUIPOS DE TRANSPORTE, FACTOR DE ACOPLAMIENTO.....	103

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO N° 1 PRINCIPIO DE PARETO .....	40
GRÁFICO N° 2 REGLA DEL 80/20.....	40
GRÁFICO N° 3 ACTIVIDADES ACTUALES DEL SCOOP-CAT-R1600G .....	51
GRÁFICO N° 4 ACTIVIDADES ACTUALES REALIZADOS CON EL SCOOP-R1300G.....	52
GRÁFICO N° 5 ACTIVIDADES ACTUALES DE LOS DUMPERS .....	53
GRÁFICO N° 6 FACTOR DE CARGA DE MINA YAULIYACU .....	54
GRÁFICO N° 7 CONSOLIDADO DE TIEMPOS PARA CALCULO DE INDICADORES .....	56
GRÁFICO N° 8 CONSOLIDADO DE DATOS PARA EL CÁLCULO DE INDICADORES.....	61
GRÁFICO N° 9 VELOCIDAD MEDIDO EN CAMPO.....	64
GRÁFICO N° 10 CONSOLIDADO DE DATOS PARA EL CÁLCULO DE KPIS DUMPER .....	67
GRÁFICO N° 11 VELOCIDAD MEDIDO EN CAMPO DEL EQUIPO LHD .....	71
GRÁFICO N° 12 DISPONIBILIDAD MECÁNICA VS UTILIZACIÓN EFECTIVA .....	77
GRÁFICO N° 13 DIAGRAMA DE PARETO DEL SCOOP CAT-R1600G.....	78
GRÁFICO N° 14 DIAGRAMA DE PARETO DEL EQUIPO SCOOP CAT-R1300 .....	79
GRÁFICO N° 15 DIAGRAMA DE PARETO DE LOS DUMPERS EJC – 417.....	80
GRÁFICO N° 16 DIAGRAMA DE ISHIKAWA DEL SCOOP CAT - R1600G.....	81
GRÁFICO N° 17 DIAGRAMA DE ISHIKAWA DEL SCOOP CAT-R1300G .....	82
GRÁFICO N° 18 DIAGRAMA DE ISHIKAWA DEL DUMPER EJEC-417.....	83
GRÁFICO N° 19 GRÁFICO DE ACTIVIDADES OPTIMIZADAS DE SCOOP-CAT R1600G .....	86
GRÁFICO N° 20 GRÁFICOS DE ACTIVIDADES OPTIMIZADOS DEL SCOOP CAT-R1300G.....	88
GRÁFICO N° 21 GRÁFICA DE ACTIVIDADES OPTIMIZADAS DE DUMPERS EJEC - 417 .....	90
GRÁFICO N° 22 RESUMEN DE KPIS DE EQUIPOS EN ESTUDIO.....	99
GRÁFICO N° 23 PRODUCCIÓN DE FLOTA REQUERIMIENTO .....	102

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1 DISTANCIA DE ACARREO DE SCOOP-R1600G .....	58
FIGURA N° 2 PERFIL DE UN EQUIPO LHD.....	64

## ÍNDICE DE FOTOS

FOTO N° 1 DRAWPOINT ( PUNTO DE CARGA) /CÁMARA DE ACUMULACIÓN .....	72
FOTO N° 2 ORE PASS (ECHADERO DE MINERAL).....	72



CARGUÍO Y ACARREO DE MINERAL MEDIANTE EL USO DE INDICADORES  
CLAVES DE DESEMPEÑO (KPIs) EN CIA MINERA LOS QUENUALES S.A.,  
YAULIYACU, LIMA-2018.”

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



## INTRODUCCIÓN

La industria minera, una de las actividades económicas de mayor importancia en nuestro país, ha sentido el efecto de la crisis energética y del encarecimiento de los insumos básicos. Ante un panorama que presenta un permanente ascenso de los costos de producción, se hace muy necesario mantener un control severo de los costos de operación, como un arma que permita a la empresa minera mantenerse rentable y competitiva en el mercado de minerales.

El conocimiento y control de los rendimientos es especialmente importante, pues con ello se determina primero, la capacidad de producción que es posible alcanzar, segundo, su efectividad y, por último, el potencial productivo y rentabilidad económica del proyecto.

Con los indicadores KPIs la unidad minera Yauliyacu busca minimizar costos operativos como toda empresa minera, esto sin descuidar los estándares operativos y siempre priorizando la seguridad, es por esta razón que se busca siempre optimizar las actividades mineras.

El presente trabajo de tesis se enfoca en el “CARGUÍO Y ACARREO DE MINERAL MEDIANTE EL USO DE INDICADORES CLAVES DE DESEMPEÑO (KPIs) EN COMPANÍA MINERA LOS QUENUALES S.A., YAULIYACU, LIMA-2018.” se desarrollan los siguientes capítulos para el desarrollo de la investigación las cuales están organizadas como siguen.

**CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.** - En este capítulo se describe el problema, los enunciados, los objetivos, la justificación y las delimitaciones de la investigación.

**CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.** - En este capítulo se desarrollará los antecedentes de la investigación, el marco referencial y la definición de términos

**CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO.** – Este capítulo contiene la definición de las variables de la investigación, la operacionalización de variables, las hipótesis de la investigación, el tipo y diseño de la investigación, la población y muestra, los procedimientos de la investigación y el material de la investigación.

**CAPÍTULO IV: RESULTADOS.** – En este capítulo se desarrolla todo el proceso del trabajo de tesis, contemplando los trabajos en campo y los trabajos en gabinete.

**CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.** – En este capítulo se desarrollarán las conclusiones de acuerdo a los objetivos y las hipótesis de la investigación, mencionando los resultados esperados y por último se hacen las recomendaciones para poder dar mejores alcances a este trabajo de tesis.



## RESUMEN

En la Unidad Minera Yauliyacu perteneciente a la empresa minera los Quenuales, existen métodos de minado mecanizado y convencional, para lo cual esta investigación está dirigida a la mejora de estos trabajos, debido a que siempre están en busca de mejores estándares de trabajo con la finalidad de que todas las actividades mineras optimicen los costos.

Por tal motivo se decidió realizar un estudio de productividad a los equipos de carguío (Scoop Tram 4.2 yd<sup>3</sup> y Scoop Tram 6 yd<sup>3</sup>) respectivamente pertenecientes a la Cía. Minera Los Quenuales Yauliyacu, a sí mismo se realizó un estudio a los equipos de acarreo (DUMPER- EJC-417) pertenecientes a la misma empresa encargada del movimiento de mineral. En este estudio se buscará obtener los indicadores claves de desempeño (KPIs) actuales de los equipos mencionados tales como disponibilidad mecánica, utilización efectiva y rendimientos, a la vez se identificarán las causas y sub causas que afectan a la productividad, los cuales se analizarán haciendo uso de diagramas de Pareto y diagramas de Ishikawa para así poder proponer soluciones que ayuden a interpretar los problemas de las demoras operativas y las bajas utilidades de los equipos en estudio. Del mismo modo, se cuantificará la producción diaria de acuerdo al Incremento en la capacidad de procesamiento de la planta concentradora.

El presente trabajo de investigación trata de poder explicar una nueva metodología para la reducción de costos en las operaciones básicas de carguío y acarreo de mineral con un incremento sustancial del nivel de producción para el beneficio de la empresa minera. La metodología que se usó para la demostración de la hipótesis fue descriptiva con la evaluación de los indicadores y las causas que generaban un elevado índice cuantitativo, con ello se tomaron las decisiones pertinentes en las operaciones de minado con el objetivo de buscar, optimizar y colocar el negocio de las explotaciones mineras en un nivel rentable de producción.

Con esto se proponen soluciones para la reducción de los costos dentro de la secuencia de minado y con ello obtener una mayor productividad en la unidad minera.

### *Palabras clave:*

Acarreo, Carguío, eficiencia, Indicadores clave desempeño (KPIs), rendimiento, Producción.



## ABSTRACT

In the Yauliyacu Mining Unit belonging to the Los Quenuales mining company, there are methods of mechanized and conventional exploitation, this work is aimed at the improvement of these mechanized works because they are always looking for better work standards with the purpose that All mining activities share what is to optimize costs.

For this reason it was decided to carry out a productivity study of the equipment in production as loading equipment (Scoop Tram 4.2 yd<sup>3</sup> y Scoop Tram 6 yd<sup>3</sup>) respectively belonging to the Cía. Minera Los Quenuales U.O. Yauliyacu, a study was also carried out on the hauling equipment (DUMPER-EJC-417) belonging to the same company in charge of the movement of ore. The study will seek to obtain the current KPIs of the mentioned equipment such as mechanical availability, effective use and yields, at the same time the causes and sub-causes that affect production will be identified, which will be analyzed using Pareto diagrams and Ishikawa diagrams in order to propose solutions that help increase KPIs and production. Next, the production will be quantified and, according to this increase, an increase in the processing capacity of the concentrator plant will be proposed.

The present investigation tries to be able to explain a new methodology for the reduction of costs in the basic operations of loading and hauling of ore with a substantial increase of the level of production for the benefit of the mining company and a decrease of the costs of loading and transportation. The methodology that was used for the demonstration of the hypothesis was descriptive with the evaluation of the indicators that were evaluated and evaluating the causes that generated that this indicator has a high quantitative index, with it the pertinent decisions were made in the mining operations with the objective of seeking to optimize and place the mining business at an adequate level of production.

With this, solutions are proposed to reduce what engineers and professionals evoked to reduce costs within the mining sequence and thereby obtain greater productivity in the mining unit.

### *Keywords:*

Hauling, loading, efficiency, key performance indicators (KPIs), performance, production.



## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1 Descripción del problema**

En toda unidad minera se busca mejoras económicas, esto sin descuidar la seguridad de los colaboradores. Las mejoras se basan en disminuir los costos directos e indirectos y también buscando mejores estándares operacionales.

Existen varias minas antiguas que siguen trabajando hasta la actualidad y que alargaron la vida de la mina, uno de los casos es de Quenuales -Yauliyacu, que es una mina antigua con mineralización polimetálica como son Pb, Zn, Ag y Cu que inicialmente era conocido como Centromin Perú hoy en día sigue con sus actividades gracias a la extracción de estructuras de vetas angostas y mejorando a un más por el método de minado por subniveles con taladros largos expandiendo los recursos y generando nuevos proyectos, y de esta manera se mejora en los estándares de mina, seguridad y medio ambiente, dando así al trabajador minero un ambiente de trabajo confortable y mejorando su seguridad.

Las condiciones actuales de la Empresa minera Quenuales S.A. unidad minera Yauliyacu. Presentan una serie de dificultades en los diferentes procesos de explotación subterránea, es por el cual el interés de estudio de las demoras operativas referidos carguío y acarreo de mineral las cuales hacen que los tiempos para estas actividades sean prolongadas generando pérdidas económicas en los costos unitarios de dichas actividades. El presente trabajo investigación se focaliza en poder medir el control de la productividad mediante indicadores clave de desempeño que en ingles Key Performance Indicators (KPIs), tomando en cuenta las operaciones básicas de carguío y acarreo dentro del ciclo operativo. Estas operaciones que son necesarias para poder establecer un adecuado nivel productivo a bajo costo. La gestión de la unidad minera sea el más asequible tanto en la productividad de mina como en la gestión de los diferentes insumos para la producción minera.



## **1.2 Enunciado**

### **1.2.1 General**

¿De qué manera el carguío y acarreo de mineral mejorará con el uso de indicadores de desempeño (KPIs) en la Cía. Minera Los Quenuales S.A., Yauliyacu, Lima 2018?

### **1.2.2 Específicos**

¿Por qué la productividad en el carguío y acarreo dependen de la gestión de los indicadores de desempeño (KPIs) en la Cía. Minera Quenuales-Yauliyacu, Lima 2018?

¿De qué manera la seguridad en el carguío y acarreo tiene relación con la capacitación en los indicadores de desempeño (KPIs) en la Cía. Minera Quenuales-Yauliyacu, Lima 2018?

¿En qué medida los servicios auxiliares mineros del carguío y acarreo dependerán de la administración de los indicadores de desempeño (KPIs) en la Cía. Minera Quenuales Yauliyacu, Lima 2018?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 General**

Mejorar el carguío y acarreo de mineral con el uso de indicadores de desempeño (KPIs) en la Cía. Minera Los Quenuales S.A., Yauliyacu, Lima 2018.

### **1.3.2 Específicos**

Determinar la dependencia de la productividad en el carguío y acarreo a partir de la gestión de los indicadores de desempeño (KPIs) en la Cía. Minera Quenuales-Yauliyacu, Lima 2018.

Evaluar de qué manera la seguridad en el carguío y acarreo de mineral tiene relación con la capacitación con los indicadores de desempeño en la Cía. Minera Quenuales-Yauliyacu, Lima 2018.

Identificar la dependencia de los servicios auxiliares mineros, del carguío y acarreo a partir de la administración de los indicadores de desempeño en la Cía. Minera Quenuales-Yauliyacu, Lima 2018.

## **1.4 Justificación**

La implementación de los indicadores claves de desempeño en las operaciones básicas de carguío y acarreo nos permitirán controlar las operaciones de minado con ello podremos planificar y gestionar los recursos necesarios en estas operaciones básicas de minado. Esto tendrá efectos principales en la gestión de costos, en la producción de mina y en la disminución de los riesgos de accidentabilidad en las actividades que se desempeñen dentro de la operación minera.



Debido al incremento en el precio de los metales se ve por conveniente realizar inversiones en maquinaria para incrementar la producción y así mismo inversiones en infraestructura para incrementar la capacidad de procesamiento de las plantas concentradoras.

Por tal motivo se decidió realizar un estudio de productividad a los equipos en producción como equipos de carguío (SCOOP TRAM 4.2 YD<sup>3</sup>) pertenecientes a la Compañía Minera Los Quenuales Unidad Operativa Yauliyacu, así mismo se realizó un estudio a los equipos de acarreo (DUMPER-EJC-417) pertenecientes a la misma empresa encargada del movimiento de mineral. En el estudio se buscará obtener los KPIs actuales de los equipos mencionados tales como disponibilidad mecánica, utilización efectiva y rendimientos, a la vez se identificarán las causas y sub causas que afecten a la producción, las cuales se analizarán haciendo uso de diagramas de Pareto y diagramas de Ishikawa para así poder proponer soluciones que ayuden a incrementar los KPIs y la producción. Seguidamente se cuantificará la producción y de acuerdo a este incremento se propondrá un Incremento en la capacidad de procesamiento de la planta concentradora. Una vez analizados estos puntos se procederá a determinar cuál sería el beneficio neto del incremento de la producción de una inversión realizando un cuadro de flujo de fondos, un cuadro de amortización de una determinada inversión, estimando su valor anual neto, la tasa interna de retorno y el periodo de retorno de dicha Inversión.

## **1.5 Delimitación**

### **1.5.1 Delimitación espacial**

- El proyecto de tesis se lleva a cabo en la unidad minera Yauliyacu de Cía. Minera los Quenuales, del grupo Glencore, ubicado en la región de Lima, provincia Huarochirí, distrito Chicla centro poblado de Casapalca.

### **1.5.2 Delimitación social**

- El proyecto de investigación involucra a los colaboradores del área de operación minera, seguridad, gestión social, topografía y servicios auxiliares de extracción del entorno de la mina.

### **1.5.3 Delimitación temporal**

- El presente trabajo empieza con la recolección y/o investigación de datos desde el mes de octubre de 2017 hasta el mes de agosto 2018.



#### 1.5.4 Delimitación Conceptual

- El presente proyecto de investigación se centra en el estudio de la ingeniería de minas abarcando las siguientes materias:
  - Acarreo
  - Carguío
  - Costos
  - Indicadores Clave de desempeño (KPIs)
  - Mantenimiento
  - Operación mina
  - Productividad
  - Seguridad



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes

##### 2.1.1 Antecedentes internacionales.

Según (QUIROGA F., 2016), en su tesis: “Diseño de herramienta computacional para control de KPI de operadores de carguío y transporte - mina los Bronces – Santiago de Chile ”, en su resumen menciona la importancia del empoderamiento del operador es clave para lograr un aumento en la productividad y es importante definir los indicadores claves de desempeño (KPI) del proceso por los cuales los operadores podrán medir y evaluar su rendimiento. En el caso de este trabajo, se centra en operadores de Carguío y Transporte, y los indicadores que serán medidos serán los tiempos de aculatamiento y velocidades para el caso de operadores de transporte, y tiempos de carguío y rendimientos efectivos para el caso de operadores de carguío. En el caso exclusivo de Los Bronces, el análisis de estos KPI se realizará para las flotas de Palas Eléctricas Bucyrus/CAT (de 60 y 73 yd<sup>3</sup>) en combinación con camiones Komatsu 930E y CAT 795F. La razón es de esto último es porque son los equipos que extraen más del 85% del material de la mina y, por ende, los más importantes que se deben controlar.

(LUZARDO S., 2010) en su tesis. “Sistema de Control de Procesos Empresariales por medio de Indicadores de Gestión aplicado al Departamento de Servicio al Cliente en el Proceso de Facturación y Atención de Reclamos de la empresa PLÁSTICOS S.A. – Guayaquil Ecuador” Menciona en la presente investigación estuvo fundamentada en la elaboración de indicadores de gestión para el control de una fábrica de plásticos en el departamento de servicios al cliente, la presente investigación trata de establecer una serie de indicadores de gestión, con el fin de otorgar un mayor control al



proceso y así encontrar las fallas y retrasos que se encuentran dentro de cada uno de los sub procesos del sistema productivo la investigación se presenta en la ciudad de Guayaquil. Y es presentada en Escuela superior politécnica del litoral instituto de ciencias Matemáticas 2010.

### **2.1.2 Antecedentes a nivel nacional:**

En su tesis (BALDEON Q., 2011) “Gestión de las Operaciones de Transporte y acarreo para el incremento de la productividad en Cía. Minera Condestable S.A. – Lima” En su resumen manifiesta el estudio de nuevos KPIs para el desarrollo de las operaciones centradas en la confiabilidad y la calidad operacional en el desempeño operaciones unitarias de carguío y transporte, el desarrollo de la investigación estuvo fundamentada en el uso de la confiabilidad operativa que se observaría en la cantidad de fallas del proceso operativo. Los KPIs generados en la investigación otorgarían un mayor conocimiento de las principales fallas que se podrían observar en el proceso operativo. Esta investigación fue realizada para la compañía minera Spence S.A. en la ciudad de Santiago de Chile y presentada en el mes de octubre del 2006. Como parte de una tesis para optar el grado de magister en gestión y dirección de empresas.

(CONDORI C., 2017) En su tesis “Estudio del sistema de acarreo de interior mina para optimizar tiempos, disminuir costos e incrementar la producción en servicios mina morococha - Arequipa” en su resumen menciona la importancia de obtener un método de control y mejoramiento de la productividad en base a la toma de tiempos, evaluación de KPI's y análisis de costos de cada ciclo de la operación, de manera que pueda ser utilizado en cualquier otro proyecto y con cualquier tipo de equipo. Con este sistema se identificará las causas que no permiten que las operaciones sean óptimas, y así una vez identificadas podremos tomar medidas que nos ayuden a eliminar o minimizar su incidencia en la productividad, con el fin de mejorar y elevar nuestros rendimientos.

(SALAS, 2013) En su tesis “Estudio de KPIs en los Equipos de Perforación, Carguío y Acarreo Para el Incremento de la Producción de 3000 a 3600 Tm/Día en la Mina Pallancata - Hochschild Mining- Arequipa” concluye que; Los equipos de perforación y carguío existentes en la U.O. Pallancata pueden cubrir el incremento de la producción de 3 000 a 3 600 TM/día, y se debería incrementar la flota de volquetes a 19 unidades para que cubran la producción. Se requiere adquirir un equipo de carguío SCOOP CAT para cubrir el incremento de la producción de las máquinas perforadoras.

## **2.2 Marco referencial / Base teórica**

(CARRASCO , 2009) En su libro, Metodología de Investigación Tesis. Lima, indica las pautas para hacer Tesis denominado también marco teórico referencial, ya que constituye basamento gnoseológico que posibilita la descripción y explicación de las variables, indicadores y de todos los temas y subtemas relacionados con el problema de investigación.



## 2.2.1 Geología.

### 2.2.1.1 Geología Regional

Según (SÀNCHEZ, 2009) En el cuadrángulo de Huarichiri titulada Incremento de Producción en Mina Yauliyacu de 3500 Tpd A 5000 Tpd. el yacimiento se emplaza regionalmente en rocas volcánicas andesíticas de la formación Carlos Francisco y areniscas calcáreas de la formación Casapalca (capas rojas), con estructuras mineralizadas del tipo vetas y cuerpos controlados por dos sistemas Norte-Este y Este-Oeste, con algunas inflexiones Norte-Sur, cuyos eventos de mineralización ocurrieron en el terciario mediante una actividad hidrotermal de baja sulfuración, originando varias estructuras rellenadas y reemplazadas por sulfuros.

#### A. Estratigrafía

El (INGEMMET, 1983) realizó estudio donde define que la columna estratigráfica de la región está conformada principalmente por areniscas, lutitas calcáreas, calizas (capas rojas), brechas y flujos volcánicos, los cuales alcanzan una potencia aproximada de 5 400 m,

- **Cretáceo**

Grupo Machay: En el área de Casapalca, este grupo no ha sido estudiado en detalle, está constituido principalmente por calizas con intercalaciones de lutitas arenosas, se ubica en la parte suroeste del distrito.

Formación Jumasha: Las rocas de ésta formación no afloran en superficie dentro del área de Yauliyacu; sin embargo, una secuencia correlacionable con esta formación constituida por calizas de color gris con algunas intercalaciones de lutitas, fue interceptada en el nivel 5200 por los túneles Graton. Secuencias representativas de calizas Jumasha afloran prominentemente a lo largo de las montañas que conforman la Divisoria Continental, presentando un característico color gris claro en contraste con los colores oscuros que presentan las calizas de la formación Paria tambo, pertenecientes al grupo Machay, (J. Wilson, enero de 1963). Macroscópicamente, las rocas presentan venillas y puntos de epidota, clorita y granates configurando esto una alteración tipo skarn. En ésta zona, también se observan vetillas y diseminaciones de pirita, esfalerita, calcita, calcopirita y tetraedrita.

Estudios microscópicos de estas rocas (Rye y Sawkins), han detectado la formación de tremolita y finos granos de cuarzo a partir de la calcita. El skarn se halla atravesado por finas vetillas de grosularia, epidota, tremolita, calcita, cuarzo y sulfuros diseminados. Los sulfuros que están en la matriz de cuarzo y calcita son: pirita, esfalerita con inclusiones de calcopirita de una primera etapa, tetraedrita y calcopirita de etapa posterior.



- **Terciario**

**Formación Casapalca:** Constituye la formación más antigua que aflora en el área. Forma el amplio anticlinal Casapalca, que es cortado por el río Rímac y comprende una serie de rocas sedimentarias de ambiente continental. Esta formación ha sido dividida en dos miembros.

**Miembro Capas Rojas:** Este miembro se caracteriza por presentar intercalaciones de lutitas y areniscas calcáreas, presentando el conjunto coloraciones rojizas debido a finas diseminaciones de hematita. Las areniscas son de grano fino a grueso y comúnmente se observa una débil estratificación.

**Miembro Carmen:** Sobre yaciendo a las capas rojas se encuentra una serie de paquetes de conglomerado y calizas intercaladas con capas de areniscas, lutitas, tufos y conglomerados volcánicos con una potencia que varía de 80 a 200 m. Los conglomerados, que también se presentan en lentes, están compuestos de guijarros y rodados de cuarcitas y calizas en una matriz areno-arcillosa y cemento calcáreo.

- **Formación Carlos Francisco:** Se encuentra sobre las rocas sedimentarias y se constituye en una potente serie de rocas volcánicas. Esta ha sido dividida en tres miembros.

**Miembro Tablachaca:** Se encuentra sobre yaciendo al miembro Carmen y se constituye en una sucesión de rocas volcánicas formadas por tufos, brechas, aglomerados y rocas porfiríticas efusivas. Localmente presenta niveles de aglomerado.

**Miembro Carlos Francisco:** Sobre el Miembro Tablachaca se encuentran el volcánico Carlos Francisco que consisten de flujos andesíticos masivos y fragmentados (brecha). Las capas de brecha consisten de fragmentos porfiríticos angulares, generalmente verdosos, incluidos en una matriz de roca porfirítica rojiza. Intercaladas con las brechas están las andesitas porfiríticas que varían de gris oscuro a verde. Los fenocristales de feldespatos son conspicuos y alterados a clorita y calcita.

**Miembro Yauliyacu:** Los tufos Yauliyacu sobreyacen a los volcánicos Carlos Francisco concordantemente. Este miembro consiste de tufos rojizos de grano fino.

- **Formación Bellavista:** Está formación consiste de capas delgadas de calizas de color gris con algunas intercalaciones de calizas gris oscura con nódulos de sílice, tufos de grano fino y lutitas rojizas.
- **Formación Río Blanco:** Sobre la formación Bellavista descansa una potente serie de volcánicos bien estratificados que consisten en tufos de lapilli de color rojizo con intercalaciones de brecha y riolitas. Algunas capas de calizas ocurren en la parte inferior de la formación.

- **Cuaternario**

El Cuaternario está representado en la región de Casapalca por una serie de depósitos glaciares y conos de escombros de formación reciente.



## **B. Rocas Intrusivas**

Intrusivos: En el distrito afloran varios cuerpos intrusivos que son de composición intermedia, químicamente similares con alto contenido de soda, aunque varían en la textura y alteración.

Pórfido Taruca: Diques y stocks que intruyen a los volcánicos aflorantes en la zona sureste del área. Uno de los stocks de forma elongada con dirección norte-sur aflora en el cerro Taruca. Estos diques y stocks son porfiríticos, con fenocristales de feldspatos (oligoclasa-albita), horblenda y poco cuarzo incluido en una matriz afanítica. Estas rocas pueden ser llamadas andesitas porfiríticas.

Pórfido Victoria: Un cuerpo intrusivo de color gris claro se encuentra en la parte norte del área (no ha sido verificado). El afloramiento es aproximadamente de 300 m de ancho. La roca consiste de fenocristales de albita y poco cuarzo en una matriz fina de sericita INGEMMET, (1983)

### **2.2.1.2 Geología Local**

Las vetas se emplazan localmente en los volcánicos andecíticos Carlos Francisco y areniscas calcáreas de la formación Casapalca (capas rojas), con estructuras mineralizadas del tipo vetas, (INGEMMET, 1983)

### **2.2.2 Estratigrafía**

El (INGEMMET, 1983) realizó estudio donde define que la estratigrafía de la región estudiada corresponde a dos sectores estratigráficos, uno occidental y otro oriental.

El sector occidental corresponde a una faja de terreno de 45 Km. de ancho aproximadamente, que se le observa a lo largo de la zona media y alta del Flanco Occidental Andino; su límite oriental coincide aproximadamente con la Divisoria Continental, mientras que su límite occidental guarda relación con la zona marginal oriental del batolito costanero. En esta zona se ha desarrollado el ciclo de sedimentación mesozoica seguido por una acumulación continental volcanoclástica del Cenozoico, afectada por las diversas fases del ciclo geotectónico andino.

El sector oriental corresponde al sector “E-N” del cuadrángulo de Matucana y columna estratigráfica comprende las unidades formacionales descritas por MCLAUGHLIN (1924) y ARRISON (1940, 1943, 1951, 1953) quienes fueron los pioneros de los estudios geológicos en la región andina del centro del país. En dicho sector, los terrenos más antiguos corresponden al Grupo Excelsior de edad Paleozoico inferior a medio.

Sobre el Grupo Excelsior en discordancia, una gruesa secuencia de sedimentos continentales y marinos se depositaron con algunas interrupciones entre el Permiano y el Cretáceo superior; luego se sucede la tectónica andina en varias fases y como consecuencia de procesos erosivos post-



tectónicos, molasas rojas, sobre las que yacen discordantemente rocas volcánico sedimentarias correspondientes a varios episodios volcánicos.

En el área de estudio, las unidades formacionales de facies de cuan están presentes en afloramientos cretáceos que constituyen fajas de terreno cubiertas generalmente por rocas volcánico-sedimentarias del Terciario, pero que en el lado oriental infrayacen en discordancia a las capas rojas de la formación Casapalca.

A continuación se describen las diferentes unidades formacionales reconocidas en el área de estudio.

### **2.2.2.1 Sector occidental**

#### **A. Formación Chimú**

Esta unidad es la más antigua del Cretáceo, aflora aisladamente en la zona media y alta del Flanco Occidental Andino del área de estudio.

Inicialmente fue descrita por STAPPENBECK (1929), bajo la denominación de “Cuarcitas del Wealdiano” Su designación como formación fue dada por BENAVIDES (1956), en la localidad típica de Baños del Alto Chicama.

Litológicamente, la formación Chimú consiste en areniscas cuarcíticas gris blanquecinas con textura granular de fina a media, estratificación en capas de 30 cm. a 1m. y que intercalan ocasionalmente lutitas grises.

Hacia el tope de la formación, predominan las areniscas cuarcíticas; es así como se ha reconocido en los afloramientos del área de Huanchurina (sector “NO” del cuadrángulo de Matucana), en el anticlinal de Larhuacata y en el área de Huarochirí-Garhuapampa; pero en el sector “SO” de esta última localidad se exponen las lutitas grises en igual o mayor proporción que las areniscas cuarcíticas grises. Los afloramientos reconocidos con esta litología son el de Marhuayque y el que se observa en el área de confluencia de la quebrada Sucuca con el río Mala. En esta sección, Harrison ha calculado 455 m. Que corresponderían al miembro inferior de la formación y 300 m. Para el miembro superior. Estructuralmente, la formación se presenta en anticlinales y sinclinales agudos y algunas unidades con pliegues pequeños disarmónicos.

Esta formación infrayace concordantemente a las calizas de la formación Santa; por el piso no se conoce bien su relación, pero es probable que parte del miembro inferior que aflora cerca de Santiago de Anchucalla corresponda a sedimentos del Jurásico Superior (Titoniano).

Edad y Correlación. No se han encontrado fósiles, pero por su posición estratigráfica se le asigna al Valanginiano Inferior a Medio.



Corresponde a la formación homónima que tiene amplio desarrollo a lo largo de la Cordillera Occidental de la región andina norte, pues los afloramientos más próximos al área de estudio se encuentran en el sector "EN" de la hoja de Canta.

En una correlación más amplia, se le puede considerar equivalente, en la región sur, con los miembros superiores del Grupo Yura del área de Arequipa, asimismo con parte de la formación Chachacumane de los cuadrángulos de Pachia y Palca (WILSON y GARCIA 1963), Maure MENDIVIL, (1965) y Tarata JAEN, (1965).

## **B. Formación Santa**

Esta formación fue descrita por (BENAVIDES, 1956) en el Callejón de Huaylas; tiene amplia distribución en la región andina norte, conjuntamente con los afloramientos de las formaciones Chimu y Carhuaz, ya que se encuentran en forma concordante entre ambas.

En el área de estudio, la formación Santa tiene una relación similar a la indicada anteriormente; ha sido reconocida parcialmente en los afloramientos indicados para la formación Chimú. También se ha reconocido unidades calcáreas, pero mal expuestas o perturbadas estructuralmente en el área de Quinocay -Viscas - Quiripa, en donde con estudios más detallados puede mapearse separadamente de la formación Carhuaz.

Litológicamente, la formación consiste en calizas gris oscuras, con venillas de calcita, en capas delgadas de 20 a 40 cm; ocasionalmente con lutitas gris margosas. El espesor se estima en 80 cm.

Edad y Correlación. En el área estudiada no se encontraron fósiles, pero (BENAVIDES, 1956) encontró, en la localidad típica Buchotrigonia gerthii, Paraglauconia studeri, etc. Que le permitieron ubicarla en el Valanginiano superior.

La formación Santa del área de estudio corresponde a la formación calcárea del Grupo Goyllarisquizga que se desarrolla a lo largo Cordillera Occidental del norte y centro del país. Por el lado occidental se correlaciona con la formación Pamplona del Área de Lima. De la **Formación Carhuaz**

Fue designada también por (BENAVIDES, 1956) a 3 Km. de Carhuaz, con una litología predominante lutácea.

En el área de estudio la formación Carhuaz aflora principalmente en los flancos del anticlinal de Jarhuanca, que se ubica en el ángulo "EN" de la hoja de Huarochirí, consiste en areniscas gris verdosas, gris blanquecinas, con ocasionales intercalaciones de lutita negruzca y caliza margosa



negruzca; esta litología se alterna con unidades de limolita y arenisca marrón rojizo, que contienen ocasionalmente capas de calizas y margas.

Su grosor se estima en 250 m, yace discordantemente sobre calizas de la formación Santa y debajo de la formación Farrat.

Otro afloramiento de regular extensión y potencia es el del área de Viscas-Quiripa Quinocay-Pilas; consiste de una gruesa secuencia de lutitas pizarrosas friables y laminadas, con intercalaciones de areniscas grises y pardas; ocasionalmente con unidades delgadas de caliza y margas color gris negruzco; también contienen esporádicamente, limonitas, areniscas rojizas y capas irregulares de volcánicos. Esta secuencia litológica tiene un espesor estimado de 800 m. y está afectada por un moderado grado de metamorfismo cerca de Viscas, la secuencia contiene capas de yeso. En esta área, su relación no es muy clara con la formación infrayacente por encontrarse replegadas y falladas; por el lado este, está cubierta por calizas equivalentes a la Formación Imperial o Pariahuanca; en cambio por el lado oeste yace debajo de paquetes no diferenciados de la serie volcánica equivalente tentativamente al Volcánico Quilmaná.

En el área de Carhuapampa (“EN” de la hoja de Hurochirí) es probable que también esté presente esta formación, pero no ha sido reconocida; sin embargo, más al este y norte de Tanta, la Formación Carhuaz, que yace concordante entre las formaciones Santa y Farrat, se extiende con areniscas y limolitas rojizas hacia la hoja de Yauyos.

En el afloramiento de la quebrada Huanchurina (“NO” de la hoja de Matucana), la secuencia de la Formación Carhuaz está fallada y cubierta por depósitos cuaternarios, pero se reconocen unidades de limolitas y areniscas pardo rojizas.

Edad y Correlación. No se ha encontrado fósiles en los afloramientos del área de estudio; pero por las características litoestratigráficas y posición estratigráfica semejante a la localidad típica, se le asigna al Valanginiano superior-Aptiano, pues (BENAVIDES, 1956) en el Callejón de Huaylas, encontró Valanginites broggi que es indicativo del Valanginiano superior.

La formación aquí descrita corresponde a la Formación Carhuaz que ha sido mapeada en la región andina del norte del país, asimismo se le correlaciona con una unidad similar que aflora al este del cuadrángulo de Yauyos. Hacia el este se correlaciona con las unidades clásticas inferiores del grupo Goyllarisquizga.

### **C. Formación Farrat**

Esta formación fue descrita por STAPPENBECK (1929) en la hacienda Farrat con una litología de cuarcitas sobre la Formación Carhuaz.



En el área de estudio la Formación se presenta, por lo general, pobremente expuesta como una cobertura de depósitos superficiales, debido a fallamiento o erosión.

En el anticlinal de Jarhuanca, se ha encontrado 40 m. de areniscas cuarcíticas blanquecinas en capas medianas y hacia el tope, areniscas calcáreas gris blanquecinas, en capas medianas y gruesas. Yace concordantemente sobre la Formación Carhuaz y debajo de las calizas pariahuanca.

Edad y Correlación. Por sus relaciones estratigráficas se le asigna, a la Formación Farrat, una edad probablemente Aptiano superior, siendo equivalente con los afloramientos de la Formación Farrat que han sido mapeados en la región andina del norte, también se correlaciona con la parte superior del Grupo Goyllarisquizga del sector oriental (zona de plataforma del Cretáceo).

Ambiente de Sedimentación del Grupo Goyllarisquizga.- Las características litológicas y faunísticas de las formaciones Chimú, Santa, Carhuaz, y Farrat, sugiere un ambiente deposicional en cuenca somera pero con transgresiones y regresiones cambiantes, por eso la Formación Chimú, debió ocurrir en ambiente litoral; la Formación Santa en ambiente nerítico o salobre con poca profundidad; la Formación Carhuaz en ambiente deltaico y parcialmente invadido por aguas someras y finalmente la Formación Farrat nuevamente en ambiente litoral a deltaico que corresponde a la regresión marina del Aptiano.

#### **D. Formación Pariahuanca**

(BENAVIDES, 1956), describe a esta unidad que aflora cerca del pueblo de Pariahuanca, y que consiste en 100 m. de caliza masiva en capas gruesas.

En el área de estudio se ha reconocido a la Formación Pariahuanca en el flanco oriental del anticlinal de Jarhuanca (ángulo “EN” de la hoja de Huarochirí); consiste de 50 m. de caliza masiva en capas gruesas, ocasionalmente delgadas, de color gris claro; morfológicamente presenta crestas prominentes. Yace en aparente concordancia sobre la Formación Carhuaz y debajo de las calizas Chulec, estando atravesadas por diques gris verdosos.

Edad y Correlación. - No se han encontrado fósiles, pero, en la localidad típica V. BENAVIDES (1956), encontró el género Parahoplites, que indica al Aptiano - Albiano inferior.

Se le correlaciona con las unidades litológicas similares mapeadas por varios autores en la región andina del norte y centro del país, con el nombre de Formación Inca. En el sector costanero se le relaciona con parte de la Formación Imperial.



### **E. Formación Imperial**

En la zona marginal oriental al batolito costanero se ha reconocido pequeños afloramientos de rocas calcáreas que provisionalmente se les considera equivalentes a la Formación Imperial, que el autor describe como una secuencia de edad Aptiano - Albiano medio, expuesta en la zona costanera y zona baja del Flanco Occidental Andino.

Esta formación se ha reconocido en el valle de Mala, al “NE” de Alloca, en la cabecera de la quebrada Mariatana; donde se estima que tiene más de 200 m.

Cronológicamente la parte inferior de esta formación se le puede correlacionar con la formación Pariahuanca del sector andino.

### **F. Formación Chúlec**

Esta unidad fue descrita inicialmente por MCLAUGHLIN (1924), en la región central del país, como miembro inferior de las calizas Machay; posteriormente (BENAVIDES, 1956), la elevó a la categoría de formación.

En el área de estudio se ha reconocido esta formación en la quebrada Huanchurina, (sector “NO” de la hoja de Matucana), la cual se extiende hasta cerca de la mina Venturosa y hacia el sur hasta las cabeceras de la quebrada Cancha; en el primer caso se ha mapeado junto con las calizas de las formaciones Pariahuanca y Pariatambo; en el segundo caso se ha mapeado toda la secuencia calcárea del Cretáceo en forma indiferenciada.

Litológicamente consiste en calizas grises con capas medianas que se intercalan con niveles de capas delgadas, de 5 a 30 cm., y con capas gruesas ocasionalmente se intercalan calizas margosas y margas color pardo grisáceo. En un horizonte se encontró amonites y lamelibranquios (*Ostrea* y *Liopistha*). El grosor se estima en 200 m.

Esta formación también se ha reconocido con una litología similar en afloramientos expuestos en el ángulo “EN” de la hoja de Huarochirí y en el ángulo “SE” de la hoja de Matucana, donde también se encontró horizontes fosilíferos con amonites. En esta localidad está bien expuesta la relación de concordancia de la formación Chúlec sobre Pariahuanca y debajo de Pariatambo.

Edad y Correlación. - Los fósiles encontrados en la formación Chúlec, dentro del área de trabajo, son comunes a los de otras localidades del centro del país; se asocia a amonites de la zona *Knemiceras Raimondii*, de la parte basal del Albiano medio, correlacionable con la parte inferior de la formación *Crisnejas* (Andes del norte).



### **G. Formación Pariatambo**

Esta formación fue descrita inicialmente por MCLAUGHLIN (1924) como miembro superior de la formación Machay; (BENAVIDES, 1956), la elevó a la categoría de “formación”.

En el área de estudio se encuentran las localidades donde los autores anteriores han descrito a la Formación Chúlec. Litológicamente, consiste en calizas y margas bituminosas de color negruzco e intercalan calizas oscuras en capas delgadas con tendencia a desprenderse en forma de lascas; tiene horizontes con bastante Oxytropidoceras. El grosor de la formación se estima en 80m.

Sobreyace e infrayace concordantemente a las formaciones Chúlec y Jumasha, respectivamente contrastando por su color negruzco.

Edad y Correlación. Se ha encontrado el amonite Oxytropidoceras carbonarium (GABB) que caracteriza la parte superior del Albiano medio.

Esta unidad tiene amplia distribución en la región andina central y septentrional del país hacia la región del Marañón se le correlaciona con la parte superior de la formación Crisnejas.

### **H. Formación Jumasha**

Esta formación fue descrita por MCLAUGHLIN (1924) en los acantilados Jumasha de la laguna Punrun.

En el área de estudio, la formación Jumasha consiste en calizas grises y gris amarillentas, estratificadas en capas medianas y gruesas, donde se encontraron restos de fósiles mal conservados. Se le ha mapeado en el “NO” de la hoja de Matucana, en los núcleos anticlinales fallados del área de Sangrar-Túnel Trasandino-laguna Jupay y en los núcleos de sinclinales del área entre la mina Venturosa y laguna Acococha. Al sur de este último lugar, se expone en los flancos de la quebrada Pancha, hasta el río Rimac (sector de Tambo de viso), una potente secuencia de rocas calcáreas en capas delgadas, medianas y ocasionalmente gruesas, de color gris claro y oscuro, alternando subordinadamente con horizontes delgados de margas y lutitas gris amarillentas.

Esta unidad está plegada y fallada en sus límites occidental y oriental y se considera que gran parte de ella corresponde a la formación Jumasha con posibilidad de que haya parte de la formación Celendín; por esta razón en el mapa este afloramiento ha sido mapeado como calizas cretáceas indiferenciadas.



Otros afloramientos de calizas Jumasha ocurren en fajas alargadas al pie de fallas longitudinales “NO-SE”; ellos están presentes en el valle del río Rimac en el sector de Puente El Infiernillo; también al oeste y “NO” de Yuracmayo, en el valle del Río Blanco.

En el sector “SE” de la hoja de Matucana y al “NE” de la hoja de Huarochirí, se le encuentra a la formación Jumasha en posición concordante sobre la formación Pariatambo; su grosor en este lugar puede llegar a los 300 m. Pequeños afloramientos calcáreos del área de Calahuaya y quebrada Mariatana del sector marginal oriental del batolito, son considerados como pertenecientes a la formación Jumasha.

Edad y Correlación. En el área de estudio no se han encontrado fósiles que precisen su edad, pero por su posición concordante sobre la formación Pariatambo y debajo de Celendín se le asigna edad Albiano superior -Turoniano.

### **I. Formación Celendín**

(BENAVIDES, 1956), describió con este nombre, en la localidad de Celendín a una secuencia lutácea y calcárea del Cretáceo superior.

Esta formación ha sido reconocida en una franja entre la laguna Jupay e Iscumachay (límite norte de la hoja de Matucana).

Su litología consiste en calizas y margas de color gris, en parte amarillentas y negruzcas; la estratificación es en capas delgadas.

La formación Celendín marca el fin de la sedimentación marina del Mesozoico, la cual tuvo un amplio desarrollo a lo largo de la facies de cuenca, y plataforma que actualmente está ocupada por la Cordillera Occidental.

La formación Celendín descansa discordantemente sobre la formación Jumasha, pero en el afloramiento indicado anteriormente está en contacto fallado con las capas rojas Casapalca y con posición vertical e invertida. Estratigráficamente su tope infrayace discordantemente a dichas capas rojas Casapalca.

Edad y Correlación. En el área de estudio no se tuvo oportunidad de encontrar fósiles, pero (BENAVIDES, 1956)); WILSON (1967) y otros, encontraron en la región andino norte amonites típicos de edad Coniaciano-Santoniano.

Se le correlaciona con la formación Vivian del oriente peruano.



## J. Volcánico Quilmaná

(BENAVIDES, 1956) En la publicación del Imgemet de los Geología de los Cuadrangulos de : Matucana y Huarochiri, asignó con este nombre a una unidad volcánica que aflora en la zona costanera y parte baja del Flanco Occidental Andino.

En el área de estudio, correspondiente a la zona marginal oriental del batolito costanero, se ha encontrado constituyendo afloramientos de rocas volcánicas consistentes en derrames y tobas andesíticas y metavolcánicos consistentes en derrames y tobas andesíticas y metavolcánicos generalmente de color gris verdoso a pardo; presentan pseudoestratificación con buzamientos de alto ángulo.

Su relación con el piso y techo no es clara pues en unos casos están fallados y en otros, sus afloramientos están como remanentes en contacto con rocas del Batolito de la Costa o bien cubiertos discordantemente por los volcánicos del Terciario.

Los afloramientos reconocidos y que se les asigna a este grupo son:

- Area de Calahuaya en las cabeceras del valle de Chilca, con extensión hacia la quebrada Mariatana y en el valle de Mala, (entre Viscas y Coñe).
- Valle de Lurín entre Antioquía y Cruz de Laya.

Edad y Correlación. - Se le asigna la misma edad que a los volcánicos de la localidad original, es decir, Cretáceo superior y se le correlaciona lateralmente con las formaciones Jumasha y Celendín.

Regionalmente se le correlaciona a una parte del Grupo Casma del área de Lima y de la costa norte.

Ambiente de Sedimentación del Cretáceo medio y superior.- Las características de las formaciones Pariahuanca, Chúlec, Pariatambo, Jumasha, Celendín y Quilmaná del sector occidental, sugieren un ambiente de sedimentación, correspondiente a la transgresión marina que se inició en el Albiano, por lo cual el ambiente deposicional comienza con un mar somero correspondiente a la formación Pariahuanca, luego la formación Chúlec tuvo lugar en un ambiente nerítico a batial, y durante la sedimentación de Pariatambo la transgresión del Albiano alcanzó su mayor significación con deposición en un ambiente reductor. Luego a la formación Jumasha ocurre en un mar nerítico de relativa profundidad. Finalmente, la formación Celendín tuvo lugar en un mar somero también de relativa profundidad. Hacia el lado occidental de la cuenca se desarrollaron contemporáneamente erupciones volcánicas submarinas que con relativa intermitencia se sucedieron durante el Cretáceo superior.



## **K. Volcánico Tantar**

Se ha reconocido con este nombre en el cuadr

Se le considera como la prolongaci

Edad y Correlaci

## **L. Grupo Rimac**

Con este nombre se ha cartografiado a un conjunto de unidades de rocas volc

Aflora ampliamente en el sector occidental de la hoja de Matucana y Huarochir

Localmente se puede diferenciar varias unidades litol

- Serie Volc



- Serie Sedimentaria-Tobácea. - Se le encuentra en la parte media del Grupo Rímac y está constituida por unidades, predominantemente sedimentarias con contenido volcánico, así como por areniscas limolíticas, gris verdosa y tobas redepositadas de color gris violáceo. Entre Cruz de Laya y Langa se encuentran, en esta serie, tobas riolíticas porfíroides con estratificación masiva y sub-horizontal.
- Serie Tobácea. - Aquí se incluye unidades de tobas pardo grisáceas a blanquecinas de composición riolítica y dacítica. Esta unidad es muy característica en la secuencia del Grupo Rímac que aparece al este de Huarochirí.
- Serie Volcánico-sedimentaria. - Esta serie constituye la parte superior del Grupo Rimac. En Langa se muestra bien estratificada y en ella se observa limolitas gris verdosa, con coloraciones rojizas y anaranjadas; areniscas feldespáticas con cuarzo y matriz tobácea en estratificación delgada y sobre ellos una secuencia de volcánicos tobáceos porfíroides de color violáceo, con plagioclasas, ortosas y volcánicos oscuros igualmente porfíroides, bien alterados.

En general en el Grupo Rimac hay volcánicos y sedimentos, pero con predominio de la facies tobácea y un alto porcentaje de minerales ferromagnesianos que por alteración dan, a las rocas, coloración rojizo violáceo. Se extiende regionalmente en la parte occidental de ambos cuadrángulos.

Edad y Correlación. - Sus equivalentes, hacia el este, son las formaciones Carlos Francisco y Bellavista- Río Blanco. Hacia el “NE” de la hoja de Matucana, la serie superior del Grupo Rimac es reemplazada por la secuencia denominada como Grupo Colqui, el cual descansa concordantemente sobre la serie inferior del indicado Grupo Rimac.

Todas estas unidades lito estratigráficas están enmarcadas entre dos discordancias: una inferior que las separa del Mesozoico y una superior que las separa de los volcánicos Millotingo. El Grupo Rimac es correlacionable con el Grupo Sacsaquero, del sector de Castrovirreyna-Huancavelica, de probable edad Eoceno-Oligoceno.

### **M. Grupo Colqui**

Con este nombre se designa a una gruesa secuencia de unidades volcánicas con derrames andesíticos gris porfiríticos que alternan, en menor proporción, con tufos finos redepositados, gris verdoso; tufos lapillíticos pardo blanquecinos; aglomerado volcánico y ocasionalmente con capas de calizas y arenisca tufácea gris verdosa y violácea.

Esta litología, que aflora en el área de la mina Colqui, está afectada por pliegues, fallas e intrusiones ígneas; se extiende hacia el “SE”, al área de Sheque, y más al sur hasta el valle del río Rimac, donde descansa concordante sobre el Grupo Rimac.



En el área de la mina Colqui del techo al piso (U. PETERSEN y N. DIAZ), han reconocido las siguientes unidades locales.

- Volcánico masivo de composición andesítica, color pardo rojizo, con 150 m. Aproximadamente de espesor.
- Volcánico de estratificación delgada de color abigarrado, con niveles calcáreos en la base; espesor aprox. 150 m.
- Volcánico masivo constituido por tufos, aglomerados y horizontes de andesita tufácea. Se estima un espesor de 400 m.
- Volcánico sedimentario tufácea de color abigarrado, con tufo lapillítico blanquecino, areniscas, andesitas tufáceas en capas medianas y delgadas, ocasionalmente capas de caliza y limonita gris rojiza; aprox. 200 m. de espesor.
- Volcánico masivo con unos 100 m. de espesor.

En el área de Sheque y río Suncho se reconoce que el grupo Colqui tiene unidades con ciertas diferencias; de la base al techo se reconoce:

- Volcánicos andesíticos tufáceos, gris pardo.
- Calizas silicificadas.
- Limolitas pizarrosas rojizas e intercalaciones con horizontes de volcánicos andesíticos.
- Areniscas tufáceas gris verdosas.
- Derrames andesíticos
- Areniscas tufáceas y tufos verdes claro
- Derrames andesíticos cerca al núcleo del sinclinal de Carhuaz, además ocasionalmente tufos andesíticos pardo rojizos. Esta secuencia forma parte del flanco occidental del sinclinal de Sheque.

Edad y Correlación. - El Grupo Colqui es correlacionable con las formaciones Bellavista y Río Blanco que afloran en los sinclinales de Río Blanco y de la mina Santa Fé, más extensamente se correlaciona con las unidades sedimentario-tobácea del Grupo Sacsaquero; en consecuencia, estas formaciones son equivalentes, en edad, a la parte superior del citado Grupo, que pertenece al Eoceno-Oligoceno.

#### **N. Volcánico Millotingo**

Se designa así a una secuencia de rocas volcánicas, mayormente lávicas, cuyos centros de emisión han aportado una sucesión de derrames andesíticos y riódacíticos, ocasionalmente traquiandesíticos, en forma de diques y capas.



Se desarrolla ampliamente en la parte alta, entre Matucana y la mina Millotingo, de donde toma su nombre; allí la secuencia es volcánico-sedimentaria y en ella se observa lo siguiente:

- Arenisca constituida por material volcánico, de estructura brechoide y coloraciones rojizas; y andesitas verde violáceas, que se intercalan con horizontes conglomerádicos de color violáceo que intemperizan a color blanquecino. Se estima un grosor de 1000 m.

Edad y Correlación. - Aunque en la parte noreste de la hoja de Matucana yace en aparente concordancia sobre los grupos Colqui o Rimac, localmente hay una ligera discordancia que marca la separación regional entre el Terciario inferior y el Terciario medio. Siendo correlacionable con la formación Castrovirreyna del área de Huancavelica; al Volcánico Millotingo se le ubica en el Oligoceno superior-Mioceno inferior.

### **O. Formación Huarochirí**

Con este nombre se designa a una secuencia de rocas sedimentarias y volcánicas consistentes en tobas riolíticas y riolíticas, sucedidas por una alternancia de areniscas y limolitas tobáceas, aglomerados y ocasionalmente horizontes de tobas pardo blanquecinas, andesitas tobáceas y bancos de traquiandesita. Su grosor se estima en 600 m.

Las tobas riolíticas o riolíticas están relacionadas a central volcánicos dómicos que se les reconoce por la posición anormal que presentan con respecto a bancos pseudoestratificados que alternan con unidades de areniscas y limolitas color gris verdoso y rojizo. Hacia la base se observa que las tobas pasan a composiciones andesíticas de color gris violáceo. Esta formación presenta varios bancos de tobas pardo blanquecinas alternando con la secuencia sedimentario-volcánica. Las mejores exposiciones están entre Langa - alturas de Huarochirí -Los Olleros- San Lázaro. (“NO” de la hoja de Huarochirí); también al norte de Cruz de Laya y área de Tupicocha otros afloramientos predominantemente tobáceo-riolíticos están al “SE” de Ayaviri, en el sector “SE” de la hoja de Huarochirí.

Edad y Correlación. - Yace aparentemente en discordancia sobre los volcánicos Millotingo, pero en otros afloramientos está sobre la serie volcánica del Grupo Rímac.

Es importante señalar que la serie tobácea-riolítica, que aflora entre San Pedro de los Olleros-Calahuaya-Mariatana, yace en discordancia erosional sobre rocas intrusivas del Batolito Costanero. En estas tobas NOBLE (1957), por estudios radiométricos, ha determinado una edad de 26.1 MA., lo cual indica una edad del comienzo del Mioceno.



Se correlaciona con los volcánicos Caudalosa del sector de Huancavelica, con la posibilidad de que las unidades superiores correspondan a la serie de sedimentaria tobácea de la formación Auquivilca del Mioceno superior SALAZAR (inédito).

#### **2.2.2.2 Sector oriental**

Este sector comprende la Divisoria Continental y la zona alta de la vertiente oriental de la Cordillera Occidental y corresponde a la parte oriental y nororiental de la hoja de Matucana. Las unidades geológicas allí observadas se describen a continuación.

##### **A. Grupo Excelsior**

En el área de estudio, el Grupo Excelsior, está representado por las rocas más antiguas; se encuentra formando el núcleo del domo de Yauli. Estructuralmente presenta anticlinales de orientación NO-SE, dentro de una franja de afloramientos que comprende el área de Yauli-Carahuacra San Cristobal, y que consiste en lutitas pizarrosas, filitas negruzcas y areniscas esquistosas finamente estratificadas. Esta secuencia presenta los efectos de un metamorfismo regional, conteniendo numerosos lentes de cuarzo, los cuales son de mayor espesor en los núcleos de los anticlinales. Al sureste de San Cristobal, las filitas se alternan con horizontes de mármol. El grosor de la secuencia es desconocido.

Edad y Correlación. - En base a la fauna encontrada por HARRISON (1943), la serie metamórfica del grupo Excelsior, ha sido determinada como de edad devoniana o más antigua.

Las rocas del Grupo Excelsior presentan los efectos de intenso plegamiento y fracturamiento, debido a la acción de la orogénesis Hercínica, además toda la secuencia posterior reposa en disconformidad.

Corresponde a la serie superior del Paleozoico inferior mapeada a lo largo de la Cordillera Oriental como Grupo Excelsior y en el sur del país como Grupo Cabanillas.

##### **B. Grupo Mitu**

Este grupo fue estudiado por MC LAUGHLIN (1924), en la localidad de Mitu (Goyllarisquizga), departamento de Pasco.

En el área de estudio el Grupo Mitu está presente en los alrededores de Morococha y en el domo de Yauli- San Cristobal. Está representado por un miembro de rocas clásticas rojizas de facies continental, tales como areniscas, conglomerados y brecha volcánica y por un miembro superior de rocas volcánicas denominado "Volcánico de Catalina".



La serie clásica yace discordantemente sobre las rocas del Grupo Excelsior y está cubierta por los volcánicos Catalina, pero al “SE” de Morococha hay una unidad arenosa y conglomerádica, de color rojizo, de unos 200 m. de espesor, que yace sobre dichos volcánicos.

Los volcánicos Catalina afloran en el núcleo del anticlinal de Morococha, pero en forma más amplia se exponen en los alrededores del domo de Yauli-San Cristobal. Yacen generalmente sobre la serie clásica rojiza del miembro inferior, pero localmente reposan sobre las filitas Excelsior. Consisten en derrames lávicos de dacita y andesita de color gris a verde, los que por intemperismo tomar un color marrón; hacia arriba existen brechas y aglomerados volcánicos.

El grosor del Grupo Mitu es muy variable debido a la distribución irregular de la serie clásica y volcánica. Así en Morococha MC LAUGHLIN estimó 760 m. de espesor para los volcánicos Catalina. Al oeste de San Cristobal los volcánicos Catalina tienen 800 m.

Edad y Correlación. - El Grupo Mitu fue ubicado por MC LAUGHLIN dentro del Carbonífero superior, pero por estudios posteriores se le considera en el Permiano medio. Corresponde a la serie molásica post-Tectónica hercínica.

### **C. Grupo Pucará**

El Grupo Pucará yace discordantemente sobre la serie clásica del Grupo Mitu o sobre los volcánicos Catalina. En la región central del país se designa con este nombre genérico a un conjunto de rocas calcáreas del Triásico superior - Jurásico inferior.

MC LAUGHLIN (1924), sugirió como nombre al término “Calizas Pucará”. Más tarde JENKS (1951), propuso el nombre de Grupo Pucará para estas mismas calizas.

El Grupo Pucará está expuesto en los alrededores de Morococha y Yauli, y más al sur constituye los núcleos de los anticlinales de Churria-Ruricocha y de Sultucocha, teniendo encima la serie marina cretácica que constituye el Grupo Goyllarisquiza.

Otros afloramientos que destacan se encuentran en el sector “NE” de la hoja de Matucana, al “SE” y norte de Pachachaca, por donde pasa la Carretera Central extendiéndose ampliamente al cuadrángulo de la Oroya.

El Grupo Pucará consiste en una secuencia monótona de calizas gris claras, blanquecinas, en capas delgadas y medianas alternan ocasionalmente, con unidades de margas interstratificadas con areniscas calcáreas, lutitas gris violáceas y rojizas y niveles de calizas dolomíticas.



En el área de Morococha se intercalan horizontes volcánicos como: el basalto Montero y la Traquita Sacsacancha; allí generalmente la caliza contiene mineralización en vetas, mantos y cuerpos irregulares.

Este grupo infrayace concordantemente a la serie arenosa del Grupo Goyllarisquizga.

Al sureste de Pachachaca y al este del anticlinal de Chumpe las calizas que yacen sobre el Grupo Mitu se intercalan con horizontes de derrames basálticos. En cambio, las calizas del lado oeste de este mismo anticlinal, no tienen volcánicos, pero sí un horizonte delgado con nódulos silíceos, que se intercalan con margas, lutitas y capas tufáceas; esta serie calcárea ha sido considerada como equivalente a la formación Aramachay del cuadrángulo de Huancayo.

La potencia del Grupo Pucará es variable; en el área de Morococha, TERRONES (1949), ha calculado un espesor de 431 m; en los alrededores del domo de Yauli, su espesor se estima en 300 m; en cambio más hacia el este (fuera del área) en los alrededores de la Oroya HARRISON (1943), ha determinado 1400 m.

Edad y Correlación. - En los pocos afloramientos reconocidos se localizaron fósiles (braquiópodos y ostreas) pero mal conservados; sin embargo, por su semejanza litológica y posición estratigráfica similar a la secuencia calcárea de la región central, se le asigna edad Triásico superior-Liásico. Se le correlaciona con las formaciones Utcubamba, Chilingote y Suta del norte del país.

#### **D. Grupo Goyllarisquizga**

Originalmente, este grupo fue llamado “areniscas Goyllarisquizga Jatunhuasi” MCLAUGHLIN, (1924), luego JENKS (1951), le dió el nombre de formación Goyllarisquizga; posteriormente WILSON (1963) la elevó a la categoría de “Grupo “involucrado toda la serie clástica y calcárea que está debajo de la caliza albiana. En consecuencia, la secuencia de areniscas de color pardo amarillento con algunas intercalaciones de cuarcitas y lutitas grises y rojizas que afloran en el área de estudio, son equivalente a las unidades de la cuenca del Cretáceo, representadas por las formaciones Oyón, Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat.

La secuencia del Grupo Goyllarisquizga está expuesta al norte, noreste y sureste de Morococha, en esta área destacan derrames o diques de diabasa y basalto; algunos de los cuales han sido mapeados. El espesor del Grupo Goyllarisquizga ha sido calculado por otros autores en aproximadamente 400 m.

Otros afloramientos de la serie clástica del Grupo Goyllarisquizga se exponen en los flancos de los pliegues del lado oeste del anticlinal de Chumpe, hasta cerca de la Divisoria Continental, consistiendo en areniscas cuarcíticas blanquecinas con intercalación de lutitas y limolitas rojizas en la base y con



areniscas calcáreas y lutitas grises en la parte superior, su grosor se estima en 250 m. Yacen concordantemente sobre el Grupo Pucará y debajo de las calizas de la formación Chúlec.

Edad y Correlación. - Esta unidad no es fosilífera, pero por infrayacer al Albiano se considera como parte del intervalo Neocomiano-Aptiano, correspondiendo, en la parte occidental, a las formaciones Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat.

### **E. Formaciones Chúlec, Pariatambo y Jumasha**

Estas formaciones tienen características litológicas, faunísticas y posición estratigráfica similares a las que se presentan en la zona occidental de la cuenca del Cretáceo; sin embargo, su grosor es más reducido y con ligeras variaciones litológicas. Estas secuencias calcáreas cretáceas están expuestas formando parte de las estructuras del norte de Morococha del suroeste del anticlinal de Morococha; del oeste del anticlinal de Chumpe con extensión de afloramientos hasta la Divisoria Continental de Ticlio y “NO” de esta localidad, así como de las estructuras de los nevados de Huallacancha Colquepucro donde las formaciones no han sido separadas; en cambio en el resto de afloramientos se han cartografiado separadamente las formaciones Chúlec Pariatambo y Jumasha.

Una sección, al suroeste de la laguna Huayllacocha, presenta en la base unos 200 m. de caliza gris a marrón claro en capas medianas, con algunas intercalaciones de caliza margosa y lutita gris parda (Formación Chúlec). Yace en discordancia sobre las areniscas del Grupo goylllarisquizga.

Hacia arriba sigue, concordantemente 50 m. de calizas y margas negras bituminosas, en capas delgadas, con Oxitropidoceras (Formación Pariatambo). Esta unidad es muy representativa, lo que permite diferenciar a las calizas Chúlec de las calizas Jumasha que se suceden encima y en concordancia; esta última formación consiste en capas medianas a gruesas e intercalan ocasionalmente capas de calizas margosas, lutitas y calizas dolomíticas; en esta formación no se encontró fósiles, en cambio en las calizas margosas y bituminosas de Pariatambo se ha encontrado Oxitropidoceras en varios afloramientos.

### **F. Formación Casapalca.**

La secuencia calcárea descrita anteriormente corresponde a las unidades formacionales que han sido mapeadas en la región andina, central y norte asimismo se correlaciona con las formaciones Chúlec, Pariatambo, Pullucane, Quillquiñán y Otusco de la región norte (Cajamarca y Amazonas).

En el sector norte de la hoja de Matucana, descansa sobre las lutitas, margas y calizas de la Formación Celendín (Iscumachay-Sangrar), siendo generalmente los contactos anormales por fallamientos.



En el tope, está cubierta, discordantemente por la serie volcánica-piroclástica de la Formación Carlos Francisco.

A la formación Casapalca, de ambiente continental, localmente se le ha dividido en un miembro inferior denominado “Casapalca” y un miembro superior llamado “El Carmen”, los mismos que, aunque no están diferenciados en el mapa, en el presente trabajo se les describe separadamente. Miembro inferior “Casapalca”. Consiste en intercalaciones de areniscas, limolitas y lutitas rojizas, que ocasionalmente, alternan con areniscas calcáreas y areniscas guijarrosas marrón claro; la estratificación es en capas delgadas y medianas, con algunos horizontes que presentan estratificación cruzada. Dentro de la secuencia cruzada. Dentro de la secuencia destacan, por lo menos, tres niveles de calizas blanquecinas en capas gruesas y uno o dos paquetes conglomerados con cantos de cuarcita y caliza en matriz limo-arcillosa. Esta secuencia, que se reconoce en la sección al suroeste de Pomacocha, se encuentra plegada y fallada lo que confunde la relación de unidades. En la quebrada de Cariancha hay una unidad de unos 30 m. de conglomerados cuarcítico y calcáreo, en la parte media de la secuencia, constituida por limonitas y areniscas rojizas. En el área de Casapalca también aflora una potente secuencia de capas rojas con unidades de conglomerado y caliza pero que por plegamiento y fallamiento están aparentemente en posición anormal. Para este miembro otros autores han estimado un espesor de 1300 m.

Miembro superior “El Carmen”. Consiste en bancos de 2 a 5 m. de conglomerado cuarcítico, algo calcáreo de matiz rosácea con cantos redondeados de 1 a 10 cm, de diámetro; en menor proporción existen gravas pequeñas y algunos bloques grandes dentro de una matriz areno-limosa; ocasionalmente se intercalan capas de areniscas y limonita rojiza. Entre los elementos del conglomerado raramente se encuentra rocas ígneas.

Este miembro se encuentra expuesto mayormente en los núcleos de los sinclinales y anticlinales entre el área de Casapalca-Buculic-Cotay y por el sureste hasta la laguna Pacushmoc. La mejor exposición se encuentra en la sección entre Pomacocha y Cotay donde presenta contacto transicional, sobre las capas rojas, estimándose un espesor que varía entre 100 a 250 m.

Otro afloramiento de la serie clástica de capas rojas se expone en el sinclinal de Socopecan, al norte de Morococha; allí consiste de una litología similar al miembro inferior de la formación Casapalca, su espesor no pasa los 900 m, y yace sobre las calizas de la formación Jumasha.

Edad y Correlación. - En el área de estudio no se han encontrado charofitas que ayuden a precisar la edad de la formación Casapalca, pero por sus relaciones estratigráficas y tectónicas se le limita, en la región central del país, entre el Cretáceo superior y el Eoceno medio.



## **G. Formación Carlos Francisco**

En la zona alta de la Cordillera Occidental aflora una gruesa secuencia de rocas volcánico-sedimentaria que yace, en aparente concordancia, sobre la formación Casapalca. Esta formación fue designada por MCKINTRY y STILL, geólogo de la ex- Cerro de Pasco Copper Corp; en el área de Casapalca, donde fue dividida en tres miembros, que pueden ser mapeados a una escala adecuada y con el tiempo necesario para individualizarlos regionalmente.

En el presente trabajo se ha mapeado la formación integral, pero en algunas secciones se ha reconocido a cada uno de los miembros.

**Miembro Tablachaca.** Este miembro consiste en una secuencia de conglomerado con elementos volcánicos de 5 a 10 cm. de diámetro y en menor proporción gravas y cantos hasta de 50 cm. con matriz areno-limosa se intercalan areniscas, limolitas rojizas y calizas arenosas. Hacia la tope pasa a intercalaciones de tobas, brechas tobáceas, aglomerados, limolitas rojizas y ocasionales rocas porfíricas de composición andesítica. Es importante señalar que el conglomerado basal del miembro Tablachaca yace en concordancia aparente sobre el miembro “El Carmen”, de la formación Casapalca con el que, en algún caso, es fácil de confundir. La mejor exposición de este conglomerado está en el sinclinal de Joise y Yaulicopa y en el valle del Rimac, antes del cruce con la carretera a la mina Casapalca.

La litología del miembro Tablachaca no es uniforme, pues en el afloramiento del nevado Uco, al noroeste de Ticlio, yace sobre areniscas y limolitas del miembro inferior de la formación Casapalca y consiste en areniscas y limolitas tobáceas de color gris violáceo a gris verdoso. El grosor del miembro Tablachaca es variable; así en los afloramientos de la franja de la mina Casapalca hacia el cerro Uco y hacia la mina Santa Fe tiene aproximadamente 700 m. y hacia el suroeste, es decir, en el sinclinal río Blanco-Bellavista, su espesor alcanza los 400 m.

**Miembro Carlos Francisco.** - En las mismas localidades indicadas anteriormente destaca morfológicamente un conjunto de derrames andesíticos porfíroides y afaníticos de color gris y por intemperismo verdoso y violáceo; intercalan ocasionalmente flujos de brecha volcánica y pórfidos masivos que dan el aspecto local de cuerpos hipabisales. Esta serie volcánica tiene un espesor estimado de 400 a 1000 m. y yace concordantemente sobre el miembro Tablachaca.

**Miembro Yauliyacu.** - Este miembro se caracteriza por tobas rojizas con algunas intercalaciones de tobas lapillíticas gris verdosa, y marrones; ocasionalmente se presentan capas de andesitas, limolitas y areniscas tobáceas.



El miembro Yauliyacu tiene un grosor estimado que varía entre 400 y 900 m. Yace concordantemente sobre los volcánicos Carlos Francisco; se observa que el flanco occidental del sinclinal de Río Blanco su grosor es menor, comparando con el flanco oriental.

## **H. Formaciones Bellavista y Río Blanco**

Ambas formaciones han sido mapeadas como una sola unidad litológica por presentar condiciones rocosas y cambio de facies similares tanto en sentido “O-E” como “NO-SE”.

### **I. Formación Bellavista**

Se denomina Formación Bellavista a una serie sedimentaria que se expone en la localidad del mismo nombre. Consiste en calizas margosas, pardo amarillentas con intercalaciones de calizas negras silicificadas, tobas finas andesitas tobáceas, lutitas y limolitas gris verdosas a pardo rojizas. Hacia el suroeste del sinclinal de Río Blanco la facies consiste de una secuencia de 200 m. de volcánicos con capas subordinadas de caliza, en el noreste del sinclinal indicado alcanza un grosor de 300 m. Esta litología predominantemente sedimentaria yace concordante sobre el miembro Yauliyacu, de la Formación Carlos Francisco; pasa en forma gradacional a la Formación Río Blanco.

### **J. Formación Río Blanco**

En ambos flancos del sinclinal de Río Blanco aflora una potente secuencia de tobas redepositadas, lapillíticas y areniscas tobáceas de color abigarrados, que se intercalan con aglomerados finos, brechas tobáceas y ocasionalmente con horizontes de tobas andesíticas y dacíticas así como con capas de calizas, generalmente con estratificación delgada. En el valle del río Rimac se estima un espesor de más de 600 m.

Ambas formaciones, Bellavista y Río Blanco se extienden hacia el “NO” y “SE” del valle del Rimac, pero su litología monótona y cambiante lateralmente, hacen muy problemático el mapeo.

Edad y Correlación.- La edad de las formaciones Carlos Francisco, Bellavista y Río Blanco, es difícil de precisar, ya que carecen de fósiles; pero cabe resaltar que esta potente secuencia volcánico sedimentaria, de la parte alta de la Cordillera Occidental, definitivamente en post-Capas Rojas Casapalca y por lo tanto su edad más probable es de fines del Eoceno al Oligoceno; en consecuencia las formaciones arriba indicadas, se correlacionan con el Grupo Sacsacero que aflora extensamente en la parte alta de la Cordillera Occidental y con los Grupos Rimac y Colqui de la facies occidental.

El ambiente de sedimentación guarda relación con un complejo de centros volcánicos que aportaban en forma intermitente, flujos de lava y material volcánico explosivo que caía o era transportado hacia las cuencas continentales.



## **K. Volcánico Pacococha**

Se designa con este nombre a un conjunto de derrames volcánicos andesíticos y basálticos con algunas intercalaciones de flujos de brecha volcánica y andesita tobáceas; esta litología está generalmente relacionada a centros volcánicos, debido a la tendencia divergente de los derrames o bien a su posición anormal con respecto al resto de la secuencia de rocas volcánicas. Los afloramientos que se han mapeado están al oeste de Pacococha, de donde toma el nombre, y en la línea de cumbres de la divisoria continental, al este de Colqui y de la mina Caridad.

Edad y Correlación. No se puede precisar su edad, pero por constituir el tope de la secuencia volcánica terciaria y estar instruida por algunos cuerpos hipabisales jóvenes, que la han mineralizado, es probable que su edad pueda estar entre el Mio-Plioceno.

## **L. Depósitos Cuaternarios**

En la parte alta de la Cordillera Occidental, así como en el Flanco Occidental Andino del área de estudio se han mapeado los siguientes depósitos cuaternarios:

- Depósitos Glaciares. - Comprende a los depósitos morrénicos antiguos a recientes que se encuentran en las cabeceras de los valles glaciares o bien cubriendo el fondo o márgenes de los mismos hasta una utilidad de 3800 m.s.n.m.
- Depósitos Fluvioglaciares. - Corresponde al material acarreado por los ríos de ambas vertientes de la zona andina en estudio; esto guarda relación con el proceso erosivo activado por el sensible levantamiento andino y las etapas de glaciación. Como consecuencia se han formado terrazas de material aluvional en las márgenes de los ríos, las más recientes junto al lecho; en algunos casos se han producido inundaciones que han permitido la formación de depósitos fangosos (bofedales).
- Depósitos Aluviales. - Estos depósitos formados por gravas y arenas con cantos rodados se encuentran en los cursos medio e inferior de los ríos que bajan hacia la costa. Se encuentra formando terrazas aluvionales en las márgenes de los lechos.
- Depósitos Coluviales y de Deslizamiento. - Los primeros son los depósitos que se encuentran al pie de las escarpas de las laderas de los cerros como material de escombros constituidos por gravas y bloques sub-angulosos con matriz areniscosa y limosa.

Los depósitos de deslizamiento corresponden a pequeños fenómenos geodinámicos reconocidos en las laderas de algunos valles.



### **2.2.3 Índices de Operación Minera.**

(SALAS, 2013) En su tesis, “Estudio de KPIs en los equipos de perforación, carguío y acarreo para el incremento de la producción de 3000 a 3600 tm/día en la mina Pallancata - Hochschild Mining), Tesis., Arequipa. Menciona de modo genérico y en función de su representatividad y contenido, estos índices operacionales mineros se pueden clasificar en cuatro grandes grupos:

#### **2.2.3.1 Índices Mecánicos**

Los que informan sobre la disponibilidad mecánica o física de los equipos e instalaciones y sus rendimientos o producciones por unidad de tiempo, todos registrados y cuantificados por el área de mantenimiento en la unidad minera. (CASTRO, 2007)

#### **2.2.3.2 Índices de Insumos**

Según (BAUTISTA, 2014) Los que señalan magnitudes de los elementos consumidos para lograr una unidad de producto comercial o el rendimiento del insumo expresado en unidades de producto por unidad de elemento consumido (ej. Kg. explosivo/ton, ton-Km/litro combustible).

#### **2.2.3.3 Índices Mineros**

Los que muestran las relaciones y/o proporciones que toma la materia prima mineral y sus leyes al fluir por las distintas etapas del proceso de extracción y beneficio (ejemplo: razón estéril/mineral). (CASTRO, 2007)

#### **2.2.3.4 Índices de Resultados**

(SALAS, 2013) En su tesis, “Estudio de kpis en los equipos de perforación, carguío y acarreo para el incremento de la producción de 3000 a 3600 tm/día en la mina Pallancata - Hochschild Mining), Tesis., Arequipa. Menciona que los que indican logros planeados y reales para el período reportado (por ejemplo, toneladas de concentrado de Ag y Au al mes). Limitándonos a nuestro tema, solo abordaremos los índices mecánicos, los cuales provienen de la información obtenida por un sistema desarrollado y aplicado, a objeto de lograr la optimización de los siguientes aspectos relacionados con equipos e instalaciones:

- ❖ Uso, funcionamiento y operación.
- ❖ Mantenimiento electromecánico.
- ❖ Reemplazo oportuno y adecuado.



La optimización debe entenderse como máxima disponibilidad operativa y rendimiento al mínimo costo de inversión, operación y mantención. A continuación, definiremos los parámetros a utilizar en la obtención de los índices.

## **2.2.4 Tiempo de Operación Minera.**

### **2.2.4.1 Tiempo Cronológico o Calendario (TCR)**

Según (CASTRO, 2007) Son las horas correspondientes al tiempo calendario natural como días, meses, años, y se divide en dos tiempos que corresponden a:

- ❖ Tiempo hábil
- ❖ Tiempo Inhábil

### **2.2.4.2 Tiempo hábil u horas hábiles (HH)**

Según (SALAS, 2013) Son las horas en que el equipo está en actividad productiva y/o en tareas de mantención de sus elementos de producción y/o reserva:

- ❖ Operación
- ❖ Mantención
- ❖ Reserva

### **2.2.4.3 Tiempo inhábil u horas inhábiles (HIN)**

Según (SALAS, 2013) Son las horas en que el equipo suspende sus actividades productivas y/o mantención de sus elementos y/o infraestructura por razones como: Paralizaciones programadas: domingos, festivos, vacaciones colectivas, colaciones etc. Imprevistos: originadas y obligadas por causas naturales como lluvias, temblores, nieve, etc., u otras ajenas al control de la faena como la falta de energía eléctrica, atrasos en la llegada del transporte de personal, ausentismo colectivo por epidemias. Cuando en horas o tiempo programado como inhábil un equipo o instalación es operado y/o sometido a mantención y/o reparación, el tiempo real es computado como tiempo hábil y clasificado en una de sus tres condiciones.

### **2.2.4.4 Tiempo de operación u horas de operación (HOP)**

Según (SALAS, 2013) Son las horas en que el equipo se encuentra entregado a su(s) operador(es), en condiciones electromecánicas de cumplir su objetivo o función de diseño y con una tarea o cometido asignado. Este tiempo se divide en:

- ❖ Tiempo Efectivo.



❖ Tiempo de pérdida operacional.

**a) Tiempo efectivo u horas efectivas (HEF)**

Según (BAUTISTA, 2014) Son las horas en que la unidad de equipo o instalación está funcionando y cumpliendo su objetivo de diseño.

**b) Tiempo de pérdida operacional u horas de pérdidas (HPE)**

Son las horas en que la unidad de equipo o instalación, estando en condiciones electromecánicas de cumplir su objetivo de diseño, a cargo de su(s) operador(es) y con una tarea asignada, no puede realizarla por motivos ajenos a su funcionamiento intrínseco, como son esperas de equipo complementario y en general por razones originadas en la coordinación de operaciones. (SALAS, 2013)

**2.2.4.5 Tiempo de mantenimiento u horas de mantención (HMT)**

Según (CASTRO, 2007) Son las horas hábiles comprendidas desde el momento que el equipo o instalación no es operable en su función objetiva o de diseño por defecto o falla en sus sistemas electromecánicos o por haber sido entregado a reparación y/o mantención, hasta que ha terminado dicha mantención y/o reparación y el equipo está en su área de trabajo en condiciones físicas de operación normal.

- ❖ Esperas de personal y/o equipos de apoyo y/o repuestos.
- ❖ Traslados hacia y desde talleres o estación de mantención o reparación.
- ❖ Tiempo real de mantención y/o reparación.
- ❖ Movimientos y/o esperas de estos en lugares de reparación y/o mantención.

**2.2.4.6 Tiempo de reserva u horas de reserva (HRE)**

Según (SALAS, 2013) En la tesis “Estudio de KPIs en los equipos de perforación, carguío y acarreo para el incremento de la producción de 3000 a 3600 TM/DIA”, Manifiesta que las horas hábiles en que el equipo estando en condiciones electromecánicas de cumplir su función u objetivo de diseño, no lo realiza por motivos originados en una o más de las siguientes razones:

- ❖ Falta de operador (si es en la hora de colación se toma como tiempo inhábil, si el equipo sigue funcionando y hay cambio de operador se considera tiempo de operación).
- ❖ No requerir un plan de trabajo.
- ❖ Área de función restringida.



Tabla N° 1 Tiempo de Operación

<b>TIEMPO CRONOLÓGICO (TCR)</b>	
Son las horas correspondientes al tiempo calendario como días, meses, años	
<b>TIEMPO HABIL (HH)</b>	<b>TIEMPO INHABIL (HIN)</b>
<p>Son las horas en la que el equipo está en actividad productiva, tareas de mantenimiento, y horas de reserva.</p> <p><b>HORAS OPERACIONALES (HOP)</b> Son las horas en que el equipo se encuentra entregado a su o sus operadores, en condiciones electromecánicas de cumplir su objetivo o función de diseño y con una tarea o cometido asignado.</p> <p><b>HORAS OPERACIONALES EFECTIVAS (HEF)</b> Son las horas en las que el equipo está funcionando y cumpliendo su objetivo de diseño</p>	<p><b>HORAS DE MANTENIMIENTO (HMT)</b> Son las horas comprendidas desde el momento que el equipo no es operable en su función o diseño por fallas en sus sistemas electromecánicos o por haber sido entregado para un mantenimiento hasta terminarlo y retorne a su área de trabajo o estacionamiento en condiciones normales de operación el tiempo de mantenimiento se divide en -esperas de personal con equipos de apoyo y repuestos - traslado hacia los talleres y desde los talleres - tiempo de mantenimiento - Movimiento o esperas de los equipos en lugares de mantenimiento.</p> <p><b>HORAS DE RESERVA (HRE)</b> Son las horas en las que el equipo estando en condiciones electromecánicas de cumplir su función u objetivo de diseño no lo realiza por motivos originados en una o más de las siguientes razones: -Falta de operador si es en la hora de colación se toma como tiempo inhábil si el equipo sigue funcionando y hay cambio de operador se considera tiempo de operación)- Falta de un equipo complementario o accesorio -No requerir plan de trabajo -Área de función restringida.</p>
<p><b>HORAS DE PERDIDAS OPERACIONALES (HPE)</b> Son las horas en las que el equipo, estando en condiciones electromecánicas de cumplir su objetivo de diseño. A cargo de sus o sus operadores y con una tarea asignada, no puede realizar por motivos ajenos a su funcionamiento en general por razones originadas en la coordinación de operaciones</p>	<p>Son las horas en que el equipo suspende sus actividades productivas o de mantenimiento de sus elementos por razones como:</p> <p><b>Paralizaciones programadas:</b> domingos, festivos, vacaciones, colectivas, colaciones etc.</p> <p><b>Imprevistos:</b> Originadas y obligadas por causas naturales como: lluvias, Temblores, nieve etc. u otras ajenas al control de la faena como la falta de energía eléctrica, atrasos en la llegada del transporte de personal, ausentismo colectivo por epidemias. Cuando las horas programadas como inhábiles y un equipo es operado o sometido a mantenimiento, el tiempo real se toma como tiempo inhábil y clasificado en una de sus tres condiciones.</p>

Fuente: (Salas, 2013)



**Igualdades:**

<b>TCR=HH+HIN</b> <b>HH=HOP+HMT+HRE</b> <b>HOP=HEF+HPE</b>
--

Ahora veremos la utilización de estos parámetros temporales en la definición de los índices mecánicos.

**2.2.5 Índices Operacionales.**

**2.2.5.1 Disponibilidad Mecánica.**

Según (ADRIAN, 2008) Es la fracción del total de horas hábiles, expresada en porcentaje, en la cual el equipo se encuentra en condiciones físicas de cumplir su objetivo de diseño.

$$DM = \frac{(HH - HMT) \times 100 \%}{HH} = \frac{(HEF + HPE + HRE) \times 100\%}{(HEF + HPE + HMT + HRE)} \dots\dots\dots\text{Ecuación (2.1)}$$

Donde:

DM: Disponibilidad Mecánica

HH: Tiempo Hábil

HMT: Horas de Mantenimiento Total

HEF: Horas Operacionales Efectivas

HPE: Horas de Pérdidas Operacionales

HRE: Horas de Reserva

Este indicador es directamente proporcional a la calidad del equipo y a la eficiencia de su mantención y/o reparación, e inversamente proporcional a su antigüedad y a las condiciones adversas existentes en su operación y/o manejo.

**2.2.5.2 Utilización Efectiva**

Según (ADRIAN, 2008) Es la fracción del tiempo, expresada en porcentaje, en la cual el equipo es operado y cumpliendo su objetivo de diseño.

$$UE = \frac{HEF \times 100 \%}{(HOP + HRE)} = \frac{HEF \times 100 \%}{(HEF + HPE + HRE)} \dots\dots\dots\text{Ecuación (2.2)}$$

Donde:

UE: Utilización Efectiva

HRE: Horas de Reserva

HOP: Horas Operacionales

Es directamente proporcional a la demanda o necesidad de la operación de utilizar el equipo, e inversamente proporcional a su disponibilidad física y a su rendimiento.

### 2.2.5.3 Rendimiento Operativo

Según Adrian., (2008) Es el promedio de unidades de producción realizadas por el equipo por cada unidad de tiempo de operación.

$$R = \frac{\text{UNIDADES DE PRODUCCIÓN PROMEDIO}}{\text{UNIDAD DE TIEMPO DE OPERACIÓN}} \dots\dots\dots\text{Ecuación (2.3)}$$

Es directamente proporcional a la velocidad de producción del equipo e inversamente proporcional al tiempo de pérdida.

### 2.2.5.4 Rendimiento Efectivo

Según (Salas, 2013) Es el promedio de unidades de producción realizadas por el equipo en cada unidad de tiempo efectivo de operación.

$$R = \frac{\text{UNIDADES DE PRODUCCIÓN PROMEDIO}}{\text{UNIDAD DE TIEMPO EFECTIVO DE OPERACIÓN}} \dots\dots\dots\text{Ecuación (2.4)}$$

Teóricamente este valor debería ser el de diseño para el equipo, pero es alterado por las características físicas de donde se aplica su función, el medio ambiente, condiciones físicas del equipo y por las técnicas de su utilización.

Con estos índices podemos llevar un control en el transcurso de la vida de cualquier equipo, de por sí solos cada índice no representa una herramienta útil para dar solución a problemas o detectar causas de problemas, se deberán analizar para poder enfocar cualquier tipo de investigación al respecto, y el éxito de ello dependerá directamente de la calidad de la información obtenida para el cálculo de cada uno de ellos, es decir solo nos serán de utilidad si es que han sido medidos con claridad, comprobables, constancia y responsabilidad.

## 2.2.6 Diagrama Causa - Efecto (Ishikawa)

### 2.2.6.1 Definición

Según (SALAS, 2013). En “Estudio de KPIs en los equipos de perforación, carguío y acarreo para el incremento de la producción de 3000 a 3600 tm/día en la mina Pallancata - Hochschild Mining”. En su resumen menciona que el diagrama Causa - Efecto es una representación gráfica que muestra la relación cualitativa e hipotética de los diversos factores que pueden contribuir a un efecto o fenómeno determinado se conoce también como diagrama de Ishikawa (por su creador, el Dr. Kaoru Ishikawa, 1943), o diagrama de espina de pescado y se utiliza en las fases de diagnóstico y solución de la causa.

Su concepción conceptual al concebir su diagrama Causa - Efecto (espina de pescado de Ishikawa) se puede resumir en que cuando se realiza el análisis de un problema de cualquier índole, tienen diversas causas de distinta importancia, trascendencia o proporción.

Algunas causas pueden tener relación con la presentación u origen del problema y otras, con los efectos que este produce.

### 2.2.6.2 Para qué Sirve

Según (ADRIAN, 2008) El objetivo fundamental es el identificar y verificar todas las causas posibles de un problema y llegar a la causa o raíz o principal del mismo para reducirlo o eliminarlo, a través de la participación de todos los miembros del equipo identificar problemas de trabajo en que se trabaja y lograr que todos los participantes vayan enunciando sus sugerencias.

- ❖ Los conceptos que expresen las personas, se irán colocando en diversos lugares.
- ❖ El resultado obtenido será un diagrama en forma de espina de Ishikawa.
- ❖ Para llegar al corazón de un problema se requiere identificar todas las causas posibles de algún efecto (problema).
- ❖ Las causas se atribuyen a la forma en que el trabajo se realiza y las variaciones en este proceso.

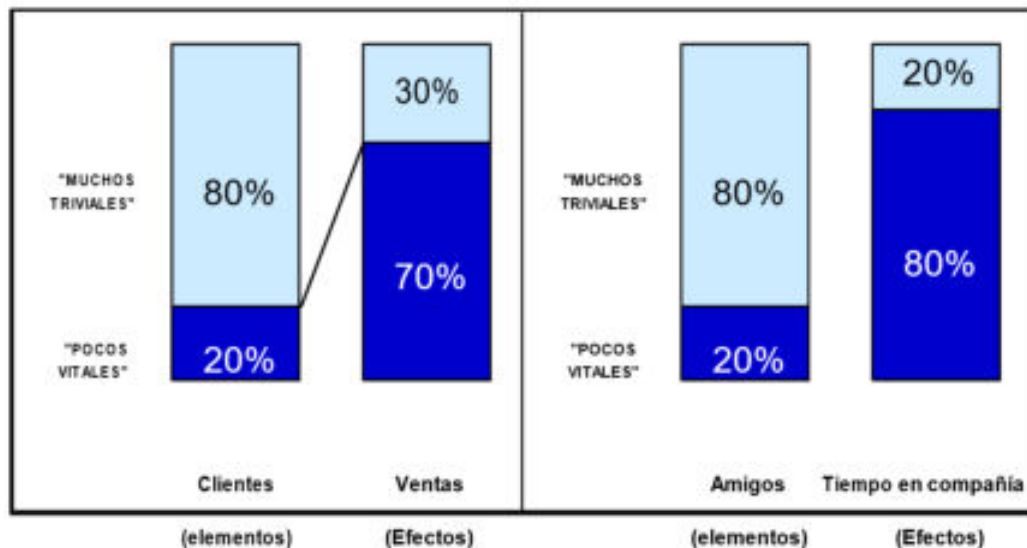
## 2.2.7 Diagrama de Pareto

### 2.2.7.1 Principio de Pareto

Según (SALAS, 2013). En su tesis “Estudio de KPIs en los equipos de perforación, carguío y acarreo para el incremento de la producción de 3000 a 3600 t/día en la mina Pallancata - Hochschild Mining”. Tesis, Arequipa. En su resumen menciona que el principio de Pareto afirma que en todo grupo de elementos o factores que contribuyen a un mismo efecto, unos pocos son responsables de la mayor parte de dicho efecto.



Gráfico N° 1 Principio de Pareto



Fuente: (SALAS, 2013).

El nombre de Pareto fue dado por el Dr. Joseph Juran en honor del economista italiano Vilfredo Pareto (1848-1923) quien realizó un estudio sobre la distribución de la riqueza, en el cual descubrió que la minoría de la población poseía la mayor parte de la riqueza y la mayoría de la población poseía la menor parte de la riqueza. Con esto estableció la llamada **“Ley de Pareto”** según la cual la desigualdad económica es inevitable en cualquier sociedad.

Pareto observó que la gente en su sociedad se dividía naturalmente entre los "pocos de mucho" y los "muchos de poco". Observaba que el 20% de la gente tenía 80% de poder político y la abundancia económica, mientras que el otro 80%, "las masas" compartía el 20% restante de la riqueza y tenía poca influencia política.

“La ley de Pareto” dice que el 20% de cualquier cosa producirá el 80% de los efectos, mientras que el otro 80% solo dará el 20% de los efectos.

Gráfico N° 2 Regla del 80/20



Fuente: Diagrama de Pareto

El análisis de Pareto es una comparación cuantitativa y ordenada de elementos o factores según su contribución a un determinado efecto.

El objetivo de esta comparación es clasificar dichos elementos o factores en dos categorías: Los "pocos vitales" (los elementos muy importantes en su contribución) y los "muchos triviales" (los elementos poco importantes en ella).

### **2.3 Definición de términos (marco conceptual)**

#### **2.3.1 Rampa:**

Acceso o vía principal de labores mineras, desde la superficie, o como conexión entre niveles de una mina subterránea. (ROJAS, 2015)

#### **2.3.2 Cruceros:**

Son labores horizontales que sirven como accesos para empezar a preparar los tajos de explotación y delimitarlo. (LOPEZ, 2017)

#### **2.3.3 Chimeneas:**

Labores verticales que nos servirán de ventilación y de servicios. (LOPEZ, 2017)

#### **2.3.4 By Pass**

Labores horizontales que sirven de servicio para la extracción de mineral y van paralelo a las galerías; en estas se ubican cámaras de almacenamiento, ore pass, work pass, chimeneas de servicios y ventilación los cuales se realizan en cada nivel de la mina. (LOPEZ, 2017)

#### **2.3.5 Ore pass (OP)**

Son labores inclinadas casi verticales el cual sirven para el paso del mineral de un nivel a otro donde están equipos de extracción. (LOPEZ, 2017)

#### **2.3.6 Galerías sobre Veta**

Son labores horizontales que siguen el rumbo de la veta y delimitan el tajo en bloques para poder minarlo; estas nos servirán en un primer momento como lugar de perforación de taladros verticales. Y al final después de minarlo se convertirá como galería de extracción. (SALAS, 2013)

#### **2.3.7 Galería de extracción**

De la misma forma es una labor horizontal donde el cual cae el mineral volado y por donde se extrae el mismo. (LOPEZ, 2017)

#### **2.3.8 Raise boring (RB)**

Labores verticales que sirven de ventilación y como accesos al material de relave que nos sirve como relleno de los tajos. (LOPEZ, 2017)



### **2.3.9 Costos directos**

Conocidos como costos variables, son los costos primarios en una operación minera en los procesos productivos de perforación, voladura, carguío y acarreo y actividades auxiliares mina, Definiéndose esto en los costos de personal de producción, materiales e insumos, equipos. (SALAS, 2013)

### **2.3.10 Costos indirectos**

Conocidos como costos fijos, son gastos que se consideran independiente de la producción. Este tipo de costos puede variar en función del nivel de producción proyectado, pero no directamente con la producción obtenida. (SALAS, 2013)

### **2.3.11 Costos operativos o de producción mina**

Los costos de operación se definen como aquellos generados en forma continua durante el funcionamiento de una operación minera y están directamente ligados a la Producción, pudiéndose categorizarse en costos directos e indirectos. (PACAHUALA, 2015)

### **2.3.12 Rendimiento**

En un contexto empresarial, el concepto de rendimiento hace referencia al resultado deseado efectivamente obtenido por cada unidad que realiza la actividad, donde el término unidad puede referirse a un individuo, un equipo, un departamento o una sección de una organización. (LOPEZ, 2017)

### **2.3.13 Key Performance Indicators (KPIs)**

Indicador clave o medidor de desempeño o indicador clave de rendimiento, es una medida del nivel del rendimiento de un proceso. El valor del indicador está directamente relacionado con un objetivo fijado previamente y normalmente se expresa en valores porcentuales (HUAROCC, 2014)

### **2.3.14 Indicador**

Son índices numéricos establecidos sobre los efectos de cada proceso para medir su calidad total. Por el contrario, los ítems de verificación son índices numéricos establecidos sobre las principales causas que afectan a los primeros. (FALCONI, 2004)

### **2.3.15 Control de operaciones**

Control de Producción en Operación del área de Minas, se aplica para lograr las metas u objetivos que se trazan en una unidad de producción de una Empresa Minera y ello va depender del tipo de organización con que cuentan. (CONSEMINCO, 2018)



### **2.3.16 Transporte de mineral**

Corresponde al acarreo o traslado de mineral mediante medios mecánicos de distinta complejidad, desde las labores de explotación hasta las plantas de tratamiento. (CONSEMINCO, 2018)

### **2.3.17 Acarreo de mineral**

Son los trabajos que consisten en el traslado de mineral de los frentes de producción hacia las tolvas de mineral que se encuentran en interior mina. (LOPEZ, 2017)

### **2.3.18 Productividad**

Es la relación entre la cantidad de producto obtenido por un sistema productivo y los recursos obtenidos para obtener dicha producción. (EMPSAC, 2011)

### **2.3.19 Eficiencia.**

Es la relación que existe entre los recursos empleados en un proyecto y los resultados obtenidos con el mismo. (EMPSAC, 2011)

### CAPÍTULO III DISEÑO METODOLÓGICO

#### 3.1 Definición de Variables

Según (BLOGSPOT, 2013) Señala que una variable es una propiedad que puede variar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse. De manera que entendemos como cualesquiera característica, propiedad o cualidad que presenta un fenómeno que varía, en efecto puede ser medido o evaluado.

#### 3.2 Operacionalización de variables

**Tabla N° 2 Variables, indicadores y/o índices.**

<b>Variables</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Índices</b>
<b>Dependiente</b>	- Productividad	- % - Ton/día - Ton
Carguío y acarreo de mineral.	- Seguridad - Servicios auxiliares	- N° incidentes - M <sup>3</sup> /min - ml
<b>Independiente</b>	- Gestión	- N° Herramientas de gestión
Indicadores Clave de desempeño. (KPIs)	- Capacitación - Administración	- Horas Hombre Capacitadas (HHC) - Control de operaciones.

Fuente: Elaboración propia.



### **3.3 Hipótesis de la Investigación**

#### **3.3.1 Hipótesis general**

El carguío y acarreo de mineral mejora significativamente con el uso de los indicadores de desempeño (KPIs) en la Cía. minera Los Quenuales S.A, Yauliyacu, Lima 2018.

#### **3.3.2 Hipótesis específicas**

La productividad tiene dependencia en el carguío y acarreo a partir de la gestión de los indicadores de desempeño (KPIs) en la Cía. Minera Quenuales-Yauliyacu, Lima 2018.

La seguridad en el carguío y acarreo de mineral mejorará con la capacitación y los indicadores de desempeño en la Cía. Minera Quenuales-Yauliyacu, Lima 2018.

El carguío y acarreo tiene dependencia de los servicios auxiliares mineros a partir de la administración de los indicadores de desempeño en la Cía. Minera Quenuales-Yauliyacu, Lima 2018.

### **3.4 Tipo y diseño de la investigación**

#### **3.4.1 Tipo.**

Según (HERNANDEZ, 2014) El tipo de investigación es descriptivo aplicativo, el estudio tiene en cuenta la economía de la empresa mediante el uso de los indicadores clave de desempeño (KPIs)

#### **3.4.2 Diseño.**

(HERNANDEZ, 2014) El estudio es de una estrategia experimental de Causa y Efecto, donde la causa es la optimización de los costos y el efecto será los resultados que se tienen en el incremento de la productividad.

### **3.5 Población y muestra**

#### **3.5.1 Población**

Se toma como universo a las operaciones realizadas en la Unidad Minera de Yauliyacu en la Empresa Minera Los Quenuales S.A.

#### **3.5.2 Muestra**

Se toma como muestra la Galería 975 (Profundización), NV: 800, cabe recalcar que la muestra es representativa donde brinda toda la información para realizar el presente proyecto de tesis.

### **3.6 Procedimiento de la investigación**

Los procedimientos de investigación de datos estuvieron en función al cronograma establecido del proyecto de tesis.



Se hizo a través de dos personas, el tesista y un asistente.

- El tiempo duró 3 meses aproximadamente.
- El medio fue la observación y la revisión de los reportes.

Los procedimientos de investigación de datos estarán en función al ciclo de minado, primero se tomarán datos de tiempo de desatado de rocas sueltas,

### **3.7 Material de investigación**

Los primeros procedimientos y material a usar contemplan la revisión bibliográfica y la investigación de antecedentes de otros proyectos mineros y de los antecedentes dentro de la unidad minera que consideramos las siguientes:

- ❖ Revisión bibliográfica.
- ❖ Reportes de operación.
- ❖ Reportes de Productividad.

#### **3.7.1 Instrumentos de investigación**

**Los instrumentos a usar en el proyecto de investigación son los siguientes:**

- ❖ Instrumentos de medición para calcular el tonelaje extraído del tajo.
- ❖ Modelos matemáticos (Factor de esponjamiento/ Presencia de agua)
- ❖ Cálculo de tiempos (cronómetro)

## CAPÍTULO IV RESULTADOS

### 4.1 Descripción de los resultados.

Para determinar los resultados del presente trabajo de investigación se emplearon las siguientes técnicas:

- Trabajo de campo in-situ.
- Trabajo de gabinete procesamiento de datos.

#### 4.1.1 Trabajo In-situ:

El trabajo de campo tiene como objetivo mejorar el ciclo de operación de los equipos de carguío y acarreo de mineral para aumentar la productividad de los mismos.

El estudio desarrollado trata de analizar los indicadores clave de desempeño (KPIs) de los equipos ya mencionados anteriormente tales como: disponibilidad mecánica, utilización efectiva, rendimiento operativo y rendimiento efectivo; en su estado inicial para comparar con los KPIs optimizados, luego de haber identificado los problemas, para ser analizados, formulados y resueltos con las herramientas de análisis tales como: diagrama Ishikawa y diagrama de Pareto en la unidad minera Yauliyacu.

#### A. Descripción de la zona de trabajo

Los trabajos desarrollados en la empresa de la sección IV: Nv:1800, Tj-975, (profundización). El método de explotación que se lleva en la unidad minera es de sub level stoping lo cual indica mayor producción de mineral, este trabajo se desarrolla

siguiendo el plan de minado entregado por el departamento de planeamiento a largo y a corto plazo.

## B. Descripción de los equipos en estudio.

Los equipos en estudio a considerar son los siguientes:

- **Equipos de carguío:**
  - Scoop R1300G (4.2 yd<sup>3</sup>)
  - Scoop R1600G (6 yd<sup>3</sup>)
- **Equipo de acarreo:**
  - Dumper EJC-416 (17 toneladas) 10 unidades respectivamente

Tabla N° 3 Datos técnicos de los equipos de carguío

<b>DATOS TÉCNICOS DE LOS EQUIPOS DE CARGUÍO</b>		
MARCA	CAT	CAT
<b>MODELO</b>	<b>R1600G</b>	<b>R1300G</b>
Capacidad de cuchara	4.58 m <sup>3</sup>	3.21 m <sup>3</sup>
Potencia de Motor	270 HP	210 HP
Alt.Max de Descarga	4.5 m	4 m
Veloc.Max.Desplazamiento	30.6 Km/h	31.2 Km/h

Fuente: Datos técnicos del equipo CATERPILLAR

Tabla N° 4 Datos técnicos de los equipos de acarreo

<b>DATOS TÉCNICOS DE LOS EQUIPOS DE ACARREO</b>		
MARCA	SANDVIK	CLAYTON
<b>MODELO</b>	<b>EJC-417</b>	<b>EMC-298</b>
Capacidad de tolva	15-20 t	10-15 t
Capacidad de motor	210 HP	300 HP
Vel. Desplazamiento promedio	45 Km/h	30 Km/h

Fuente: Datos técnicos del equipo SANDVIK

- **Descripción de los controles de equipos:**

Para esta descripción se elaboró un formato de tiempo llamado, Mantenimiento Productivo Total (TPM), en el cual se registra el tiempo empleado de cada una de las actividades realizadas por los equipos de carguío y acarreo desde el inicio hasta el final de guardia. La toma de muestras se realizó en el turno diurno, debido a que los practicantes no cuentan con autorizaciones de ingreso a zonas de producción en el turno noche.

### 4.1.2 Trabajo de gabinete

#### A. Índices operacionales de los equipos en estudio:

Los estudios y análisis operacionales de los equipos de carguío y acarreo de mineral se realizaron tomando en cuenta los siguientes índices tales como: Disponibilidad mecánica (DM), Utilización efectiva (UE), Rendimiento operativo (R), Rendimiento efectivo (r), los cuales fueron definidos en los capítulos anteriores.



Tabla N° 5 Indicadores de equipo de carguío 2017.

**INDICADORES DE LOS EQUIPOS DE CARGUÍO- SCOOP-R1300G – 2017 YAULIYACU**

DESCRIPCIÓN	SCOOP CAT R1300G SC-38	SCOOP CAT 1300G SC-48	SCOOP CAT R1300G SC-45	SCOOP CAT R1300G SC-18				
MES	DISP. MECÁNICA	UTILIZACIÓN EFECTIVA	DISP. MECÁNICA	UTILIZACIÓN EFECTIVA	DISP. MECÁNICA	UTILIZACIÓN EFECTIVA	DISP. MECÁNICA	UTILIZACIÓN EFECTIVA
ENE	92%	75%	92%	75%	91%	64%	93%	78%
FEB	93%	80%	91%	76%	90%	75%	91%	86%
MAR	92%	65%	90%	64%	93%	76%	89%	85%
ABR	82%	80%	93%	68%	91%	68%	93%	67%
MAY	90%	76%	91%	70%	89%	70%	86%	80%
JUN	93%	85%	89%	78%	93%	80%	93%	71%
JUL	91%	76%	93%	75%	92%	82%	92%	70%
AGO	89%	69%	86%	72%	86%	86%	90%	75%
SET	93%	88%	89%	62%	92%	69%	96%	72%
OCT	91%	76%	90%	67%	90%	71%	90%	81%
NOV	81%	75%	89%	76%	96%	67%	87%	80%
DIC	83%	70%	87%	75%	85%	68%	92%	76%
<b>PROMEDIO</b>	<b>89%</b>	<b>76%</b>	<b>90%</b>	<b>72%</b>	<b>91%</b>	<b>73%</b>	<b>91%</b>	<b>77%</b>

Fuente: Propia

Tabla N° 6 Indicadores de los equipos de acarreo 2017

**INDICADORES DE LOS EQUIPOS DE ACARREO - DUMPER- SANDVIK/EJC-417 - 2017 YAULIYACU**

DESCRIPCIÓN	DUMPER-EJC-417 D-01	DUMPER-EJC-416 D-03	DUMPER-EJC-417 D-05	DUMPER-EJC-416 D-08				
MES	DISP. MECÁNICA	DISP. MECÁNICA	DISP. MECÁNICA	DISP. MECÁNICA				
	UTILIZACIÓN EFECTIVA	UTILIZACIÓN EFECTIVA	UTILIZACIÓN EFECTIVA	UTILIZACIÓN EFECTIVA				
ENE	68%	67%	96%	87%	96%	63%	84%	76%
FEB	90%	78%	75%	85%	89%	73%	95%	65%
MAR	91%	77%	76%	82%	82%	85%	76%	64%
ABR	86%	88%	85%	66%	87%	81%	82%	62%
MAY	76%	85%	90%	65%	90%	80%	87%	85%
JUN	85%	68%	68%	76%	79%	70%	79%	76%
JUL	74%	65%	82%	85%	95%	60%	92%	90%
AGO	85%	66%	98%	69%	93%	65%	87%	82%
SET	89%	86%	86%	67%	81%	83%	86%	80%
OCT	92%	87%	87%	71%	75%	88%	93%	72%
NOV	91%	75%	90%	70%	69%	75%	97%	70%
DIC	80%	79%	95%	61%	65%	76%	78%	68%
<b>PROMEDIO</b>	<b>84%</b>	<b>77%</b>	<b>86%</b>	<b>74%</b>	<b>83%</b>	<b>85%</b>	<b>86%</b>	<b>74%</b>

Fuente: Propia



**B. Relación de actividades que han sido identificadas, clasificadas y cuantificadas de los equipos en estudio**

Los equipos en estudio se identificaron mediante diversas actividades las cuales se clasifican y cuantifican haciendo uso de la **tabla N°1 ver página 36**. Donde se detalla los tiempos cronológicos de operación según las normas, American Smelting & Refining Co (ASARCO).

**C. Control de Tiempos actuales en las actividades registradas según Orden de trabajo en los SCOOP-CAT R1600G.**

En el control de tiempos de las actividades realizadas del SCOOP-CAT-R1600G se identificaron un total de 20 actividades según orden de trabajo que se le asigna al operador, desde el inicio hasta fin de cada guardia. El control de tiempos se realizó durante 7 días haciendo un total de 14 guardias acumulados en todo el equipo que fueron seleccionados aleatoriamente en el área de trabajo.

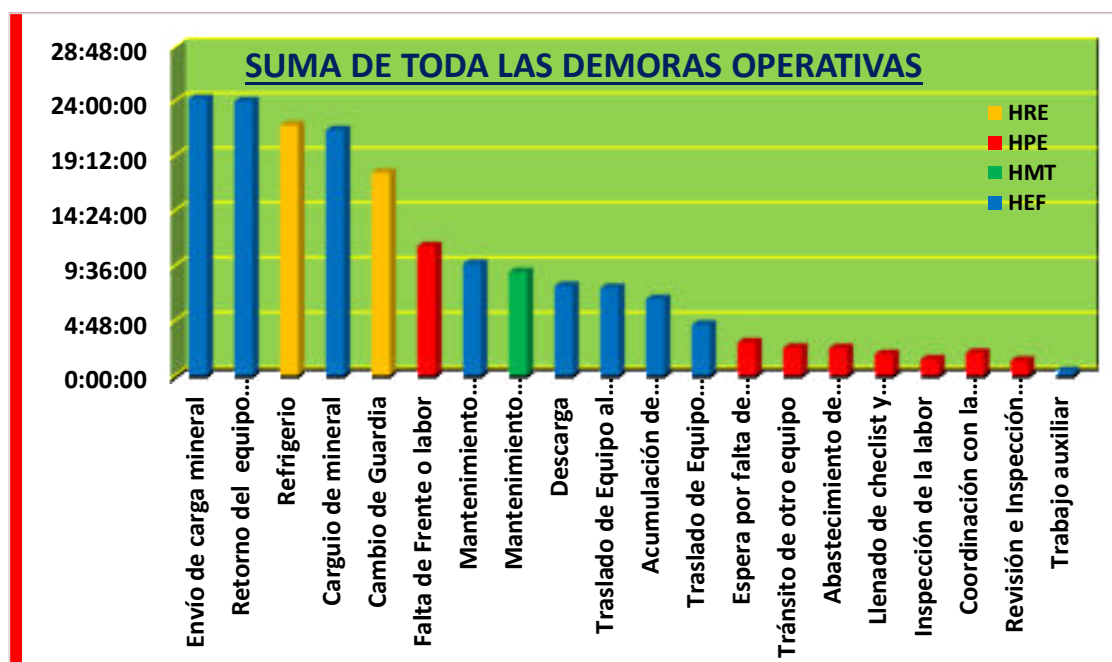
Tabla N° 7 Tiempos actuales de los SCOOP CAT-R1600G

SUMA DE TIEMPOS DE DEMORAS OPERATIVAS-SCOOP R1600G EN HORAS					
ACTIVIDADES	HEF	HMT	HPE	HRE	Total General
Abastecimiento de Combustible			02:21:33		2:21:33
Acumulación de Mineral	06:38:54				6:38:54
Cambio de Guardia				17:42:16	17:42:16
Carguío	21:25:25				21:25:25
Coordinación con la supervisión			01:57:35		1:57:35
Descarga	07:47:29				7:47:29
Envío de carga mineral	24:10:55				24:10:55
Espera por falta de Dumper			02:51:55		2:51:55
Falta de Frente o labor			11:16:08		11:16:08
Inspección de la labor			01:22:46		1:22:46
Llenado de checklist y reporte			01:49:39		1:49:39
Mantenimiento (Ripiado) vía	09:43:39				9:43:39
Mantenimiento Correctivo		09:00:04			9:00:04
Refrigerio / Almuerzo				21:52:18	21:52:18
Retorno del Equipo vacío	23:56:38				23:56:38
Revisión e Inspección del Equipo			01:15:44		1:15:44
Trabajo auxiliar	00:21:58				0:21:58
Tránsito de otro equipo			02:23:41		2:23:41
Traslado de Equipo al taller	04:24:25				4:24:25
Traslado de Equipo al Refugio	07:36:58				7:36:58
<b>Total General</b>	<b>106:06:21</b>	<b>9:00:04</b>	<b>25:19:01</b>	<b>39:34:34</b>	<b>180:00:00</b>
<b>PORCENTAJE</b>	<b>58.95%</b>	<b>5.00%</b>	<b>14.06%</b>	<b>21.99%</b>	<b>100.00%</b>

*Fuente: Propia*



Gráfico N° 3 Actividades actuales del SCOOP-CAT-R1600G



Fuente: Propia

**D. Control de Tiempos actuales en las actividades registradas según Orden de trabajo en los SCOOP-CAT R1300G.**

En el control de tiempos de las actividades realizadas del SCOOP-CAT-R1300G se identificaron un total de 21 actividades según orden de trabajo que se le asigna al operador, desde el inicio hasta fin de cada guardia. El control de tiempos se realizó durante 2 días haciendo un total de 4 guardias acumulados en todo el equipo que fueron seleccionados aleatoriamente en el área de trabajo.

Tabla N° 8 Suma de toda las demoras operativas SCOOP R1300G

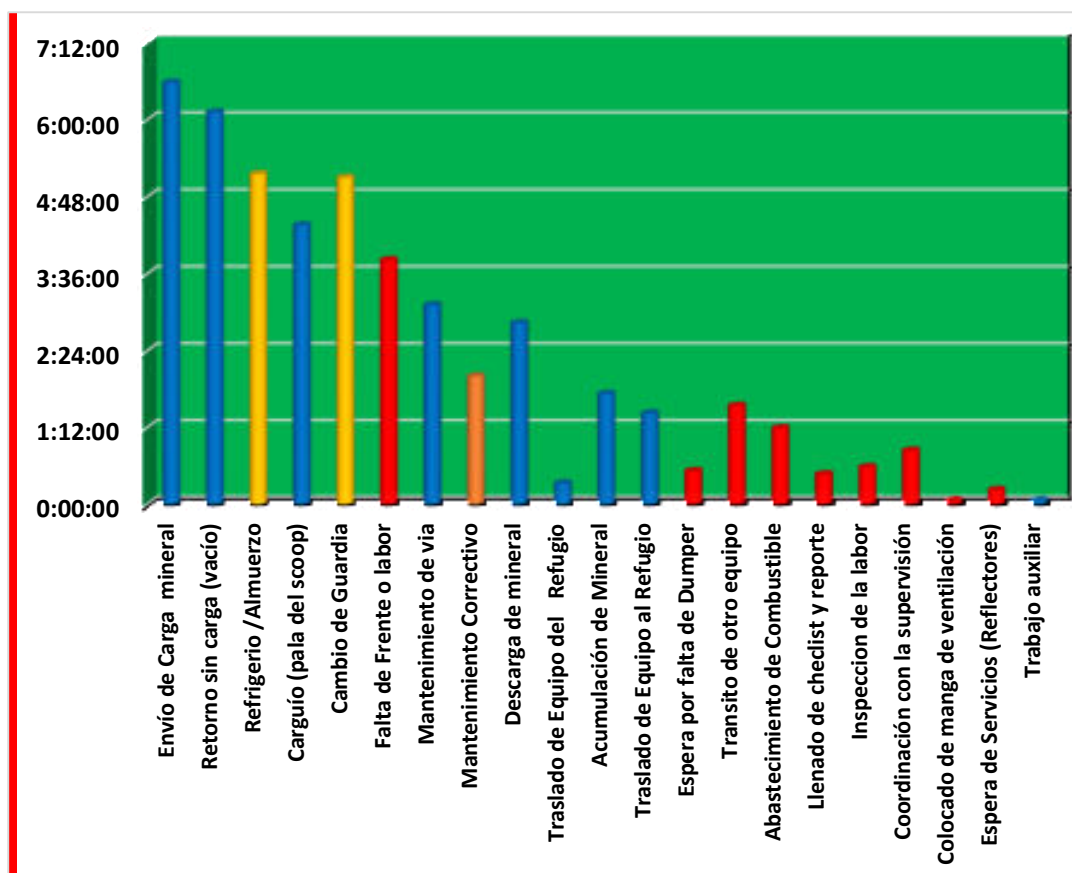
SUMA DE TODA LAS DEMORAS OPERATIVAS-SCOOP-R1300G (EN HORAS)					
ACTIVIDADES	HEF	HMT	HPE	HRE	Total General
Abastecimiento de Combustible			01:11:24		1:11:24
Acumulación de Mineral	01:43:36				1:43:36
Cambio de Guardia				05:05:44	5:05:44
Carguío (pala del scoop)	04:21:22				4:21:22
Colocado de manga de ventilación			00:03:31		0:03:31
Coordinación con la supervisión			00:50:16		0:50:16
Descarga	02:49:59				2:49:59
Envío de carga de mineral	6:34:45				6:34:45
Espera de Servicios (Reflectores)			00:13:21		0:13:21
Espera por falta de Dumper			00:30:59		0:30:59
Falta de Frente o labor			03:48:50		3:48:50
Inspección de la labor			00:34:41		0:34:41
Llenado de checlist y reporte			00:28:06		0:28:06
Mantenimiento Correctivo		02:00:00			2:00:00
Mantenimiento de vía	03:06:44				3:06:44
Refrigerio / Almuerzo				05:09:08	5:09:08



Retorno sin carga (vacío)	06:06:54				6:06:54
Tránsito de otro equipo			01:32:20		1:32:20
Traslado de Equipo al Refugio	01:25:13				1:25:13
Traslado de Equipo del Refugio	00:19:32				0:19:32
Trabajo auxiliar	00:03:35				0:03:35
<b>Total General</b>	<b>26:31:40</b>	<b>2:00:00</b>	<b>9:13:28</b>	<b>10:14:52</b>	<b>48:00:00</b>
<b>PORCENTAJE</b>	<b>55.27%</b>	<b>4.17%</b>	<b>19.22%</b>	<b>21.35%</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Propia

Gráfico N° 4 Actividades actuales realizados con el SCOOP-R1300G



Fuente: Propia

#### E. Control de Tiempos actuales en las actividades registradas según Orden de trabajo en los DUMPERS- EJC-417

En el control de tiempos de las actividades realizadas del DUMPER-EJC-417 se identificaron un total de 17 actividades según orden de trabajo que se le asigna al operador, desde el inicio hasta fin de cada guardia. El control de tiempos se realizó durante 18 días haciendo un total de 36 guardias acumulados en todo el equipo que fueron seleccionados aleatoriamente en el área de trabajo.

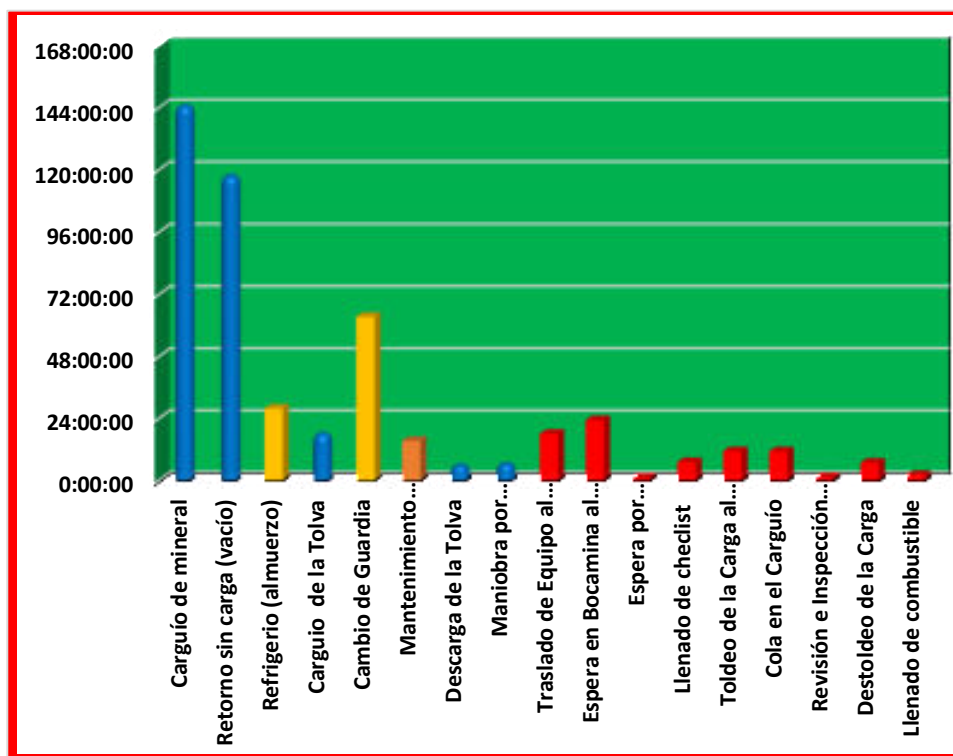


Tabla N° 9 Tiempos actuales de los DUMPERS EJC-417

SUMA DE TODA LAS DEMORAS OPERATIVAS - DUMPER - EJC – 417 (EN HORAS)					
ACTIVIDADES	HEF	HMT	HPE	HRE	Total General
Cambio de Guardia				63:20:52	63:20:52
Carguío a la Tolva	17:53:00				17:53:00
Carguío de mineral	144:35:05				144:35:05
Cola en el Carguío			11:11:25		11:11:25
Descarga de la Tolva	05:34:55				05:34:55
Destoldeo de la Carga			06:46:35		06:46:35
Espera en Bocamina al inicio de Turno			23:17:15		23:17:15
Llenado de checlist y reporte			07:02:35		07:02:35
Llenado de Combustible			02:01:30		02:01:30
Maniobra por Aculatamiento	06:09:40				06:09:40
Mantenimiento Correctivo		15:14:25			15:14:25
Mantenimiento de vía			01:00:10		01:00:10
Refrigerio / Almuerzo				27:48:30	27:48:30
Retorno tolva vacía	21:35:28				117:35:28
Revisión e Inspección del Equipo			01:13:20		01:13:20
Toldeo de la Carga al 110%			11:14:50		11:14:50
Espera por tráfico de equipos			18:00:25		18:00:25
<b>Total General</b>	<b>291:48:08</b>	<b>15:14:25</b>	<b>81:48:05</b>	<b>91:09:22</b>	<b>480:00:00</b>
<b>PORCENTAJE</b>	<b>60.79%</b>	<b>3.18%</b>	<b>17.04%</b>	<b>18.99%</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Propia

Gráfico N° 5 Actividades actuales de los DUMPERS



Fuente: Propia



**4.1.2.1 Cálculo de factor de carga del mineral en Yauliyacu sección baja (profundización).**

Para cuantificar el factor de carga, se estimó la capacidad de tonelaje del Dumper de 9 m<sup>3</sup> con material al ras de su tolva, los cuales están siendo transportados al Ore Pass y/o echadero principal de mineral. Se toma en comparación los promedios de tonelajes obtenidos de 9 m<sup>3</sup> de material in-situ, el cual tiene una densidad de 3.4 t/m<sup>3</sup>, con este dato se determina el siguiente cuadro:

$$Fc = \frac{\text{Densidad(Mat.suelto)}}{\text{Densidad (Mat.insitu)}} \dots\dots\dots\text{Ecuación (4.1)}$$

Tabla N° 10 Factor de carga de mina Yauliyacu  
MOVIMIENTO DE MATERIAL EN MINA

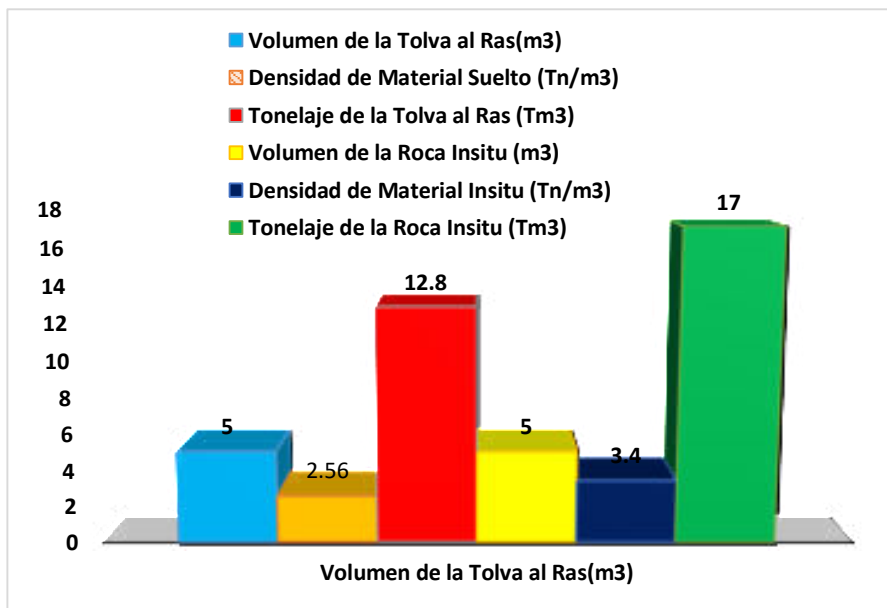
MATERIAL	Volumen de la Tolva al Ras (m <sup>3</sup> )	Densidad de Material Suelto (t/m <sup>3</sup> )	Tonelaje de la Tolva al Ras (t)
Mineral	5	2.57	12.85
Mineral	5	2.55	12.75
Mineral	5	2.56	12.8
Promedio	5	2.56	12.8

$\frac{d(ms)}{d(mi)}$	Volumen de la Roca In-situ (m <sup>3</sup> )	Densidad de Material In-situ (t/m <sup>3</sup> )	Tonelaje de la Roca In-situ (t)
<b>FC =</b>	5	3.4	17
	Factor de carga	0.75	0.75

Fuente: Propia

Gráfico N° 6 Factor de carga de mina YAULIYACU



Fuente: Propia

### A. Cálculo de los indicadores clave de desempeño actual de los equipos en estudio

El cálculo de indicadores claves de desempeño (KPIs), se determina mediante el índice minero tales como:

- Disponibilidad mecánica, (Equipo en buenas condiciones físicas de operación)
- Rendimiento efectivo, (Rendimiento máximo alcanzable solo en horas efectivas de trabajo)
- Rendimiento operativo, (Rendimiento máximo alcanzable solo en horas programadas de trabajo – política de empresa 50/60)
- Utilización efectiva, (Horas en movimiento del equipo durante la faena minera).

Se realiza un resumen general de los tiempos anteriormente registrados, para realizar los cálculos de los KPIs en los equipos en estudio.

- **Descripción general de los equipos en estudio:**

Los vehículos LHD combinan ciertas características de un cargador frontal convencional de un camión, especialmente diseñadas para movimientos de materiales en minería subterránea y túneles. El diseño complejo provee un equipo que carga, transporta y descarga (LHD).

**Características principales:**

- A. Los equipos LHD son montados sobre neumáticos y con tracción con cuatro ruedas.
- B. Son más angostas y de bajo perfil cubierto.
- C. Articulación central, tiene como una especie de bisagra que le permite una buena maniobra hacia los lados.
- D. Operación bidimensional, con la misma rapidez hacia delante y viceversa, llevando carga o sin carga dando una u otra dirección con la misma eficiencia.
- E. Tiene un asiento en el costado, proporcionado por el operador igual visibilidad y comodidad para ambas direcciones.
- F. EL diseño de los equipos LHD subterráneo tiene una construcción rígida, fuerte en comparación a los equipos de superficie.
- G. En la posición de transporte, la cuchara cargada es soportado por la misma armadura del vehículo, no en los cilindros hidráulicos.

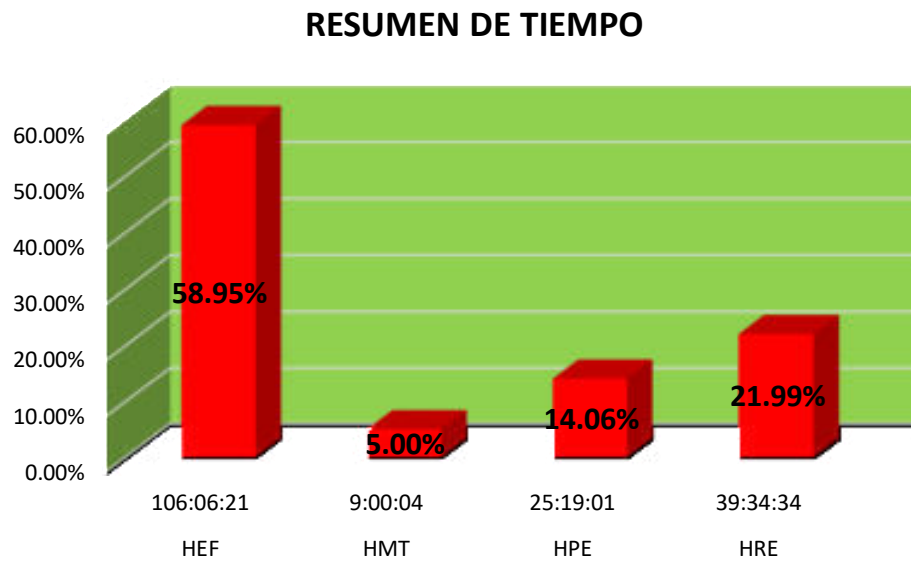
Tabla N° 11 Resumen de tiempos para calcular indicadores

Indicadores	Tiempo (horas)	Porcentaje
HEF	106:06:21	58.95%
HMT	9:00:04	5.00%
HPE	25:19:01	14.06%
HRE	39:34:34	21.99%
total	180:00:00	100.00%

Fuente: Propia



Gráfico N° 7 Consolidado de tiempos para Calculo de Indicadores



*Fuente: Propia*

- **Calculo de los KPIs actuales de los equipos SCOOP CAT-R1600G**

$$DM = \frac{(HH - HMT) * 100\%}{HH} \Rightarrow \frac{(170:59:56 - 9:00:04) * 100\%}{170:59:56} = 94.74\%$$

$$UT = \frac{(HEF) * 100\%}{HEF + HPE + HRE} \Rightarrow \frac{(106:06:21) * 100\%}{106:06:21 + 25:19:01 + 39:34:34} = 61.98\%$$

- **Cálculo de KPIs in-situ de las actividades programadas por guardia y orden de trabajo según Mantenimiento Productivo total (TPM).**

Tabla N° 12 TPM de los trabajos in-situ

FORMULARIO										CODIGO				
CONTROL DE EQUIPO -SCOOPTRAM										REVISION				
										APROBADO				
N° EQUIPO	TIPO DE EQUIPO	CAPACIDAD			ING. GUARDIA		OPERADOR			FECHA-GUARDIA		7 AM-7 PM	SECCION	
21	DISEL									DIA	MES	AÑO	7 PM-7 AM	
	ELECTRICO													
CODIGO	TIEMPO (Hr. Min)			TRAYECTORIA		N° CUCHARAS	OBSERVACIONES	ORDEN	DETALLE DE ACTIVIDADES					
	INICIO	FIN	HT	NIVEL-LABOR	DESTINO									
203	07:00	07:30	00:30						<b>HORAS DE PRODUCCION</b>					
204	07:35	08:00	00:25						101	limpieza de mineral	111	limpieza de desmonte		
206	08:10	08:20	00:10						102	limpieza de mineral acumulado	112	lpza de desmot acumlado		
205	08:25	08:50	00:25						103	carguio de mineral	113	carguio de desmonte		
211	09:00	10:30	01:30								120	relleno detritico		
213	11:00	12:00	01:00						<b>HORAS DISPONIBLES</b>					
									201	Falta de operador	209	falta de labor		
207	12:00:00	12:50	00:50						202	MPL Manteni prev labor	210	falta de servicios (En,ag,ai)		
									203	Ingreso-salida	211	traslado de material		
206	12:50	12:55	00:05						204	charla	212	Apoyos en servi mineros		
205	13:00	13:05	00:05						205	traslado de equipo	213	mantenimiento de vias		
102	13:10	14:30	01:20						206	inspeccion de equipo	214	falta de ventilacion		
101	15:30	15:40	00:10						207	Refrigerio	215	trabajos varios		
205	15:40	14:20	00:40						208	traslado de equipo	216	accidente de equipo		
									<b>HORAS DE MANTENIMIENTO Y REPARACION</b>					
									301	Mp inicial/final	303	Mantenimiento correctivo		
<b>TOTAL Hrs</b>			<b>07:10</b>						302	Mantenimiento programado				
CONDICIONES EN QUE SE DEJA EL EQUIPO														
OPERATIVO	<input checked="" type="checkbox"/>												<b>14430.8</b>	
NO OPERATIVO	<input type="checkbox"/>												<b>14436.4</b>	
													<b>5.6</b>	
HORAS OPERATIVAS PROGRAMADAS			<b>10.29</b>	SEGÚN POLITICA DE CADA EMPRESA										

Fuente: Simareg SRL



$$DM = \frac{HOP - HMT}{HOP} * 100\% \Rightarrow \frac{10.29 - 0.55}{10.29} * 100 = 94.66 \%$$

$$UF = \frac{HEM}{HOP} * 100\% \Rightarrow \frac{5.6}{10.29} * 100 = 54.42 \%$$

**Parámetros para el cálculo del Rendimiento efectivo**

$$Ref = \frac{Nc * Cb * Fll * \delta m}{1 + \epsilon} \dots\dots\dots \text{Ecuación (4.2)}$$

Donde:

Ref: Rendimiento Efectivo (t/h)

Nc: Número de ciclos (Ciclos /Hora)

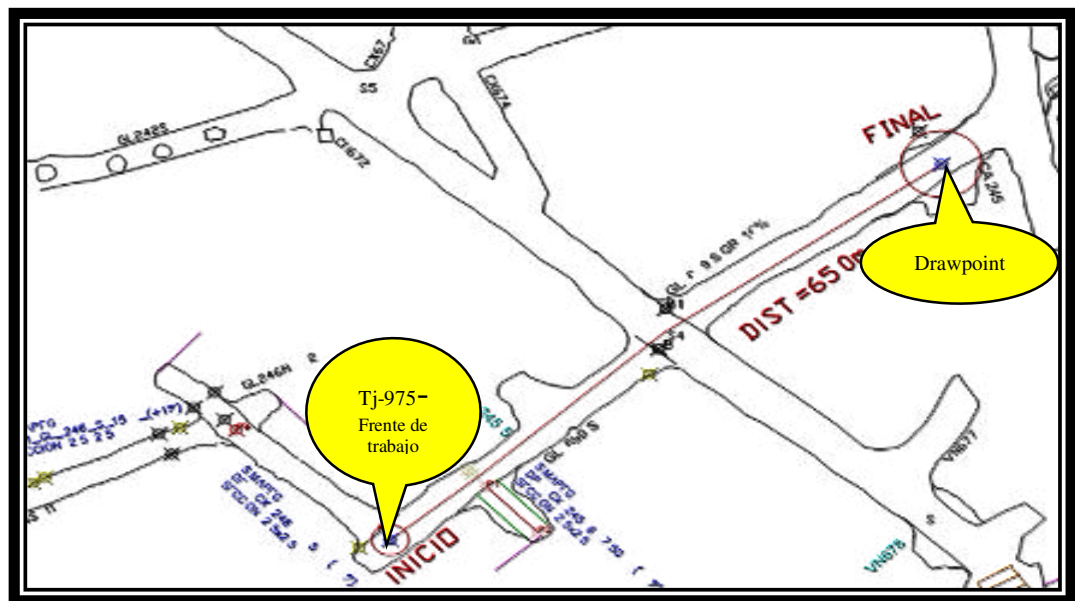
Cb: Capacidad de pala de una cuchara (m<sup>3</sup>)

Fll: Factor de llenado (%)

$\delta m$ : Densidad material (t/m<sup>3</sup>)

$\epsilon$  : Factor de esponjamiento (%)

Figura N° 1 Distancia de acarreo de SCOOP-R1600G



Fuente: Simareg.

Se tiene una distancia de 65 m según datos de la mina desde el tajo-975 hasta la cámara 245. **Ver anexo IV.**

Estas distancias aumentan según va avanzando los tajeos y frentes de trabajo respectivamente.

Tabla N° 13 Parámetros de datos medidos en mina

<b>Parámetros de datos medidos en mina</b>	
Velocidad con carga	1.5 km/h $\Rightarrow$ 1500 m/60 min      25 m/min
Velocidad de retorno	2.4 km/h $\Rightarrow$ 2400 m/60 min      40 m/min
Tiempo con carga del tajo al Drawpoint	
$T = \frac{D}{V}$ ; Donde	
T: Tiempo con carga (min)	2.6 min
D: Distancia (m)	
V: Velocidad (m/min)	
Tiempo de retorno	1.63 min
Densidad de material insitu (mineral)	3.4 t /m <sup>3</sup>
Tiempos de maniobra carga y descarga	2.5 min
<b>Tiempo total en el ciclo</b>	<b>6.73 min</b>
Capacidad de la cuchara (6Yd <sup>3</sup> )	6 * 0.7645 = 4.59 m <sup>3</sup>
Densidad de la roca suelta	2.56 t /m <sup>3</sup>
$F\varepsilon = \frac{(Di-Ds)*100\%}{Ds}$ ; Donde:	$F\varepsilon = \frac{(Di-Ds)}{Ds}$
Di=Densidad de material in-situ	$= \frac{(3.4-2.56)}{2.56} * 100\%$
Ds=Densidad de material suelto	
Fε = Factor de esponjamiento	<b>Fε = 32.81%</b>
Factor de llenado	90%
Capacidad real de la cuchara (4.59m <sup>3</sup> *0.90)	4.13 m <sup>3</sup>
Cálculo de N° de ciclos por hora	
Ciclos /h = $\frac{60 \text{ min/hor}}{6.73 \text{ min/ciclo}}$	<b>8.92 ciclos/h</b>
Tonelaje total cargado $\Rightarrow$ 4.13m <sup>3</sup> *2.56 t/m <sup>3</sup>	10.57ton*8.92 = <b>94.31 t /h</b>

Fuente: propia

Reemplazamos en la **ecuación 4.2** los datos calculados anteriormente:

**El factor de llenado es considerado según la tabla siguiente:**

Tabla N° 14 Manual de rendimiento CATERPILLAR

**FACTOR DE LLENADO DE UNA PALA, PARA MATERIAL FRAGMENTADO POR VOLADURA**

Material	Factor de Llenado (%)
Arcilla	100 -110
Mezcla de fragmentos de rocas y material suelto	105 -115
Roca fragmentada por voladura	85-100
Roca bien fragmentada por voladura	100-110
Roca sedimentaria, arenisca	85-100

\*Porcentaje de la capacidad colmada del cucharón

Fuente: Datos técnicos del equipo CATERPILLAR

$$Ref = \frac{Nc \cdot Cb \cdot Fll \cdot \delta m}{1 + \epsilon} \Rightarrow \frac{8.92 \cdot 4.59 \cdot 0.90 \cdot 2.56}{1 + 0.33} = 70.93 \text{ t/h}$$

Tabla N° 15 Parámetros para cálculo de rendimiento

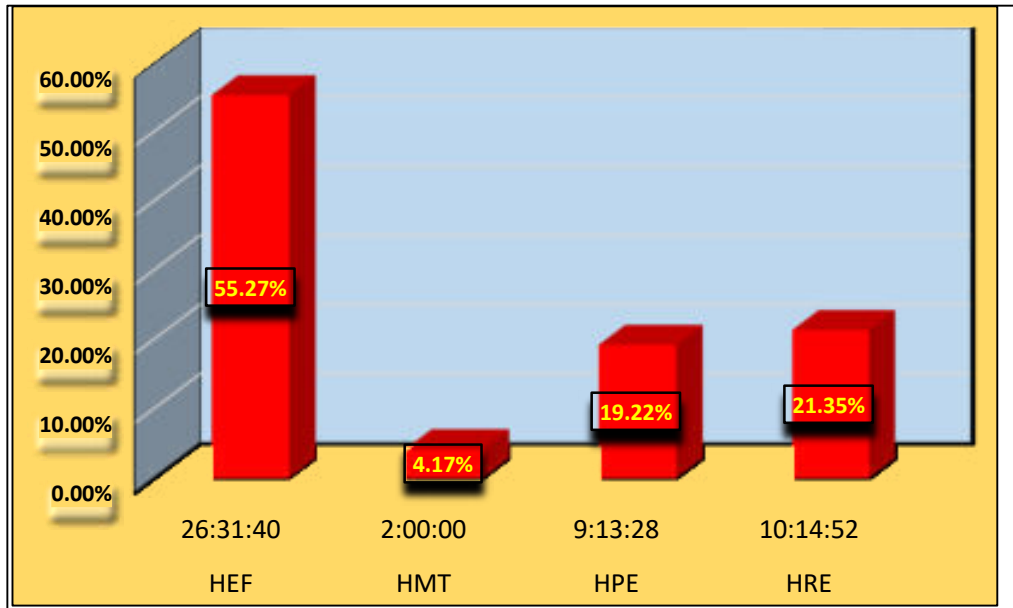
Parámetros para el cálculo del Rendimiento	
Capacidad de la cuchara	6 Yd <sup>3</sup> = 6 * 0.7645 = 4.59 m <sup>3</sup>
Densidad de la roca suelta	2.56 t/m <sup>3</sup>
Factor de llenado	90%
HEF	106.106
N° de ciclo	706.5
HOP = HEF+HPE	131.423 h
Capacidad real de la cuchara	4.59m <sup>3</sup> *0.90 = 4.13 m <sup>3</sup>
Tonelaje Total Cargado = 4.59m <sup>3</sup> *2.56Tn/m <sup>3</sup> *706.5 = 8301.66 t	
<b>Rendimiento Efectivo = r</b>	<b>Rendimiento Operativo = R</b>
$r = \frac{UNIDADES DE PRODUCCIÓN}{HEF} = \frac{Tonelaje disparado}{HFE} = 78.24 \text{ t/h}$	
$R = \frac{UNIDADES DE PRODUCCIÓN}{HOP} = \frac{Tonelaje Disparado}{HFE+HPE} = 63.17 \text{ t/h}$	

Fuente: Datos técnicos del equipo.



## B. Cálculo de los KPIs actuales de los equipos SCOOP CAT-R1300G

Gráfico N° 8 Consolidado de datos Para el cálculo de Indicadores



Fuente: propia

$$DM = \frac{(HH-HMT)*100\%}{HH} \Rightarrow \frac{(46:00:00-2:00:00)*100\%}{46:00:00} = 96.65\%$$

$$UT = \frac{(HEF)*100\%}{HEF+HPE+HRE} \Rightarrow \frac{(26:31:40)*100\%}{26:31:40+9:13:28+10:14:52} = 57.67\%$$

Tabla N° 16 TPM de los Tiempos de Trabajo

FORMULARIO												CODIGO					
CONTROL DE EQUIPO -SCOOPTRAM												REVISION					
												APROBADO					
N° EQUIP	TIPO DE EQUIPO	CAPACIDAD			ING. GUARDIA			OPERADOR			FECHA-GUARDIA			7 AM-7 PM		SECCION	
47	DISEL										DIA	MES	AÑO	7 PM-7 AM			
	ELECTRICO																
CODIGO	TIEMPO (Hr. Min)			TRAYECTORIA		N° CUCHARAS	OBSERVACIONES	ORDEN	DETALLE DE ACTIVIDADES								
	INICIO	FIN	HT	NIVEL-LABOR	DESTINO												
203	07:00	07:20	00:20						<b>HORAS DE PRODUCCION</b>								
204	07:20	07:40	00:20						101	Limpieza de mineral			111	limpieza de desmonte			
205	07:40	08:00	00:20						102	Limpieza de mineral acumulado			112	lpza de desmot acumulado			
206	08:00	08:30	00:30						103	carguio de mineral			113	carguio de desmonte			
208	08:30	08:40	00:10									120	relleno detritico				
211	08:40	09:20	00:40						<b>HORAS DISPONIBLES</b>								
111	09:20	10:10	00:50						201	Falta de operador			209	falta de labor			
112	10:10	11:30	01:20						202	MPL Manteni prev labor			210	falta de servicios (En,ag,ai)			
203	11:30	11:40	00:10						203	Ingreso-salida			211	traslado de material			
201	11:40	12:30	00:50						204	charla			212	Apoyos en servi mineros			
101	12:30	13:10	00:40						205	traslado de equipo			213	mantenimiento de vias			
208	13:10	13:20	00:10						206	inspeccion de equipo			214	falta de ventilacion			
101	13:20	13:40	00:20						207	Refrigerio			215	trabajos varios			
112	13:40	15:50	02:10						208	traslado de equipo			216	accidente de equipo			
303	15:50	18:00	02:10	mantenimiento de manguera de volteo						<b>HORAS DE MANTENIMIENTO Y REPARACION</b>							
<b>TOTAL Hrs</b>									301	Mp inicial/final			303	Mantenimiento correctivo			
									302	Mantenimiento programado							
CONDICIONES EN QUE SE DEJA EL EQUIPO												HOROMETRO INICIAL		3627.3			
OPERATIVO		x		LIGAR		DESCRIPCION		HOROMETRO FINAL		3634.8							
NO OPERATIVO										7.5							
HORAS OPERATIVAS PROGRAMADAS				10.29		SEGÚN POLITICA DE CADA EMPRESA											

Fuente: Simareg SRL



**Cálculo de disponibilidad Mecánica y utilización del equipo:**

$$DM = \frac{(HOP-HMT)*100\%}{HOP} \Rightarrow \frac{(10:29-2:10)*100\%}{10:29} = 79.59\%$$

$$UT = \frac{(HME)*100\%}{HOP} \Rightarrow \frac{(7:50)*100\%}{10:29} = 72.89 \%$$

**Parámetros de los equipos LHD (SCOOP - CAT R1300G) en el crucero 975-W**

- a) **Muestreo de campo.** Para la recopilación de datos de campo se procedió al control estricto del Mantenimiento Productivo Total (TPM); se realizó durante dos días habiendo un total de cuatro guardias en la que se registran los trabajos realizados y los tiempos en minutos de toda la actividad programada según planeamiento a corto plazo en la guardia, esta muestra se tomó en un frente de avance.
- b) **Factor de llenado.** Es muy importante observar el factor de llenado del cucharón del scoop, que solo es a si calcular la mayor certeza el volumen y tonelaje de mineral o material estéril cargado en cada viaje. No se tiene un método analítico para medir este factor y por lo tanto debe ser calificado visualmente durante el muestreo de campo.

Factor de llenado = 90%

Tabla N° 17 Manual de rendimiento CATERPILLAR.

---

**FACTOR DE LLENADO DE UNA PALA PARA MATERIAL FRAGMENTADO POR VOLADURA**

---

Material	Factor de Llenado (%)
Arcilla	100-110
Mezcla de fragmentos de rocas y material suelto	105-115
Roca fragmentada por voladura	85-100
Roca bien fragmentada por voladura	100-110
Roca sedimentaria, arenisca	85-100

\*Porcentaje de la capacidad colmada del cucharón

*Fuente: Datos técnicos del equipo CATERPILLAR*



c) **Capacidad real del equipo LHD (SCOOP CAT-R1300G)**

Su capacidad real de cuchara es de  $4.2 \text{ Yd}^3 \Rightarrow 4.2 \text{ yd}^3 * (0.9144 \text{ m})^3$   
 $= 3.21 \text{ m}^3$

**CRC= Cc\*Fll;** .....Ecuación (4.3)

donde:

CRC: Capacidad Real de Cuchara del equipo

Cc: Capacidad de Cuchara

Fll: Factor de llenado

**Crc: Cc\*Fll  $\Rightarrow 3.21\text{m}^3 * 0.90 = 2.89 \text{ m}^3$**

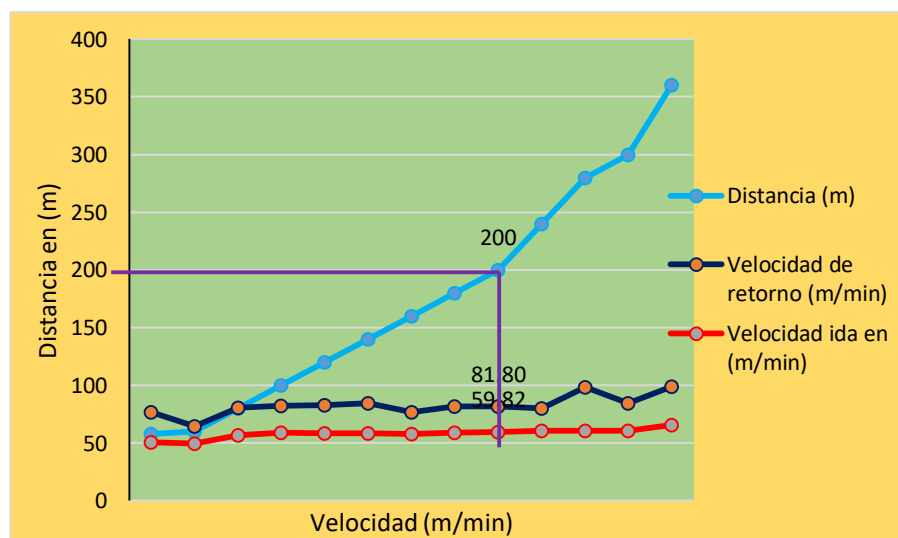
Figura N° 2 Perfil de un Equipo LHD



Fuente: Caterpillar

d) **Velocidad del equipo LHD.** La velocidad del equipo depende de varios factores, estado de vías, pericia del operador, iluminación etc. Los datos fueron tomados en campo in-situ. **Ver (Anexo II)**

Gráfico N° 9 Velocidad medido en campo



Fuente: Propia

La velocidad de ida con carga es de **3.49 km/h  $\Rightarrow 59.82 \text{ m/min}$**

La velocidad de retorno vacío es de **4.96 km/h  $\Rightarrow 81.80 \text{ m/min}$**

- e) **Distancia de acarreo LHD CAT-R1300G.** Distancia en promedio considerado del crucero 975-W al echadero es de 200 m. **Ver Anexo V**

**Cálculo de KPIs, reemplazando datos obtenidos en campo crucero 975w**

- a) **Cálculo del tiempo de ida con carga:**

$$Ti = \frac{D}{V} ; \text{Donde;}$$

Ti: Tiempo de ida con carga (min)

D: Distancia de traslado (m)

V: Velocidad con la que viaja cargado el scoop (m/min)

$$Ti = \frac{D}{V} \Rightarrow \frac{200 \text{ m}}{59.82 \text{ m/min}} \Rightarrow 3.34 \text{ min}$$

- b) **Cálculo del tiempo de retorno con vacío:**

$$Tr = \frac{D}{V} ; \text{Donde}$$

Tr: Tiempo de retorno vacío (min)

D: Distancia de recorrido (m)

V: Velocidad sin carga del scoop (m/min)

$$Tr = \frac{D}{V} \Rightarrow \frac{200 \text{ m}}{81.80 \text{ m/min}} \Rightarrow 2.44 \text{ min}$$

$$Tt = Ti + Tr;$$

donde

Ti: Tiempo total de ida y vuelta (min)

Ti: tiempo de ida (min)

Tr: Tiempo de retorno (min)

$$\text{Tiempo total} = 3.34 \text{ min} + 2.44 \text{ min} \Rightarrow \mathbf{5.78 \text{ min}}$$

- c) **Tiempo de maniobras totales (Tm).** Son las maniobras que se realizan durante la limpieza de mineral en el frente de trabajo en el colmado de carga y descarga en el echadero. Se toma los datos in-situ.

$$\text{Maniobras totales} = \mathbf{1.4 \text{ min}}$$

- d) **Ciclo total de acarreo (Ca).**

$$Ca = Ti + Tr + Tm;$$

Donde:

Ca: Ciclo de acarreo (minutos)

Ti: Tiempo de ida (minutos)

Tr: Tiempo de retorno (minutos)

Tm: Tiempo de maniobra (minutos)

$$Ca = 3.34 \text{ min} + 2.44 \text{ min} + 1.4 \text{ min} = \mathbf{7.18 \text{ min}}$$



e) **Cálculo de número de ciclo horario.**

$$\text{Ciclos/hora} = \frac{60\text{min/hora}}{C_a} \Rightarrow \frac{60\text{min/hora}}{7.18 \text{ min/ciclo}} = 8.36 \text{ ciclos/hora}$$

f) **Cálculo de factor de esponjamiento de material roto en tajo.**

Tenemos como dato las densidades calculados en la anterior tabla

Densidad de material suelto ( $D_s$ )= 2.56 t/m<sup>3</sup>

Densidad de material in-situ ( $D_i$ ) = 3.4 t/m<sup>3</sup>

Calculo de factor de esponjamiento de los datos ya mencionados

$$F\varepsilon = \frac{(D_i - D_s)}{D_s} * 100\%;$$

Donde:

$F\varepsilon$  : Factor de esponjamiento

$D_i$ : Densidad de material in-situ

$D_s$ : Densidad de material suelto

$$F\varepsilon = \frac{(D_i - D_s)}{D_s} * 100\% \Rightarrow \frac{(3.4 - 2.56)}{2.56} * 100\% = 32.81 \%$$

$$F\varepsilon = 0.33$$

g) **Cálculo de Tonelaje total Cargado ( $T_{tc}$ ) y Rendimiento ( $Ref$ ) del equipo (LHD)**

$$TTC = Crc * D_s * \text{ciclo hora};$$

Donde:

TTC: Tonelaje total cargado por ciclo

Crc: Capacidad real de cuchara

$$TTC: Crc * D_s * \text{ciclo} \Rightarrow 2.89 \text{ m}^3 * 2.56 \text{ t/m}^3 * 8.36 = 61.85 \text{ t/h}$$

$$TTC: 61.85 \text{ t/h}$$

**Rendimiento del CAT-R1300G**

$$Ref = \frac{Nc * Cb * Fll * \delta m}{1 + \varepsilon} \dots\dots\dots \text{Ecuación (4.3)}$$

Donde:

Ref: Rendimiento Efectivo (t/h)

$Nc$ : Número de ciclos (Ciclos /Hora)

$Cb$ : Capacidad de pala de una cuchara (m<sup>3</sup>)

Fll: Factor de llenado (%)

$\delta m$  : Densidad material (t /m<sup>3</sup>)

$\varepsilon$  : Factor de esponjamiento (%)

**Reemplazamos datos en la ecuación 4.3**

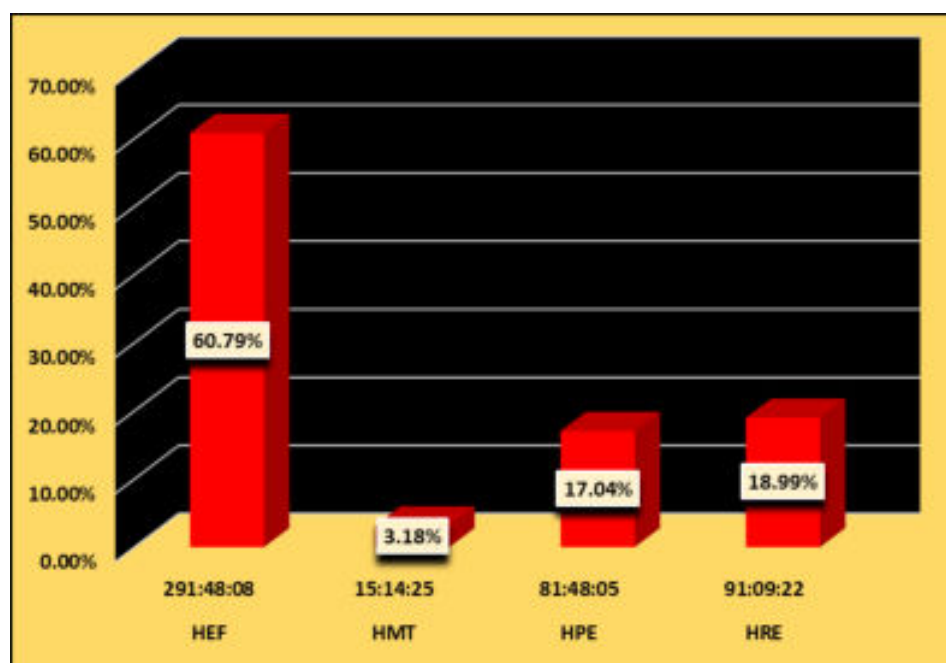
$$Ref = \frac{Nc * Cb * Fll * \delta m}{1 + \varepsilon} \Rightarrow \frac{8.36 * 3.21 * 0.90 * 2.56}{1 + 0.33} = 46.49 \text{ t/h}$$

### C. Cálculo de KPIs en equipos de acarreo DUMPER-EJC-417

Para el cálculo de los KPIs de la flota de dumper, se considera las siguientes variables:

- a. TPM (tiempo de mantenimiento productivo)

Gráfico N° 10 Consolidado de datos para el cálculo de KPIs DUMPER



Fuente: Propia

$$DM = \frac{(HH - HMT) * 100\%}{HH} \Rightarrow \frac{(464:45:35 - 15:14:25) * 100\%}{464:45:35} = 96.72\%$$

$$UT = \frac{(HEF) * 100\%}{HEF + HPE + HRE} \Rightarrow \frac{(291:48:08) * 100\%}{291:48:08 + 81:48:05 + 99:09:22} = 61.72\%$$

Tabla N° 18 TPM de la actividad programada DUMPER-EJC-417

SIMAREG S.R.L.		FORMULARIO										CODIGO	
CONTROL DE EQUIPO -DUMPER - EJC - 417												REVISION	
												APROBADO	
N° EQUIPO	TIPO DE EQUIPO	CAPACIDAD		ING. GUARDIA		OPERADOR		FECHA-GUARDIA			7 AM-7 PM	SECCION	
47	DIESEL							DIA	MES	AÑO	7 PM-7 AM		
	ELECTRICO												
CODIGO	TIEMPO (Hr. Min)			TRAYECTORIA		N° CUCHARAS	OBSERVACIONES	ORDEN	DETALLE DE ACTIVIDADES				
	INICIO	FIN	HT	NIVEL-LABOR	DESTINO								
<b>HORAS DE PRODUCCION</b>													
203	07:00	07:20	00:20										
204	07:20	07:40	00:20						101	Limpieza de mineral	111	limpieza de desmonte	
205	07:40	08:00	00:20						102	Limpieza de mineral acumulado	112	lpza de desmot acumulado	
206	08:00	08:30	00:30						103	carguio de mineral	113	carguio de desmonte	
208	08:30	08:40	00:10								120	relleno detritico	
<b>HORAS DISPONIBLES</b>													
211	08:40	11:40	03:00										
111	11:40	12:40	01:00						201	Falta de operador	209	falta de labor	
									202	MPL Manteni prev labor	210	falta de servicios (En,ag,ai)	
203	12:40	13:10	00:30						203	Ingreso-salida	211	traslado de material	
201	13:10	14:30	01:20						204	charla	212	Apoyos en servi mineros	
202	14:30	15:00	00:30						205	traslado de equipo	213	mantenimiento de vias	
211	15:00	16:50	01:50						206	inspeccion de equipo	214	falta de ventilacion	
205	16:50	17:20	00:30						207	Refrigerio	215	trabajos varios	
203	17:20	17:40	00:20						208	traslado de equipo	216	accidente de equipo	
<b>HORAS DE MANTENIMIENTO Y REPARACION</b>													
									301	Mp inicial/final	303	Mantenimiento correctivo	
<b>TOTAL Hrs</b>			<b>10:40</b>						302	Mantenimiento programado			
CONDICIONES EN QUE SE DEJA EL EQUIPO													
OPERATIVO	<input checked="" type="checkbox"/>			LIGAR				HOROMETRO INICIAL				<b>3706.80</b>	
NO OPERATIVO	<input type="checkbox"/>			DESCRIPCION				HOROMETRO FINAL				<b>3714.00</b>	
												<b>7.20</b>	
<b>HORAS OPERATIVAS PROGRAMADAS</b>			<b>10.29</b>	<b>SEGÚN POLITICA DE CADA EMPRESA</b>									

Fuente: Simareg SRL



### Cálculo de disponibilidad Mecánica y utilización del equipo:

$$DM = \frac{(HOP-HMT)*100\%}{HOP} ;$$

Donde:

DM: Disponibilidad Mecánica.

HOP: Horas operativas programadas.

HMT: Horas de mantenimiento preventivo.

$$DM = \frac{(HOP-HMT)*100\%}{HOP} \Rightarrow \frac{(10.29-0.30)*100\%}{10.29} = 97.08\%$$

$$UT = \frac{(HME)*100\%}{HOP} ;$$

UT = Utilización Efectiva

HOP = Horas operativas programadas.

$$UT = \frac{(HME)*100\%}{HOP} \Rightarrow \frac{(7:20)*100\%}{10:29} = 69.97\%$$

### Parámetros de los equipos LHD (DUMPER-EJC-417) traslado de material del Drawpoint al echadero de mineral (sección IV-Profundización)

Para el cálculo de la productividad de la flota de Dumper, se ha considerado las siguientes variables:

- Capacidad promedio de Dumper = 17 Toneladas
- Distancia de recorrido = 1500 m en promedio, **ver el anexo III**, ruta de recorrido del DUMPER-EJC 417

**a. Muestreo de campo.** Para la recopilación de datos de campo se procedió al control estricto del Mantenimiento Productivo Total (TPM), en el cual se registra toda las actividades y los tiempos de inicio a fin; esto control se realizó durante 10 días habiendo un total de 20 guardias en la que se registran los trabajos realizados y los tiempos en minutos de toda la actividad programada según planeamiento a corto plazo en la guardia, como se muestra en el cuadro:

Tabla N° 19 Planeamiento a corto plazo

Veta	Nivel	Drawpoint	Destino ore Pass	Tonelaje a Transportar (Tn)
Jimena	1400	Cm-Acumulacion-18	OP-9	180
	1450	Frente -975	OP-10	98
	1300	CM-Acumulac -22	OP-12	179
	1350	CM-Acumulc-27	OP-12	195
Rosaura	1450	Tj-943 taladros Largos	OP-10	205
	1350	Tj-270	OP-12	100
	1270	Tj-285	OP-9	97
<b>Total</b>				<b>1054</b>

Fuente: Planeamiento – Yauliyacu

**b. Factor de llenado.** Es muy importante observar el factor de llenado del camión (Dumper), que solo es a si calcular la mayor certeza el volumen y tonelaje de mineral o material estéril cargado en cada viaje. No se tiene un método analítico para medir este factor y por lo tanto debe ser calificado visualmente durante el muestreo de campo.

Factor de llenado = 90%. Ver tabla N°20.

Tabla N° 20 Manual de rendimiento CATERPILLAR

#### FACTOR DE LLENADO DE UNA PALA PARA MATERIAL FRAGMENTADO POR VOLADURA

Material	Factor de Llenado (%)
Arcilla	100-110
Mezcla de fragmentos de rocas y material suelto	105-115
Roca fragmentada por voladura	85-100
Roca bien fragmentada por voladura	100-110
Roca sedimentaria, arenisca	85-100

\*Porcentaje de la capacidad colmada del cucharón

Fuente: Datos técnicos del equipo CATERPILLAR.

**c. Capacidad real del equipo LHD (DUMPER-EJC-417)**

Su capacidad real de tolva es de  $10.9 \text{ Yd}^3 \Rightarrow 10.9 \text{ yd}^3 * (0.9144\text{m})^3$   
 $= 8.33 \text{ m}^3$

**CRT = CT\*EII;**



donde:

CRT: Capacidad Real de Tolva

Ct: Capacidad de Tolva

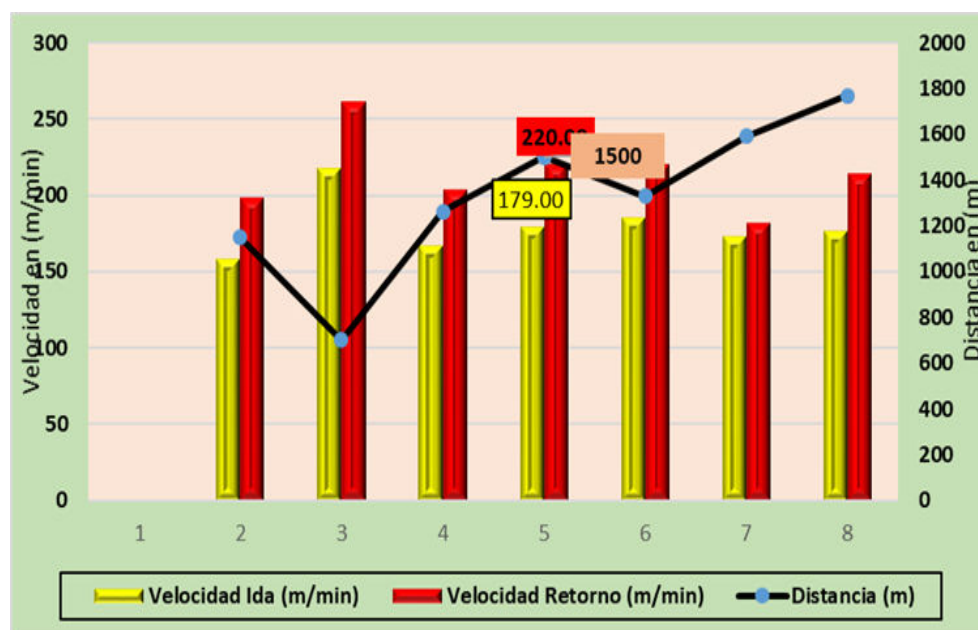
Ell: Eficiencia de llenado

$$\text{CRT: } Ct * Ell \Rightarrow 8.33 \text{ m}^3 * 0.90 = 7.50 \text{ m}^3$$

**d. Velocidad del equipo LHD.** La velocidad del equipo en promedio según la data de cálculo realizado en la medición de tiempos como se puede apreciar.

**En el anexo I:**

Gráfico N° 11 Velocidad medido en campo del equipo LHD



Fuente: Propia.

La velocidad de ida con carga es de **10.74 km/h**  $\Rightarrow$  **179.00 m/min**

La velocidad de retorno vacío es de **13.20 km/h**  $\Rightarrow$  **220.00 m/min**

**e. Distancia de acarreo LHD DUMPER-EJC-417, (ver la figura del anexo III), Distancia en promedio considerado de la cámara de acumulación de mineral al Ore Pass es de 1500 m. Ver tabla N° 21**

Foto N° 1 Drawpoint ( Punto de carga) /cámara de acumulación



Fuente: Propia

Foto N° 2 Ore Pass (Echadero de mineral)



Fuente: Toma de Fotografías In-situ

**Cálculo de KPIs, reemplazando datos obtenidos de la tabla N° 21**

Tabla N° 21 Cálculo de KPIs, resumen de datos del Anexo I

Nivel	Drawpoint	Destino	Distancia (m)	Tiempo de ida (min)	Velocidad ida (Km/h)	Tiempo de Retorno (min)	Velocidad Retorno (Km/h)	Velocidad Ida (m/min)	Velocidad Retorno (m/min)
	Cm- Acumulacion-								
1400	18	OP-9	1150	7.31	9.44	5.81	11.88	157.33	198.00
1450	Frente -975	OP-10	700	3.22	13.04	2.69	15.64	217.33	260.67
1300	CM-Acuml-22	OP-12	1262	7.57	10	6.20	12.21	166.67	203.50
1350	CM-Acuml-27	OP-12	1500	8.38	10.74	6.82	13.20	179.00	220.00
	Tj-943 taladros								
1450	Largos	OP-10	1330	7.71	11.07	6.05	13.19	184.50	219.83
1350	Tj-270	OP-12	1590	9.21	10.36	8.78	10.87	172.67	181.17
1270	Tj-285	OP-9	1770	10.03	10.59	8.28	12.83	176.50	213.83

Fuente: Elaboración propia.



- f. **Cálculo del tiempo de ida con carga, se consideró las pendientes en las rampas y en línea recta, ver el consolidado de tiempos de acarreo del DUMPER EJC-417 en el anexo I.**

$$Ti = \frac{D}{V} ; \text{Donde}$$

Ti: Tiempo de ida con carga (min)

D: Distancia de traslado (m)

V: Velocidad con la que viaja cargado el Dumper (m/min)

$$Ti = \frac{D}{V} \Rightarrow \frac{1500 \text{ m}}{179 \text{ m/min}} \Rightarrow 8.38 \text{ min}$$

- g. **Cálculo del tiempo de retorno en vacío se consideró rampas negativas y distancia en línea recta.**

$$Tr = \frac{D}{V} ; \text{Donde}$$

Ti: Tiempo de retorno vacío (min)

D: Distancia de recorrido (m)

V: Velocidad sin carga del Dumper (m/min)

$$Tr = \frac{D}{V} \Rightarrow \frac{1500 \text{ m}}{220 \text{ m/min}} \Rightarrow 6.82 \text{ min}$$

**Tt = Ti+Tr;** donde

Tt: Tiempo total de ida y vuelta (min)

Ti: tiempo de ida (min)

Tr: Tiempo de retorno (min)

$$\text{Tiempo total} = 8.38 \text{ min} + 6.82 \text{ min} \Rightarrow 15.20 \text{ min}$$

- h. **Tiempo de maniobras totales (Tm).** Son las maniobras que se realizan durante la carga a la tolva, inspecciones prueba de neumático interferencias en camino como cruce con otros equipos tráfico del mismo etc. Estos datos se consiguen midiendo en el mismo campo (in-situ)

Tiempo de carga: 0.25 min

Tiempo de descarga: 0.27

Tiempo de acuatamiento: 0.20 min

Tiempo de giro con y sin carga: 0.37 min

Tiempo de espera debido al equipo de carguío en (stand by): 0.55 min

**Tiempo de maniobras totales: 0.25+0.27+0.20+.37+0.55 = 1.64 min**

**i. Ciclo total de acarreo (Ca).**

$$Ca = Ti + Tr + Tm;$$

Donde:

Ca: Ciclo de acarreo (minutos)

Ti: Tiempo de ida (minutos)

Tr: Tiempo de retorno (minutos)

Tm: Tiempo de maniobra (minutos)

$$Ca = 8.38 \text{ min} + 6.82 \text{ min} + 1.64 \text{ min} = 16.84 \text{ min}$$

**j. Cálculo de número de ciclo horario.**

$$\text{Ciclos/hora} = \frac{60 \text{ min/hora}}{Ca} \Rightarrow \frac{60 \text{ min/hora}}{16.84 \text{ min/ciclo}} = 3.56 \text{ ciclos/hora}$$

**k. Cálculo de factor de esponjamiento de material roto en tajo.**

Tenemos como dato las densidades calculados en la anterior tabla

Densidad de material suelto (Ds) = 2.56 t/m<sup>3</sup>

Densidad de material in-situ (Di) = 3.4 t/m<sup>3</sup>

Cálculo de factor de esponjamiento de los datos ya mencionados

$$F\varepsilon = \frac{(Di - Ds)}{Ds} * 100\%;$$

Donde:

F\varepsilon : Factor de esponjamiento

Di: Densidad de material in-situ

Ds: Densidad de material suelto

$$F\varepsilon = \frac{(Di - Ds)}{Ds} * 100\% \Rightarrow \frac{(3.4 - 2.56)}{2.56} * 100\% = 32.81 \%$$

$$F\varepsilon = 0.33$$

$$F\varepsilon = 1 + \frac{33}{100} = 1.33$$

**l. Cálculo de Tonelaje total Cargado (TTC) y Rendimiento (Ref) del equipo (LHD)**

$$TTC = Crt * Ds * \text{ciclo hora};$$

Donde:

TTC: Tonelaje total cargado por ciclo

Crt: Capacidad real de la tolva

$$TTC = Crc * Ds * \text{ciclo} \Rightarrow 7.50 \text{ m}^3 * 2.56 \text{ t/m}^3 * 3.56 \text{ ciclos/hora} \\ = 68.352 \text{ t/h}$$

$$TTC = 68.352 \text{ t/h}$$



### Rendimiento del DUMPER-EJEC-417

$$Ref = \frac{Nc * Cb * Fll * \delta m}{1 + \varepsilon} \dots\dots\dots \text{Ecuación (4.4)}$$

Donde:

Ref: Rendimiento Efectivo (t /h)

Nc: Número de ciclos (Ciclos /Hora)

Cb: Capacidad de la tolva del dumper (m<sup>3</sup>)

Fll: Factor de llenado (%)

$\delta m$  = Densidad material (t/m<sup>3</sup>)

$\varepsilon$  = Factor de esponjamiento (%)

#### Reemplazamos datos en la ecuación 3

$$Ref = \frac{Nc * Cb * Fll * \delta m}{1 + \varepsilon} \Rightarrow \frac{3.56 * 7.50 * 0.90 * 2.56}{1 + 0.33} = 46.25 \text{ t/h}$$

#### 4.1.2.2 Análisis del movimiento de mineral y desmonte con los KPIs actuales de los equipos en estudio.

Se determinó la producción de mineral y desmonte por día de todos los equipos con lo cual se pudo realizar la programación de las labores de los equipos tanto de carguío y acarreo, el número de scoops en producción y en stand by de toda la flota y el número de dumpers requeridos de toda la flota para cubrir el requerimiento de producción en dicha zona de estudio.

Tabla N° 22 Producción actual diario de equipos - UM-Yauliyacu

Producción Actual de los Equipos									
Equipos	Material	Condición	% Prod.	N° Equipos	R (t/h)	DM (%)	UE (%)	h/gdia (TPM)	t/día
SCOOP CAT R1600G	Mineral	Actual	100%	1	70.93	94.66	54.42	5.6	794.42
SCOOP CAT R1300G	Desmont	Actual	90%	1	46.49	79.59	72.89	7.5	697.35
SCOOP CAT R1300G	Mineral	Actual	100%	1	46.49	79.59	72.89	7.5	697.35
SCOOP CAT R1300G	Desmont	Actual	80%	1	46.49	79.59	72.89	7.5	697.35
SCOOP CAT R1300G	Mineral	Actual	95%	1	46.49	79.59	72.89	7.5	697.35
DUMPER-EJC-417	Mineral	Actual	80%	1	46.25	96.72	61.72	7.2	666.00
DUMPER-EJC-417-1	Mineral	Actual	100%	1	46.25	96.72	61.72	7.2	666.00
DUMPER-EJC-417-3	Mineral	Actual	100%	1	46.25	96.72	61.72	7.2	666.00

Fuente: Propia

**A. Comparativo actual de la producción actual de tajos vs equipos de carguío.**

Departamento de operaciones mina tiene programado según planeamiento a corto y mediano plazo las producciones de los tajos atacados, el principal soporte técnico acorde con las necesidades de incrementar la producción mejorando los diseños de mallas de perforación tanto del frente como de los tajos disparados con taladros largos.

Tabla N° 23 Número actual de Dumpers

Veta	Nivel	Drawpoint	Destino ore Pass	Producción de tajo (toneladas)	Total Acumul (Toneladas)			
Jimena	1400	Cm-Acumulacion-18	OP-9	-	320			
	1450	Frente -975	OP-10	95	250			
	1300	CM-Acumulac -22	OP-12	-	380			
	1350	CM-Acumulc-27	OP-12	-	412			
Rosaura	1450	Tj-943 taladros Largos	OP-10	300	700			
	1350	Tj-270	OP-12	250	500			
	1270	Tj-285	OP-9	112	452			
<b>PRODUCCION TOTAL</b>					<b>3014</b>			
<b>PRODUCCIÓN TOTAL DE EQUIPOS DE ACARREO</b>								
Equipo	Material	Condición	N°de Equipos	R (t/h)	DM (%)	UE (%)	h/gdia	t/día
SC-R1600G	Mineral	Actual	1	70.93	94.66	54.42	5.6	794.42
SC-R1300G	Mineral	Actual	1	46.49	79.59	72.89	7.5	697.35
DU-EJC-417	Mineral	Actual	1	46.25	96.72	61.72	7.2	666
<b>NUMERO DE DUMPERS</b>								<b>5</b>

Fuente: Propia

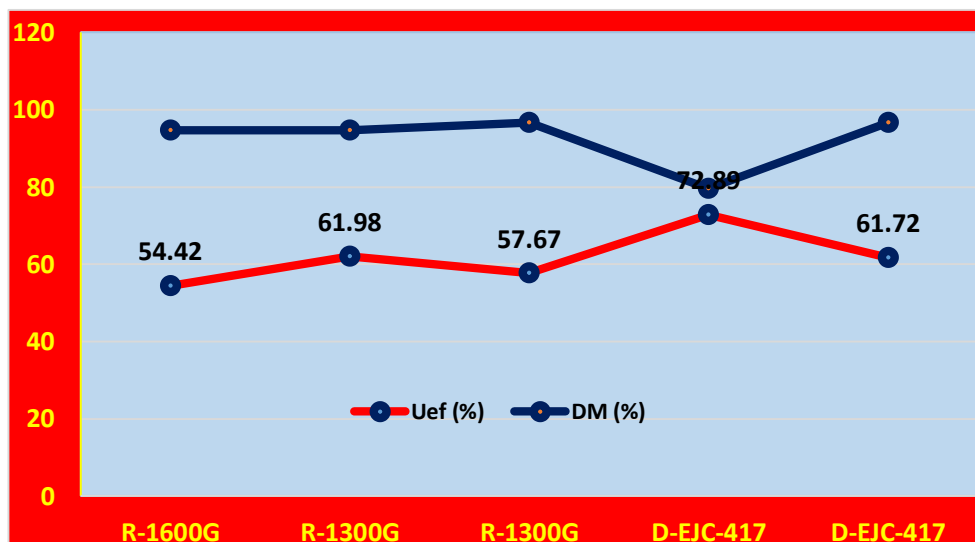
El número de dumpers se obtiene al dividir tonelaje total producido por la voladura de los tajos sobre la producción de un dumper por día, (3014 Ton/día) dividido (666 Ton/día), teniendo un total de 5 Dumpers.

**B. Desarrollo del diagrama de Pareto de los equipos en estudio**

Los KPIs calculados anteriormente, de los Índices operacionales mencionados demuestran una elevada disponibilidad mecánica (94.66%, 94.74%, 96.65%, 96.72, 79.59%) y una baja utilización efectiva (54.42%, 61.98%, 57.67%, 61.73%, 69.97%).

Es por el cual el presente estudio va enfocado en mejorar e incrementar las utilizaciones efectivas de los equipos en estudio, para aumentar la productividad y tonelaje respectivamente.

Gráfico N° 12 Disponibilidad Mecánica VS Utilización Efectiva



Fuente Propia

Para incrementar la utilización efectiva de los equipos se debe aumentar las horas efectivas de trabajo (HEF) reduciendo horas de pérdidas operacionales (HPE) y las horas de reserva (HRE), haciendo un buen control estricto de TPMs.

$$UT = \frac{(HEF) \cdot 100\%}{HEF + HPE + HRE} \Rightarrow \frac{((HEF(+)) \cdot 100\%)}{(HEF(+)) + (HPE(-)) + (HRE(-))}$$

$$UT = \frac{(HME) \cdot 100\%}{HOP} \Rightarrow \frac{((HME(+)) \cdot 100\%)}{HOP}$$

Por lo mencionado anteriormente los análisis de Pareto se enfocan en las horas de pérdida operacional y las horas de reserva de los equipos en estudio.

Las horas de reserva registrada en los TPMs de los equipos son las horas que tienen mayor demora como refrigerio y el cambio de guardia los cuales se ajustarán según el estudio de Pareto evitando los tiempos en exceso de demora.

En esta fórmula nos indica el incremento de horas del movimiento del equipo para elevar la utilización de los equipos e incrementar la producción del mismo.

- **Análisis de Pareto de SCOOP CAT-R1600G**

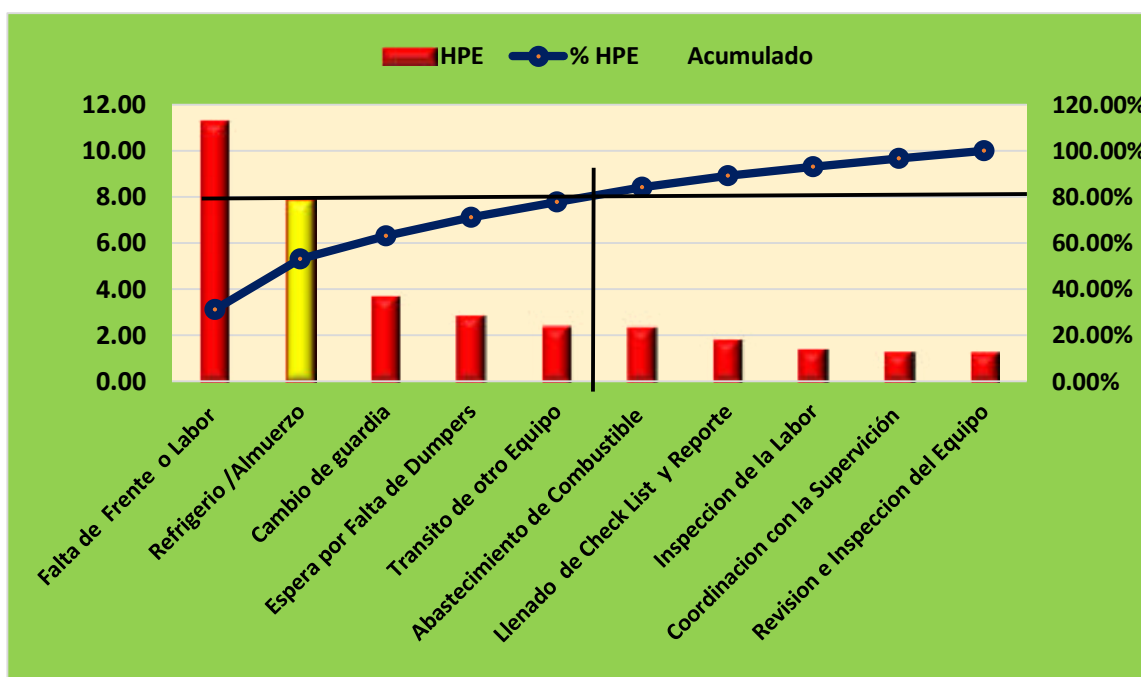
Se analizaron las horas de pérdida y de reserva (HPE, HRE) en un total de 10 actividades.

Tabla N° 24 Pareto del SCOOP CAT-R1600G

Actividad de Análisis	HPE	HPE ACUMULADO	% HPE	% HPE Acumulado
Falta de Frente o Labor	11.27	11.27	31.14%	28.92%
Refrigerio /Almuerzo	7.87	19.14	21.74%	48.61%
Cambio de guardia	3.70	22.84	10.22%	56.83%
Espera por Falta de Dumpers	2.87	25.71	7.93%	64.57%
Tránsito de otro Equipo	2.39	28.10	6.60%	71.42%
Abastecimiento de Combustible	2.36	30.46	6.52%	78.18%
Llenado de Check List y Reporte	1.83	32.29	5.05%	83.42%
Inspección de la Labor	1.38	33.67	3.81%	87.37%
Coordinación con la Supervisión	1.27	34.94	3.51%	91.01%
Revisión e Inspección del Equipo	1.26	36.20	3.48%	94.62%
<b>Total</b>	<b>36.20</b>			

Fuente: Propia.

Gráfico N° 13 Diagrama de Pareto del SCOOP CAT-R1600G



Fuente: Propia.

- Análisis de Pareto del Scoop Tram CAT-R1300G

Se analizarán las horas pérdidas, horas de reserva y las Horas del movimiento del equipo (HME.HRE, HPE), siendo un total de 11 actividades.

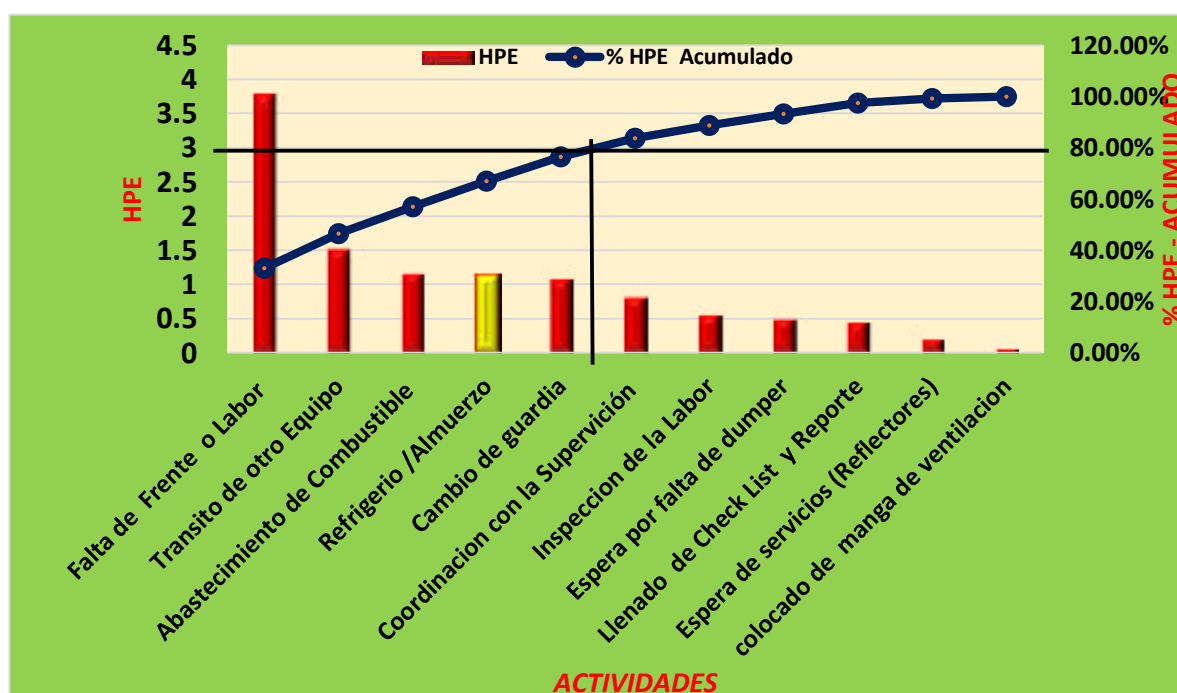


Tabla N° 25 Pareto de equipo SCOOP CAT-R1300G

Actividad	HPE	HPE Acumulado	% HPE	% HPE Acumulado
Falta de Frente o Labor	3.81	3.81	33.19%	33.19%
Tránsito de otro Equipo (Tráfico)	1.54	5.35	13.41%	46.60%
Abastecimiento de Combustible	1.19	6.54	10.37%	56.97%
Refrigerio/Almuerzo	1.15	7.69	10.02%	66.99%
Cambio de Guardia	1.10	8.79	9.58%	76.57%
Coordinación con la Supervisión	0.84	9.63	7.32%	83.89%
Inspección de la Labor	0.58	10.21	5.05%	88.94%
Espera por Falta de Dumpers	0.52	10.73	4.53%	93.47%
Llenado de Check List y Reporte	0.47	11.20	4.09%	97.56%
Espera Servicios (Reflectores)	0.22	11.42	1.92%	99.48%
Colocado de Manga de Ventilación	0.08	11.50	0.70%	100.00%
<b>Total</b>	<b>11.50</b>			

Fuente Propia

Gráfico N° 14 Diagrama de Pareto del equipo SCOOP CAT-R1300



Fuente Propia

- **Análisis de Pareto del equipo de acarreo DUMPER-EJC - 417**

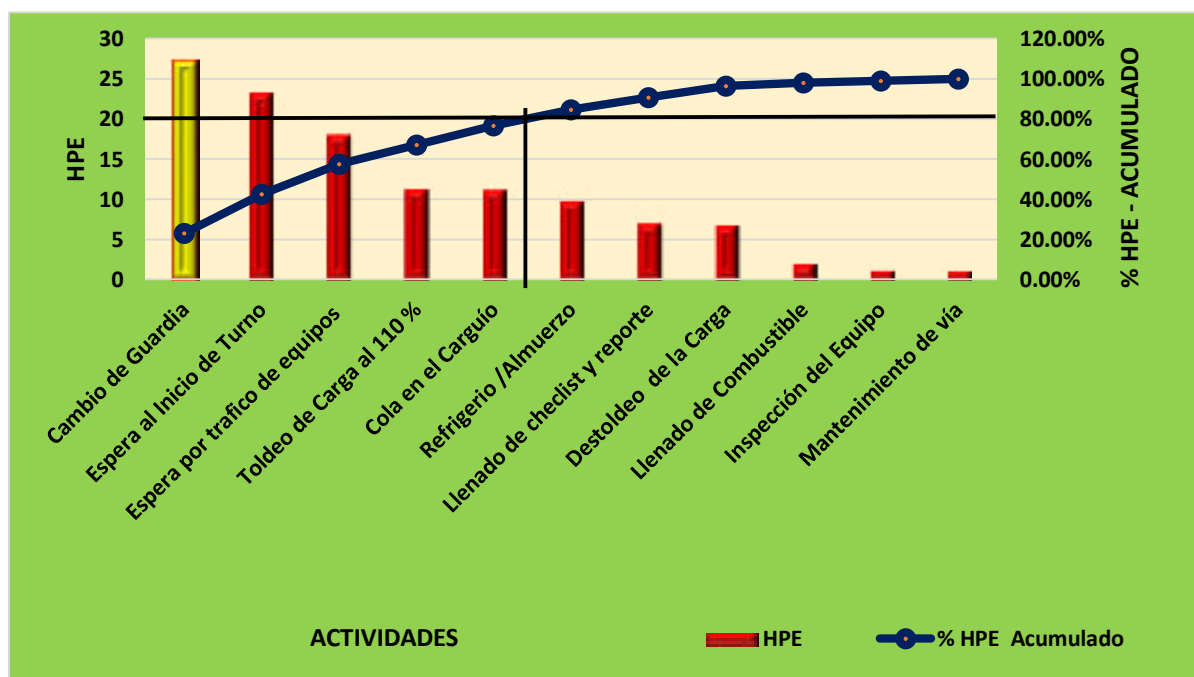
Se analizaron las horas de pérdidas y de reserva (HPE, HRE, HME) siendo un total de once actividades.

Tabla N° 26 Pareto de los DUMPERS EJC - 417

Actividad	HPE	HPE Acumulado	% HPE	% HPE Acumulado
Cambio de Guardia	27.34	27.34	22.98%	22.98%
Espera en Taller al Inicio de Turno	23.29	50.63	19.58%	42.56%
Tránsito de otro Equipo	18.01	68.64	15.14%	57.70%
Toldeo de Carga al 110%	11.25	79.89	9.46%	67.16%
Cola en el Carguío	11.19	91.08	9.41%	76.56%
Refrigerio / Almuerzo	9.81	100.89	8.25%	84.81%
Pesado de la Carga	7.04	107.93	5.92%	90.73%
Destoldeo de la Carga	6.78	114.71	5.70%	96.43%
Llenado de Combustible	2.03	116.74	1.71%	98.13%
Inspección del Equipo	1.22	117.96	1.03%	99.16%
Mantenimiento de vía	1.00	118.96	0.84%	100.00%
<b>Total</b>	<b>118</b>			

Fuente Propia

Gráfico N° 15 Diagrama de Pareto de los DUMPERS EJC – 417



Fuente Propia

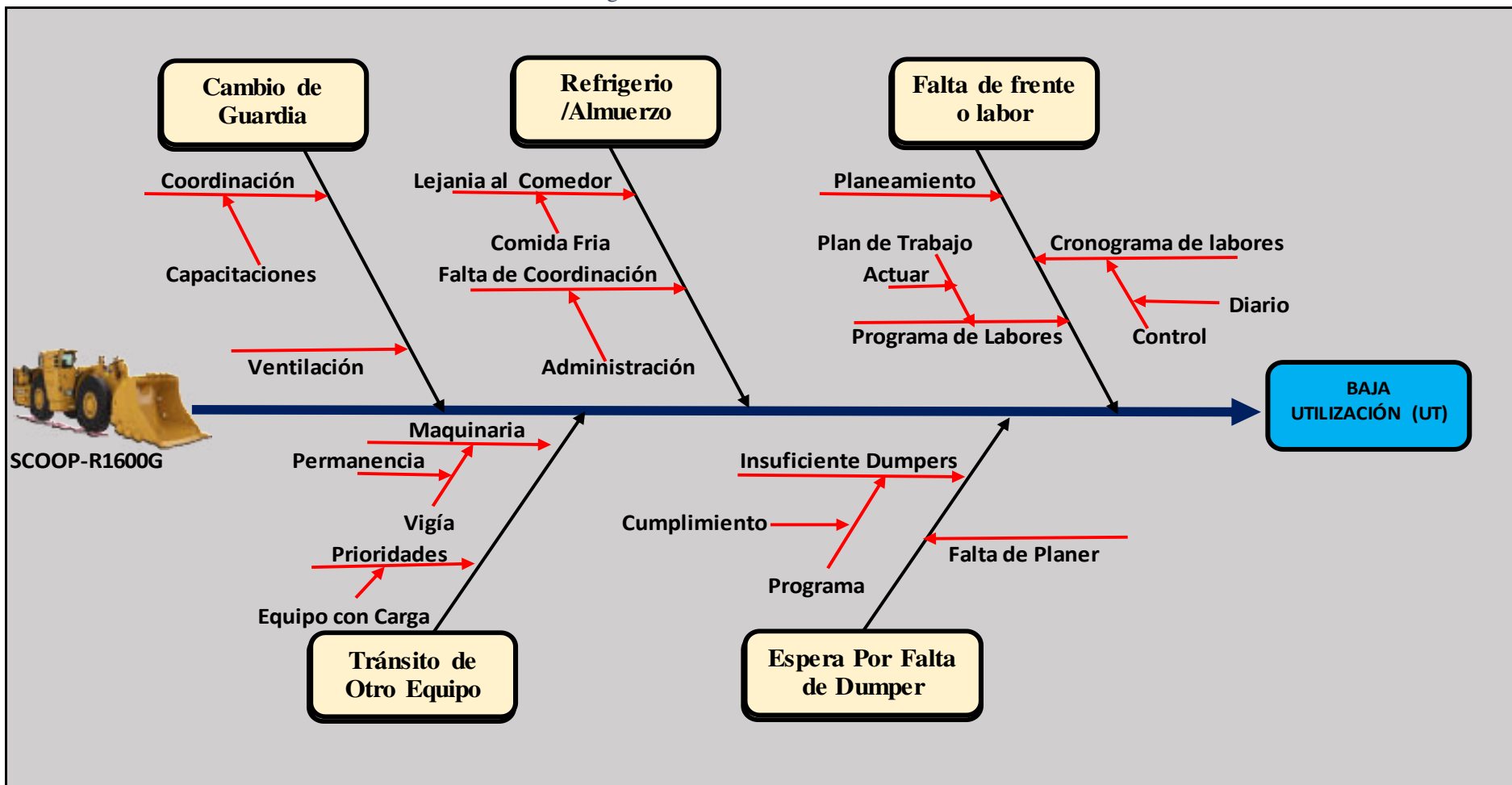
### C. Desarrollo del Diagrama de Ishikawa para los equipos de carguío y acarreo (LHD).

Los análisis del diagrama causan raíz (Ishikawa) se realizan según la ficha de observación el cual descifra una lluvia de ideas de causas primarias y sub causas para la ejecución del diagrama de toda la actividad que tuvieron mayor demora operativa según los registros de las herramientas de gestión (orden de trabajo). **Ver anexo VIII.**

• Diagrama de Ishikawa del SCOOP-CAT - R1600G

En el Pareto se observó 5 causas vitales y del diagrama de Ishikawa se obtuvo 11 posibles causas y 12 sub causas secundarias.

Gráfico N° 16 Diagrama de Ishikawa del SCOOP CAT - R1600G



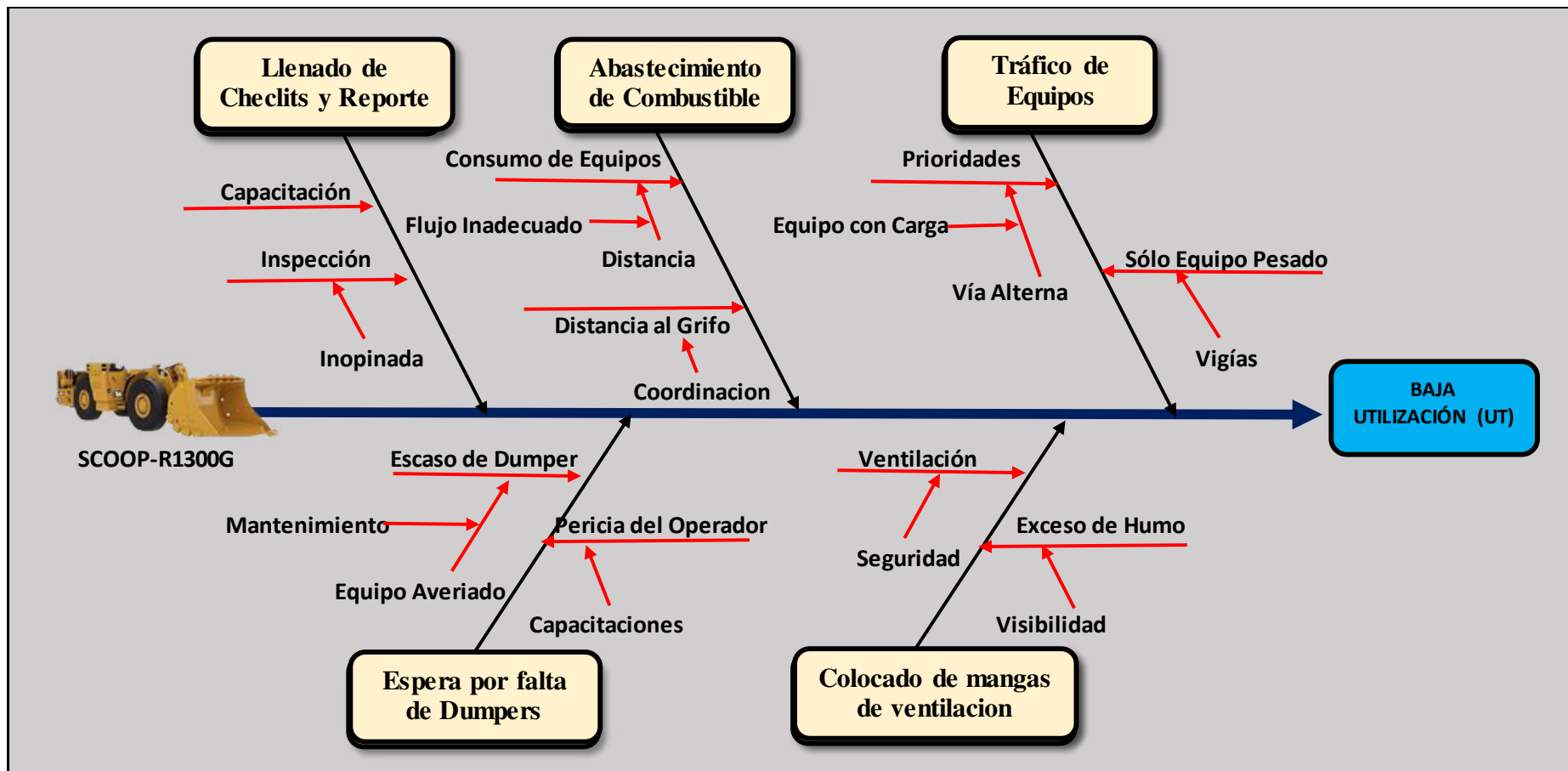
Fuente: Propia.



- **Diagrama de Ishikawa del SCOOP-CAT - R1300G**

En el Pareto se observó 5 causas vitales y en Ishikawa se obtuvo 10 posibles causas y 12 sub causas secundarias para su análisis de los equipos en estudio.

Gráfico N° 17 Diagrama de Ishikawa del SCOOP CAT-R1300G



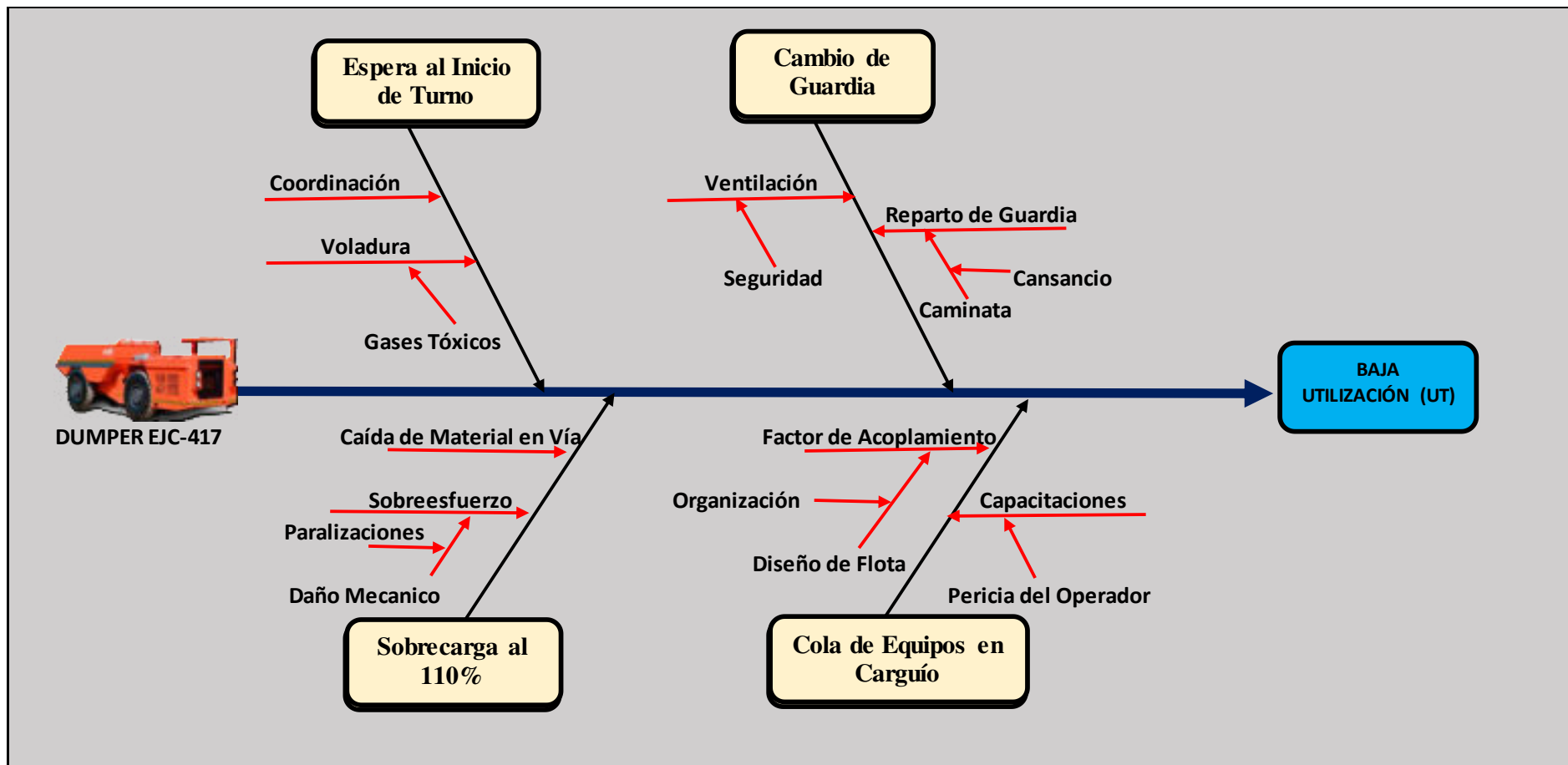
Fuente: Propia.



- **Diagrama de Ishikawa del DUMPER- EJC-417**

En el Pareto se observó 4 causas vitales y en el diagrama de Ishikawa se obtuvo 8 posibles causas y 9 sub causas secundarias para su análisis de los equipos en estudio.

Gráfico N° 18 Diagrama de Ishikawa del DUMPER EJE-417



Fuente: Propia.



**D. Soluciones Propuestas a las Causas Principales y sub Causas de los Diagramas de Ishikawa en Estudio.**

• **Falta de frente o labores.**

La falta de labores y/o frentes de trabajo perjudican en la operación por la paralización de los equipos debido a la mala planificación por parte de la gerencia y supervisión, en cada turno cuentan con un tiempo ocioso promedio de una hora por paralizaciones del equipo por falta de labor. Se debe de establecer una relación entre el estudio de productividad de los equipos de perforación y los equipos de carguío para determinar en qué medida se incrementará la producción y determinar el cuello de botella en la operación in-situ.

• **Refrigerio y/o almuerzo.**

En esta hora del refrigerio las sub causa de esta demora se debe a la lejanía de los frentes de producción hacia el comedor, es por lo cual los operadores requieren de más tiempo para trasladarse hacia los comedores. Se busca la solución haciendo que la supervisión disponga una movilidad para su recojo de los operadores de acuerdo a la cercanía de los frentes como también más puntualidad al momento de su traslado a sus sectores de trabajo.

• **Cambio de Guardia.**

El retraso por cambio de guardia es debido a la ventilación de las labores de los disparos de la guardia anterior, esta variación de tiempo no es muy considerable en comparación a las actividades realizadas por lo cual se propuso puntualidad y coordinación con la supervisión al momento de realizar los disparos en las horas de voladuras establecidas.

• **Espera por Falta de Dumpers.**

La espera de un equipo de acarreo es perjudicial en la producción, para reducir este tipo de demora se propuso realizar un estudio de productividad de los equipos de acarreo y cálculo de un factor de acoplamiento para evitar tiempos de espera y colas, del mismo modo tener un buen control de averías y administración de los equipos en faena minera a sí mismo estimar el número óptimo de Dumpers a utilizar para el transporte de mineral y desmonte de cada turno.

• **Tránsito de otro equipo (Tráfico).**

El tráfico es notorio en la unidad minera Yauliyacu, por ser una mina antigua y mecanizada (Trakles), será poco probable poder disminuir el tránsito de vehículos debido a que es un tipo de demora ineficiente e inevitable, si no quizá programar un horario exclusivas solo para equipos pesados con carga estas siendo verificadas y controladas por vigías en lugares estratégicos.



- **Abastecimiento de combustible.**

Esta actividad es indispensable para el funcionamiento, lo cual es la columna vertebral para la cadena productiva de los equipos, se pudo observar que en comparación con el tiempo total de toda la actividad identificada en cada turno no representan un tiempo significativo, es por el cual el retraso en operación. Viéndose la dificultad en la movilización de los equipos desde el frente de trabajo hasta los grifos instalados en interior mina.

- **Llenado de Checklist y Reporte.**

El llenado de las herramientas de gestión es indispensable. Yauliyacu está comprometido con el trabajo seguro en sus operaciones estas inspecciones no deben de tener límites en sus reportes.

- **Colocado de mangas de ventilación.**

Los trabajos auxiliares como ésta en profundización requieren mucha atención para su flujo continuo de aire. En esta actividad poner hincapié al área de ventilación, quienes son encargados de dar solución a la ventilación.

- **Esperas en Bocamina al Inicio de Turno.**

Las esperas en bocamina o en refugios es por la demora de ventilación en interior mina por disparos tardíos, se recomienda estar en coordinación y respetar las horas de disparo para no perjudicar la guardia que ingresa a sus labores.

- **Sobrecarga al 110%.**

Los derrames de carga de la tolva en las vías por motivos del exceso de la capacidad máxima de carga, que va derramando en pendientes en lugares críticos lo cual genera más disturbios en la vía entonces se requiere una carga racional en la tolva y más tiempo para la limpieza o equipo auxiliar para la limpieza o rípiado de vía.

Después de los problemas causales se implanta las medidas correctivas a las causas principales y sub causas de la baja utilización efectiva de los equipos de carguío se vio conveniente realizar una nueva toma de tiempos y un mejor control de los TPMs.

**E. Relación de Actividades Optimizadas que han Sido Identificadas, clasificadas y cuantificadas por los Parámetros en estudio de los equipos de carguío y acarreo.**

- **Tiempos de las actividades optimizadas registradas por los TPMs del Scoop CAT - R1600G**

Se incrementó las HEF en 7.78% y se redujo las horas HMT, HPE, HRE en -2.22%, -2.77%, -2.78%,

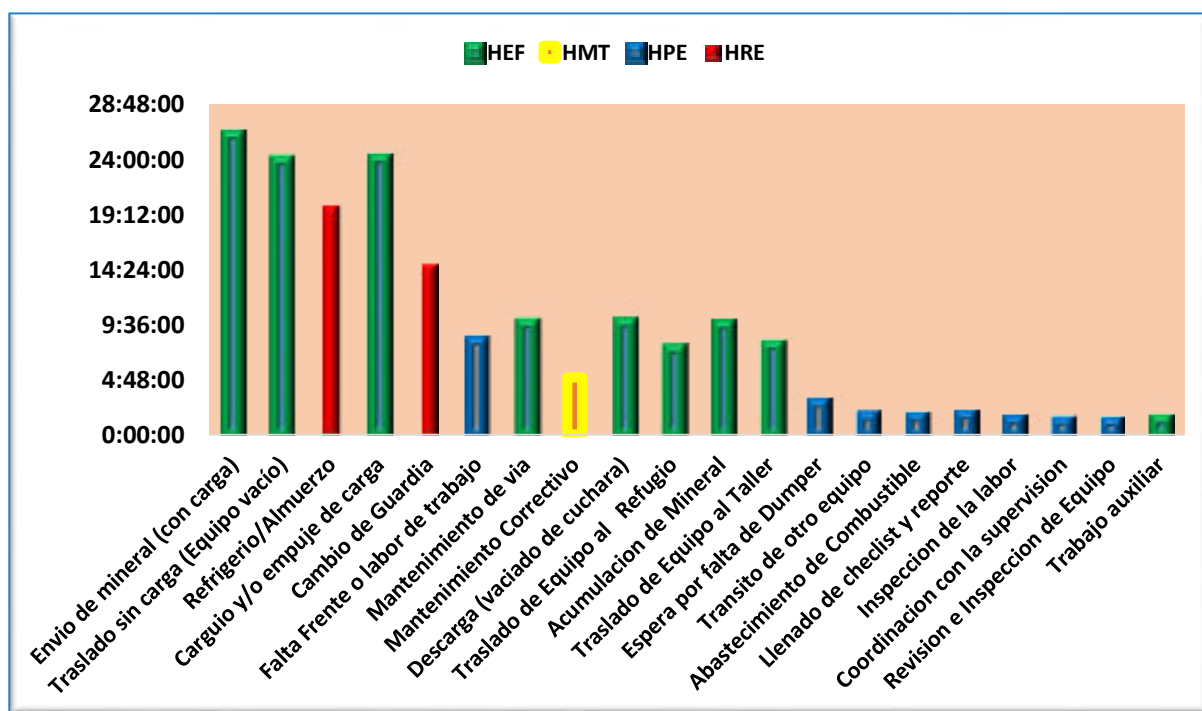


Tabla N° 27 Tiempo optimizado SCOOP CAT-R1600G

SUMA DE TODA LAS DEMORAS OPERATIVAS-SCOOP R1600G (EN HORAS)					
ACTIVIDADES	HEF	HMT	HPE	HRE	Total General
Abastecimiento de Combustible			01:42:33		1:42:33
Acumulación de Mineral	09:38:54				09:38:54
Cambio de Guardia				14:42:16	14:42:16
Carguío y/o Empuje de carga	24:05:25				24:05:25
Coordinación con la supervisión			01:16:22		01:16:22
Descarga (vaciado de cuchara)	09:47:29				09:47:29
Envío de carga mineral	26:10:55				26:10:55
Espera por falta de Dumper			02:51:55		02:51:55
Falta de Frente o labor			08:16:31		08:16:31
Inspección de la labor			01:22:46		01:22:46
Llenado de checlist y reporte			01:49:39		01:49:39
Mantenimiento (Ripiado) vía	09:43:39				09:43:39
Mantenimiento Correctivo		05:00:04			05:00:04
Refrigerio / Almuerzo				19:52:18	19:52:18
Retorno del Equipo vacío	23:56:38				23:56:38
Revisión e Inspección del Equipo			01:15:44		01:15:44
Trabajo auxiliar	01:21:58				01:21:58
Tránsito de otro equipo	01:43:31				01:43:31
Traslado de Equipo al taller	07:49:25				07:49:25
Traslado de Equipo al Refugio	07:31:58				07:31:58
<b>Total General</b>	<b>120:06:21</b>	<b>5:00:04</b>	<b>20:19:01</b>	<b>34:34:34</b>	<b>180:00:00</b>
<b>PORCENTAJE</b>	<b>66.73%</b>	<b>2.78%</b>	<b>11.29%</b>	<b>19.21%</b>	<b>100.00%</b>

Fuente Propia

Gráfico N° 19 Gráfico de actividades optimizadas de SCOOP-CAT R1600G



Fuente Propia



- **Tiempos de las Actividades Optimizadas Registradas por los TPMs del Scoop CAT - R1300G.**

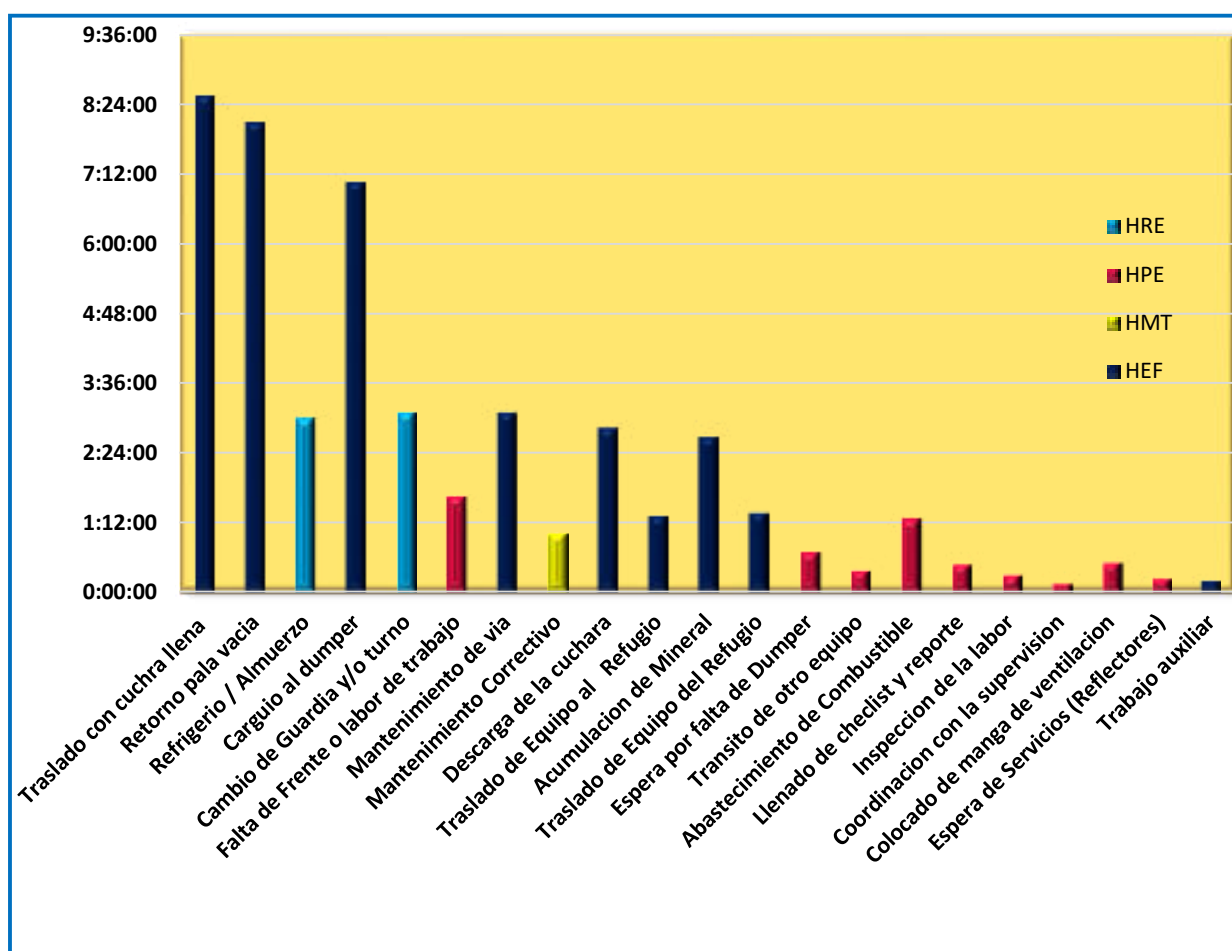
**Se incrementa las HEF en 18.29% y se redujo las horas (HMT, HPE, HRE) en -2.09%, -7.57%, -8.65%**

Tabla N° 28 Tiempo optimizado del SCOOP CAT-R1300G

SUMA DE TODA LAS DEMORAS OPERATIVAS-SCOOP-R1300G					
ACTIVIDADES	HEF	HMT	HPE	HRE	Total General
Abastecimiento de Combustible			01:15:17		01:15:17
Acumulación de Mineral	02:40:36				02:40:36
Cambio de Guardia				03:05:44	03:05:44
Carguío al Dumper	07:05:22				07:05:22
Colocado de manga de ventilación			00:30:25		00:30:25
Coordinación con la supervisión			00:08:13		00:08:13
Descarga (de la cuchara)	02:49:59				02:49:59
Envío de carga de mineral	08:34:30				08:34:30
Espera de Servicios (Reflectores)			00:13:30		00:13:30
Espera por falta de Dumper			00:40:50		00:40:50
Falta de Frente o labor			01:38:45		01:38:45
Inspección de la labor			00:10:41		00:10:41
Llenado de checlist y reporte			00:28:08		00:28:08
Mantenimiento Correctivo		01:00:00			01:00:00
Mantenimiento de vía	03:06:44				03:06:44
Refrigerio / Almuerzo				03:00:08	03:00:08
Retorno sin carga (vacío)	08:06:54				08:06:54
Tránsito de otro equipo			00:22:20		00:22:20
Traslado de Equipo al Refugio	01:19:33				01:19:33
Traslado de Equipo del Refugio	01:19:33				01:19:33
Trabajo auxiliar	00:12:34				00:12:34
<b>Total General</b>	<b>35:18:36</b>	<b>1:00:00</b>	<b>5:35:32</b>	<b>6:05:52</b>	<b>48:00:00</b>
<b>PORCENTAJE</b>	<b>73.56%</b>	<b>2.08%</b>	<b>11.65%</b>	<b>12.70%</b>	<b>100.00%</b>

*Fuente Propia*

Gráfico N° 20 Gráficos de actividades optimizados del SCOOP CAT-R1300G



Fuente: Propia

- **Tiempos de las Actividades Optimizadas Registradas por los TPMs del DUMPER-EJC-417.**

Se incrementó las HEF en 3.34% y se redujo las horas tales como (HMT, HPE,) en 0.63%, -2.71%, las horas de reserva se mantuvo.



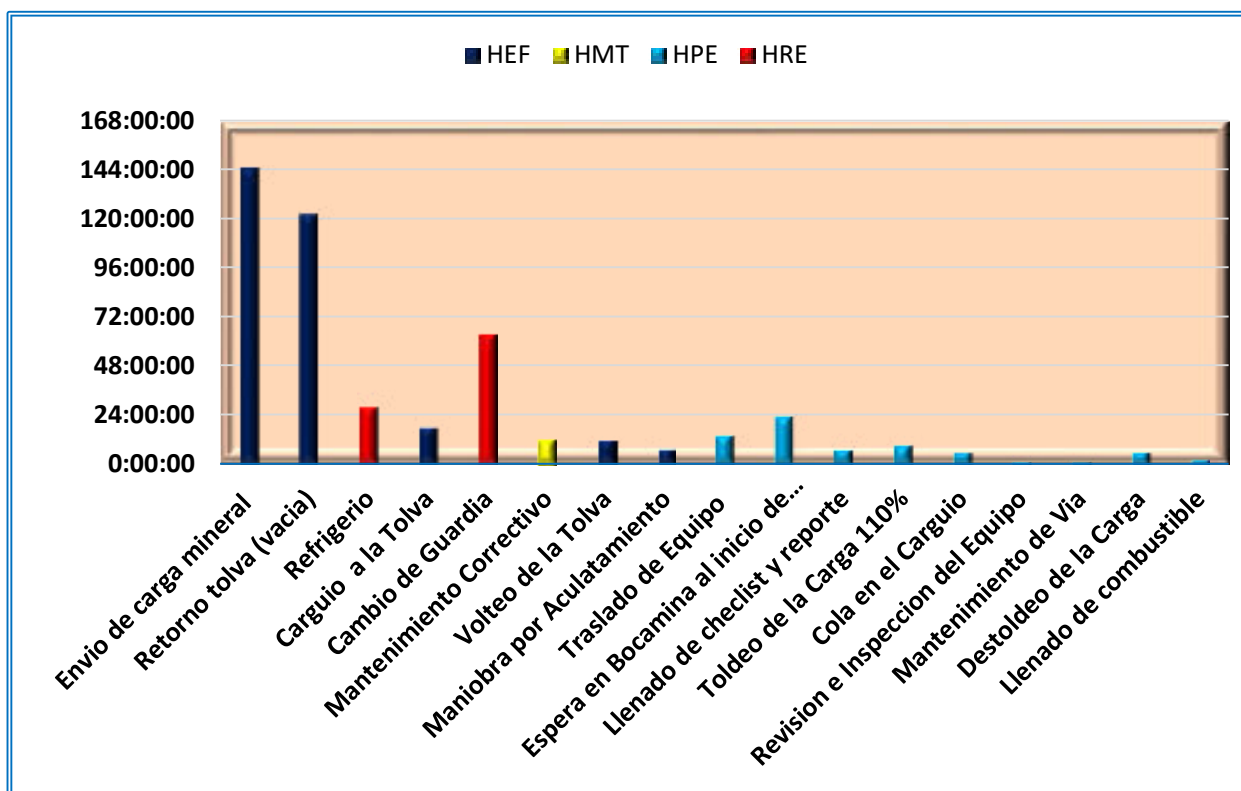
Tabla N° 29 Tiempo optimizado de DUMPERS EJC-417

SUMA DE TODA LAS DEMORAS OPERATIVAS - DUMPER - EJC - 417 (EN HORAS)					
ACTIVIDADES	HEF	HMT	HPE	HRE	Total General
Cambio de Guardia				63:20:52	63:20:52
Carguío a la Tolva	18:53:00				18:53:00
Carguío de mineral	145:35:05				145:35:05
Cola en el Carguío			05:11:25		05:11:25
Descarga de la Tolva	12:34:55				12:34:55
Destoldeo de la Carga			05:46:35		05:46:35
Espera en Bocamina al inicio de Turno			23:17:15		23:17:15
Llenado de checklist y reporte			07:02:35		07:02:35
Llenado de Combustible			02:01:40		02:01:40
Maniobra por Aculatamiento	08:09:40				08:09:40
Mantenimiento Correctivo		12:14:25			12:14:25
Mantenimiento de vía			01:00:10		01:00:10
Refrigerio / Almuerzo				27:48:30	27:48:30
Retorno tolva vacía	122:35:28				122:35:28
Revisión e Inspección del Equipo			01:13:20		01:13:20
Toldeo de la Carga al 110%			09:14:40		09:14:40
Traslado de equipo			14:00:25		14:00:25
<b>Total General</b>	<b>307:48:08</b>	<b>12:14:25</b>	<b>68:48:05</b>	<b>91:09:22</b>	<b>480:00:00</b>
<b>PORCENTAJE</b>	<b>64.13%</b>	<b>2.55%</b>	<b>14.33%</b>	<b>18.99%</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Propia



Gráfico N° 21 Gráfica de Actividades Optimizadas de DUMPERS EJEC - 417




Fuente: Propia

#### F. Cálculo de los indicadores clave de desempeño optimizados de los equipos de carguío y acarreo.

La clave de la mejora de la productividad es el análisis de los KPIs optimizados que fueron de utilidad para poder realizar una comparación cuantitativa con la situación actual y al inicio de estudio de productividad tomando en cuenta el nuevo TPM.

Tabla N° 30 TPM Optimizado del SCOOP-R1600

	FORMULARIO										CODIGO		
	CONTROL DE EQUIPO -SCOOPTRAM										REVISION		
											APROBADO		
N° EQUIPO	TIPO DE EQUIPO		CAPACIDAD	ING. GUARDIA		OPERADOR		FECHA-GUARDIA			7 AM-7 PM	SECCION	
21	DISEL							DIA   MES   AÑO			7 PM-7 AM		
	ELECTRICO												
CODIGO	TIEMPO (Hr. Min)			TRAYECTORIA		N° CUCHARAS	OBSERVACIONES	ORDEN	DETALLE DE ACTIVIDADES				
	INICIO	FIN	HT	NIVEL-LABOR	DESTINO								
203	07:00	07:30	00:30						<b>HORAS DE PRODUCCION</b>				
204	07:35	08:00	00:25						101	Limpieza de mineral	111	limpieza de desmonte	
206	08:10	08:20	00:10						102	Limpieza de mineral acumulado	112	lpza de desmot acumlado	
205	08:25	08:50	00:25						103	carguio de mineral	113	carguio de desmonte	
211	09:00	10:30	01:30								120	relleno detritico	
213	11:00	12:00	01:00						<b>HORAS DISPONIBLES</b>				
									201	Falta de operador	209	falta de labor	
207	12:00:00	12:50	00:55						202	MPL Manteni prev labor	210	falta de servicios (En,ag,ai)	
									203	Ingreso-salida	211	traslado de material	
206	12:50	12:55	00:05						204	charla	212	Apoyos en servi mineros	
205	13:00	13:05	00:05						205	traslado de equipo	213	mantenimiento de vias	
102	13:10	14:30	01:20						206	inspeccion de equipo	214	falta de ventilacion	
101	15:30	15:40	00:10	02:20					207	Refrigerio	215	trabajos varios	
205	15:40	14:20	00:40						208	traslado de equipo	216	accidente de equipo	
									<b>HORAS DE MANTENIMIENTO Y REPARACION</b>				
									301	Mp inicial/final	303	Mantenimiento correctivo	
<b>TOTAL Hrs</b>			<b>07:15</b>						302	Mantenimiento programado			
CONDICIONES EN QUE SE DEJA EL EQUIPO				<b>OPERATIVO</b>									
OPERATIVO	<input checked="" type="checkbox"/>			LUGAR								HOROMETRO INICIAL	<b>15649.8</b>
NO OPERATIVO	<input type="checkbox"/>			DESCRIPCION								HOROMETRO FINAL	<b>15658.4</b>
													<b>8.6</b>
HORAS OPERATIVAS PROGRAMADAS			<b>10.29</b>	SEGÚN POLITICA DE CADA EMPRESA									

Fuente: Simareg S.R



- Cálculo de los KPIs optimizados de las actividades realizadas según los nuevos TPMs obtenidos en el campo de estudio del scoop CAT - R1600G.

1. Disponibilidad Mecánica y Utilización Efectiva.

$$DM = \frac{HOP-HMT}{HOP} \Rightarrow \frac{(10.29-0.20)*100\%}{10.29} = 98.06 \%$$

$$UT = \frac{(HME)*100\%}{HOP} \Rightarrow \frac{((HME(+))*100\%}{HOP}$$

$$UT = \frac{(HME)*100\%}{HOP} \Rightarrow \frac{8.6*100\%}{10.29} = 83.58 \%$$

2. Parámetro para el cálculo de rendimiento SCOOP-R1600G.

Tabla N° 31 Parámetro para el cálculo de rendimiento SCOOP-R1600G.

Capacidad de cuchara (6 yd <sup>3</sup> )	6*(0.9144 m) <sup>3</sup> = 4.59 m <sup>3</sup>
Densidad de mineral	(3.4 t/m <sup>3</sup> )
Densidad de desmonte	(2.54 t/m <sup>3</sup> )
Disponibilidad Mecánica	98.06%
Utilización Efectiva	83.58%
Factor de llenado	90 %
Factor de Esponjamiento $\Rightarrow 32.81\%$	1+0.33=1.33
Distancia recorrido del equipo	65 m
Capacidad real de la cuchara	4.59m <sup>3</sup> *0.90 = 4.13m <sup>3</sup>
<b>Tonelaje Total Cargado</b>	4.13 m <sup>3</sup> *2.56 t/m <sup>3</sup> =10.57 t
Velocidad con carga 1.4 km/h	23.33 m/min
Velocidad sin carga 2.41 km/h	40.17 m/min
T <sub>1</sub> = tiempo de idas con carga	2.78 min(sin interferencia)
T <sub>2</sub> = Tiempo de retorno vacío	1.62 min (según tiempo optimizado de los TPMs)
T <sub>3</sub> = Tiempo de Maniobra carga y descarga	2.4 min
<b>Tt=T<sub>1</sub>+T<sub>2</sub>+T<sub>3</sub><math>\Rightarrow 2.78\text{min}+1.62\text{min}+2.4\text{min}</math></b>	<b>6.8 min/ciclo</b>
<b>Ciclos /hr = <math>\frac{60 \text{ min/ hor}}{6.8 \text{ min/ciclo}} = 8.82 \text{ ciclos /hora}</math></b>	<b>8.82 ciclos /hora</b>
Tonelaje total cargado del frente de trabajo al Drawpoint $\Rightarrow 4.59 \text{ m}^3 * 2.54 \text{ Tn/m}^3$	11.66 Tn*8.82 ciclos/hora 102.84 t/h
<b>Calculo de Rendimiento Operativo del SCOOP CAT-R1600G</b>	
<b>RE = <math>\frac{Nc*Cb*Fll*\delta m}{1+\epsilon} \Rightarrow \frac{8.82*4.59*0.90*2.56}{1+0.33} \Rightarrow 70.13 \text{ t/h}</math></b>	

Fuente Propia



- Cálculo de los KPIs optimizados de las actividades realizadas según los nuevos TPMs obtenidos en el campo de estudio del scoop CAT - R1300G.

1. Disponibilidad Mecánica y Utilización Efectiva del equipo SCOOP – CAT R1300G. (como se indica en la tabla N°01)

$$DM = \frac{HOP - HMT}{HOP} \Rightarrow \frac{(10.29 - 2.1) * 100\%}{10.29} = 79.59 \%$$

$$UT = \frac{(HME) * 100\%}{HOP} \Rightarrow \frac{((HME(+)) * 100\%)}{HOP}$$

$$UT = \frac{(HME) * 100\%}{HOP} \Rightarrow \frac{8.7 * 100\%}{10.29} = 84.55 \%$$



Tabla N° 32 Tiempos optimizados según los TPMs de los equipos en estudio

FORMULARIO												CODIGO			
CONTROL DE EQUIPO -SCOOPTRAM												REVISION			
												APROBADO			
N° EQUIP	TIPO DE EQUIPO		CAPACIDAD		ING. GUARDIA		OPERADOR		FECHA-GUARDIA			7 AM-7 PM		SECCION	
47	DISEL								DIA MES AÑO			7 PM-7 AM			
	ELECTRICO														
CODIGO	TIEMPO (Hr. Min)			TRAYECTORIA		N° CUCHARAS	OBSERVACIONES	ORDEN	DETALLE DE ACTIVIDADES						
	INICIO	FIN	HT	NIVEL-LABOR	DESTINO										
203	07:00	07:20	00:20						<b>HORAS DE PRODUCCION</b>						
204	07:20	07:40	00:20						101	Limpieza de mineral		111	limpieza de desmonte		
205	07:40	08:00	00:20						102	Limpieza de mineral acumulado		112	lpza de desmot acumulado		
206	08:00	08:30	00:30						103	carguio de mineral		113	carguio de desmonte		
208	08:30	08:40	00:10									120	relleno detritico		
211	08:40	09:20	00:40						<b>HORAS DISPONIBLES</b>						
111	09:20	10:10	00:50						201	Falta de operador		209	falta de labor		
112	10:10	11:30	01:20						202	MPL Manteni prev labor		210	falta de servicios (En,ag,ai)		
203	11:30	11:40	00:10						203	Ingreso-salida		211	traslado de material		
201	11:40	12:30	00:50						204	charla		212	Apoyos en servi mineros		
101	12:30	13:00	00:30	02:00					205	traslado de equipo		213	mantenimiento de vias		
208	13:00	13:20	00:20						206	inspeccion de equipo		214	falta de ventilacion		
101	13:20	13:40	00:20						207	Refrigerio		215	trabajos varios		
112	13:40	15:40	02:00						208	traslado de equipo		216	accidente de equipo		
303	15:40	17:00	01:20	mantenimiento de manguera de volteo					<b>HORAS DE MANTENIMIENTO Y REPARACION</b>						
									301	Mp inicial/final		303	Mantenimiento correctivo		
<b>TOTAL Hrs</b>			10:00						302	Mantenimiento programado					
CONDICIONES EN QUE SE DEJA EL EQUIPO					OPERATIVO										
OPERATIVO		x			LIGAR	-----				HOROMETRO INICIAL		3652.4			
NO OPERATIVO					DESCRIPCION	-----				HOROMETRO FINAL		3661.1			
HORAS OPERATIVAS PROGRAMADAS			10.29	SEGÚN POLITICA DE CADA EMPRESA									8.7		

Fuente: Simareg SRL



2. **Parámetros para el cálculo de rendimiento de SCOOP CAT R1300G.**

Tabla N° 33 Parámetros para el cálculo de rendimiento de SCOOP CAT R1300G

<b>Capacidad de cuchara (4.2 yd<sup>3</sup>)</b>	4.2*(0.7646) = 3.21 m <sup>3</sup>
Densidad de mineral	(3.4 t/m <sup>3</sup> )
Densidad de desmonte	(2.54 t/m <sup>3</sup> )
Disponibilidad Mecánica	79.59 %
Utilización Efectiva	84.55%
Factor de llenado	90 %
Factor de Esponjamiento ⇒32.81%	1+0.33=1.33
Distancia recorrido del equipo	200 m
Capacidad real de la cuchara	3.21m <sup>3</sup> *0.90 = 2.89m <sup>3</sup>
<b>Tonelaje Total Cargado</b>	2.89 m <sup>3</sup> *2.56 t/m <sup>3</sup> =7.40 t
Velocidad con carga 3.50 km/h	58.33 m/min
Velocidad sin carga 4.98 km/h	83 m/min
T <sub>1</sub> = tiempo de idas con carga	3.2 min(sin interferencia)
T <sub>2</sub> = Tiempo de retorno vacío	2.26 min (según tiempo optimizado de los TPMs)
T <sub>3</sub> = Tiempo de Maniobra carga y descarga	1.3 min
<b>Tt=T<sub>1</sub>+T<sub>2</sub>+T<sub>3</sub>⇒3.2 min+2.26min+2.2min</b>	<b>7.66 min/ciclo</b>
<b>Ciclos /hr = <math>\frac{60 \text{ min/hor}}{7.66 \text{ min/ciclo}} = 8.82 \text{ ciclos /hora}</math></b>	<b>8.82 ciclos /hora</b>
Tonelaje total cargado del frente de trabajo al Drawpoint ⇒ 3.21 m <sup>3</sup> * 2.54 Tn/m <sup>3</sup>	8.15 Tn*7.49 ciclos/hora 61.04 t/h
<b>Calculo de Rendimiento Operativo del SCOOP CAT-R1600G</b>	
<b>Re = <math>\frac{Nc*Cb*Fll*\delta m}{1+\epsilon} \Rightarrow \frac{7.82*3.21*0.90*2.56}{1+0.33} \Rightarrow 48.30 \text{ t/h}</math></b>	

Fuente Propia

- **Cálculo de los KPIs optimizados de las actividades realizadas según los nuevos TPMs obtenidos del DUMPER EJC - 417.**

Tabla N° 34 Tiempos optimizados según los TPMs de los equipos en estudio

FORMULARIO		CODIGO						
CONTROL DE EQUIPO -DUMPER - EJC - 417		REVISION						
		APROBADO						
N° EQUIPO	TIPO DE EQUIPO	CAPACIDAD	ING. GUARDIA	OPERADOR	FECHA-GUARDIA	7 AM-7 PM	SECCION	
47	DIESEL				DIA	MES	AÑO	
	ELECTRICO							
CODIGO	TIEMPO (Hr. Min)		TRAYECTORIA		N° CUCHARAS	OBSERVACIONES	ORDEN	DETALLE DE ACTIVIDADES
	INICIO	FIN	HT	NIVEL-LABOR				
203	07:00	07:20	00:20					<b>HORAS DE PRODUCCION</b>
204	07:20	07:40	00:20				101 Limpieza de mineral	111 limpieza de desmonte
205	07:40	08:00	00:20				102 Limpieza de mineral acumulado	112 lpza de desmot acumulado
206	08:00	08:30	00:30				103 carguio de mineral	113 carguio de desmonte
208	08:30	08:40	00:10					120 relleno detritico
211	08:40	11:40	03:00					<b>HORAS DISPONIBLES</b>
111	11:40	12:40	01:00				201 Falta de operador	209 falta de labor
							202 MPL Manteni prev labor	210 falta de servicios (En,ag,ai)
203	12:40	13:10	00:30				203 Ingreso-salida	211 traslado de material
201	13:10	14:30	01:20				204 charla	212 Apoyos en servi mineros
202	14:30	15:00	00:30	00:30			205 traslado de equipo	213 mantenimiento de vias
211	15:00	16:40	01:40				206 inspeccion de equipo	214 falta de ventilacion
205	16:40	17:00	00:20				207 Refrigerio	215 trabajos varios
203	17:00	17:40	00:40				208 traslado de equipo	216 accidente de equipo
								<b>HORAS DE MANTENIMIENTO Y REPARACION</b>
							301 Mp inicial/final	303 Mantenimiento correctivo
<b>TOTAL Hrs</b>			<b>10:40</b>				302 Mantenimiento programado	
CONDICIONES EN QUE SE DEJA EL EQUIPO				<b>OPERATIVO</b>				
OPERATIVO	<input checked="" type="checkbox"/>			LIGAR			HOROMETRO INICIAL	<b>4756.40</b>
NO OPERATIVO	<input type="checkbox"/>			DESCRIPCION	-----		HOROMETRO FINAL	<b>4765.30</b>
<b>HORAS OPERATIVAS PROGRAMADAS</b>			<b>10.29</b>	SEGÚN POLITICA DE CADA EMPRESA				<b>8.90</b>

Fuente: Simareg SRL



**1. Disponibilidad Mecánica y Utilización Efectiva del equipo DUMPER – EJC-417.**

$$DM = \frac{HOP - HMT}{HOP} \Rightarrow \frac{(10.29 - 0.30) * 100\%}{10.29} = 97.08 \%$$

$$UT = \frac{(HME) * 100\%}{HOP} \Rightarrow \frac{((HME(+)) * 100\%}{HOP}$$

$$UT = \frac{(HME) * 100\%}{HOP} \Rightarrow \frac{8.90 * 100\%}{10.29} = 86.49 \%$$

**2. Parámetros para el cálculo de rendimiento del DUMPER EJC-417**

Para el cálculo de productividad se considera los siguientes parámetros de operación.

Dumper EJC-417 de 17 Toneladas

Distancia de Recorrido en promedio = 1500 m

Factor de llenado de Carga = 90%, según roca fragmentada por voladura (Manual de rendimiento CATERPILLAR)

Tabla N° 35 Parámetros para cálculos de productividad optimizados del DUMPER – EJC-417

<b>Parámetros para cálculos de productividad optimizados del DUMPER – EJC-417</b>	
Capacidad de carga	17 t
Capacidad de tolva (10.9 yd <sup>3</sup> )	10.9*(0.9144) <sup>3</sup> = 8.33 m <sup>3</sup>
Densidad de mineral	(3.4 t/m <sup>3</sup> )
Densidad de desmonte	(2.54 t/m <sup>3</sup> )
Disponibilidad Mecánica	97.08 %
Utilización Efectiva	86.49%
Factor de llenado	90 %
Factor de Esponjamiento $\Rightarrow 32.81\%$	1+0.33=1.33
Distancia recorrido del equipo	1500 m
Capacidad real de la tolva	8.33m <sup>3</sup> *0.90 = 7.50 m <sup>3</sup>
<b>Tonelaje Total Cargado</b>	<b>2.89 m<sup>3</sup>*2.56 tn/m<sup>3</sup> = 7.40 t</b>
Velocidad con carga 10.75 km/h	179.12m/min
Velocidad sin carga 13.20 km/h	220 m/min
T <sub>1</sub> = tiempo de idas con carga	8.38 min(sin interferencia)



$T_2 =$ Tiempo de retorno vacío	26.82 min (según tiempo optimizado de los TPMs)
$T_3 =$ Tiempo de Maniobra carga y descarga	1.0 min
$Tt = T_1 + T_2 + T_3 \Rightarrow 8.38 \text{ min} + 6.82 \text{ min} + 1.00 \text{ min}$	16.20 min/ciclo
$\text{Ciclos /hr} = \frac{60 \text{ min/hor}}{16.20 \text{ min/ciclo}} = 3.70 \text{ ciclos /hora}$	3.70 ciclos /hora
Tonelaje total cargado del frente de trabajo al Drawpoint $\Rightarrow 3.21 \text{ m}^3 * 2.54 \text{ Tn/m}^3$	8.15 t*7.49 ciclos/hora 61.04 t/h
<b>Cálculo de Rendimiento Operativo del SCOOP CAT-R1600G</b>	
$\text{Ref} = \frac{Nc * Cb * Fll * \delta m}{1 + \epsilon} \Rightarrow \frac{3.70 * 7.60 * 0.90 * 2.56}{1 + 0.33} \Rightarrow 48.71 \text{ t/h}$	

Fuente: Propia

#### 4.1.2.3 Comparación de los resultados obtenidos de los indicadores clave de desempeño de los equipos de carguío y acarreo.

Se observó que los KPIs incrementaron positivamente en las operaciones mineras lo cual favorece a la producción, la disponibilidad mecánica se mantuvo y esto es un buen indicador de los equipos están en condiciones electromecánica muy favorables para su operación y aumenta su confiabilidad del mismo la utilización efectiva de los equipos se incrementó positivamente teniendo un resultado por encima de 80% dando un efecto crucial en el incremento del tonelaje.

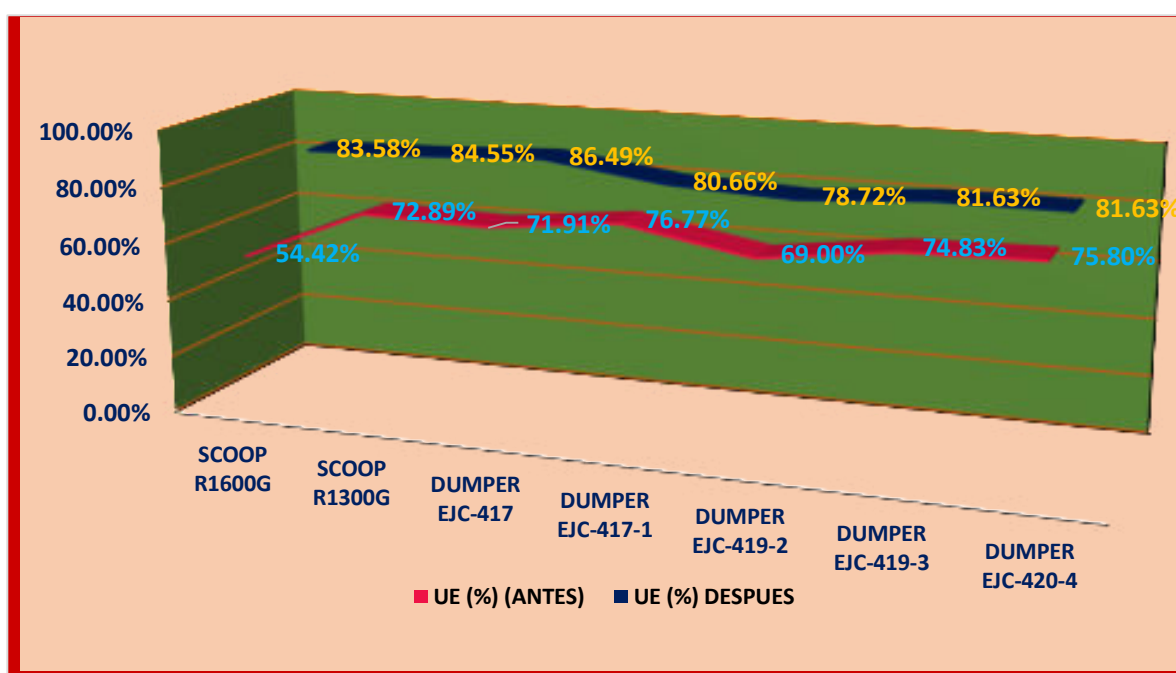
Tabla N° 36 Cuadro comparativo de KPIs

ANTES DEL ANÁLISIS						
EQUIPO	HORÓMETRO		HEM	REPRESENTACIÓN EN (%)	DM (%) >85%	UE (%) (ANTES)
	INICIAL	FINAL				
SCOOP R1600G	14430.8	14436.4	5.6	54.42%	94.66%	54.42%
SCOOP R1300G	3627.3	3634.8	7.5	72.89%	79.59%	72.89%
DUMPER EJC-417	3706.8	3714.2	7.4	71.91%	97.08%	71.91%
DUMPER EJC-417-1	3756.5	3764.4	7.9	76.77%	80.49%	76.77%
DUMPER EJC-419-2	3770.5	3777.6	7.1	69.00%	81.52%	69.00%
DUMPER EJC-419-3	3785.8	3793.5	7.7	74.83%	91.02%	74.83%
DUMPER EJC-420-4	4558.9	4566.7	7.8	75.80%	90.21%	75.80%
					<b>87.80%</b>	<b>70.80%</b>
HORAS EFECTIVAS DE TRABAJO (POLÍTICA DE LA EMPRESA)			10.29	REPRESENTACIÓN EN (%)	UE (%) DESPUES	

DESPUÉS DE LA MEJORA Y ESTUDIO					DM (%)	UE (%) (DSPUÉS)
SCOOP R1600G	15649.8	15658.4	8.6	83.58%	94.66%	83.58%
SCOOP R1300G	3652.4	3661.1	8.7	84.55%	85.39%	84.55%
DUMPER EJC-417	4756.4	4765.3	8.9	86.49%	97.08%	86.49%
DUMPER EJC-417-1	4565.2	4573.5	8.3	80.66%	80.49%	80.66%
DUMPER EJC-419-2	6859.2	6867.3	8.1	78.72%	81.52%	78.72%
DUMPER EJC-419-3	7564.8	7573.2	8.4	81.63%	91.02%	81.63%
DUMPER EJC-420-4	6894.8	6903.2	8.4	81.63%	90.21%	81.63%
					<b>88.62%</b>	<b>82.47%</b>

Fuente: Propia

Gráfico N° 22 Resumen de KPIs de equipos en estudio



Fuente: Propia

Como indica el gráfico las utilizaciones después de su análisis se encuentra por encima al estudio anterior lo cual es bastante lógico la mejora de la cadena productiva.

**A. Análisis de movimiento de mineral con los KPIs optimizados de los equipos (LHD) en estudio.**

Para poder estimar los requerimientos de los equipos de acarreo de mineral se calculó la producción de los tajos según programa de planeamiento a largo y corto plazo y de los equipos de acuerdo a sus KPIs optimizados, seguidamente se procedió a estimar el incremento de la cantidad de labores que debían ser atacadas para posteriormente determinar si la cantidad de SCOOP actuales cubren el incremento de la producción como también estimar la cantidad de DUMPERS de dicha sección de estudio.

Tabla N° 37 Cuadro de producción de tajos SECCIÓN IV

Veta	Nivel	Drawpoint	Destino ore Pass	Producción de tajo (toneladas)	Total Acumul (Toneladas)
Jimena	1400	Cm-Acumulacion-18	OP-9	-	320
	1450	Frente -975	OP-10	95	250
	1300	CM-Acumulac -22	OP-12	-	380
	1350	CM-Acumulc-27	OP-12	-	412
Rosaura	1450	Tj-943 taladros Largos	OP-10	300	700
	1350	Tj-270	OP-12	250	500
	1270	Tj-285	OP-9	112	452
PRODUCCION TOTAL					3014

Fuente: Propia

Tabla N° 38 Cuadro comparativo de KPIs para la nueva producción de mineral

EQUIPO	KPIs ANTES DE SU ANÁLISIS		KPIs DESPUÉS DE SU ANÁLISIS	
R1600G	DM (%)	94.66	DM (%)	98.06
	UT (%)	54.42	UT (%)	83.58
	R (OP) (t/h)	70.93	R (OP) (t/h)	70.13
R1300G	DM (%)	79.59	DM (%)	79.59
	UT (%)	72.89	UT (%)	84.55
	R (OP) (t/h)	46.49	R (OP) (t/h)	48.30
EJC-417	DM (%)	97.08	DM (%)	97.08
	UT (%)	69.97	UT (%)	86.49
	R (OP) (t/h)	46.25	R (OP) (t/h)	48.71




PRODUCCIÓN DE LOS QUIPOS UM-YAULIYACU (KPIs OPTIMIZADO) / POLÍTICA (50/60)

Equipo	Capacidad carga	HEM (horas) antes	HEM después	DM (%)	UE (%) optimizado	R (t/h) antes	R (t/h) después	Producción (t/día) después
SCOOP R1600G	6 yd <sup>3</sup>	5.6	8.6	94.66	83.58	63.17	70.13	1206.24
SCOOP R1300G	4.2 yd <sup>3</sup>	7.5	8.7	85.39	84.55	46.49	48.30	724.71
DUMPER EJC-417	17 t	7.4	8.9	97.08	86.49	46.25	48.71	860.00

Fuente: Propia

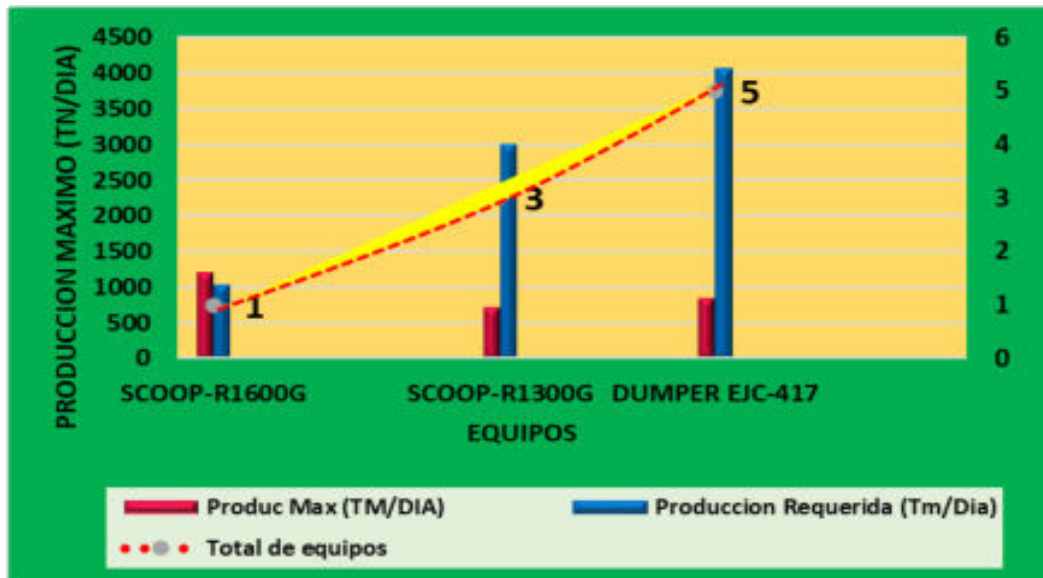


Tabla N° 39 Requerimiento de flota para movimiento de mineral

PRODUCCIÓN DE LOS TAJOS MINERAL & DESMONTE SECCION IV						
VETA	DRAWPOINT		DESTINO ORE PASS	PROD (t)	ACUM (t)	PRODUCCION REQUERIDA (t/día)
JIMENA	CM-Acm-18	Frente-	OP-09	-	320	320
	975	Cm-Acm-	OP-10	95	250	250
	22		OP-12	-	380	380
ROSAURA	Cm-Acm-27		OP-12	-	412	412
	Tj-943	taladro largo Tj-	OP-10	300	700	1050
	270		OP-12	250	500	500
	Tj-285		OP-09	112	452	452
TOTAL DE MIMERAL A MOVER					3014	4064
COMPARATIVO DE FLOTA ACTUAL DE LOS EQUIPOS DE CARGUIO Y ACARREO						
EQUIPO	Material	Condición	Producción Actual (t/día)	Producción Máxima (t/día)	Producción Requerida (t/día)	% DE PRODUC
	MINERAL & DESMONTE	ACTUAL	794.42	1206.24	1050	87.05%
<b>SCOOP-R1600G</b>	N° DE SCOOPS 6 yd <sup>3</sup>		1	0.56	1	
	MINERAL	ACTUAL	697.35	724.71	3014	84.55%
<b>SCOOP-R1300G</b>	N° DE SCOOPS 4.2 yd <sup>3</sup>		3	3	4	
	MINERAL	ACTUAL	666	860	4064	86.49%
<b>DUMPER EJC-417</b>	N° DE DUMPERs		5	4	5	

Fuente: Propia

Gráfico N° 23 Producción de flota requerimiento



Fuente: Propia

#### 4.1.2.4 Factor de acoplamiento de equipos de carguío y acarreo de mineral.

Para llegar al grado deseado de eficiencia, es indispensable una buena coordinación entre los equipos, sobre todo para las actividades de carga y transporte de material. Para conseguir lo anteriormente mencionado, es necesario atender los siguientes factores:

- La adecuada combinación entre las dimensiones de los equipos tanto de carga como de acarreo, de tal forma que no se originen para en el ciclo ni aumentar excesivo en los tiempos del mismo.
- Elección de cantidad de equipo de transporte y carga necesarios. Esto debe efectuarse una vez conocidos los modelos y las capacidades de carga necesarios. El tipo o tipos de mineral a transportar y las distancias y vías por las que se efectuara el acarreo.

En el cálculo de Factor de Acoplamiento (FA), se busca determinar la cantidad optima de unidades de transporte asociadas a un equipo de carguío determinado. En líneas generales, podemos definir el factor de acoplamiento de la siguiente manera:

$$FA = \frac{\text{Producción del equipo de carguío} + po}{\text{Producción del equipo de transporte}} \dots\dots\dots (4.6)$$

$$FA = \frac{3014 \text{ Tn/Día}}{4064 \text{ Tn/Día}} = 0.74 ; \text{ este dato es menor que } 1$$

Nos indica que hay un mínimo costo de acoplamiento, el equipo de acarreo no espera mientras que el equipo de carga si espera, lo cual amerita realizar un trabajo auxiliar raspado de vía como también colmado de carga etc.

**Tabla N° 40** Equipos de Transporte, Factor de Acoplamiento

<b>MF</b>	<b>Acoplamiento</b>	<b>Equipo de carga</b>	<b>Equipo de Acarreo</b>
= 1	Óptima	No espera	No espera
< 1	Mínima costo	Si espera	No espera
> 1	Máxima Producción	No espera	Si espera

Fuente: Propia

El acoplamiento de los equipos se logra empleando un número de unidades de acarreo y de carga que consigan que ninguno espere o que la espera sea mínima.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- Los equipos de carguío y acarreo incrementaron su utilización efectiva bajas de 65% moderada a > 80% que representa ideal en la mejora de la operación.
- Se concluye que la dependencia de la productividad influye en el mejor control de los tiempos realizados para el acarreo del material, se ha logrado determinar los tiempos óptimos tales como: tiempo de limpieza en los tajos como tales Tj-943, Tj-270, Tj-285, frente 975 y en la cámara acumulación 22, se ha reducido el tiempo de ida con carga de 2.5 a 2.3 minutos, el tiempo de retorno con carga se ha optimizado de 3.5 a 2.7 minutos, determinándose como resultado el incremento de más viajes de carga según las utilizaciones incrementando un total de 1050 toneladas.
- Gracias a la capacitación de los operadores en temas de seguridad se incrementó las horas operativas y un buen control de TPMs, así mismo los equipos tuvieron buen rendimiento y bajas averías según los reportes.
- Se ha logrado optimizar la productividad del equipo LHD (DUMPER EJC-417) que aumentó de 666 Tn/día a 860 Tn /día en lo referido al rendimiento del equipo, siendo esto de suma importancia, ya que, con disponibilidad de la máquina, se realiza otros trabajos en acarreo y limpieza de más frentes de avance.

## 5.2 RECOMENDACIÓN:

- Se recomienda mantener un control constante de los KPIs de todo el equipo involucrado en el estudio, para mantener los rendimientos óptimos.
- Realizar un nuevo programa de labores de desarrollo y explotación para cubrir el incremento de la producción de 3014 a 4064 Tm/Día
- Se recomienda realizar una capacitación a los operadores en temas de seguridad y un buen control de los TPMs para tener un control adecuado de los rendimientos y utilizaciones de los equipos en estudio.
- Para la optimización de costos de acarreo y control de tiempo del equipo LHD (Scoop), se recomienda hacer un buen mantenimiento de vía, mantenimiento de cunetas, raspado de la vía, para el recorrido del equipo. de esta manera eliminar los tiempos muertos que puede generar sobre tiempo en la limpieza del material.
- Para tener un buen rendimiento del equipo se recomienda tener una buena coordinación de trabajo y así mismo el operador del equipo LHD (Scoop), debe de verificar el mantenimiento del equipo y a la vez realizar un raspado y/o limpieza de vía donde hace el recorrido del equipo, de esta forma mantener la vía permanentemente en buen estado.
- Para distancias mayores a los 200 m, se recomienda avanzar con cámaras de acumulación o ventanas de acumulación en donde se pueda almacenar el material producto de la voladura. A si de esta manera generar más tiempos para realizar otros trabajos tales como: Desatado de rocas, sostenimiento y habilitar el frente para la perforación.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- ADRIAN, Guevara S. 2008.** *En Diseño de KPIs para proyectos de TI.* Buenos Aires, Argentina. : Ed. UCEMA, 2008.
- BALDEON Q., Zoila Lilian. 2011.** *Gestion en las Operaciones de Transporte y Acarreo para el Incremento de la Productividad en CIA.* Minera Condestable S.A. Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú, 2011.
- BAUTISTA, Joaquín. 2014.** [upcommons.upc.edu. upcommons.upc.edu.](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/24508/Jornada_Sector_automocion.pdf) [En línea] Universidad Politécnica de Cataluña, 2014. [Citado el: 17 de Junio de 2019.]  
[https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/24508/Jornada\\_Sector\\_automocion.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/24508/Jornada_Sector_automocion.pdf).
- BENAVIDES, V. 1956.** [Repositorio.ingemmet.gob.pe. Repositorio.ingemmet.gob.pe.](https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/155/4/A-036-Boletin_Matucana-24k_Huarochiri-25k%20-%20copia.PDF) [En línea] Ingemmet, 1956. [Citado el: 10 de Junio de 2019.]  
[https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/155/4/A-036-Boletin\\_Matucana-24k\\_Huarochiri-25k%20-%20copia.PDF](https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/155/4/A-036-Boletin_Matucana-24k_Huarochiri-25k%20-%20copia.PDF).
- BLOGSPOT. 2013.** [blogspot.com. blogspot.com.](http://tesis-investigacion-cientifica.blogspot.com/2013/08/definicion-y-clasificacion-de-las.html) [En línea] Metodología De la Investigaciion Cientofoca., 10 de Agosto de 2013. [Citado el: 10 de Abril de 2019.]  
<http://tesis-investigacion-cientifica.blogspot.com/2013/08/definicion-y-clasificacion-de-las.html>.
- CARRASCO , S. 2009.** *Metodologia de Investigacion Cientifica .* Lima : UNMSM, 2009.
- Carrasco, S. 2009.** *Metodologia de Investigacion Cientifica .* Lima : San Marcos, 2009.
- CASTRO, Raul. 2007.** *Manejo de materiales y ventilación de minas.* Lima : Ud. UNI, 2007.
- CONDORI C., Rusbel Boy. 2017.** *Estudio del sistema de acarreo de interior de mina para optimizar tiempos, disminuir costos e incrementar la produccion en E.E. NCA servicios mina Morococha.* Arequipa : Universidad Nacional de San Agustin de Arequipa, 2017.
- CONSEMINCO. 2018.** [es.scribd. es.scribd.](https://es.scribd.com/presentation/223953325/Control-de-Operaciones-Mineras) [En línea] Consemenco, 25 de diciembre de 2018. [Citado el: 15 de Julio de 2019.]  
<https://es.scribd.com/presentation/223953325/Control-de-Operaciones-Mineras>.
- EMPSAC, Estudios Mineros del Peru SAC. 2011.** *Manual de Minería.* Lima : Ed. Polo, 2011.
- FALCONI, Campos Vicente. 2004.** *Control De Calidad.* Belo Horizonte : TQC, 2004.
- GARRIDO, Alejandro Andrés. 2007.** *Diagnostico y Optimización de Disparos en Desarrollo horizontal Mina el Teniente.* Santiago de Chile : UC, 2007.
- HERNANDEZ, R. 2014.** *Metodologia de Investigacion.* México : Mc Graw Hill, 2014.
- HUAROCC, Ccanto Pavel Marx. 2014.** *Optimizacion Del Carguio Y Acarreo Del Mineral Mediante El Uso De Indicadores, Clave Desempeño UM. Chuco II De EM Upcar Mining Sac.* Huancayo. : Ed, uncp, 2014.
- INGEMMET. 1983.** *Geología de los Cuadrangulos.* Lima : Ed. INGEMMET, 1983.
- . **1983.** [Repositorio.ingemmet. Repositorio.ingemmet.](https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/ingemmet/155/4/A-036-Boletin_Matucana-24k_Huarochiri-25k%20-%20copia.PDF) [En línea] Ingemmet.gob.pe, 24 de Marzo de 1983. [Citado el: 22 de Agosto de 2019.]  
[https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/ingemmet/155/4/A-036-Boletin\\_Matucana-24k\\_Huarochiri-25k%20-%20copia.PDF](https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/ingemmet/155/4/A-036-Boletin_Matucana-24k_Huarochiri-25k%20-%20copia.PDF).
- LOPEZ, Gimeno Carlos. 2017.** *Manual de Perforacion, Explosivos y Voladuras. Minería y Obras Públicas.* Lima : Ed. UNI, 2017.
- LUZARDO S., Jessica Maria. 2010.** *Sistema de control de Procesos Empresariales por medio de Indicadores de Gestion aplicada al departamento de servicio al cliente en el Proceso de Facturacion y Atencion de Reclamos de la Empresa PLASTICOS S.A. .* Guayaquil : ESPOL, 2010.



- PACAHUALA, Aguirre Mayra Cleyde. 2015.** repositorio.uncp.edu.pe. *repositorio.uncp.edu.pe*. [En línea] UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERU, 15 de Diciembre de 2015. [Citado el: 15 de Marzo de 2019.] <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/2179/Pacahuala%20Aguirre.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- QUIROGA F., Patricio Ignacio. 2016.** *Diseño de herramienta computacional para control de KPI de operadores de carguío y transporte-mina los Bronces*. Santiago de Chile : Universidad de Chile, 2016.
- ROJAS, Aranda Pedro. 2015.** *EVALUACIÓN GEOMECÁNICA PARA EL DISEÑO DE UNA LABOR DE EXPLOTACION, AL SISTEMA DE VETAS DE LA MINA ORION CHALA AREQUIPA*. HUANCAYO - PERU : ED.UNCP, 2015.
- SALAS, Hurtado Luis Alberto. 2013.** *Estudio de KPIs en en los Equipos de Perforacion cargui y acarreo para el incremento de produccion de 3000 a 3600 TN/Dia*. Arequipa : tesis, 2013.
- SÁNCHEZ, Santiago javier. 2009.** *Incremento de Produccion en Mina YAULIYACU DE 3.500 TPD A 5.000 TPD*. Lima : E.d UNI, 2009.



## ANEXOS

ANEXOS I: ESTUDIO DE TIEMPOS DE DUMPER

ANEXOS II: ESTUDIO DE TIEMPOS DE SCOOP - R1300G

ANEXOS III: RUTA DE RECORRIDO DE DUMPER

ANEXOS IV: RUTA DE RECORRIDO DE SCOOP R1600G

ANEXOS V: RUTA DE RECORRIDO DE R1300G

ANEXOS VI: REGISTRO FOTOGRÁFICO

ANEXOS VII: MAPA GEOLÓGICO DEL CUADRÁNGULO DE HUAROCHIRÍ

ANEXOS VIII: FICHA DE OBSERVACIÓN DE ACTIVIDADES EN EQUIPOS LHD



## ANEXO I ESTUDIO DE TIEMPOS DE DUMPER EJEC - 417

### Estudio de tiempos de DUMPER EJC-417

CONSOLIDADO DE TIEMPO DE ACARREO DE DUMPER - EJC- 417 / UOP - YAULIYACU												
Veta	Nivel	Drawpoint	Destino	Datos	Distancia de ida (con Carga)			TOTAL	Tiempo de Retorno ( sin carga)			
					D-1	D-2	D-3		D-4	D-5	D-6	TOTAL
Jimena	1400	Cm- Acumulacion- 18	OP-9	Dist (Mt)	440	300	410	<b>1150</b>	410	300	440	<b>1150</b>
				Pendien (%)	+12	+12	0		0	-12	-12	
				Tiempo (min)	3.3	2.25	<b>1.76</b>	<b>7.31</b>	1.37	1.8	2.64	<b>5.81</b>
				Velocid (Km/h)	8	8	13.98	<b>9.44</b>	17.96	10.00	10.00	<b>11.88</b>
	1450	Frente -975	OP-10	Dist (Mt)	200	150	350	<b>700</b>	350	150	200	<b>700</b>
				Pendien (%)	0	+10	0		0	-10	0	
				Tiempo (min)	0.85	1.12	1.25	<b>3.22</b>	1.10	0.90	0.69	<b>2.69</b>
				Velocid (Km/h)	14.12	8.04	16.80	<b>13.04</b>	19.09	10.00	17.52	<b>15.64</b>
	1300	Camara de acumulacion- 22	OP-12	Dist (Mt)	512	350	400	<b>1262</b>	400	350	512	<b>1262</b>
				Pendien (%)	0	+12	0		0	-12	0	
				Tiempo (min)	3.60	2.32	1.65	<b>7.57</b>	1.30	2.00	2.90	<b>6.20</b>
				Velocid (Km/h)	8.53	9.05	14.55	<b>10.00</b>	18.46	10.50	10.59	<b>12.21</b>
Rosaura	1350	Camara de acumulacion- 27	OP-12	Dist (Mt)	480	320	700	<b>1500</b>	700	320	480	<b>1500</b>
				Pendien (%)	0	+12	0		0	-12	0	
				Tiempo (min)	3.38	2.12	2.89	<b>8.38</b>	2.28	1.83	2.72	<b>6.82</b>
				Velocid (Km/h)	8.52	9.06	14.53	<b>10.74</b>	18.42	10.49	10.59	<b>13.20</b>
	1450	Tj-943 taladros Largos	OP-10	Dist (Mt)	370	460	500	<b>1330</b>	500	460	370	<b>1330</b>
				Pendien (%)	0	+12	0		0	-12	0	
				Tiempo (min)	2.60	3.05	2.06	<b>7.71</b>	1.63	2.63	2.10	<b>6.05</b>
				Velocid (Km/h)	8.54	9.05	14.56	<b>11.07</b>	18.40	10.49	10.57	<b>13.19</b>
	1350	Tj-270	OP-12	Dist (Mt)	560	410	620	<b>1590</b>	620	410	560	<b>1590</b>
				Pendien (%)	0	+12	0		0	-12	0	
				Tiempo (min)	3.94	2.72	2.56	<b>9.21</b>	2.1	2.83	3.85	<b>8.78</b>
				Velocid (Km/h)	8.53	9.04	14.53	<b>10.36</b>	17.71	8.69	8.73	<b>10.87</b>
1270	Tj-285	OP-9	Dist (Mt)	650	400	720	<b>1770</b>	720	400	650	<b>1770</b>	
			Pendien (%)	0	+12	0		0	-12	0		
			Tiempo (min)	4.50	2.53	3.00	<b>10.03</b>	2.85	2.63	2.8	<b>8.28</b>	
			Velocid (Km/h)	8.67	9.49	14.40	<b>10.59</b>	15.16	9.13	13.93	<b>12.83</b>	

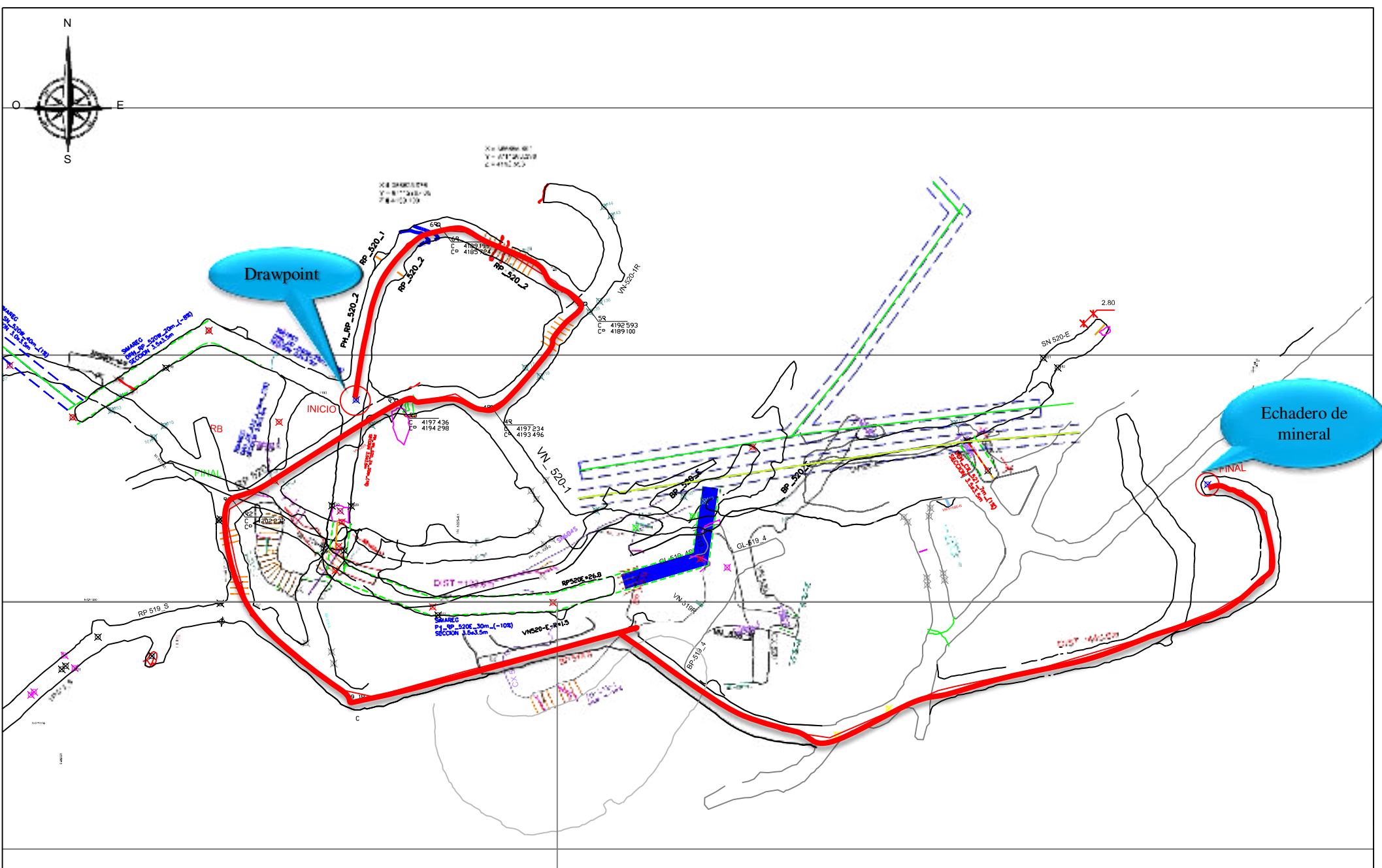


## ANEXOS II ESTUDIO DE TIEMPOS SCOOP CAT- R1300G

## Estudio de tiempos de SCOOP CAT-R1300G.

Tiempo de Ida (con carga)			Tiempo de Retorno (sin carga)	
Distancia (m)	Tiempo en (Minutos)	Velocidad en (km/h)	Tiempo en (Minutos)	Velocidad en (km/h)
58.00	1.12	3.11	0.74	4.70
58.00	1.18	2.95	0.75	4.64
58.00	1.15	3.03	0.78	4.46
60.00	1.20	3.00	0.90	4.00
60.00	1.25	2.88	0.93	3.87
60.00	1.18	3.05	0.95	3.79
80.00	1.50	3.20	1.00	4.80
80.00	1.35	3.56	1.03	4.66
80.00	1.40	3.43	0.95	5.05
100.00	1.70	3.53	1.20	5.00
100.00	1.65	3.64	1.15	5.22
100.00	1.75	3.43	1.30	4.62
120.00	2.10	3.43	1.40	5.14
120.00	2.00	3.60	1.50	4.80
120.00	2.07	3.48	1.45	4.97
140.00	2.30	3.65	1.80	4.67
140.00	2.50	3.36	1.70	4.94
140.00	2.40	3.50	1.50	5.60
160.00	2.70	3.56	2.14	4.49
160.00	2.72	3.53	2.10	4.57
160.00	2.90	3.31	2.00	4.80
180.00	3.00	3.60	2.10	5.14
180.00	3.10	3.48	2.30	4.70
200.00	3.15	3.81	2.50	4.80
200.00	3.40	3.53	2.55	4.71
200.00	3.50	3.43	2.30	5.22
240.00	3.45	4.17	3.00	4.80
240.00	4.30	3.35	3.10	4.65
240.00	4.20	3.43	2.90	4.97
280.00	4.50	3.73	2.20	7.64
280.00	4.60	3.65	3.30	5.09
280.00	4.70	3.57	3.40	4.94
300.00	4.95	3.64	3.60	5.00
300.00	4.90	3.67	3.50	5.14
360.00	5.30	4.08	3.50	6.17
360.00	5.60	3.86	3.60	6.00
360.00	5.60	3.86	3.85	5.61
<b>PROMEDIO</b>		<b>3.49</b>	<b>4.96</b>	



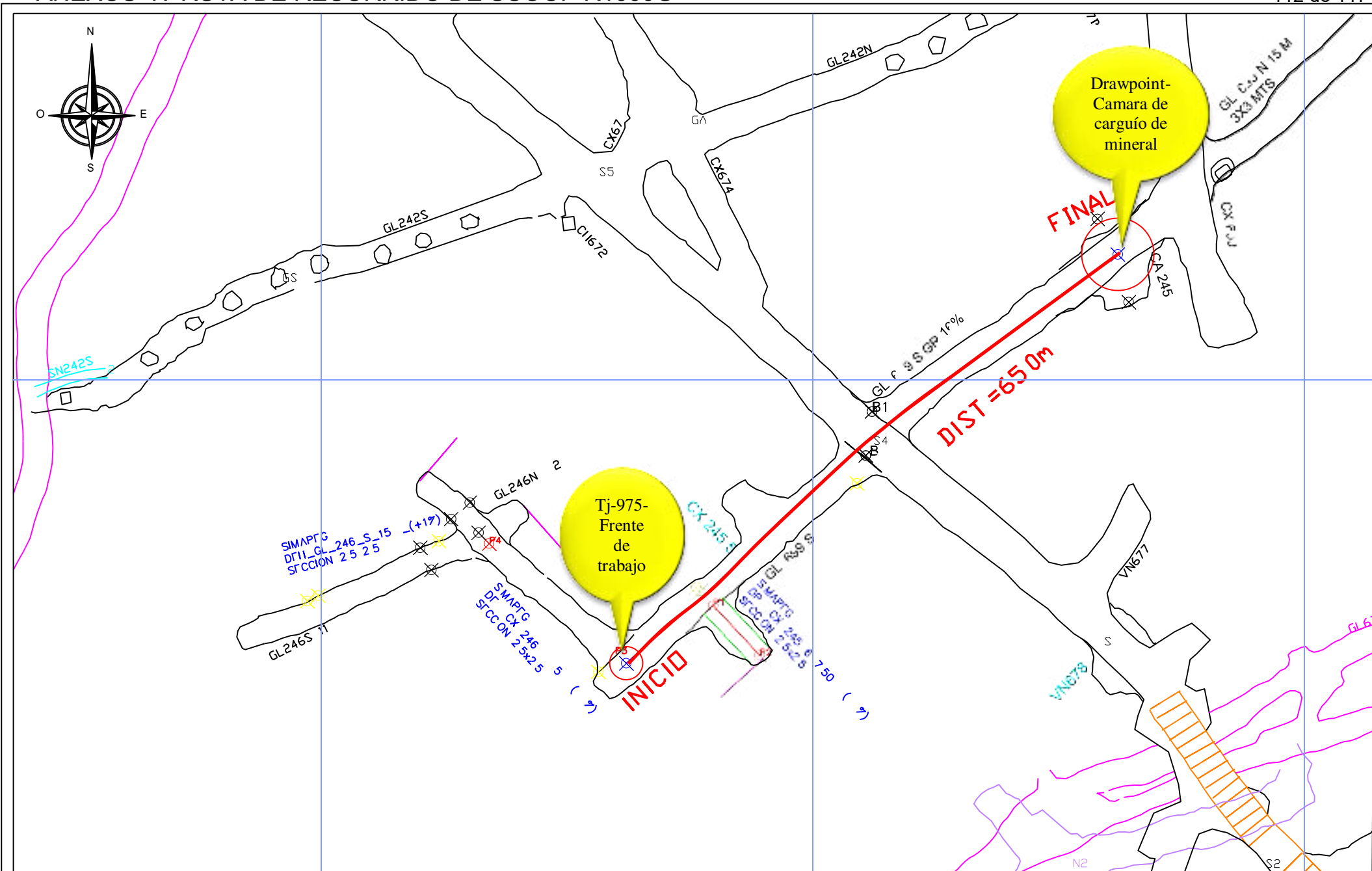


EMPRESA MINERA LA UNION  
Escala: 11000

Supervisor: Juan Ccente Lulo  
7RSyJUDIR \$ 200HUR &RVPH  
Cadista: A. Ollero Cosme

Plano: RUTAS DE ACARREO  
SECCION IV NIVEL 1900





EMPRESA MINERA  
LOSQUENUALES  
UNIDAD  
YACU

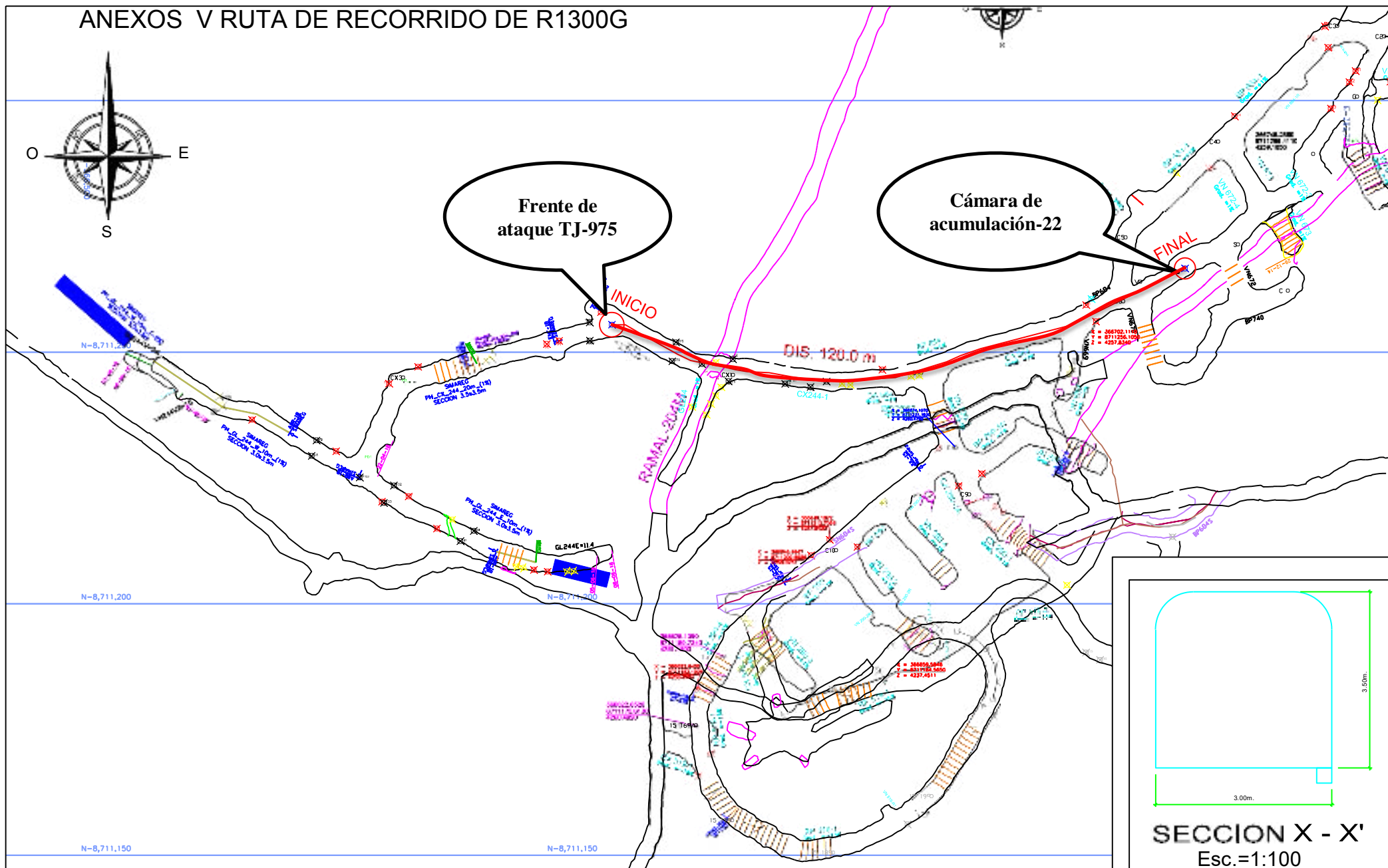
Escala: 1500  
Fecha: 17Jun18

Supervisor: JuanCenteLulo  
7RSyJUDIR \$ 200HUR &RVPH  
Cadista: A. OlleroCosme  
Ub.: SECCIONIV-D:\Planos\Composito\

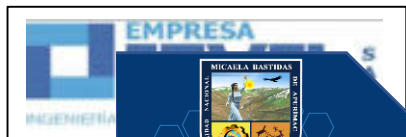
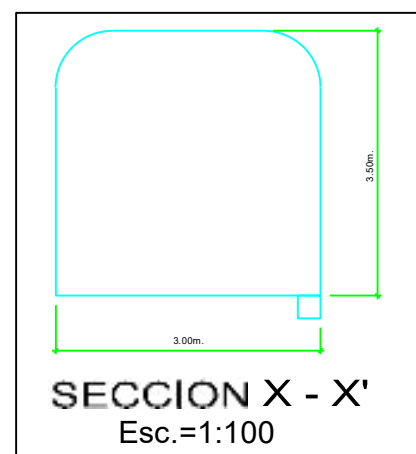
Plano:  
RUTA DE RECORRIDO  
SCOOP-R1600G  
SECCIONIV-NIVEL1700



# ANEXOS V RUTA DE RECORRIDO DE R1300G



Plano:



EMPRESA MINERA  
**LOSQUENUALES**  
 UNIDAD  
**YAULIYACU**

Escala: 11000  
 Fecha: 17 Jun 18

Ub.: SECCION IV-D:\Planos\Composito\

RUTA DE ACARREO DE MINERAL  
 SCOOP-R1300G  
**SECCION IV-NIVEL 1500**



## ANEXO VI: REGISTRO FOTOGRÁFICO.

Foto 1: Accesos auxiliares interior mina.



Foto 2: Acarreo de mineral.



Foto 3: Rampa principal de acarreo.



Foto 4: TPMs de control de equipos.

FORMULARIO  
CONTROL DE EQUIPO  
SCOOPTRAM

Nº 010078

UNIDAD: Flores Velarde

OPERARIO: [Handwritten Name]

FECHA	HORA	OPERARIO	ESTADO	REMARKS
13	7:10	[Handwritten]	[Handwritten]	[Handwritten]
13	7:20	[Handwritten]	[Handwritten]	[Handwritten]
13	7:30	[Handwritten]	[Handwritten]	[Handwritten]
13	7:40	[Handwritten]	[Handwritten]	[Handwritten]
13	7:50	[Handwritten]	[Handwritten]	[Handwritten]
13	8:00	[Handwritten]	[Handwritten]	[Handwritten]
13	8:10	[Handwritten]	[Handwritten]	[Handwritten]
13	8:20	[Handwritten]	[Handwritten]	[Handwritten]
13	8:30	[Handwritten]	[Handwritten]	[Handwritten]
13	8:40	[Handwritten]	[Handwritten]	[Handwritten]
13	8:50	[Handwritten]	[Handwritten]	[Handwritten]
13	9:00	[Handwritten]	[Handwritten]	[Handwritten]
13	9:10	[Handwritten]	[Handwritten]	[Handwritten]
13	9:20	[Handwritten]	[Handwritten]	[Handwritten]
13	9:30	[Handwritten]	[Handwritten]	[Handwritten]
13	9:40	[Handwritten]	[Handwritten]	[Handwritten]
13	9:50	[Handwritten]	[Handwritten]	[Handwritten]
13	10:00	[Handwritten]	[Handwritten]	[Handwritten]

RECEIVED BY: [Handwritten Signature]




CONTROL DE EQUIPO

CONTROL DE PRESIÓN DE LLANTAS





### ENEXOS VIII: FICHA DE OBSERVACION DE ACTIVIDADES EN EQUIPOS LHD

FICHA DE OBSERVACION DE ACTIVIDADES ESTABLESIDAS SEGUN ORDEN DE TRABAJO			
ABRIL - DICIEMBRE 2017			
N°	Problemas de baja Utilizacion (UT) en los Equipos de Estudio	Categoria causal Primaria a Evaluar	Lluvia de Ideas para soluciones posibles
			Lluvia de ideas / causas basicas
1	 <p><b>SCOOP-R1600G</b></p>	Falta de frente o labor Refrigerio/Almuerzo Espera por falta de Dumper Tránsito de otro equipo (Tráfico) Cambio de guardia	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Programa de labores → Plan de Trabajo ▶ Actualizar</li> <li>● Planeamiento</li> <li>● Cronograma de labores → Control ▶ Diario</li> <li>● Lejanía al comedor → Comida fria</li> <li>● Falta de coordinación → Administración</li> <li>● Insuficiente dumpers → Programa ▶ Cumplimiento</li> <li>● Falta de Planer</li> <li>● Maquinaria → vigía ▶ Permanencia</li> <li>● Prioridades → Equipo con carga</li> <li>● Coordinación → Capacitaciones</li> <li>● Ventilación</li> </ul>
2	 <p><b>SCOOP-R1300G</b></p>	Espera por falta de Dumper Abastecimiento de combustible Llenado de checlist y Reporte Tráfico de Equipos Colocado de mangas de ventilación	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Escazo de Dumper → Equipo Averiado ▶ Mantenimiento</li> <li>● Pericia del Operador → Capacitaciones</li> <li>● Consumo de equipos → Distancia ▶ Flujo inadecuado</li> <li>● Distancia al Grifo → Coodinación</li> <li>● Capacitación</li> <li>● Inspección → Inopinada</li> <li>● Prioridades → Vía Alterna ▶ Equipo con carga</li> <li>● Solo Equipo pesado → vigias</li> <li>● Ventilación ▶ Seguridad</li> <li>● Exceso de humo → Visibilidad</li> </ul>
3	 <p><b>DUMPER EJC-417</b></p>	Cambio de guardia Sobrecarga al 110% Espera al inicio de turno Cola de equipos en carguio	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Ventilación</li> <li>● Reparto de guardia → Caminata ▶ Cansancio</li> <li>● Caída de material en vía</li> <li>● Sobreesfuerzo → Daño mecánico ▶ Paralizaciones</li> <li>● Coordinación</li> <li>● Voladura → Gases tóxicos</li> <li>● Factor de Acoplamiento → Diseño de flota ▶ Organización</li> <li>● Capacitaciones → Pericia del operador</li> </ul>

