

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Análisis de las variables de rendimiento operacional en  
equipos de carguío para la reducción de costos de  
transporte de mineral en la Unidad Minera  
Condestable - 2020**

Joel Jorge Pirca Palomino

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2020

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## **ASESOR**

Ing. Javier Córdova Blancas

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco principalmente a mis padres por el apoyo incondicional que recibí de su parte y a la paciencia que tuvieron, el camino no fue fácil, pero nunca perdieron la confianza, tampoco me negaron el apoyo, gracias a ellos esto se hizo realidad y agradecer a mis tíos por el cobijo y la hospitalidad dada durante el tiempo que demoré en terminar la carrera, la paciencia y pasividad que me dieron es recompensado con este logro de mi vida. También agradecer a mis amigos que estuvieron constantemente apoyándome.

Asimismo, agradecer a mi asesor Javier Córdova Blancas por su apoyo y colaboración brindada en la elaboración de este proyecto.

Muchas gracias a todos por el apoyo incondicional.

## **DEDICATORIA**

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; por ello, con toda la humildad que mi corazón pueda emanar, dedico primeramente mi trabajo a Dios.

De igual forma, dedico esta tesis a mi madre que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.

A mi padre quien con sus consejos y su apoyo incondicional en todo momento ha sabido guiarme para culminar mi carrera profesional

A mis hermanos que siempre han estado junto a mí, brindándome su apoyo, por compartir conmigo buenos y malos momentos.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	I
ASESOR	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO	V
LISTA DE TABLAS	VIII
LISTA DE FIGURAS	XI
RESUMEN	XII
ABSTRACT	XIV
INTRODUCCIÓN	XVI
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	18
1.1. Planteamiento y formulación del problema	18
1.1.1. Planteamiento del problema	18
1.1.2. Formulación del problema	19
1.2. Objetivos	19
1.2.1. Objetivo general	19
1.2.2. Objetivos específicos	20
1.3. Justificación e importancia	20
1.3.1. Justificación social - práctica	20
1.3.2. Justificación metodológica	20
1.3.3. Justificación ecológica	20
1.4. Hipótesis de la investigación	21
1.4.1. Hipótesis general	21
1.4.2. Hipótesis específicas	21
1.5. Identificación de las variables	21
1.5.1. Variable independiente	21
1.5.2. Variables dependientes	21
1.5.3. Matriz de operacionalización de variables	21
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	23
2.1. Antecedentes del problema	23
2.1.1. Antecedentes nacionales	23

2.1.2. Antecedentes internacionales -----	24
2.2. Generalidades de la compañía minera Condestable s. a. -----	24
2.2.1. Historia -----	24
2.2.2. Ubicación accesibilidad y generalidades -----	25
2.3. Geología general -----	26
2.3.1. Geología regional -----	26
2.3.2. Geología estructural -----	27
2.3.3. Geología local -----	27
2.3.4. Estratigrafía del área Condestable -----	28
2.3.5. Tipo de depósito -----	30
2.4. Geomecánica -----	30
2.4.1. Consideraciones geomecánicas -----	31
2.4.2. Clasificación del macizo rocoso -----	31
2.4.3. Zonificación geomecánica -----	31
2.4.4. Aspectos estructurales -----	31
2.5. Método de explotación -----	32
2.5.1. Room and pillar o cámaras y pilares: -----	32
2.5.2. Shrinkage: -----	33
2.5.3. Sublevel stoping con taladros largos: -----	33
2.6. Bases teóricas del estudio -----	34
2.6.1. Producción actual e histórica de unidad minera condestable -----	35
2.6.2. Características técnicas de los equipos de carguío -----	37
2.6.3. Rendimiento equipos de carguío actual e histórica de unidad minera condestable -----	39
2.6.4. Mantenimiento preventivo y correctivo equipos de carguío actual e histórica de unidad minera condestable -----	41
2.6.5. Consumo de combustible y horas efectivas en equipos de carguío actual e histórica de unidad minera condestable -----	45
2.6.6. Características técnicas de los equipos de transporte de mineral y desmorte. -----	47
2.6.7. Rendimiento de transporte periodo 2019 y 2020 de los equipos de transporte de mineral y desmorte. -----	50

2.6.8.Promedio de distancia recorrida por empresa periodo 2018, 2019 y 2020 de los equipos de transporte de mineral y desmonte. -----	52
2.6.9.Costos de transporte por empresa periodo 2018, 2019 y 2020 de los equipos de transporte de mineral y desmonte. -----	54
<b>CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b> -----	<b>56</b>
3.1.Método y alcances de la investigación-----	56
3.1.1. Método de la investigación -----	56
3.1.2. Alcances de la investigación -----	57
3.2.Diseño de la investigación -----	58
3.2.1. Tipo de diseño de investigación-----	58
3.3.Población y muestra -----	58
3.3.1. Población-----	58
3.3.2. Muestra -----	58
3.4.Técnicas e instrumentos de recolección de datos -----	58
3.4.1. Técnicas utilizadas en la recolección de datos -----	58
3.4.2. Instrumentos utilizados en la recolección de datos -----	59
<b>CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> -----	<b>60</b>
4.1.Resultados del tratamiento y análisis de la información -----	60
4.1.1. Análisis del plan de producción -----	60
4.1.2. Análisis del rendimiento de equipos de carguío -----	61
4.1.3. Análisis del mantenimiento preventivo y correctivo -----	67
4.1.4. Análisis del consumo de combustible y horas efectivas-----	70
4.1.5. Análisis de transporte de material -----	72
4.1.6. Análisis de costos -----	74
4.1.7. Comprobación de la hipótesis -----	76
<b>CONCLUSIONES</b> -----	<b>79</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> -----	<b>82</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> -----	<b>83</b>
<b>ANEXOS</b> -----	<b>84</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables .....	21
Tabla 2. Accesibilidad .....	25
Tabla 3. Sistema de fallas locales .....	27
Tabla 4. Calidad del macizo rocoso .....	31
Tabla 5. Zonificación geomecánica del macizo rocoso .....	31
Tabla 6. Histórico de la producción de los periodos 2017, 2018, 2019 y primer semestre del 2020 de unidad minera Condestable. ....	36
Tabla 7. Histórico de tratamiento de mineral de los periodos 2017, 2018, 2019 y primer semestre del 2020 de unidad minera Condestable.....	36
Tabla 8. Histórico de producción de cu fino de los periodos 2017, 2018, 2019 y primer semestre del 2020 de unidad minera Condestable.....	37
Tabla 9. Características técnicas de los equipos de carguío en la unidad minera Condestable .....	38
Tabla 10. Histórico de las variables de utilización, disponibilidad y rendimiento operativo de los periodos 2016, 2017, 2018, 2019 y primer semestre del 2020 de unidad minera Condestable .....	40
Tabla 11. Indicadores operacionales de equipos de carguío, scoop de 4 yd <sup>3</sup> y 6 yd <sup>3</sup> de los periodos 2018, 2019 y primer semestre del 2020 de unidad minera Condestable.....	41
Tabla 12. Mantenimiento preventivo y correctivo de los scoops de 4 yd <sup>3</sup> y 6 yd <sup>3</sup> en los periodos 2018, 2019 y primer semestre del 2020 de unidad minera Condestable.....	43
Tabla 13. Mantenimiento preventivo y correctivo de los scoops de 4 yd <sup>3</sup> en los periodos 2018, 2019 y primer semestre del 2020 de unidad minera Condestable.....	44
Tabla 14. Mantenimiento preventivo y correctivo de los scoops de 6 yd <sup>3</sup> en los periodos 2018, 2019 y primer semestre del 2020 de unidad minera Condestable.....	44

Tabla 15. Consumo de combustible de los scoops de 4 yd <sup>3</sup> y 6 yd <sup>3</sup> en los periodos 2018, 2019 y primer semestre del 2020 de unidad minera Condestable.....	46
Tabla 16. Horas efectivas de equipos de carguío, scoops de 4 yd <sup>3</sup> y 6 yd <sup>3</sup> del primer semestre del 2020 de unidad minera Condestable .....	47
Tabla 17. Rendimiento mensual de transporte periodo 2019 y 2020 de unidad minera Condestable.....	50
Tabla 18. Rendimiento mensual de transporte de mineral y desmonte durante los periodos 2019 y 2020 de la unidad minera Condestable ..	51
Tabla 19. Promedio de distancia recorrida por empresa durante los periodos 2019 y 2020 de la unidad minera Condestable.....	53
Tabla 20. Relación de costos de transporte versus distancia recorrida promedio durante los periodos 2018, 2019 y 2020 de la unidad minera Condestable.....	55
Tabla 21. Histórico de tratamiento de mineral de los periodos 2017, 2018, 2019 y primer semestre del 2020 de unidad minera Condestable .....	61
Tabla 22. Indicadores operacionales de equipos de carguío, periodo primer semestre del 2020 de unidad minera Condestable .....	62
Tabla 23. Variables operacionales, utilización, disponibilidad y rendimiento operativo de equipos de carguío, scoop de 4 yd <sup>3</sup> y 6 yd <sup>3</sup> de unidad minera Condestable.....	63
Tabla 24. Indicadores operacionales de scoops de 4 y 6 yd <sup>3</sup> , periodo primer semestre del 2020 de unidad minera Condestable .....	64
Tabla 25. Indicadores operacionales en áreas de explotación convencional y sublevel stoping durante el periodo primer semestre del 2020 de unidad minera Condestable.....	65
Tabla 26. Rendimiento operacional (t/h) de scoops de 6 yd <sup>3</sup> entre lo programado y ejecutado durante el periodo primer semestre del 2020 de unidad minera Condestable.....	65
Tabla 27. Mantenimiento preventivo y correctivo de scoops de 4 yd <sup>3</sup> , periodo primer semestre del 2020 de unidad minera Condestable .....	68

Tabla 28. Mantenimiento preventivo y correctivo de scoops de 6 yd <sup>3</sup> , periodo primer semestre del 2020 de unidad minera Condestable .....	68
Tabla 29. Mantenimiento preventivo y correctivo de scoops de 4 y 6 yd <sup>3</sup> , periodo primer semestre del 2020 de unidad minera Condestable .....	69
Tabla 30. Consumo de combustible en equipos de carguío (scoops de 4 y 6 yd <sup>3</sup> ), periodo primer semestre del 2020 de unidad minera Condestable.....	70
Tabla 31. Horas efectivas de equipos de carguío (scoops de 4 y 6 yd <sup>3</sup> ), periodo primer semestre del 2020 de unidad minera Condestable .....	71
Tabla 32. Consumo de combustible en equipos de carguío (scoops de 4 y 6 yd <sup>3</sup> ), periodo primer semestre del 2020 de unidad minera Condestable.....	71
Tabla 33. Rendimiento mensual de transporte periodo 2019 y 2020 de unidad minera Condestable.....	73
Tabla 34. Rendimiento mensual de transporte periodo 2019 y 2020 de unidad minera Condestable .....	73
Tabla 35. Relación de costo de transporte versus distancia promedio periodo 2019 y 2020 de unidad minera Condestable .....	75
Tabla 36. Relación de costo de transporte por empresa periodo 2019 y 2020 de unidad minera Condestable.....	75
Tabla 37. Reducción de costos de transporte e indicadores operacionales, periodo 2020 de la unidad minera Condestable .....	77
Tabla 38. Matriz de operacionalización de variables.....	85

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la mina Condestable.....	26
Figura 2. Vista en Google Maps de la mina Condestable .....	26
Figura 3. Vista panorámico de los contactos litológicos, límite norte Condestable .....	28
Figura 4. Secuencia volcanoclástica: existen la intercalación de lavas y tufos, lentes de grauwaca y arcosa del área de condestable es correlacionado de actinolita y el tope de intermedio en Raúl.....	29
Figura 5. La zona NW, Es la secuencia clástica por arenisca, limonita, lutitas remanentes de lava andesíticas .....	29
Figura 6. Columna estratigráfica del área Condestable .....	30
Figura 7. Vista del block mineralizado explotado por “Cámaras y pilares” .....	32
Figura 8. Vista del block mineralizado explotado por “Shrinkage” .....	33
Figura 9. Vista del block mineralizado explotado por tajeo por subniveles .....	34
Figura 10. Dimensiones del scoops .....	38
Figura N° 11: Modelo Sania 8x4 (40 toneladas).....	47
Figura 11. Modelo Scania 8x4 (40 toneladas).....	48
Figura 12. Modelo Volvo 8x4 (22 toneladas).....	48
Figura 13. Modelo Volvo 10x6 (30 toneladas).....	49
Figura 14. Mapeo geomecánico de labores de profundización, Tj 6004 de la unidad minera Condestable.....	86
Figura 15. Mapeo geomecánico de labores de profundización, Tj 6132 de la unidad minera Condestable.....	87
Figura 16. Índices de explotación en tajos convencionales y mecanizados de la unidad minera Condestable.....	88
Figura 17. Factor de potencia en tajos convencionales y mecanizados de la unidad minera Condestable.....	89
Figura 18. Movimiento de material de la unidad minera Condestable.....	90

## RESUMEN

La tesis tiene por objetivo analizar las variables operacionales de los equipos de carguío y transporte de mineral para la mejora de la productividad y reducción de costos en la unidad minera Condestable.

Durante el desarrollo de la presente tesis se utilizó el método analítico, siendo de carácter descriptivo y explicativo. La tesis es de carácter pre experimental, donde se observa los resultados en las diferentes áreas unitarias de carguío y transporte de material y su posterior evaluación de los resultados de las variables operacionales como utilización, disponibilidad mecánica y rendimiento operacional durante el periodo enero a julio del 2020. La forma de recolección de datos es la revisión documentaria y datos personales de la unidad minera Condestable.

Finalmente, se concluye con el análisis de las variables de disponibilidad mecánica, utilización y rendimiento operacional de los equipos de carguío (*scoops* de 4 y 6 yd<sup>3</sup>) y su relación con los equipos de transporte de minera. Este análisis relaciona los indicadores operacionales con la distancia a transportar, mantenimiento preventivo y correctivo, el consumo de combustible y sus costos asociados al plan de producción en la unidad minera Condestable.

El presente estudio realiza un análisis durante el periodo enero a julio del 2020, considerando las restricciones durante la etapa de pandemia generada a nivel mundial. Durante el periodo enero a julio del 2020 se produjeron 1'295,254 toneladas con leyes promedio de cabeza de Cu@0.82 % y recuperaciones metalúrgicas de 89.48 %. La disponibilidad mecánica, utilización y rendimiento operativo promedio en *scoops* de 4 yd<sup>3</sup> durante el periodo enero a julio del 2020 fueron de 87 %, 37 % y 62 t/h. La disponibilidad mecánica, utilización y rendimiento operativo promedio en *scoops* de 6 yd<sup>3</sup> durante el periodo enero a julio del 2020 fueron de 83 %, 59 % y 115 t/h.

El rendimiento promedio de los scoops de 6 yd<sup>3</sup> programado de 112 t/h mejoraron con el rendimiento ejecutado en 123 t/h, durante el último periodo de junio a julio del 2020.

Finalmente, la reducción de costos de transporte está asociado al tonelaje transportado durante el periodo junio y julio del 2020 que es de 172,727 toneladas y 185,115 toneladas respectivamente. Este menor costo unitario para el mes de junio es de 2.62 \$/t y de 1.97 \$/t para el mes de julio, con un valor reducido de 0.65 \$/t.

Palabras clave: Plan de producción, utilización, disponibilidad mecánica, rendimiento operativo, costos de operación, número de pases, optimización, costos de transporte.

## **ABSTRACT**

The objective of the thesis is to analyze the operational variables of the mineral loading and transport equipment to improve productivity and reduce costs at the Condestable Mining Unit.

During the development of this thesis, the analytical method was used, being descriptive and explanatory. The thesis is of a pre-experimental nature, where the results are observed in the different unit areas of loading and transport of material and its subsequent evaluation of the results of the operational variables such as utilization, mechanical availability and operational performance during the period January to July of 2020. The form of data collection is the documentary review and personal data of the Condestable Mining Unit.

Finally, we conclude with the analysis of the variables of mechanical availability, use and operational performance of the loading equipment (scoops of 4 and 6 yd<sup>3</sup>) and their relationship with the mining transport equipment. This analysis relates the operational indicators with the distance to be transported, preventive and corrective maintenance, fuel consumption and its associated costs to the production plan at the Condestable Mining Unit.

This study performs an analysis during the period January to July 2020, considering the restrictions during the pandemic stage generated worldwide. During the period from January to July 2020, 1,295,254 tons were produced with average head grades of Cu@0.820 % and metallurgical recoveries of 89.48 %. Average mechanical availability, utilization and operating performance in scoops of 4 yd<sup>3</sup> during the period January to July 2020 were 87 %, 37 % and 62 t/h. Average mechanical availability, utilization and operational performance in scoops of 6 yd<sup>3</sup> during the period January to July 2020 were 83 %, 59 % and 115 t/h.

The average performance of the scoops of 6 yd<sup>3</sup> programmed of 112 t/h improved with the performance executed in 123 t/h, during the last period of June to July of 2020.

Finally, the reduction in transportation costs is associated with the tonnage transported during the period June and July 2020, which is 172,727 tons and 185,115 tons respectively. This lower unit cost for the month of June is 2.62 \$/t and 1.97 \$/t for the month of July, with a reduced value of 0.65 \$/t.

Keywords: Production plan, utilization, mechanical availability, operational performance, operating costs, number of passes, optimization, transportation costs.

## INTRODUCCIÓN

La unidad minera Condestable está asociada a un yacimiento tipo IOCG (Iron Oxide Copper and Gold). Las diferentes estructuras mineralizadas están emplazadas en ambientes volcánico sedimentarias (asociada a la cordillera de la costa), los cuales han sido disturbadas por diferentes fases ígneas del batolito de la costa. Las estructuras mineralizadas tienen leyes de Cu menores a 1 %, con contenidos marginales de Au, Mo y Ag, los cuales mejoran el valor económico del yacimiento.

Las producciones a largo plazo, de la unidad minera a partir del año 2021 será de 9,500 toneladas diarias, este incremento de producción optimizará los costos operacionales y mejorará el valor de mineral. Actualmente con la explotación de los niveles más profundas genera mayores costos en las diferentes áreas unitarias operacionales, estos niveles profundos de explotación, obliga a la empresa a mejorar el rendimiento de los equipos de carguío y transporte de material, por lo que la presente tesis analizará e interpretará las diferentes variables operacionales, en los periodos de enero a julio del 2020.

La presente tesis presenta los siguientes capítulos: Capítulo I se desarrolla el marco de forma como el planteamiento del problema, objetivos e hipótesis general y los específicos, asimismo la justificación correspondiente e identificación de las variables independientes y dependientes

El Capítulo II describe el marco teórico, señalando los antecedentes del problema, las generalidades de la unidad minera, las bases teóricas para el análisis de las variables de disponibilidad mecánica, utilización y rendimiento operacional de los equipos de carguío y transporte de mineral y desmonte.

El Capítulo III describe la base de investigación, se describe la metodología y alcance de la investigación, también explica el diseño, nivel de investigación a desarrollar, considerando la población y muestra para su análisis, así mismo explica la recolección y tratamiento de información.

Capítulo IV, describe el procesamiento, análisis e interpretación de resultados, de las variables operacionales y económicas de equipos de carguío y transporte de mineral en la unidad minera Condestable, con la finalidad de mejorar la productividad y reducción de costos de transporte.

El autor

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

#### **2.1. Planteamiento y formulación del problema**

##### **2.1.1. Planteamiento del problema**

La industria minera es uno de los pilares de la economía de un país, generando altos ingresos producto de los tributos generados por la venta de concentrados realizados. Este aporte tributario es variable de acuerdo a los niveles y ritmos de producción de cada operación minera, debido al incremento de costos operacionales. Por tal motivo, las diferentes empresas están generando diversos programas de optimización y reducción de costos en sus diferentes áreas unitarias, con la finalidad de rentabilizarlas mejor.

Dentro de la estructura de costos operacionales, el transporte de material es uno de los que incide directamente en la rentabilidad de las empresas, por lo que analizar y controlar las variables de productividad de los equipos mineros es de vital importancia.

Los costos de transporte y acarreo en la industria minera están en el orden de 40 % a 50 %. Estos se incrementan si no existe un grado de compatibilidad óptima con los equipos de carguío. A medida que los proyectos van profundizando, los costos de acarreo y transporte se incrementan por su mayor distancia de puntos de carguío, por lo que se hace imperativo la sincronización efectiva entre los equipos de carguío y acarreo. Una buena selección de equipos de carguío y acarreo, un

programa adecuado del mantenimiento preventivo y un análisis adecuado y constante de las variables operacionales del rendimiento de los equipos de carguío y acarreo que generan la optimización y reducción de costos.

El constante incremento de costos de carguío y transporte de material se debe principalmente a la explotación de niveles profundos de una operación minera. Donde se incrementa las distancias desde las cámaras de carguío hacia los puntos de descarga hacia la desmontera, zona de acopio o chancadora. Asimismo, los números de viajes de transporte se incrementa producto de la mayor distancia de las cámaras de carguío. De acuerdo a estas variables que inciden el incremento de costos de transporte es de vital importancia controlar las variables de disponibilidad y utilización en el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo.

Por tal motivo es de vital importancia analizar, controlar y evaluar constantemente el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo. En tal sentido, se plantea realizar el presente trabajo de investigación en la unidad minera Condestable.

### **2.1.2. Formulación del problema**

#### **Problema general**

¿Cuál es el resultado al analizar las variables operacionales en los equipos de carguío para la reducción de costos de transporte de mineral en la unidad minera Condestable?

#### **Problemas específicos**

- a) ¿Cómo aplicar los criterios de disponibilidad mecánica en los equipos de carguío y transporte de mineral en la unidad minera Condestable?
- b) ¿Cómo mejorar la productividad en equipos de carguío y transporte de mineral en la unidad minera Condestable?

### **2.2. Objetivos**

#### **2.2.1. Objetivo general**

Al analizar las variables operacionales en los equipos de carguío genera programas de reducción de costos de transporte de mineral en la unidad minera Condestable.

### **2.2.2. Objetivos específicos**

- a) Evaluar los criterios de disponibilidad mecánica en los equipos de carguío y transporte de mineral en la unidad minera Condestable.
  
- b) Evaluar la productividad en equipos de carguío y transporte de mineral en la unidad minera Condestable.

## **2.3. Justificación e importancia**

### **2.3.1. Justificación social - práctica**

El desarrollo de la presente tesis consolida los conceptos prácticos en la generación de reducción de costos, permitiendo a la empresa generar programas de gestión social en las comunidades aledañas al proyecto minero.

El desarrollo de programas sociales en las comunidades permite que la empresa tenga un grado de convivencia óptimo con los pobladores. Estos programas sociales están relacionados a generar proyectos productivos que influyen directamente al crecimiento económico de los pobladores.

### **2.3.2. Justificación metodológica**

El desarrollo de la presente tesis establecerá un desarrollo metodológico para establecer la mejora de la productividad de los equipos de carguío y transporte, reducción de costos de transporte mediante el incremento de la producción de mineral.

### **2.3.3. Justificación ecológica**

La generación de programas de optimización y reducción de costos en equipos de carguío y acarreo de mineral permitirá analizar e interpretar las variables operacionales que influyen en mejorar la productividad. Esta mejora relacionará un

mejor desempeño de las unidades de carguío y acarreo controlando las variables operacionales con el medio ambiente.

## **2.4. Hipótesis de la investigación**

### **2.4.1. Hipótesis general**

Al analizar las variables operacionales en los equipos de carguío, disminuye significativamente la reducción de costos de transporte de mineral en la unidad minera Condestable.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

- a) Al evaluar los criterios de disponibilidad mecánica en los equipos de carguío, aumenta la productividad en el transporte de mineral en la unidad minera Condestable.
  
- b) Al evaluar la productividad en equipos de carguío, mejora el tonelaje de transporte de mineral en la unidad minera Condestable.

## **2.5. Identificación de las variables**

### **2.5.1. Variable independiente**

Variables operacionales en los equipos de carguío

### **2.5.2. Variables dependientes**

Reducción de costos de transporte de mineral

### **2.5.3. Matriz de operacionalización de variables**

**Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables**

Variables	Definición Conceptual	Definición operacional		
		Dimensiones	Subdimensiones	Indicadores
VI: Variables operacionales en los equipos de carguío.	Las variables operacionales en equipos de carguío están referidos a mejorar la productividad en dichos equipos, incrementando el tonelaje de mineral.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Factores geológicos</li> <li>Factores geomecánicos</li> <li>Factores Operacionales</li> </ul>	Parámetro geológico  Parámetro geomecánico  Productividad	Ley de cabeza, recuperación metalúrgica, etc.  Características del macizo rocoso  Disponibilidad y utilización.
VD: Reducción de costos de transporte de mineral.	La reducción de costos de transporte está asociado directamente al incremento de tonelaje transportado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Variables Económicas</li> </ul>	Costos operativos  Análisis económico	Opex  Costo de transporte

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **3.1. Antecedentes del problema**

##### **3.1.1. Antecedentes nacionales**

- Tesis para obtener título de Ingeniero Industrial titulada: “*Aplicación de la simulación para la optimización del acarreo del mineral*”, de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. El objetivo de la investigación es aplicar la simulación en la optimización del acarreo de material, minimizando los altos costos en tiempo de acarreo de material transportado. Estas simulaciones son de vital importancia en el control de operaciones mineras, desde etapas de exploraciones hasta la comercialización de los minerales explotados. (1)
  
- Tesis para obtener título de Ingeniero de Minas titulada: “*Optimización del carguío y acarreo por Lublin Chile caso mineral Yanacocha*”, de la Universidad Nacional de Ingeniería. El objetivo principal de la investigación fue la optimización de las diferentes actividades unitarias de transporte desde el tajo Sancacocha hasta los puntos de descarga en superficie. (2)
  
- Tesis para obtener título de Ingeniero de Minas denominada: “*Aplicación del modelo matemático de simulación a las operaciones mineras unitarias de carguío y acarreo en tajos abiertos*” de la Universidad Nacional de Ingeniería. El objetivo principal fue evaluar el sistema de acarreo efectivo y eficiente, el cual puede ser desarrollado a través de un proceso detallado; analizando las diferentes variables que influyen directamente a las operaciones unitarias. El análisis e interpretación de resultados permitió la aplicación de la herramienta de gestión operacional de Montecarlo.

- Tesis para obtener título de Ingeniero de Minas denominada: *“Incremento de productividad mediante optimización del sistema de transporte con camiones en el Tajo Norte – Sociedad Minera El Brocal”* de la Universidad Nacional del Centro del Perú. El objetivo principal del investigador fue determinar el incremento de la productividad asociado al sistema de transporte del Tajo Norte hacia los puntos de descarga, en el periodo 2019 - 2020 de Sociedad Minera El Brocal.

### **3.1.2. Antecedentes internacionales**

- Tesis para obtener título de Ingeniero Civil de Minas denominada: *“Propuestas de mejora de la utilización efectiva en base a disponibilidad de la flota de carguío y transporte en minera Los Pelambres”* de la Universidad de Chile. El estudio realizado en esta memoria se lleva a cabo en minera Los Pelambres, ubicada en la región de Coquimbo, provincia del Choapa. Pelambres se encuentra en un proceso de cambio de la reportabilidad, ya que se estandarizaron los índices operacionales para todo el grupo minero (AMSA) para identificar buenas prácticas entre las distintas faenas. El presente estudio tuvo como línea de trabajo la identificación de desafíos operacionales para lograr aumentos en la Utilización Efectiva en Base a Disponibilidad (UEBD). Se identificaron 13 desafíos operacionales (4 para chancado, 7 para transporte y 2 para carguío), para los cuales se presentan 15 propuestas de mejora (5 para chancado, 8 para transporte y 2 para carguío). En base al análisis técnico y económico realizado al proyecto del sistema de visión, se concluye que es viable y que se recuperarían aproximadamente 4.5 días de tiempo efectivo a la flota de carguío al año. También se tiene una disminución del tiempo de pala esperando camión de 2 min/ciclo a 1.2 min/ciclo, lo que implica una mejora en la UEBD de un 1%. Se recomienda a la empresa realizar un estudio de las propuestas de mejora presentadas en esta memoria para su futura implementación, puesto que se mejorarían los tiempos efectivos de las diferentes áreas.

## **3.2. Generalidades de la compañía minera Condestable S. A.**

### **3.2.1. Historia**

Durante el año 1962, Nipón Mining Company inició sus operaciones, en el año 1964 la producción diaria fue de 600 toneladas con una ley de Cu@ 2.5 %. Más adelante, en el año 1976 el estado se hace propietario de la propiedad minera, siendo privatizada a la empresa Cormin en el año 1992.

En el año 1997 la empresa Trafigura adquiere la propiedad en conjunto con la mina Raúl, con una ley de cabeza de Cu@1.31 %. Durante el 2014, Southern Peaks Mining adquiere acciones del 98.68 %, siendo el operador de la unidad minera, con una producción diaria de 7000 toneladas y una ley de [Cu@0.89](#) %, con subproductos de Au y Ag.

### 3.2.2. Ubicación accesibilidad y generalidades

La unidad minera pertenece al distrito de Mala, provincia de Cañete y departamento de Lima.

Las coordenadas geográficas son:

Latitud: 12° 42' 02" S

Longitud: 76° 42' 02" W

La accesibilidad para acceder a la unidad minera es:

**Tabla 2. Accesibilidad**

Ruta	Tiempo	Kilómetros
Lima – Mala	1 hora	90 km
Mala - Condestable	10 min	05 km



**Figura 1. Ubicación de la mina Condestable  
Tomado del Departamento de Geología**



**Figura 2. Vista en Google Maps de la mina Condestable  
Tomado de Google Maps**

### **3.3. Geología general**

#### **3.3.1. Geología regional**

En la unidad minera afloran rocas volcano sedimentarias e intrusivas de las formaciones Asia, Atocongo, Pamplona, Morro Solar, Pucusana y Chicla.

Las rocas volcano sedimentarias han sido intruidas por apófisis del batolito de la costa, cuerpos, (Stocks) y diques de pórfidos de composición dacítico, andesita y diabasa, con edades desde el jurásico superior al cretáceo inferior.

### 3.3.2. Geología estructural

Estructuralmente, las unidades lito estratigráficas asociados al Jurásico Superior y el cretáceo inferior tienen un rumbo N°25°W y buzanan entre 30° y 45° al SW, con una potencia mayor a 2 kilómetros. Se asocia estructuralmente a un monoclinas que está disturbada por fallas local.

**Tabla 3. Sistema de fallas locales**

Sistemas de fallas rumbo	Buzamiento
N°25-45°E	75° y 90° SE
N°5-10°W	65° NE

Estratigráficamente se asocia a una secuencia sedimentaria conformado por rocas clásticas calcáreas y rocas volcano clásticas.

Volcanoclástica: La secuencia volcanoclástica con intercalaciones lavas, brechas volcánicas, arcosas, tufos y grauwacas, posicionados en la parte central de la columna estratigráfica.

Las subunidades litológicas que se distinguen son: lava de andesita porfirítica, sedimentos, piroclásticos, tufos y grauwacas y lavas.

### 3.3.3. Geología local

La mina Raúl Condestable se encuentra dentro de la secuencia volcano sedimentaria del Cretácico Inferior, con la formación Copara de la región Lima – Cañete, incluye las formaciones Pamplona, Atocongo y una parte de la formación Chilca.

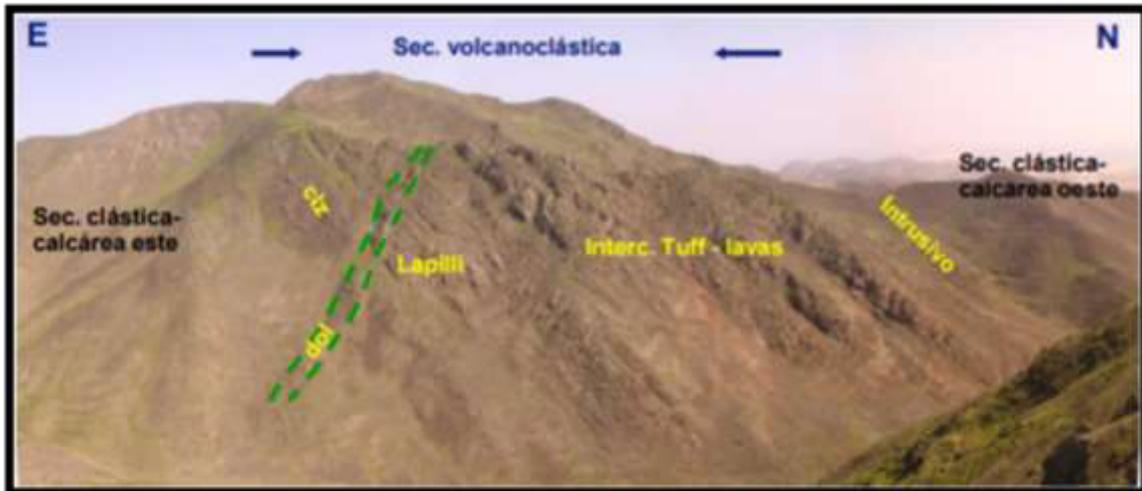
### 3.3.4. Estratigrafía del área Condestable

La estratigrafía del área de estudio, está compuesto por la formación Copara, asociado principalmente a una secuencia clástica – calcárea hacia el lado este, una secuencia volcanoclástica y una secuencia clástica – calcárea hacia el lado oeste.



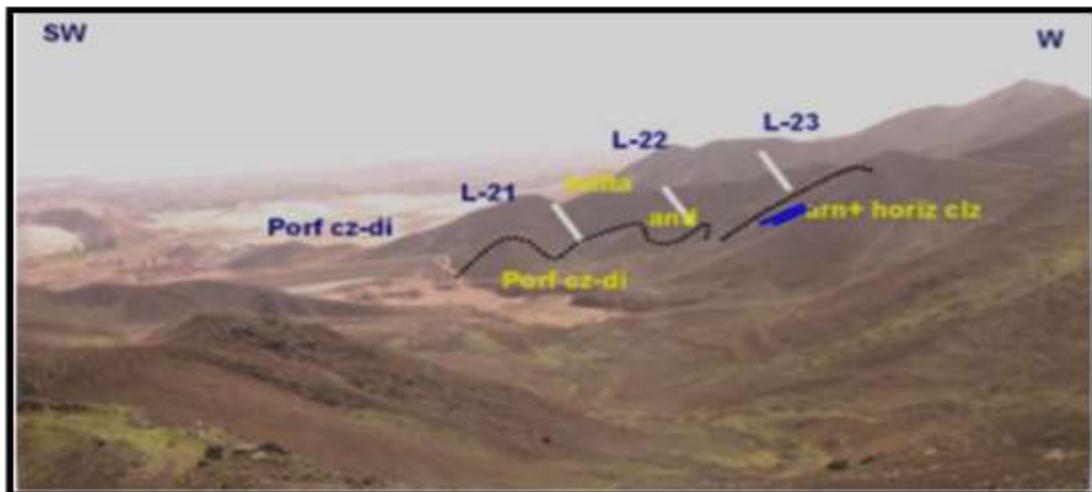
*Figura 3. Vista panorámico de los contactos litológicos, límite norte Condestable*

La secuencia volcanoclástica está ubicado en la parte central de la columna estratigráfica, compuesto por un conjunto de horizontes intercalados de lavas, tufos, brechas volcánicas, grawuacas y arcosas.



**Figura 4. Secuencia volcanoclástica: existen la intercalación de lavas y tufos, lentes de grauwaca y arcosa del área de condestable es correlacionado de actinolita y el tope de intermedio en Raúl**

La secuencia clástica – calcárea, está asociada con inicios de estratos de arenisca mezclados con limonita. La alteración cerca del intrusivo es actinolita – hematita, que disminuye hacia el oeste.



**Figura 5. La zona NW, Es la secuencia clástica por arenisca, limonita, lutitas remanentes de lava andesíticas**

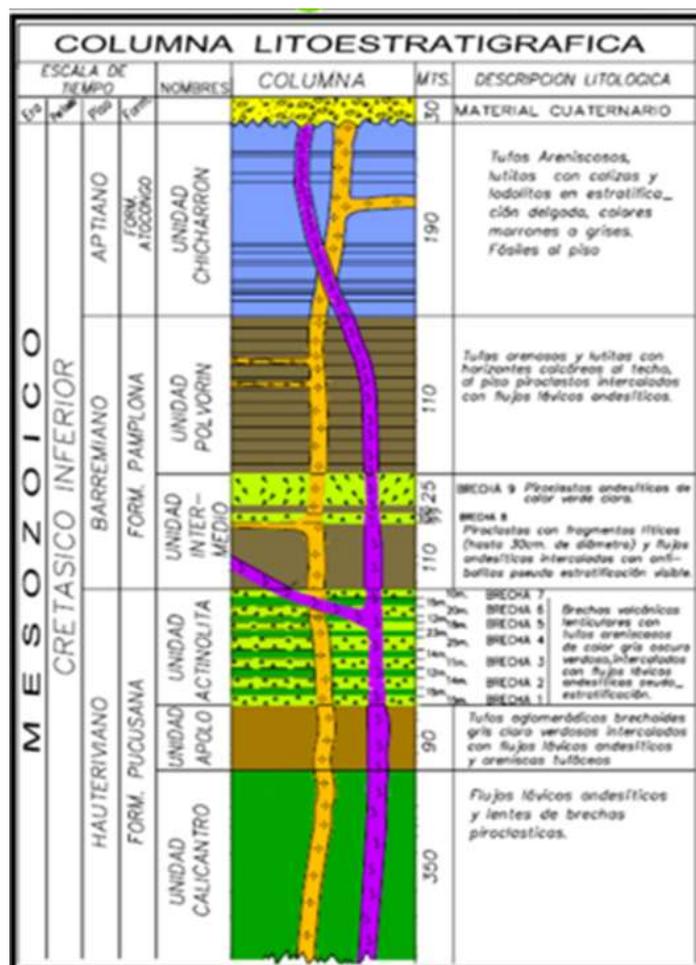


Figura 6. Columna estratigráfica del área Condestable Tomado del Departamento de Geología

### 3.3.5. Tipo de depósito

El modelo geológico del yacimiento es considerado como un IOCG (iron Oxide Copper and Gold) Fe, Cu, Au.

Los yacimientos asociados a las minas Condestable y Raúl, se encuentran emplazadas en rocas volcánicas y sedimentarias, los que han sido intruídas por pórfido diorítico a cuarzo diorítico.

### 3.4. Geomecánica

La geomecánica es importante en la definición de propiedades físicas y químicas del macizo rocoso, con el objetivo de generar condiciones de seguridad en las labores subterráneas.

### 3.4.1. Consideraciones geomecánicas

Se considera las diferentes discontinuidades y los distintos tipos litológicos mediante el uso de las tablas geomecánicas de Barton, Bieniawski, etc.

### 3.4.2. Clasificación del macizo rocoso

- **RMR:** El rango promedio del RMR está entre un mínimo de 49 y un máximo de 63.
- **Q de Barton:** El rango promedio de Q de Barton está entre 1.74 mínimo y un máximo de 8.26.

**Tabla 4. Calidad del macizo rocoso**

Tipo de roca	Rango RMR	Promedio RMR	Promedio Q	Calidad de la masa rocosa según RMR
Lava andesítica	51-68	63	8.26	Buena
Pórfido dacítico andesítico	49-67	58	4.74	Regular a Buena
Tufos	39-63	55	3.39	Regular a Buena
Brechas	34-64	49	1.74	Regular

*Tomado del Departamento de Geomecánica*

### 3.4.3. Zonificación geomecánica

**Tabla 5. Zonificación geomecánica del macizo rocoso**

Zona o dominio Geomecánico	Tipo de roca	Promedio RMR	Clase de Roca	Calidad de la masa rocosa según RMR
A	Lava andesítica	63	II	Buena
B	Pórfido dacítico andesítico	58	III-II	Regular a Buena
C	Tufos	55	III-II	Regular a Buena
D	Brechas	49	III	Regular

*Tomado del Departamento de Geomecánica*

### 3.4.4. Aspectos estructurales

Las principales características estructurales geológicas son:

**Fallas:** las fallas mayormente están rellenas con material de mineral, carbonatos, sulfatos y material oxidados. Las aperturas son menores de 5 mm.

**Diaclasas:** presentan ciertos rellenos de carbonatos y óxidos con espesores menor de 5 mm, presentan espaciamiento menor de 20 cm a 60 cm.

**Juntas de estratificación:** Se dan en las lavas andesíticas, el material de relleno es de óxido y carbonatos de suaves a duros.

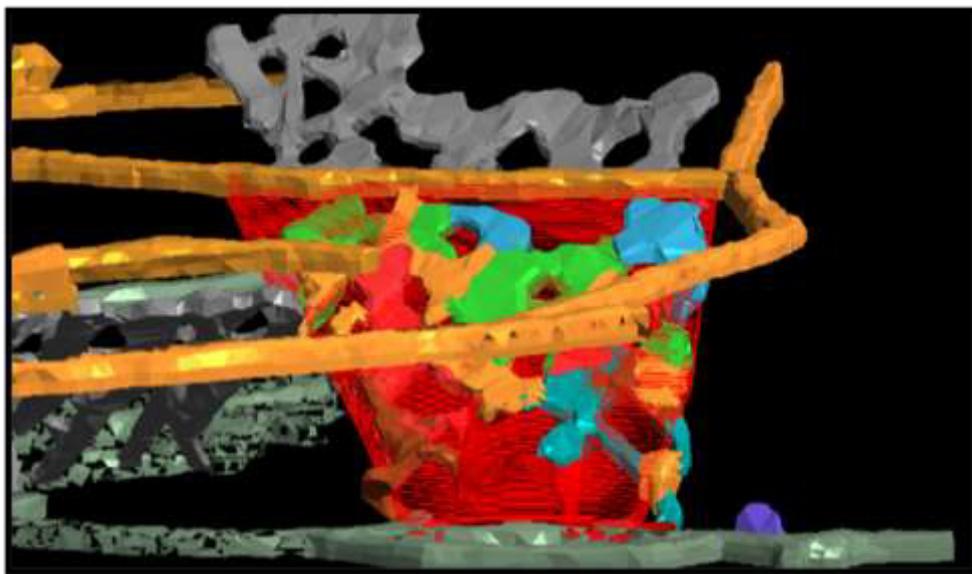
### 3.5. Método de explotación

En la unidad minera se aplican los métodos de minado cámaras y pilares, *shrinkage* y *sublevel stopping* con taladros largos.

#### 3.5.1. Room and pillar o cámaras y pilares:

Aplicado a estructuras mineralizadas con buzamientos  $\leq 40^\circ$  y potencias de 2 metros. El método de minado se inicia con el desarrollo de galerías y ventanas con dirección a la estructura. Las propiedades geomecánicas definen la dimensión de los pilares, los cuales son recuperados una vez terminado la explotación de los tajeos y su relleno detrítico posterior.

Se realiza con perforaciones de 2,4,6,8 y 10 pies y con diámetro de brocas de 32, 33 y 34 mm. El explosivo usado es el emulex (emulsión), examón (anfo) y los accesorios en una adecuada secuencia de voladura es el carmex y la mecha rápida.

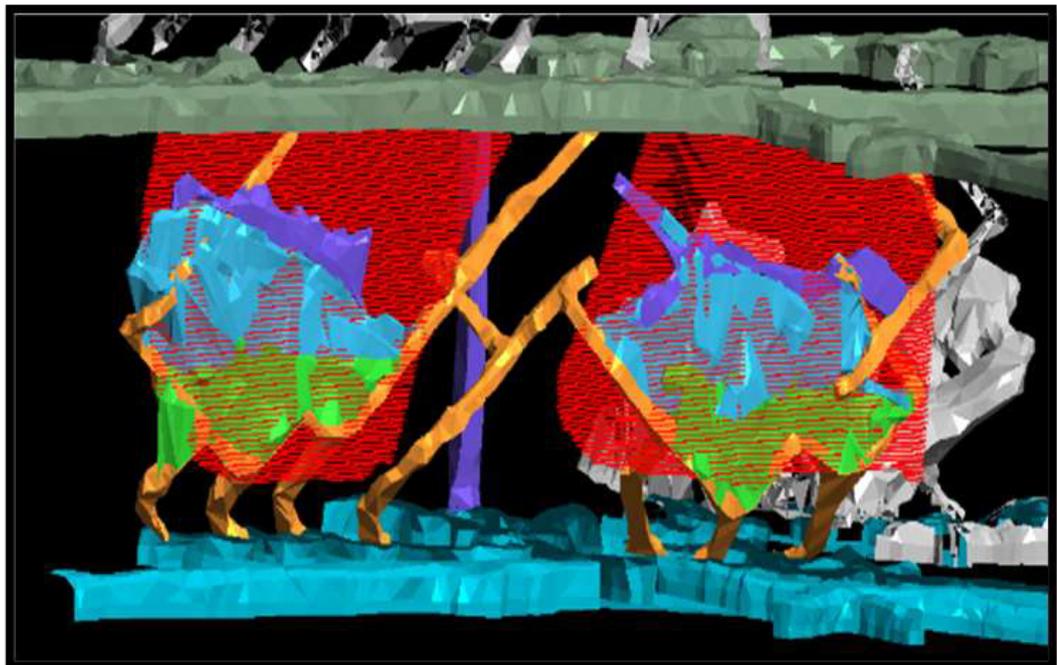


**Figura 7. Vista del block mineralizado explotado por “Cámaras y pilares”  
Tomado de Planeamiento, compañía minera Condestable**

### 3.5.2. Shrinkage:

Aplicado a estructuras subverticales tipo veta, brechas, etc., con buzamiento  $> 60^\circ$ . El método de minado aplicado considera labores en dirección a la estructura mineralizada, donde se desarrollan chimeneas paralelas al buzamiento de la estructura mineralizada. Se dejan puentes de acuerdo a las características geomecánicas, para estabilizar el macizo rocoso y el diseño del método de minado. La aplicación del método de minado shirinkage, se limita en la extracción del mineral en un 30% por disparo, no aplica relleno y sostenimiento.

La potencia promedio es mayor a 3 metros, se desarrolla labores de extracción como cruceros (ventanas) y un by pass paralelo a la estructura mineralizada.



*Figura 8. Vista del block mineralizado explotado por "Shrinkage"  
Tomado de Planeamiento, compañía minera Condestable*

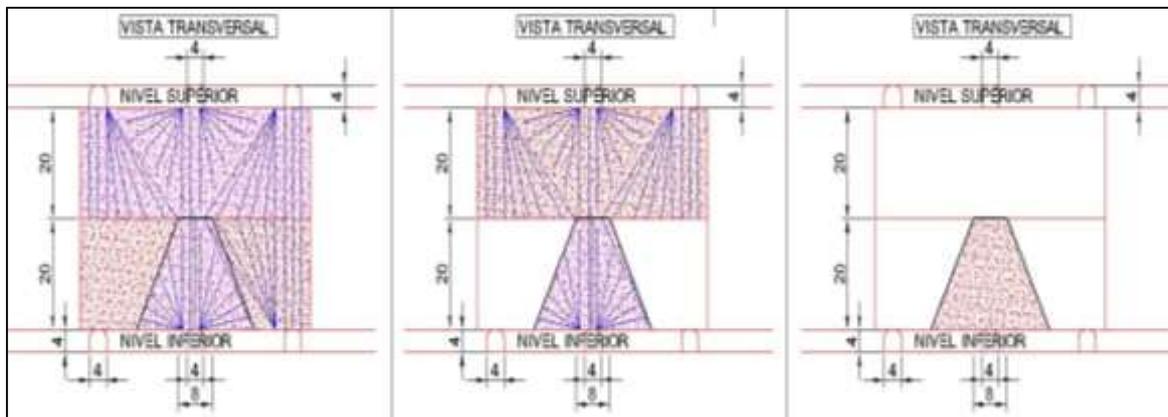
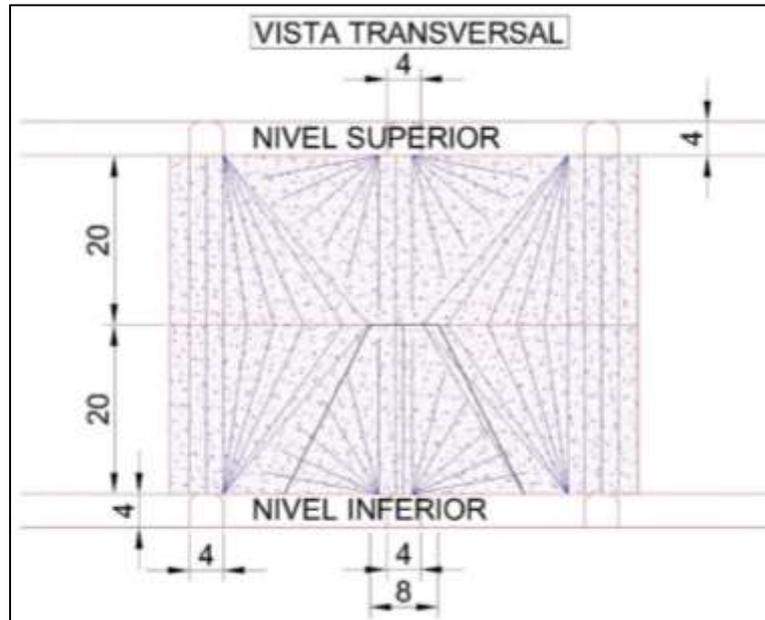
### 3.5.3. Sublevel stoping con taladros largos:

La aplicación del método de minado sublevel stoping a cuerpos mineralizados con dimensiones de longitud de 100 m, altura de 40 m y potencia de 20 m.

Se realizan perforaciones verticales y en abanico positivos y negativos con longitud de taladros de 32 m y 64 mm de diámetro.

La malla de perforación es del tipo cuadrado, con un espaciamento entre taladros de 1.75 m, obteniéndose un buen grado de fragmentación.

La extracción de minerales se realiza por ventanas con *scoops* de 6 yd<sup>3</sup>, luego de extraído el mineral se rellena con material detrítico.



**Figura 9. Vista del block mineralizado explotado por tajeo por subniveles Tomado de Planeamiento, compañía minera Condestable**

### 3.6. Bases teóricas del estudio

El presente estudio permite el análisis de rendimiento de los equipos de carguío en la unidad minera Condestable. Las variables que miden el rendimiento de los equipos, como utilización y disponibilidad permitirán realizar un análisis operacionales y económicas de los equipos de carguío de 6 yd<sup>3</sup> y 4 yd<sup>3</sup>.

Se determinará los diferentes rendimientos de los equipos de carguío y acarreo como las toneladas por hora máquina, el consumo de combustible, y las horas de operación para su análisis respectivo.

### **3.6.1. Producción actual e histórica de unidad minera condestable**

Durante el periodo 2017 se produjeron 2'432,293 toneladas de mineral con ley de cabeza de Cu@0.912 %, recuperación metalúrgica de 89.70 % y radio de concentración de 28.31.

En el periodo 2018 se produjeron 2'416,641 toneladas de mineral con ley de cabeza de Cu@0.866 %, recuperación metalúrgica de 89.46 % y radio de concentración de 29.72.

Para el periodo 2019 se produjeron 2'375,774 toneladas de mineral con ley de cabeza de Cu@0.852 %, recuperación metalúrgica de 89.69 % y radio de concentración de 30.21.

Para el periodo de estudio enero a julio del 2020 se produjo 1'295,254 toneladas de mineral con ley de cabeza de Cu@0.820 %, recuperación metalúrgica de 89.48% y radio de concentración de 31.17.

Las producciones diarias durante los periodos 2017, 2018 y 2019 fueron de 6666 toneladas, 6364 toneladas y 6515 toneladas respectivamente. Asimismo, durante el periodo 2020 en los meses enero a julio se produjeron diariamente 6147 toneladas.

**Tabla 6. Histórico de la producción de los periodos 2017, 2018, 2019 y primer semestre del 2020 de unidad minera Condestable.**

MES	TRATAMIENTO					PRODUCCIÓN				Radio de Concent.	
	T.M.T	TMSD	T.M. Cu Fino	Ley Cabeza % Cu	% Recuper.	T.M.S Conc.	Ley Conc. % Cu	T.M. Cu Fino	T.M. Cu Fino Pagable		
TOTAL 2017	2,432,293	6,666	22,182	0.912	89.70	85,927	23.163	19,896	18,980	28.31	
TOTAL 2018	2,416,641	6,364	20,921	0.866	89.46	81,318	23.012	18,718	17,852	29.72	
TOTAL 2019	2,375,774	6,515	20,240	0.852	89.69	78,649	23.103	18,158	17,319	30.21	
2020	Ene	206,934	6,675	1,780	0.860	89.94	6,934	23.071	1,600	1,526	29.84
	Feb	191,160	6,827	1,466	0.767	85.53	5,670	22.122	1,254	1,194	33.71
	Mar	197,203	6,361	1,694	0.859	90.29	6,538	23.383	1,529	1,459	30.16
	Abr	174,051	5,802	1,436	0.825	91.36	5,691	23.047	1,312	1,251	30.58
	May	168,064	5,421	1,361	0.810	91.32	5,413	22.960	1,243	1,185	31.05
	Jun	172,727	5,758	1,461	0.846	88.99	5,757	22.580	1,300	1,239	30.00
	Jul	185,115	5,971	1,422	0.768	89.18	5,550	22.830	1,267	1,208	33.35
TOTAL 2020	1,295,254	6,147	10,620	0.820	89.48	41,553	22.861	9,505	9,062	31.24	

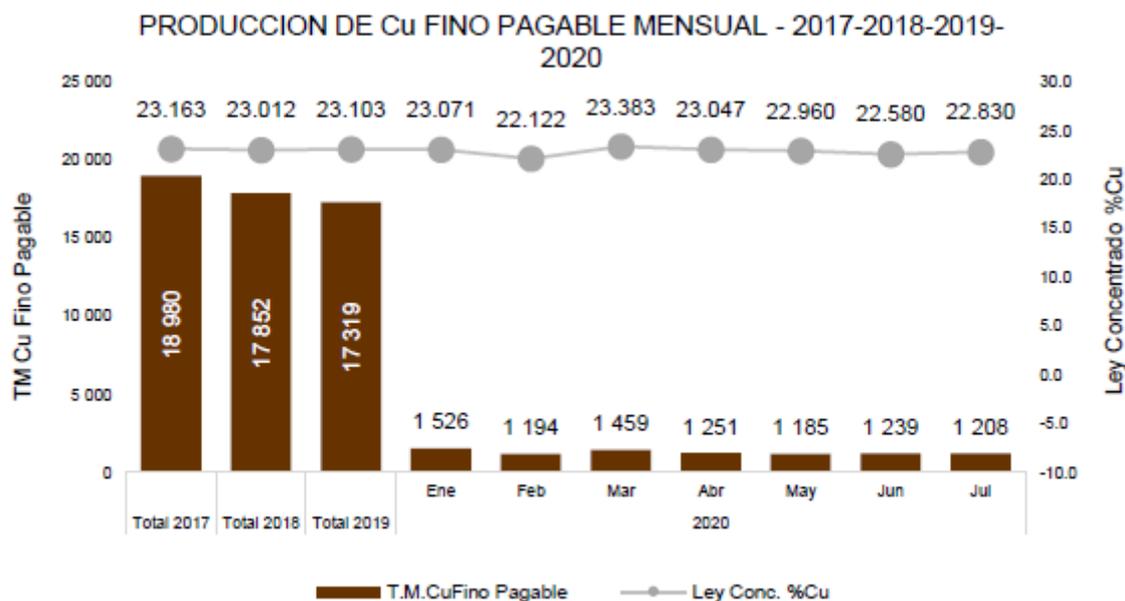
*Tomado de Planeamiento, compañía minera Condestable*

**Tabla 7. Histórico de tratamiento de mineral de los periodos 2017, 2018, 2019 y primer semestre del 2020 de unidad minera condestable**



*Tomado de Planeamiento, compañía minera Condestable*

**Tabla 8. Histórico de producción de cu fino de los periodos 2017, 2018, 2019 y primer semestre del 2020 de unidad minera condestable**

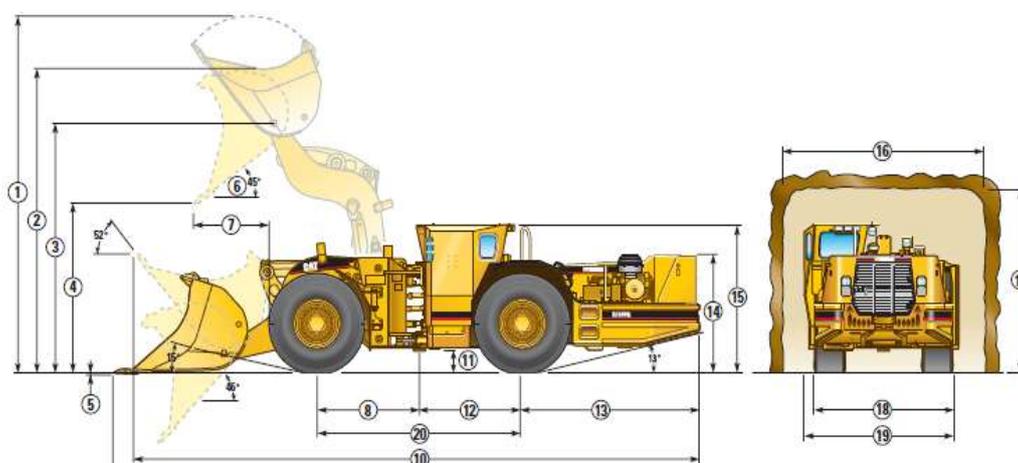


*Tomado de Planeamiento, compañía minera Condestable*

### 3.6.2. Características técnicas de los equipos de carguío

Los modelos que caracterizan a los scoops de 4 yd<sup>3</sup> y 6 yd<sup>3</sup> son los de la marca Caterpillar, el modelo es el R1600G. Tienen un diseño compacto, motor de potencia alta, mayor reserva de par, componentes resistentes y su excelente maniobrabilidad aseguran que el Cargador R1600G es un equipo sólido y ágil. Cabina del operador de clase mundial equipada con controles electrónicos e hidráulicos revolucionarios para una operación que requiere bajo esfuerzo y proporciona mayor productividad.

La unidad minera Condestable, cuenta con scoops de 4 yd<sup>3</sup> y 6 yd<sup>3</sup>. El total de scoops que cuenta la operación son 8 unidades, 2 unidades de 4 yd<sup>3</sup> y 6 unidades de 6 yd<sup>3</sup>, los que satisfacen operacionalmente los diferentes trabajos de desarrollo, preparación y explotación, considerando métodos convencionales y mecanizados.



**Figura 10. Dimensiones del scoops  
Tomado de internet**

**Tabla 9. Características técnicas de los equipos de carguío en la unidad minera  
Condestable**

	227-4702*	203-1792* (Cucharón estándar)	227-4704	227-4703*	229-1676 Cucharón expulsor
Capacidad del cucharón	4,2 m <sup>3</sup> (5,5 yd <sup>3</sup> )	4,8 m <sup>3</sup> (6,3 yd <sup>3</sup> )	5,6 m <sup>3</sup> (7,3 yd <sup>3</sup> )	5,9 m <sup>3</sup> (7,7 yd <sup>3</sup> )	4,8 m <sup>3</sup> (6,3 yd <sup>3</sup> )
Ancho de cucharón sobre la cuchilla	2.600 mm (8'6")	2.600 mm (8'6")	2.600 mm (8'6")	2.900 mm (9'6")	2.600 mm (8'6")
1 Altura total con el cucharón levantado	5.114 mm (16'9")	5.204 mm (17'1")	5.282 mm (17'4")	5.242 mm (17'2")	5.385 mm (17'8")
2 Máxima altura de descarga	4.497 mm (14'9")	4.497 mm (14'9")	4.497 mm (14'9")	4.497 mm (14'9")	4.565 mm (15')
3 Altura del pasador del cucharón a altura máxima de levantamiento	3.752 mm (12'3")				
4 Espacio libre de descarga a altura máxima de levantamiento	2.311 mm (7'7")	2.207 mm (7'3")	2.042 mm (6'8")	2.114 mm (6'11")	2.120 mm (6'11")
5 Profundidad de excavación	28 mm (1")	39 mm (2")	54 mm (2")	45 mm (2")	47 mm (2")
6 Ángulo de descarga a altura máxima de levantamiento	45°	45°	45°	45°	45°
7 Alcance	1.304 mm (4'3")	1.408 mm (4'7")	1.573 mm (5'2")	1.504 mm (4'11")	1.495 mm (4'11")
8 Distancia de la línea de centro del eje delantero a la línea de centro del enganche	1.768 mm (5'7")				
9 Longitud total (excavación)	9.955 mm (32'8")	10.107 mm (33'2")	10.347 mm (33'11")	10.243 mm (33'7")	10.233 mm (33'7")
10 Longitud total (empuje)	9.619 mm (31'1")	9.711 mm (31'10")	9.853 mm (32'4")	9.790 mm (32'1")	9.948 mm (32'8")
11 Espacio libre sobre el suelo	344 mm (1'6")				
12 Distancia de la línea de centro del eje trasero a la línea de centro del enganche	1.768 mm (5'9")				
13 Longitud desde el eje trasero hasta el parachoques	3.055 mm (10')				
14 Altura hasta la parte superior del capó	1.895 mm (6'3")				
15 Altura hasta la parte superior de la estructura ROPS	2.400 mm (7'11")				
16 Ancho libre del túnel**	3.500 mm (11'6")				
17 Altura libre del túnel**	3.000 mm (9'10")				
18 Ancho total de los neumáticos	2.400 mm (7'11")				
19 Ancho total, excluido el cucharón	2.564 mm (8'5")				
20 Ancho total, incluido el cucharón	2.723 mm (8'11")	2.723 mm (8'11")	2.723 mm (8'11")	3.018 mm (9'11")	2.723 mm (8'11")
21 Distancia entre ejes	3.536 mm (11'7")				

\*Las dimensiones se muestran con cucharón para material de tamaño estándar. Los cucharones también están disponibles en versiones de alta penetración.

\*\*Las dimensiones de espacio libre se usan sólo como referencia.

**Tomado de Planeamiento, compañía minera Condestable**

### **3.6.3. Rendimiento equipos de carguío actual e histórica de unidad minera Condestable**

El rendimiento de los equipos de carguío, consideran *scopps* de 4 yd<sup>3</sup> y 6 yd<sup>3</sup> durante los periodos 2016, 2017, 2018, 2019 y 2020 consideran las variables operacionales de utilización, disponibilidad y rendimiento por toneladas métricas por hora trabajadas.

Para los equipos de 4 yd<sup>3</sup> consideran 2 unidades el C415 y el C431, los cuales fueron utilizados en mayor proporción durante el periodo enero a julio del 2020, considerando una disponibilidad mecánica de 92 % y 82 % respectivamente, así mismo considera la utilización de 36 % y 38 % respectivamente y finalmente el rendimiento de 52 TM/hr y 71 TM/hr respectivamente para ambos equipos.

Para los equipos de 6 yd<sup>3</sup> se consideran 6 unidades el C606, C625, C626, C627, C629 y C630, asociadas principalmente al método de minado sublevel stoping. Se considera una disponibilidad mecánica de las 6 unidades de 83 %, 71 %, 80 %, 83 %, 80 % y 85 % respectivamente, asimismo se consideran la utilización de 65 %, 56 %, 52 %, 60 %, 59 % y 57 % respectivamente y finalmente se considera el rendimiento de 109 t/h, 79 t/h, 107 t/h, 113 t/h, 125 t/h y 137 t/h respectivamente.

Los promedios de variables operacionales y rendimientos anuales de los equipos de carguío fueron de los periodos 2016, 2017, 2018 y 2019 siendo la disponibilidad mecánica calculada de 81 %, 88 %, 88 % y 88 % respectivamente. Para la utilización se calculó en 62 %, 60 %, 62 % y 63 % respectivamente y el rendimiento fue de 90 t/h, 100 t/h, 105 t/h y 94 t/h respectivamente para los equipos de 6 yd<sup>3</sup>.

Por último, los promedios para los equipos de 4 yd<sup>3</sup> para los periodos 2016, 2017, 2018 y 2019 fueron de la disponibilidad mecánica en 84 %, 89 %, 90 % y 89 % respectivamente, la utilización fue de 56 %, 47 %, 47 % y 51 % respectivamente y el rendimiento operacional fue de 64 t/h, 56 t/h, 56 t/h y 52 t/h respectivamente.

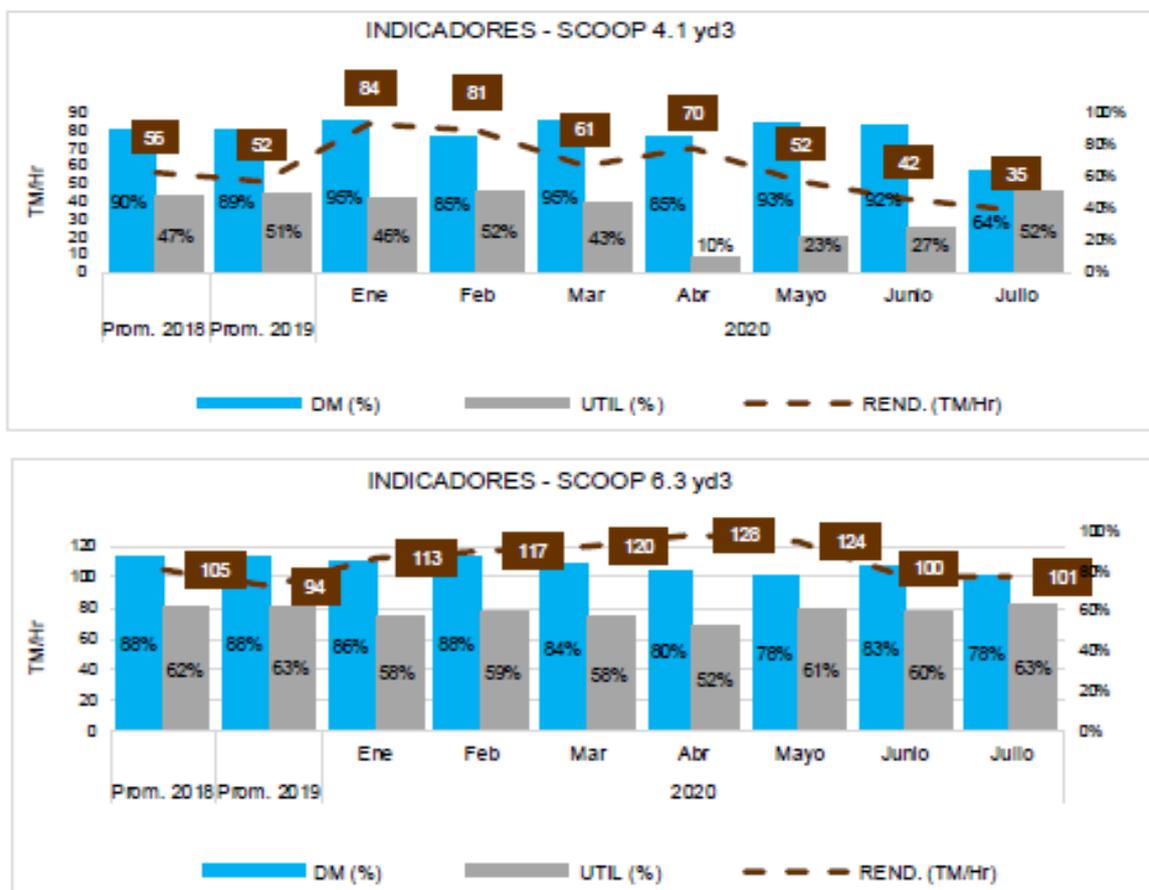
**Tabla 10. Histórico de las variables de utilización, disponibilidad y rendimiento operativo de los periodos 2016, 2017, 2018, 2019 y primer semestre del 2020 de unidad minera Condestable**

CAPACIDAD	EQUIPO	INDICADORES	Prom. 2016	Prom. 2017	Prom. 2018	Prom. 2019	2020							Promedio
							Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	
Scoop 4 yd3	C415	DM (%)	-	93	-		97	98	94	92	94	88	78	92
		UTIL (%)	-	28	-		44	54	44	12	18	29	48	36
		REND (TM/hr)	-	72	-		70	83	40	71	39	24	36	52
	C431	DM (%)	-	-	-	92	93	72	96	78	92	96	50	82
		UTIL (%)	-	-	-	53	48	50	41	8	27	27	59	38
		REND (TM/hr)	-	-	-	57	98	79	81	69	65	65	33	71
<b>Total Scoop 4 yd3</b>		<b>DM (%)</b>	<b>84</b>	<b>89</b>	<b>90</b>	<b>89</b>	<b>95</b>	<b>85</b>	<b>95</b>	<b>85</b>	<b>93</b>	<b>92</b>	<b>64</b>	<b>87</b>
		<b>UTIL (%)</b>	<b>56</b>	<b>47</b>	<b>47</b>	<b>51</b>	<b>46</b>	<b>52</b>	<b>43</b>	<b>10</b>	<b>23</b>	<b>27</b>	<b>52</b>	<b>37</b>
		<b>REND (TM/hr)</b>	<b>64</b>	<b>56</b>	<b>56</b>	<b>52</b>	<b>84</b>	<b>81</b>	<b>61</b>	<b>70</b>	<b>52</b>	<b>42</b>	<b>36</b>	<b>62</b>
Scoop 6 yd3	C606	DM (%)	84	88	85	-	87	89	81	82	86	68	86	83
		UTIL (%)	59	58	55	-	70	70	60	59	67	67	62	65
		REND (TM/hr)	91	102	99	-	111	109	113	108	115	108	98	109
	C625	DM (%)	-	92	91	89	85	93	94	-	59	75	83	71
		UTIL (%)	-	66	65	61	67	66	60	-	64	65	65	56
		REND (TM/hr)	-	122	100	84	86	90	93	-	100	91	90	79
	C626	DM (%)	-	85	85	86	89	78	77	71	89	86	71	80
		UTIL (%)	-	66	67	63	48	49	48	42	63	55	60	52
		REND (TM/hr)	-	110	110	94	98	109	112	131	129	84	87	107
	C627	DM (%)	-	91	86	87	79	94	76	88	87	78	83	83
		UTIL (%)	-	65	64	58	52	65	67	61	57	55	61	60
		REND (TM/hr)	-	112	106	92	103	126	127	129	126	84	97	113
	C629	DM (%)	-	-	91	90	81	80	92	77	79	94	57	80
		UTIL (%)	-	-	63	68	56	58	53	54	65	58	73	59
		REND (TM/hr)	-	-	109	98	136	132	130	131	133	107	106	125
	C630	DM (%)	-	-	93	91	90	91	81	80	66	94	89	85
		UTIL (%)	-	-	60	67	61	61	59	46	50	60	62	57
		REND (TM/hr)	-	-	109	105	149	141	146	140	138	121	123	137
<b>Total Scoop 6 yd3</b>		<b>DM (%)</b>	<b>81</b>	<b>88</b>	<b>88</b>	<b>88</b>	<b>86</b>	<b>88</b>	<b>84</b>	<b>80</b>	<b>78</b>	<b>83</b>	<b>78</b>	<b>83</b>
		<b>UTIL (%)</b>	<b>62</b>	<b>60</b>	<b>62</b>	<b>63</b>	<b>58</b>	<b>59</b>	<b>58</b>	<b>52</b>	<b>61</b>	<b>60</b>	<b>63</b>	<b>59</b>
		<b>REND (TM/hr)</b>	<b>90</b>	<b>100</b>	<b>105</b>	<b>94</b>	<b>113</b>	<b>117</b>	<b>120</b>	<b>128</b>	<b>124</b>	<b>100</b>	<b>101</b>	<b>115</b>
TOTAL FLOTA SCOOP		DM (%)	83	88	89	89	89	87	86	81	82	85	74	84
		UTIL (%)	59	58	61	60	57	58	54	40	51	52	61	54
		REND (TM/hr)	83	93	101	88	107	109	105	111	106	92	88	103

PRODUCCIÓN	206,934	191,160	197,203	174,051	168,064	172,727	185,115	1,295,254
------------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	-----------

**Tomado de Planeamiento, compañía minera Condestable**

**Tabla 11. Indicadores operacionales de equipos de carguío, scoop de 4 yd<sup>3</sup> y 6 yd<sup>3</sup> de los periodos 2018, 2019 y primer semestre del 2020 de unidad minera Condestable**



**Tomado de Planeamiento, compañía minera Condestable**

De las diferentes unidades de scoop de 6 yd<sup>3</sup>, la unidad C625 es la que tiene una disponibilidad menor (71 %), comparado con las otras 5 unidades, siendo la unidad C630 la que tiene la mayor disponibilidad (85 %).

### 3.6.4. Mantenimiento preventivo y correctivo equipos de carguío actual e histórica de unidad minera Condestable

El mantenimiento preventivo para el scoop de 4 yd<sup>3</sup> durante los periodos 2018 y 2019 fue de 27 y 41 horas promedio anual respectivamente y el mantenimiento correctivo durante los mismos periodos fue de 73 y 84 horas promedio anual.

Asimismo, el mantenimiento preventivo para el scoop de 4 yd<sup>3</sup> durante el periodo enero a julio del 2020 fueron de 22 horas promedio mensual y el mantenimiento correctivo fue de 167 horas promedio mensual.

Por otro lado, el mantenimiento preventivo para el *scoop* de 6 yd<sup>3</sup> durante los periodos 2018 y 2019 fue de 164 y 187 horas promedio anual respectivamente y el mantenimiento correctivo durante los mismos periodos fue de 475 y 397 horas promedio anual.

Además, el mantenimiento preventivo para el *scoop* de 6 yd<sup>3</sup> durante el periodo enero a julio del 2020 fueron de 141 horas promedio mensual y el mantenimiento correctivo fue de 797 horas promedio anual.

El mantenimiento correctivo durante el periodo enero a julio del 2020 fueron los más altos, comparados con los periodos 2018 y 2019. Este mayor incremento de mantenimiento correctivo es debido a un sistema de gestión de mantenimiento no programado, producto del Covid 19 que sufre el país.

Asimismo, es debido al desgaste de los componentes mecánicos y eléctricos de las diferentes unidades producto de su antigüedad o vida útil.

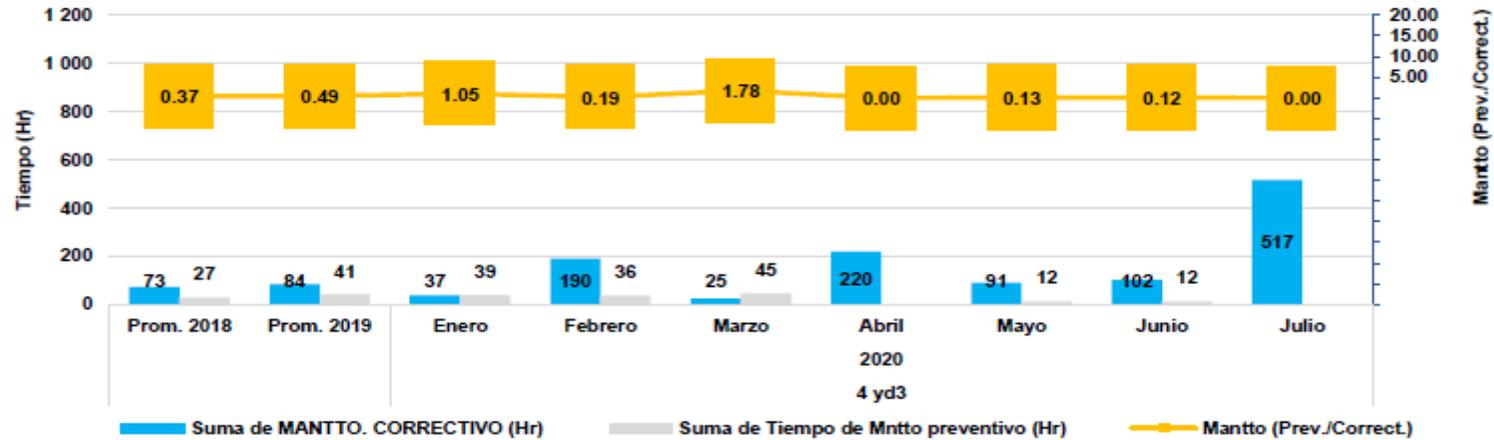
**Tabla 12. Mantenimiento preventivo y correctivo de los scoops de 4 yd<sup>3</sup> y 6 yd<sup>3</sup> en los periodos 2018, 2019 y primer semestre del 2020 de unidad minera Condestable**

CAPACIDAD	MANTENIMIENTO	Prom. 2018	Prom. 2019	2020							Promedio
				Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	
Scoop 4 yd <sup>3</sup>	PREVENTIVO (Hrs)	27	41	39	36	45	0	12	12	0	22
	CORRECTIVO (Hrs)	73	84	37	190	25	220	91	102	517	167
	PREV. / CORRECT.	0.37	0.49	1.05	0.19	1.80	0.00	0.13	0.12	0.00	0.50
PRODUCCIÓN				206,934	191,160	197,203	174,051	168,064	172,727	185,115	1,295,254

CAPACIDAD	MANTENIMIENTO	Prom. 2018	Prom. 2019	2020							Promedio
				Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	
Scoop 6 yd <sup>3</sup>	PREVENTIVO (Hrs)	164	187	144	227	208	75	132	91	95	141
	CORRECTIVO (Hrs)	475	397	731	410	625	1506	829	688	858	797
	PREV. / CORRECT.	0.35	0.47	0.20	0.55	0.33	0.05	0.16	0.13	0.11	0.22
PRODUCCIÓN				206,934	191,160	197,203	174,051	168,064	172,727	185,115	1,295,254

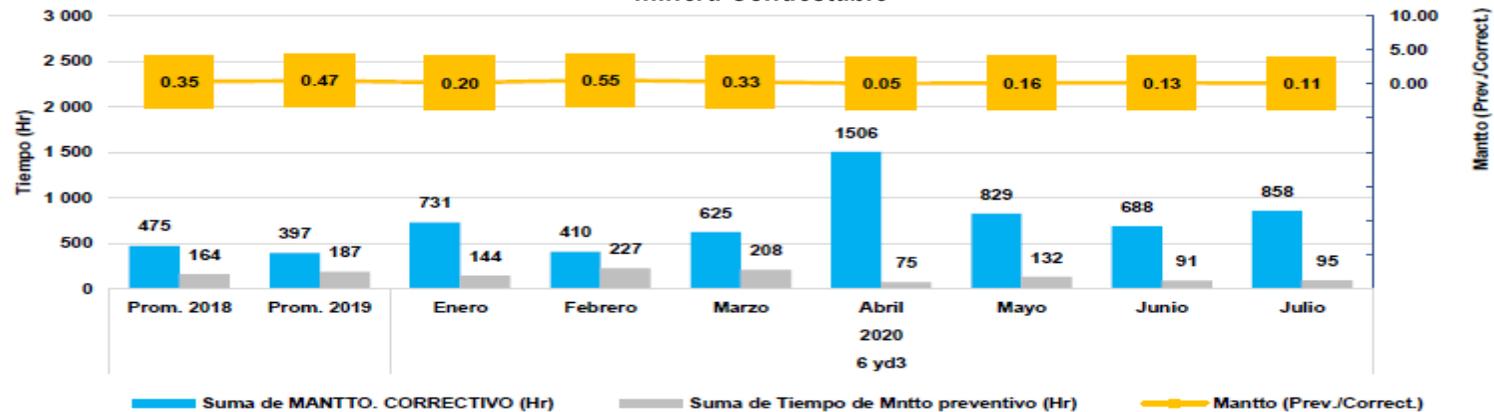
**Tomado de Planeamiento, compañía minera Condestable**

**Tabla 13. Mantenimiento preventivo y correctivo de los scoops de 4 yd<sup>3</sup> en los periodos 2018, 2019 y primer semestre del 2020 de unidad minera Condestable**



Tomado del Departamento del Planeamiento

**Tabla 14. Mantenimiento preventivo y correctivo de los scoops de 6 yd<sup>3</sup> en los periodos 2018, 2019 y primer semestre del 2020 de unidad minera Condestable**



Tomado del Departamento de Planeamiento

### **3.6.5. Consumo de combustible y horas efectivas en equipos de carguío actual e histórica de unidad minera Condestable**

El consumo de combustible de los *scoops* de 6 yd<sup>3</sup> durante los periodos 2018 y 2019 fueron de 5.29 y 6.09 gal/h respectivamente, siendo el promedio para el periodo enero a julio 2020 de 5.25 gal/h.

El consumo de combustible de los *scoops* de 4 yd<sup>3</sup> durante los periodos 2018 y 2019 fueron de 4.24 y 4.15 gal/h respectivamente, siendo el promedio para el periodo enero a julio 2020 de 4.70 gal/h.

El promedio de consumo de combustible de toda la flota durante el periodo 2017 y 2018 fueron de 5.17 y 5.92 gal/h respectivamente, siendo el promedio para el periodo enero a julio del 2020 de 5.03 gal/h.

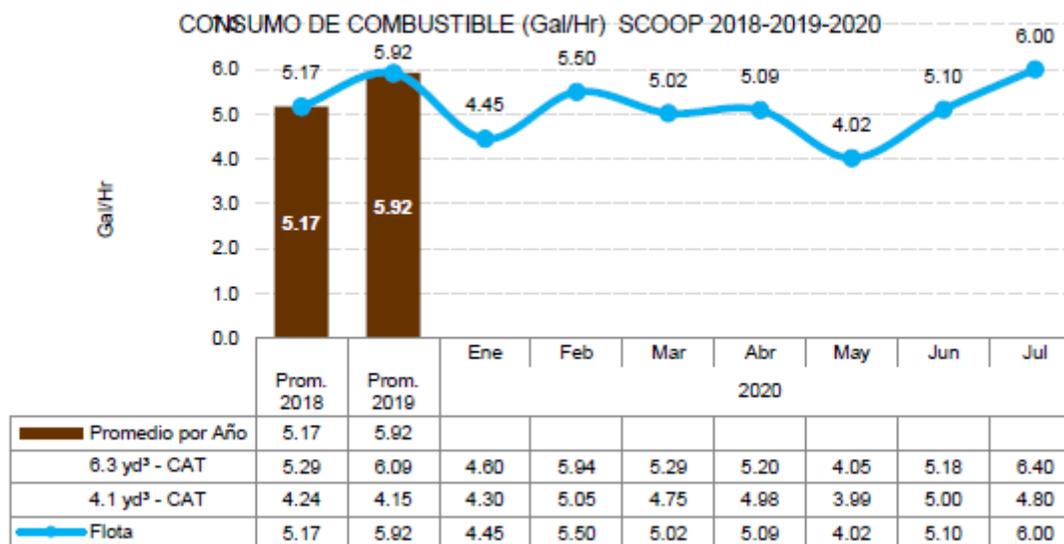
Las horas efectivas durante el periodo enero a julio 2020 de los *scoops* de 4 yd<sup>3</sup> en el modelo C415 fueron de 10.26 h/día y del modelo C431 fueron de 12.31 h/día. Se considera un promedio de horas efectivas de la flota de 4 yd<sup>3</sup> en 11.05 h/día.

Las horas efectivas durante el periodo enero a julio 2020 de los *scoops* de 6 yd<sup>3</sup> en el modelo C606 fueron de 12.45 h/día, del modelo C625 fueron de 14.7 h/día, del modelo C626 fueron de 11.25 h/día, del modelo C627 fueron de 12.98 h/día, del modelo C629 fueron de 13.17 h/día y del modelo C630 fueron de 13.84 h/día. Se considera un promedio de horas efectivas de la flota de 6 yd<sup>3</sup> en 12.97 h/día.

El promedio general de las horas efectivas de los *scoops* de 4yd<sup>3</sup> y 6 yd<sup>3</sup> durante el periodo enero a julio del 2020 fueron de 12.63 h/día.

**Tabla 15. Consumo de combustible de los scoops de 4 yd<sup>3</sup> y 6 yd<sup>3</sup> en los periodos 2018, 2019 y primer semestre del 2020 de unidad minera Condestable**

CAPACIDAD	Prom. 2018	Prom. 2019	2020							Promedio
			Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	
PROMEDIO POR AÑO	5.17	5.92								
6.3 Yd3 - CAT	5.29	6.09	4.60	5.94	5.29	5.20	4.05	5.18	6.40	5.25
4.1 Yd3 - CAT	4.24	4.15	4.30	5.05	4.75	4.98	3.99	5.00	4.80	4.70
<b>FLOTA PROM.</b>	<b>5.17</b>	<b>5.92</b>	<b>4.45</b>	<b>5.50</b>	<b>5.02</b>	<b>5.09</b>	<b>4.02</b>	<b>5.10</b>	<b>6.00</b>	<b>5.03</b>



Tomado del Departamento de Planeamiento

**Tabla 16. Horas efectivas de equipos de carguío, scoops de 4 yd<sup>3</sup> y 6 yd<sup>3</sup> del primer semestre del 2020 de unidad minera Condestable**

<b>CAPACIDAD</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>Prom. (Hr /día)</b>
4 Yd3	C415	10.26
	C431	12.31
<b>PROMEDIO SCOOP 4 YD3</b>		<b>11.05</b>
6 Yd3	C606	12.45
	C625	14.7
	C626	11.25
	C627	12.98
	C629	13.17
	C630	13.84
<b>PROMEDIO SCOOP 6 YD3</b>		<b>12.97</b>
<b>PROMEDIO FLOTA</b>		<b>12.63</b>

*Tomado del Departamento de Planeamiento*

### **3.6.6. Características técnicas de los equipos de transporte de mineral y desmante.**

Las unidades de acarreo y transporte de mineral y desmante en la unidad minera se encuentran tercerizado con las empresas CN SAC, Cominco y Opermin, con un total de 28, 2 y 2 unidades respectivamente.

Los modelos principales usados en la empresa CN SAC son Scania 8x4 de 20 m<sup>3</sup> capacidad, Volvo 10x6 (22 toneladas) y Volvo 8x4 (30 toneladas).

Figura N° 11: a) Modelo Sania 8x4 (40 toneladas)



**Figura 12. Modelo Scania 8x4 (40 toneladas)**  
**Tomado de internet**

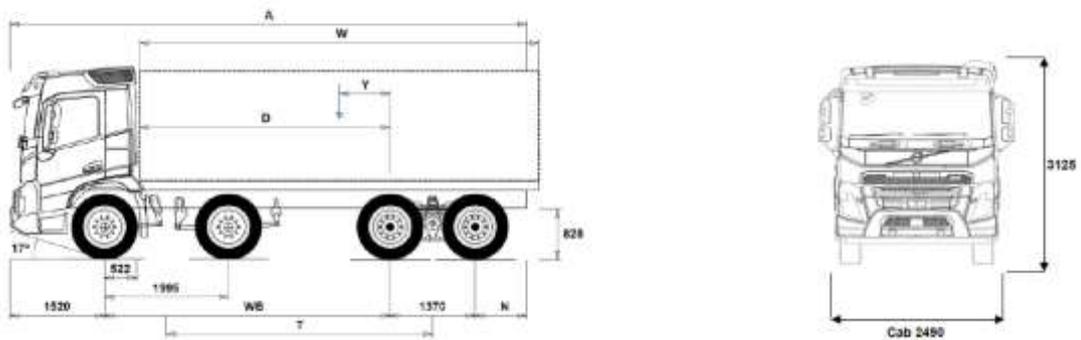
**CAPACIDADES Y PESOS**

	Eje delantero	Ejes traseros	Total
Capacidad técnica	18.000	32.000	50.000
Tara (estancques llenos)	7.998	4.192	12.190
Capacidad de carga	10.002	27.808	37.810
Capacidad máxima de tracción			150.000 kg

Los pesos pueden variar dependiendo de la configuración del vehículo.  
Las imágenes son referenciales.

Imagen referencial

New FMx13 8x4 Rigid Leaf Suspension FMX 84RF 3L



**Figura 13. Modelo Volvo 8x4 (22 toneladas)**  
**Tomado de internet**

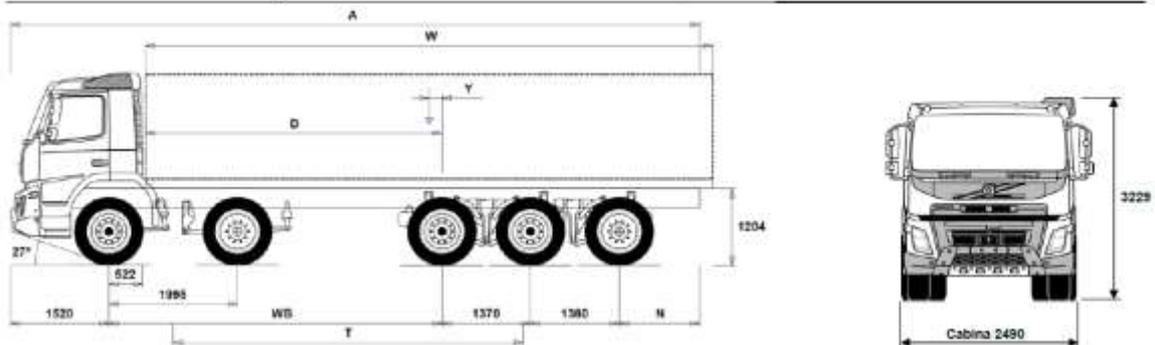
### Chassis Dimensions [mm]

WB Wheelbase	3700	3900	4100	4300	4600	4900	5200
A Overall Chassis Length	9915	10315	10665	10815	10965	11215	11515
D Center of rear axle to front of body	3128	3328	3528	3728	4028	4328	4628
N Rear Overhang (Min.)	1245	1245	1245	1245	1245	1245	1245
N Rear Overhang (Max.)	1945	2145	2295	2245	2095	2045	2045
T Theoretical Wheelbase	4959	5159	5359	5559	5859	6159	6459
Y Center of Gravity for Payload (Min.)	-511	-482	-453	-427	-391	-351	-311
Y Center of Gravity for Payload (Max.)	-511	-482	-453	-427	-391	-351	-311

### Chassis Weights [kg]

Front Axle	4565	4570	4580	4600	4640	4660	4680
Rear Bogie	4650	4670	4700	4695	4695	4695	4695
Kerb Weight	9215	9240	9280	9295	9335	9355	9375
Payload (including body, driver, fuel, etc.)	22785	22760	22720	22705	22665	22645	22625

FM106FTR3CAX-FMX Rígido 10x6 13L-DobleExtra-Alto FAA21, TRIDEM



### Dimensiones del Chasis [mm]

WB Dist. entre ejes	4600	4900	5100	5600
A Longitud total del chasis	11415	11865	11865	11515
D Centro del eje trasero a inicio de carrocería	4028	4328	4528	5028
N Voladizo trasero (Min.)	1245	1245	1245	1245
N Voladizo trasero (Max.)	2545	2695	2495	1645
T Dist. e.e. teórica	4861	5161	5361	5861
Y Centro de Gravedad de la carga util (Min.)	127	218	272	406
Y Centro de Gravedad de la carga util (Max.)	127	218	272	406
W Longitud de carrocería (Min.)	7801	8220	8511	9243
W Longitud de carrocería (Max.)	7801	8220	8511	9243

### Pesos del chasis [kg]

Ejes delantero	7245	7230	7250	7295
Bogie trasero	5055	5115	5115	5065
Peso en orden de marcha	12300	12345	12365	12360
Carga util (incluye carrocería, conductor, combustible, etc.)	30700	30655	30635	30640

**Figura 14. Modelo Volvo 10x6 (30 toneladas)**  
Tomado de internet

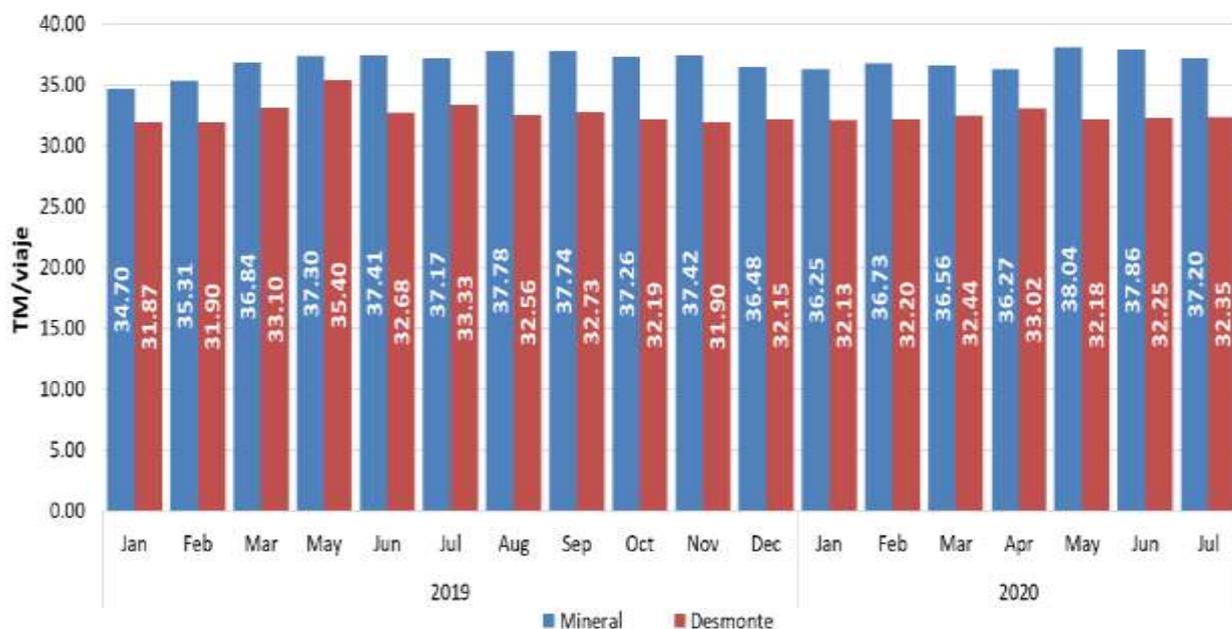
### 3.6.7. Rendimiento de transporte periodo 2019 y 2020 de los equipos de transporte de mineral y desmante.

El rendimiento de los equipos de transporte durante el periodo 2019 para mineral y desmante fueron de 36.86 y 32.71 t/viaje respectivamente, considerando el total promedio de material (mineral + desmante) transportado de 69.57 t/viaje.

Asimismo, el rendimiento de los equipos de transporte durante el periodo enero a julio del 2020 para mineral y desmante fueron de 36.99 y 32.37 t/viaje respectivamente, considerando el total promedio de material (mineral + desmante) transportado de 69.35 t/viaje.

Se observa un mayor rendimiento de transporte de mineral durante el periodo enero a julio del 2020 comparado con el periodo 2019 en una diferencia de 0.13 t/viaje.

**Tabla 17. Rendimiento mensual de transporte periodo 2019 y 2020 de unidad minera Condestable**



**Tomado del Departamento de Planeamiento**

**Tabla 18. Rendimiento mensual de transporte de mineral y desmonte durante los periodos 2019 y 2020 de la unidad minera Condestable**

Material	UNIDAD	ene-19	feb-19	mar-19	may-19	jun-19	jul-19	ago-19	sep-19	oct-19	nov-19	dic-19	Promed.
Mineral	TM/Viaje	34.7	35.31	36.84	37.3	37.41	37.17	37.78	37.74	37.26	37.42	36.48	<b>36.86</b>
Desmonte		31.87	31.9	33.1	35.4	32.68	33.33	32.56	32.73	32.19	31.9	32.15	<b>32.71</b>
<b>TOTAL MATERIAL</b>		<b>66.57</b>	<b>67.21</b>	<b>69.94</b>	<b>72.7</b>	<b>70.09</b>	<b>70.5</b>	<b>70.34</b>	<b>70.47</b>	<b>69.45</b>	<b>69.32</b>	<b>68.63</b>	<b>69.57</b>

Material	UNIDAD	ene-20	feb-20	mar-20	abr-20	may-20	jun-20	jul-20	Promed.
Mineral	TM/Viaje	36.25	36.73	36.56	36.27	38.04	37.86	37.2	<b>36.99</b>
Desmonte		32.13	32.2	32.44	33.02	32.18	32.25	32.35	<b>32.37</b>
<b>TOTAL MATERIAL</b>		<b>68.38</b>	<b>68.93</b>	<b>69</b>	<b>69.29</b>	<b>70.22</b>	<b>70.11</b>	<b>69.55</b>	<b>69.35</b>

*Tomado del Departamento de Planeamiento*

### **3.6.8. Promedio de distancia recorrida por empresa periodo 2018, 2019 y 2020 de los equipos de transporte de mineral y desmante.**

Las empresas contratistas asociadas al transporte de mineral y desmante son la empresa CN SAC, Cominco SRL y Opermin SAC, los cuales son los proveedores en la unidad minera Condestable.

La distancia promedio recorrido durante el periodo 2018, 2019 y 2020 fueron de 5.38, 5.55 y 5.94 kilómetros respectivamente. Este mayor incremento de recorrido está asociado al incremento de niveles de profundización, y el incremento de producción, asociado al método de minado sublevel stoping.

Durante el periodo 2018 la empresa CN SAC obtuvo una distancia recorrida de 5.46 kilómetros y la empresa Cominco con una distancia de 4.41 kilómetros. En el periodo 2019 la empresa CN SAC obtuvo una distancia promedio recorrido de 5.59 kilómetros, la empresa Cominco con una distancia promedio de 4.50 kilómetros y la empresa Opermin con una distancia promedio de 4.82 kilómetros.

Asimismo, durante el periodo enero a julio del 2020 la empresa CN SAC obtuvo una distancia promedio de 6.52 kilómetros, la empresa Cominco con una distancia promedio de 3.30 kilómetros y la empresa Opermin con una distancia promedio de 3.67 kilómetros.

De las tres empresas, la empresa CN SAC obtiene mayor presencia en el servicio de transporte de mineral y desmante en la unidad minera Condestable, contando con unidades de transporte de mayor capacidad.

**Tabla 19. Promedio de distancia recorrida por empresa durante los periodos 2019 y 2020 de la unidad minera Condestable**

FLOTA DE VOLQUETES		UNIDAD	2018	ene-19	feb-19	mar-19	abr-19	may-19	jun-19	jul-19	ago-19	sep-19	oct-19	nov-19	dic-19	Promed.	
DISTANCIA	CN SAC	Km	5.46	6.17	5.32	3.30	5.22	4.84	5.36	5.71	6.06	6.65	5.70	6.22	6.50	5.59	
	COMINCO		4.41	5.21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.36	3.93	4.50
	OPERMIN		-	5.39	5.33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.40	5.14	4.82
	<b>PROMEDIO DISTANCIA FLOTA</b>		<b>5.38</b>	<b>6.15</b>	<b>5.32</b>	<b>3.30</b>	<b>5.22</b>	<b>4.84</b>	<b>5.36</b>	<b>5.71</b>	<b>6.06</b>	<b>6.65</b>	<b>5.70</b>	<b>6.11</b>	<b>6.20</b>	<b>5.55</b>	

FLOTA DE VOLQUETES		UNIDAD	ene-20	feb-20	mar-20	abr-20	may-20	jun-20	jul-20	Promed.
DISTANCIA	CN SAC	Km	6.32	5.60	5.99	6.02	7.83	7.28	6.63	6.52
	COMINCO		3.89	3.63	1.79	4.01	3.43	3.79	2.54	3.30
	OPERMIN		3.44	2.57	4.28	8.41	1.94	3.00	2.05	3.67
	<b>PROMEDIO DISTANCIA FLOTA</b>		<b>6.00</b>	<b>5.21</b>	<b>5.48</b>	<b>6.03</b>	<b>6.69</b>	<b>6.50</b>	<b>5.70</b>	<b>5.94</b>

*Tomado del Departamento de Planeamiento.*

### **3.6.9. Costos de transporte por empresa periodo 2018, 2019 y 2020 de los equipos de transporte de mineral y desmonte.**

Los costos unitarios de transporte durante los periodos 2018, 2019 y periodo enero a julio del 2020 fueron de 2.17, 2.25 y 2.36 \$/t respectivamente.

Durante el periodo 2018 la empresa CN SAC asumió un costo unitario de transporte de 2.19 \$/t y la empresa Cominco asume un costo de 1.81 \$/t durante el mismo periodo.

Para el periodo 2019 la empresa CN SAC obtuvo un costo unitario de transporte de 2.26 \$/t, la empresa Cominco obtuvo un costo unitario de 1.84 \$/t y la empresa Opermin con un costo unitario de 1.95 \$/t.

En el periodo de estudio de enero a julio del 2020 la empresa CN SAC obtuvo un costo unitario de 2.55 \$/t, la empresa Cominco con un costo unitario de 1.39 \$/t y la empresa Opermin con un costo promedio de 1.52 \$/t.

#### **Costo de transporte versus distancia promedio**

La relación de costos versus la distancia promedio durante los periodos 2018, 2019 y el periodo enero a julio del 2020 fueron de 2.17 \$/t para 5.38 kilómetros, de 2.25 \$/km para 5.55 kilómetros y 2.36 \$/t para 5.94 kilómetros respectivamente.

Esta relación proporcional de incremento de costos está relacionado al incremento de distancias, por los niveles más profundos de explotación.

**Tabla 20. Relación de costos de transporte versus distancia recorrida promedio durante los periodos 2018, 2019 y 2020 de la unidad minera Condestable**

FLOTA DE VOLQUETES	UNIDAD	2018	ene-19	feb-19	mar-19	abr-19	may-19	jun-19	jul-19	ago-19	sep-19	oct-19	nov-19	dic-19	Promed.
COSTOS DE TRANSPORTE	US \$/TM	2.17	2.44	2.16	1.34	2.13	2.00	2.21	2.32	2.43	2.63	2.33	2.47	2.48	2.25
DISTANCIA PROMEDIO	Km	5.38	6.15	5.32	3.30	5.22	4.84	5.36	5.71	6.06	6.65	5.70	6.11	6.20	5.55

FLOTA DE VOLQUETES	UNIDAD	ene-20	feb-20	mar-20	abr-20	may-20	jun-20	jul-20	Promed.
COSTOS DE TRANSPORTE	US \$/TM	2.44	2.15	2.24	2.41	2.71	2.62	1.97	2.36
DISTANCIA PROMEDIO	Km	6.00	5.21	5.48	6.03	6.69	6.50	5.70	5.94

*Tomado del Departamento de Planeamiento*

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **4.1. Método y alcances de la investigación**

##### **4.1.1. Método de la investigación**

El desarrollo de la investigación es de carácter aplicado con un nivel explicativo, permitiendo la mejora de la productividad y reducción de costos mediante el análisis de las variables de rendimiento operacional en equipos de carguío y transporte de mineral en la unidad minera Condestable.

##### **A. Método general**

El método aplicado es el inductivo - deductivo. El método observa e investiga en detalle las variables de rendimiento operacional en equipos de carguío para ver los resultados en la reducción de costos de transporte de mineral en la unidad minera Condestable

##### **B. Métodos específicos**

El procedimiento de recolección y procesamiento de información para determinar y analizar las variables de rendimiento operacional en equipos de carguío, obteniéndose la información mediante:

**Informes anteriores:** se recopilará información de las diferentes áreas unitarias como geología, geomecánica, mina, planeamiento y planta de la unidad minera.

**Trabajo de campo.** se realizará las observaciones pertinentes de campo como el análisis de tiempo, costos unitarios de transporte de equipos de carguío y transporte de mineral de la unidad minera Condestable.

**Trabajo de gabinete.** se analizará e interpretará la información recopilada, generando los resultados de las hipótesis planteadas en el presente estudio.

**Resultados.** se detallará los resultados del presente trabajo de investigación, dando respuesta a las hipótesis planteadas como, la reducción de costos de transporte y mejora de la productividad de equipos de carguío y transporte de mineral de la unidad minera Condestable.

#### **4.1.2. Alcances de la investigación**

##### **A. Tipo de investigación**

La investigación es del tipo aplicada, aplicando conocimientos y teorías que se han aplicado en las investigaciones básicas.

El tipo de investigación se fundamenta en las ciencias como la geología, mina, metalurgia, tecnología, mecánica y economía.

##### **B. Nivel**

El nivel es de tipo explicativo, porque busca analizar las variables de rendimiento operacional en equipos de carguío para la reducción de costos de transporte de mineral en la unidad minera Condestable.

La utilidad principal del nivel de investigación es determinar cómo influye las variables operacionales en la mejora de la productividad de equipos de carguío para la reducción de costos de transporte de mineral.

## **4.2. Diseño de la investigación**

El diseño de la investigación de la presente tesis analizará las variables que inciden en la productividad en los equipos de carguío como disponibilidad mecánica, utilización y rendimiento para la reducción de costos de transporte en la unidad minera Condestable.

### **4.2.1. Tipo de diseño de investigación**

Es de diseño no experimental de corte longitudinal (evolutivo). El análisis de información fue analizado e interpretado en un periodo de 6 meses, de enero a julio del 2020, mediante un control y registro de las variables operacionales de carguío analizando los cambios a través del tiempo.

En la investigación solo se enfoca a investigar y observar las variables de gestión operacional en equipos de carguío y transporte de mineral, para finalmente analizar la reducción de costos de transporte de mineral en la Unidad Minera Condestable.

**GNO:** 01 (T1, T2, T3, T4)

02 (T1, T2, T3, T4)

**GNO:** 01 y 02

## **4.3. Población y muestra**

### **4.3.1. Población**

La población son los equipos de carguío y transporte de mineral de la unidad minera Condestable.

### **4.3.2. Muestra**

Pertenece a los equipos de carguío Caterpillar de 6.3 y 4.1 yd<sup>3</sup> de la unidad minera Condestable.

## **4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **4.4.1. Técnicas utilizadas en la recolección de datos**

✓ Observación de campo

- ✓ Revisión y recopilación de bibliográfica
- ✓ Análisis de datos en campo
- ✓ Uso de softwares mineros y estadísticos.

#### **4.4.2. Instrumentos utilizados en la recolección de datos**

- ✓ Plantillas de cálculos de Microsoft Excel.
- ✓ Libros y revistas
- ✓ Referencias de internet
- ✓ Tablets y computadora
- ✓ Otros

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **5.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información**

En el presente capítulo se detalla los resultados de la investigación, mostrando el análisis del rendimiento operacional de equipos de carguío para la reducción de costos de transporte de mineral en la unidad minera Condestable, periodo 2020.

##### **5.1.1. Análisis del plan de producción**

Las producciones durante los periodos 2017 fueron de 2'432,293 toneladas con leyes promedio de cabeza de Cu@0.912 % y recuperaciones metalúrgicas de 89.70 %, durante el periodo 2018 se produjo 2'416.641 toneladas, con leyes promedio de cabeza de Cu@0.866 % y recuperaciones metalúrgicas de 89.46 % y durante el periodo 2019 se produjo 2'375,774 toneladas con leyes promedio de cabeza de Cu@0.852 %.

Durante el periodo enero a julio del 2020 se produjeron 1'295,254 toneladas con leyes promedio de cabeza de Cu@0.820 % y recuperaciones metalúrgicas de 89.48 %.

**Tabla 21. Histórico de tratamiento de mineral de los periodos 2017, 2018, 2019 y primer semestre del 2020 de unidad minera Condestable**



*Tomado del Departamento de Planeamiento.*

a) Análisis e interpretación de resultados

- ✓ Las producciones promedio diario durante el periodo 2017 fueron de 6,664 t/día, durante el periodo 2018 fueron de 6,621 t/día y durante el periodo 2019 fueron de 6505 t/día. El menor tonelaje producido durante el periodo enero a julio 2020 fue debido a las circunstancias atípicas producidas por el Covid 19.
- ✓ Los radios de concentración durante los periodos 2017, 2018, 2019 y 2020 fueron de 28.31, 29.72, 30.21 y 31.24. Este incremento del radio de concentración es proporcional al descenso de las leyes de cabeza y disminución de la producción programada.
- ✓ El tratamiento de mineral aumente en 7.2 % (12,388 TMS) respecto al mes de junio a julio 2020 con una Ley de Cabeza – Cu de 0.768 % produciendo 1,208 toneladas Cu fino pagable con una ley de concentrado - Cu de 22.830 %.

**5.1.2. Análisis del rendimiento de equipos de carguío**

Los índices de rendimiento de equipos de carguío representan a 8 scoops que trabajan en forma continua, los que se considera 2 scoops de 4 yd<sup>3</sup> y 6 scoops de 6 yd<sup>3</sup>.

La disponibilidad mecánica promedio de los scoops de 6 yd<sup>3</sup> para los periodos 2016, 2017, 2018 y 2019 fueron de 81 %, 88 %, 88 % y 88 % respectivamente y la utilización en el mismo periodo fue de 62 %, 60 %, 62 % y 63 % respectivamente, y un rendimiento de toneladas por hora de 90, 100, 105 y 94 t/h respectivamente. La disponibilidad mecánica promedio de los scoops de 4 yd<sup>3</sup> para los periodos 2016, 2017, 2018 y 2019 fueron de 84 %, 89 %, 90 % y 89 % respectivamente y la utilización en el mismo periodo fue de 56 %, 47 %, 47 % y 51 % respectivamente, y un rendimiento de toneladas por hora de 64, 56, 56 y 52 t/h respectivamente.

**Tabla 22. Indicadores operacionales de equipos de carguío, periodo primer semestre del 2020 de unidad minera Condestable**

CAPACIDAD	INDICES	2020							Promedio
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	
CONVENCIONAL + AVANCES	DM (%)	89	89	91	65	86	89	70	83
	UTIL (%)	54	58	53	19	23	31	57	43
	REND (TM/hr)	86	84	80	114	59	67	60	79
	Rend. Hidr (TM/hr)	147	127	116	213	92	88	81	124
	MTTR (hr)	4.12	4.12	5.21	41.96	19.5	5.9	3.14	11
	MTBF (hr)	35.68	35.68	54.99	42.67	25.34	18.82	34.59	36
SUBLEVEL STOPIG	DM (%)	85	87	81	80	81	84	77	82
	UTIL (%)	57	61	57	53	61	59	63	59
	REND (TM/hr)	106	95	98	99	97	102	103	100
	Rend. Hidr (TM/hr)	179	148	153	167	168	175	172	166
	MTTR (hr)	6	6	7	11	9	11	6	8
	MTBF (hr)	26	26	26	31	33	28	31	29
TOTAL FLOTA	Rend. Hidraul (TM/hr)	163	138	136	175	148	146	137	149
PRODUCCIÓN TM		206,934	191,160	197,203	174,051	168,064	172,727	185,115	1,295,254

**Tabla 23. Variables operacionales, utilización, disponibilidad y rendimiento operativo de equipos de carguío, scoop de 4 yd<sup>3</sup> y 6 yd<sup>3</sup> de unidad minera Condestable**

CAPACIDAD	EQUIPO	MANTENIMIENTO		Hrs Uso/Mes		Disponibilidad Mecánica (%)	Utilización (%)	Rend. Operacional (TM/Hr Motor)	Rend. Operacional (TM/Hr Hidráulico)	Consumo Combustible (Gal/Hr)	Rendim. (Hr/día)	MTTR (Hr)	MTBF (Hr)
		Preventivo (Hrs/Mes)	Correctivo (Hrs/Mes)	Motor Diesel	Hidráulicas								
Scoop 4 yd <sup>3</sup>	C415	0	161	267	175	78	48	36	55	5.1	10.3	10.7	17.8
	C431	0	357	209	146	50	59	33	47	4.49	12.3	32.4	19.0
<b>Total Scoop 4 yd<sup>3</sup></b>		<b>0</b>	<b>517</b>	<b>476</b>	<b>322</b>	<b>64</b>	<b>52</b>	<b>35</b>	<b>52</b>	<b>4.8</b>	<b>11.0</b>	<b>21.6</b>	<b>18.4</b>
Scoop 6 yd <sup>3</sup>	C606	0	102	373	211	86	62	98	173	6.37	12.4	8.5	31.1
	C625	0	125	382	314	83	65	90	110	5.81	14.7	9.6	29.4
	C626	15	194	304	205	71	60	87	129	6.02	11.2	5.9	9.2
	C627	12	114	363	210	83	61	97	168	6.48	13.0	5.4	17.3
	C629	36	275	290	175	57	73	106	175	7.56	13.2	10.6	11.2
	C630	33	49	388	229	89	62	123	208	6.28	13.8	3.5	27.7
<b>Total Scoop 6 yd<sup>3</sup></b>		<b>95</b>	<b>858</b>	<b>2100</b>	<b>1344</b>	<b>78</b>	<b>63</b>	<b>101</b>	<b>157</b>	<b>6.4</b>	<b>13.0</b>	<b>7.2</b>	<b>21.0</b>
<b>TOTAL FLOTA</b>		<b>95</b>	<b>1375</b>	<b>2576</b>	<b>1665</b>	<b>74</b>	<b>61</b>	<b>88</b>	<b>137</b>	<b>6.0</b>	<b>12.6</b>	<b>10.8</b>	<b>20.3</b>

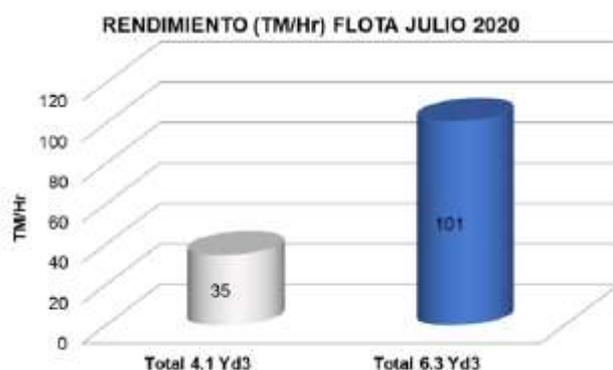
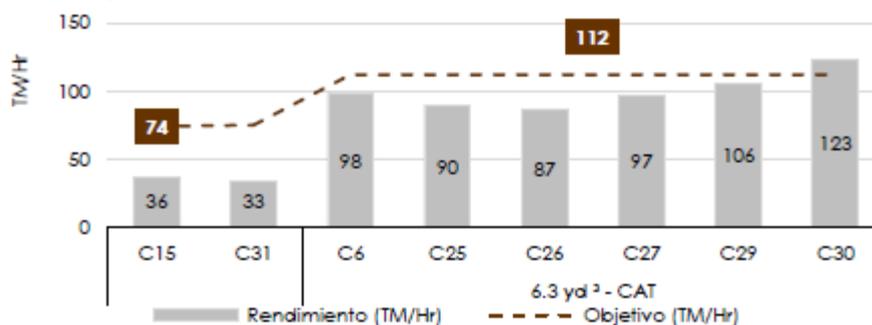
**Tabla 24. Indicadores operacionales de scoops de 4 y 6 yd<sup>3</sup>, periodo primer semestre del 2020 de unidad minera Condestable**

CAPACIDAD	EQUIPO	INDICADORES	2020							
			Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Promedio
Scoop 4 yd3	C415	DM (%)	97	98	94	92	94	88	78	92
		UTIL (%)	44	54	44	12	18	29	48	36
		REND (TM/hr)	70	83	40	71	39	24	36	52
	C431	DM (%)	93	72	96	78	92	96	50	82
		UTIL (%)	48	50	41	8	27	27	59	38
		REND (TM/hr)	98	79	81	69	65	65	33	71
<b>Total Scoop 4 yd3</b>		<b>DM (%)</b>	<b>95</b>	<b>85</b>	<b>95</b>	<b>85</b>	<b>93</b>	<b>92</b>	<b>64</b>	<b>87</b>
		<b>UTIL (%)</b>	<b>46</b>	<b>52</b>	<b>43</b>	<b>10</b>	<b>23</b>	<b>27</b>	<b>52</b>	<b>37</b>
		<b>REND (TM/hr)</b>	<b>84</b>	<b>81</b>	<b>61</b>	<b>70</b>	<b>52</b>	<b>42</b>	<b>36</b>	<b>62</b>
Scoop 6 yd3	C606	DM (%)	87	89	81	82	86	68	86	83
		UTIL (%)	70	70	60	59	67	67	62	65
		REND (TM/hr)	111	109	113	108	115	108	98	109
	C625	DM (%)	85	93	94	-	59	75	83	71
		UTIL (%)	67	66	60	-	64	65	65	56
		REND (TM/hr)	86	90	93	-	100	91	90	79
	C626	DM (%)	89	78	77	71	89	86	71	80
		UTIL (%)	48	49	48	42	63	55	60	52
		REND (TM/hr)	98	109	112	131	129	84	87	107
	C627	DM (%)	79	94	76	88	87	78	83	83
		UTIL (%)	52	65	67	61	57	55	61	60
		REND (TM/hr)	103	126	127	129	126	84	97	113
	C629	DM (%)	81	80	92	77	79	94	57	80
		UTIL (%)	56	58	53	54	65	58	73	59
		REND (TM/hr)	136	132	130	131	133	107	106	125
	C630	DM (%)	90	91	81	80	66	94	89	85
		UTIL (%)	61	61	59	46	50	60	62	57
		REND (TM/hr)	149	141	146	140	138	121	123	137
<b>Total Scoop 6 yd3</b>		<b>DM (%)</b>	<b>86</b>	<b>88</b>	<b>84</b>	<b>80</b>	<b>78</b>	<b>83</b>	<b>78</b>	<b>83</b>
		<b>UTIL (%)</b>	<b>58</b>	<b>59</b>	<b>58</b>	<b>52</b>	<b>61</b>	<b>60</b>	<b>63</b>	<b>59</b>
		<b>REND (TM/hr)</b>	<b>113</b>	<b>117</b>	<b>120</b>	<b>128</b>	<b>124</b>	<b>100</b>	<b>101</b>	<b>115</b>
<b>TOTAL FLOTA SCOOP</b>		<b>DM (%)</b>	<b>89</b>	<b>87</b>	<b>86</b>	<b>81</b>	<b>82</b>	<b>85</b>	<b>74</b>	<b>84</b>
		<b>UTIL (%)</b>	<b>57</b>	<b>58</b>	<b>54</b>	<b>40</b>	<b>51</b>	<b>52</b>	<b>61</b>	<b>54</b>
		<b>REND (TM/hr)</b>	<b>107</b>	<b>109</b>	<b>105</b>	<b>111</b>	<b>106</b>	<b>92</b>	<b>88</b>	<b>103</b>

**Tabla 25. Indicadores operacionales en áreas de explotación convencional y sublevel stoping durante el periodo primer semestre del 2020 de unidad minera Condestable**

CAPACIDAD	INDICES	2020							
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Promedio
CONVENCIONAL + AVANCES	DM (%)	89	89	91	65	86	89	70	83
	UTIL (%)	54	58	53	19	23	31	57	43
	REND (TM/hr)	86	84	80	114	59	67	60	79
	Rend. Hidr (TM/hr)	147	127	116	213	92	88	81	124
	MTTR (hr)	4.12	4.12	5.21	41.96	19.5	5.9	3.14	11
	MTBF (hr)	35.68	35.68	54.99	42.67	25.34	18.82	34.59	36
SUBLEVEL STOPIG	DM (%)	85	87	81	80	81	84	77	82
	UTIL (%)	57	61	57	53	61	59	63	59
	REND (TM/hr)	106	95	98	99	97	102	103	100
	Rend. Hidr (TM/hr)	179	148	153	167	168	175	172	166
	MTTR (hr)	6	6	7	11	9	11	6	8
	MTBF (hr)	26	26	26	31	33	28	31	29
TOTAL FLOTA	Rend. Hidraul (TM/hr)	163	138	136	175	148	146	137	149

**Tabla 26. Rendimiento operacional (t/h) de scoops de 6 yd<sup>3</sup> entre lo programado y ejecutado durante el periodo primer semestre del 2020 de unidad minera Condestable**



a) Análisis e interpretación de resultados

- ✓ La disponibilidad mecánica, utilización y rendimiento operativo promedio en scoops de 4 yd<sup>3</sup> durante el periodo enero a julio del 2020 fueron de 87 %, 37 % y 62 t/h.

- ✓ La menor utilización 37 % de los *scoops* de 4 yd<sup>3</sup>, comparado con el 51 % del periodo anterior 2019, fue producto de la problemática que tuvo que asumir las distintas empresas mineras referente al COVID 19, modificando y disminuyendo sus planes de producción.
- ✓ El rendimiento operativo de *scoops* de 4 yd<sup>3</sup> de enero a julio 2020 mejoró comparado con el periodo 2019 de 62 t/h a 52 t/h. Esta mejora del rendimiento fue producto de incidir mayores trabajos en áreas productivas que en labores de desarrollo, por lo que se obtuvo una producción diaria promedio de 6110 t/día.
- ✓ La disponibilidad mecánica, utilización y rendimiento operativo promedio en *scoops* de 6 yd<sup>3</sup> durante el periodo enero a julio del 2020 fueron de 83 %, 59 % y 115 t/h.
- ✓ La disminución de la disponibilidad mecánica promedio de los *scoops* de 6 yd<sup>3</sup> en el periodo enero a julio del 2020 de 83 % a 88 % durante el periodo 2019, demuestra que los equipos de carguío estarán relacionados a su vida útil y a los niveles de profundización de las labores.
- ✓ La menor utilización 59 % de los *scoops* de 6 yd<sup>3</sup>, comparado con el 63 % del periodo anterior 2019, fue producto de la problemática que tuvo que asumir las distintas empresas mineras referente al COVID 19, modificando y disminuyendo sus planes de producción.
- ✓ El rendimiento operativo de *scoops* de 6yd<sup>3</sup> de enero a julio 2020 mejoró comparado con el periodo 2019 de 115 t/h a 92 t/h. Esta mejora del rendimiento fue producto de incidir mayores trabajos en áreas productivas que en labores de desarrollo, asociado a áreas productivas mediante el método de minado *sublevel stoping*.

- ✓ La disponibilidad, utilización y rendimiento operativo promedio de los equipos de carguío (4 y 6 yd<sup>3</sup>) durante el periodo enero a julio 2020 fueron de 84 %, 54 % y 103 t/h.
- ✓ Finalmente, el rendimiento promedio de los *scoops* de 6 yd<sup>3</sup> programado de 112 t/h mejoraron con el rendimiento ejecutado en 123 t/h, durante el último periodo de junio a julio del 2020.

### **5.1.3. Análisis del mantenimiento preventivo y correctivo**

El mantenimiento preventivo para el *scoop* de 4 yd<sup>3</sup> durante los periodos 2018 y 2019 fue de 27 y 41 horas promedio anual respectivamente y el mantenimiento correctivo durante los mismos periodos fue de 73 y 84 horas promedio anual.

Asimismo, el mantenimiento preventivo para el *scoop* de 4 yd<sup>3</sup> durante el periodo enero a julio del 2020 fueron de 22 horas promedio mensual y el mantenimiento correctivo fue de 167 horas promedio mensual.

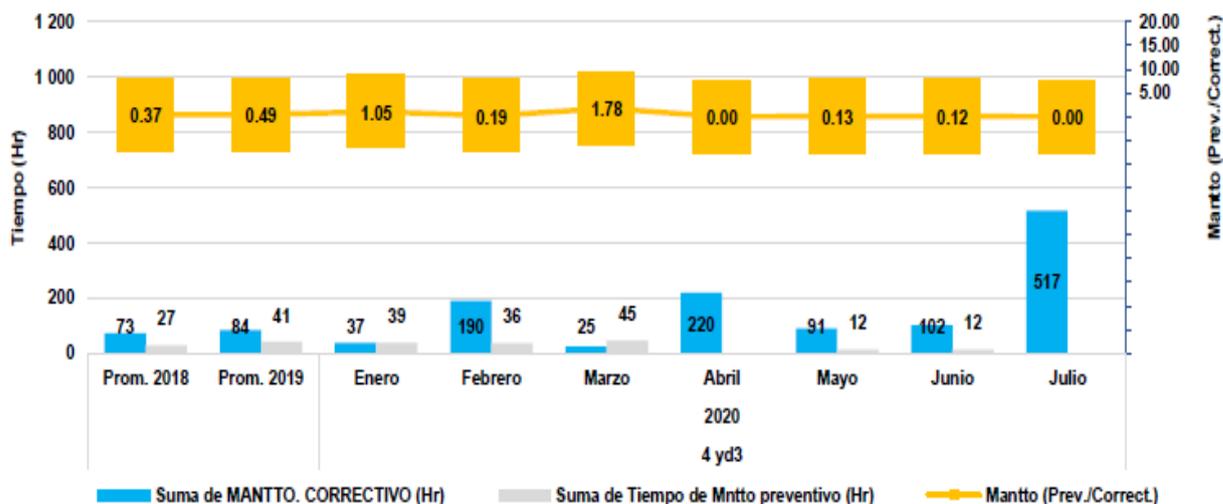
La relación de mantenimiento preventivo y correctivo promedio para *scoops* de 4 yd<sup>3</sup> para los periodos 2018 y 2019 fueron de 0.37 y 0.49 respectivamente.

El mantenimiento preventivo para el *scoop* de 6 yd<sup>3</sup> durante los periodos 2018 y 2019 fue de 164 y 187 horas promedio anual respectivamente y el mantenimiento correctivo durante los mismos periodos fue de 475 y 397 horas promedio anual.

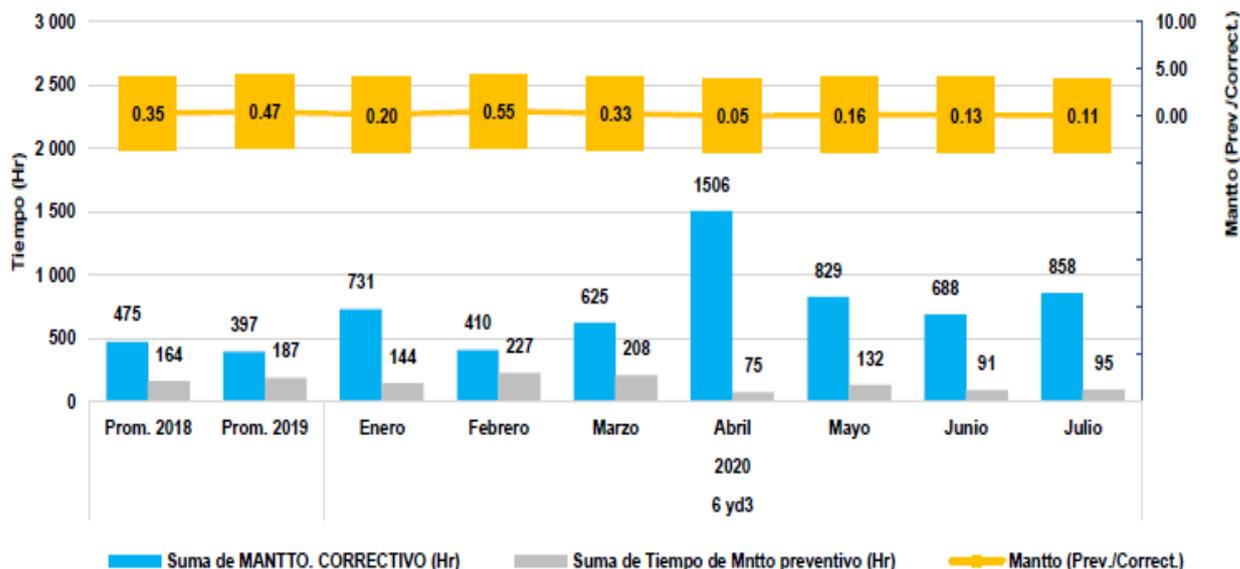
Por otro lado, el mantenimiento preventivo para el *scoop* de 6 yd<sup>3</sup> durante el periodo enero a julio del 2020 fueron de 141 horas promedio mensual y el mantenimiento correctivo fue de 797 horas promedio anual.

La relación de mantenimiento preventivo y correctivo promedio para *scoops* de 6 yd<sup>3</sup> para los periodos 2018 y 2019 fueron de 0.35 y 0.47 respectivamente.

**Tabla 27. Mantenimiento preventivo y correctivo de scoops de 4 yd<sup>3</sup>, periodo primer semestre del 2020 de unidad minera Condestable**



**Tabla 28. Mantenimiento preventivo y correctivo de scoops de 6 yd<sup>3</sup>, periodo primer semestre del 2020 de unidad minera Condestable**



**Tabla 29. Mantenimiento preventivo y correctivo de scoops de 4 y 6 yd<sup>3</sup>, periodo primer semestre del 2020 de unidad minera Condestable**

CAPACIDAD	MANTENIMIENTO	2020							
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Promedio
Scoop 4 yd <sup>3</sup>	PREVENTIVO (Hrs)	39	36	45	0	12	12	0	22
	CORRECTIVO (Hrs)	37	190	25	220	91	102	517	167
	PREV. / CORRECT.	1.05	0.19	1.80	0.00	0.13	0.12	0.00	0.50
PRODUCCIÓN		206,934	191,160	197,203	174,051	168,064	172,727	185,115	1,295,254

CAPACIDAD	MANTENIMIENTO	2020							
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Promedio
Scoop 6 yd <sup>3</sup>	PREVENTIVO (Hrs)	144	227	208	75	132	91	95	141
	CORRECTIVO (Hrs)	731	410	625	1506	829	688	858	797
	PREV. / CORRECT.	0.20	0.55	0.33	0.05	0.16	0.13	0.11	0.22
PRODUCCIÓN		206,934	191,160	197,203	174,051	168,064	172,727	185,115	1,295,254

a) Análisis e interpretación de resultados

- ✓ El mantenimiento preventivo para el *scoop* de 4 yd<sup>3</sup> durante el periodo enero a julio del 2020 fueron de 22 horas promedio mensual y el mantenimiento correctivo fue de 167 horas promedio mensual.
- ✓ El mantenimiento preventivo para el *scoop* de 6 yd<sup>3</sup> durante el periodo enero a julio del 2020 fueron de 141 horas promedio mensual y el mantenimiento correctivo fue de 797 horas promedio anual.
- ✓ El mantenimiento correctivo para *scoops* de 4 yd<sup>3</sup> durante el periodo julio y junio del 2020 variaron de 102 horas a 512 horas.
- ✓ El mantenimiento correctivo para *scoops* de 6 yd<sup>3</sup> durante el periodo julio y junio del 2020 variaron de 688 horas a 858 horas.

- ✓ Este mayor mantenimiento correctivo está relacionado directamente a las restricciones producto de los protocolos de seguridad en la unidad minera y de las limitaciones operacionales generadas por el Covid 19.
- ✓ Finalmente, la relación de mantenimiento preventivo y el mantenimiento correctivo de los *scoops* de 4 yd<sup>3</sup> y 6 yd<sup>3</sup> fueron de 0.5 y 0.22, comparados con los periodos 2018 y 2019 principalmente en *scoops* de 6 yd<sup>3</sup>.

#### 5.1.4. Análisis del consumo de combustible y horas efectivas

El consumo de combustible de los *scoops* de 6 yd<sup>3</sup> durante los periodos 2018 y 2019 fueron de 5.29 y 6.09 gal/h respectivamente.

El consumo de combustible de los *scoops* de 4 yd<sup>3</sup> durante los periodos 2018 y 2019 fueron de 4.24 y 4.15 gal/h respectivamente

El promedio de consumo de combustible de toda la flota durante el periodo 2017 y 2018 fueron de 5.17 y 5.92 gal/h respectivamente.

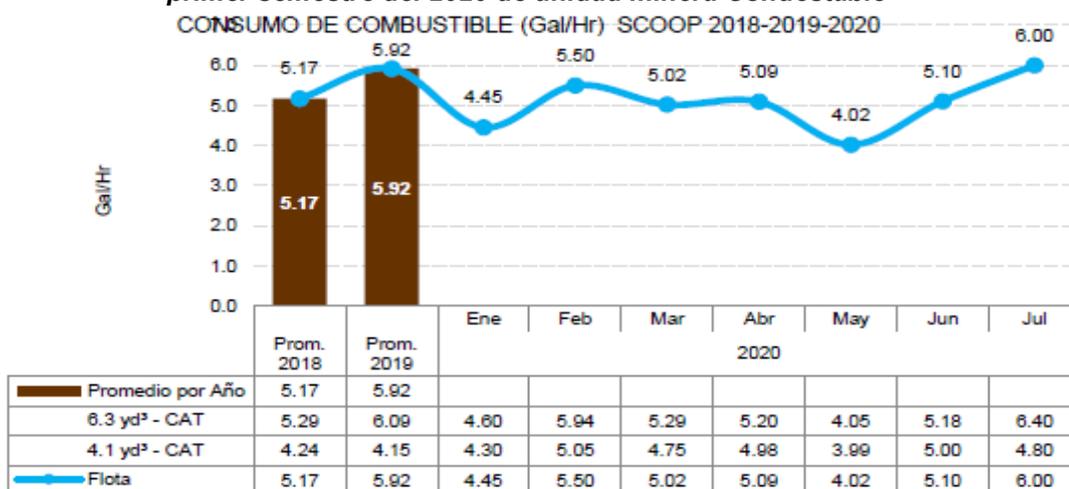
**Tabla 30. Consumo de combustible en equipos de carguío (*scoops* de 4 y 6 yd<sup>3</sup>), periodo primer semestre del 2020 de unidad minera Condestable**

CAPACIDAD	CONSUMO COMBUSTIBEL (Gal/hr) - 2020							
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Promedio
6.3 Yd3 - CAT	4.60	5.94	5.29	5.20	4.05	5.18	6.40	5.25
4.1 Yd3 - CAT	4.30	5.05	4.75	4.98	3.99	5.00	4.80	4.70
<b>FLOTA PROM.</b>	<b>4.45</b>	<b>5.50</b>	<b>5.02</b>	<b>5.09</b>	<b>4.02</b>	<b>5.10</b>	<b>6.00</b>	<b>5.03</b>
PRODUCCIÓN	206,934	191,160	197,203	174,051	168,064	172,727	185,115	1,295,254

**Tabla 31. Horas efectivas de equipos de carguío (scoops de 4 y 6 yd<sup>3</sup>), periodo primer semestre del 2020 de unidad minera Condestable**

CAPACIDAD	EQUIPO	Prom. (Hr /día)
4 Yd3	C415	10.26
	C431	12.31
PROMEDIO SCOOP 4 YD3		11.05
6 Yd3	C606	12.45
	C625	14.7
	C626	11.25
	C627	12.98
	C629	13.17
	C630	13.84
PROMEDIO SCOOP 6 YD3		12.97
PROMEDIO FLOTA		12.63

**Tabla 32. Consumo de combustible en equipos de carguío (scoops de 4 y 6 yd<sup>3</sup>), periodo primer semestre del 2020 de unidad minera Condestable**



a) Análisis e interpretación de resultados

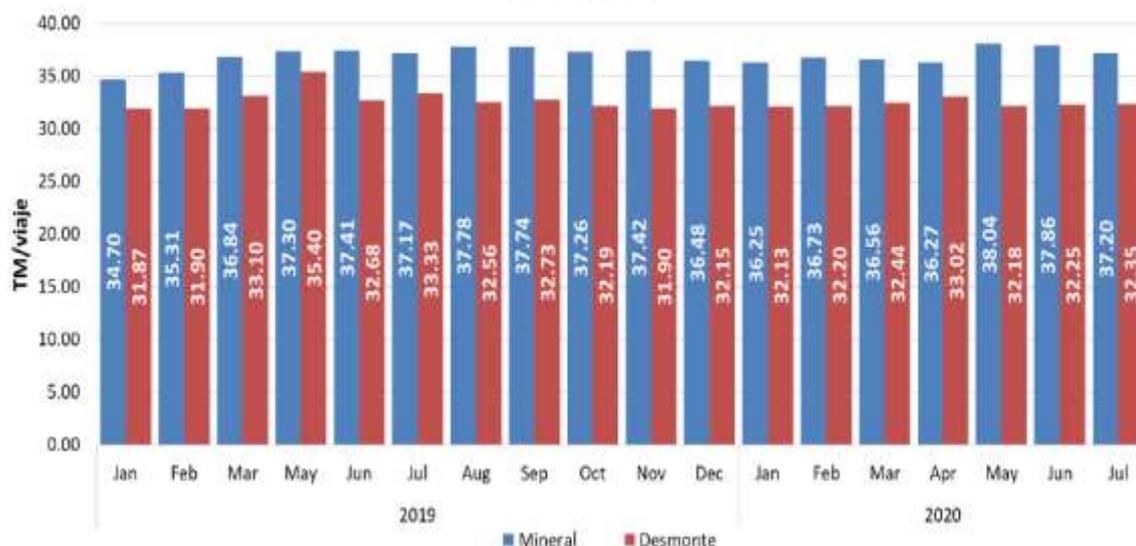
- ✓ El promedio de consumo de combustible promedio de los *scoops* de 6 y<sup>3</sup> para el periodo enero a julio 2020 es de 5.25 gal/h.
  
- ✓ El promedio de consumo de combustible promedio de los *scoops* de 4 y<sup>3</sup> para el periodo enero a julio 2020 es de 4.70 gal/h.
  
- ✓ El promedio de consumo de combustible promedio para los equipos de carguío (*scoops* 4 y 6 yd<sup>3</sup>) para el periodo enero a julio del 2020 de 5.03 gal/h.
  
- ✓ Las horas efectivas durante el periodo enero a julio 2020 de los *scoops* de 4 yd<sup>3</sup> en el modelo C415 fueron de 10.26 h/día y del modelo C431 fueron de 12.31 h/día. Se considera un promedio de horas efectivas de la flota de 4 yd<sup>3</sup> en 11.05 h/día.
  
- ✓ Las horas efectivas durante el periodo enero a julio 2020 de los *scoops* de 6 yd<sup>3</sup> en el modelo C606 fueron de 12.45 h/día, del modelo C625 fueron de 14.7 h/día, del modelo C626 fueron de 11.25 h/día, del modelo C627 fueron de 12.98 h/día, del modelo C629 fueron de 13.17 h/día y del modelo C630 fueron de 13.84 h/día. Se considera un promedio de horas efectivas de la flota de 6 yd<sup>3</sup> en 12.97 h/día.
  
- ✓ El promedio general de las horas efectivas de los *scoops* de 4yd<sup>3</sup> y 6 yd<sup>3</sup> durante el periodo enero a julio del 2020 fueron de 12.63 h/día.

**5.1.5. Análisis de transporte de material**

El rendimiento de los equipos de transporte durante el periodo 2019 para mineral y desmonte fueron de 36.86 y 32.71 t/viaje respectivamente, considerando el total promedio de material (mineral + desmonte) transportado de 69.57 t/viaje.

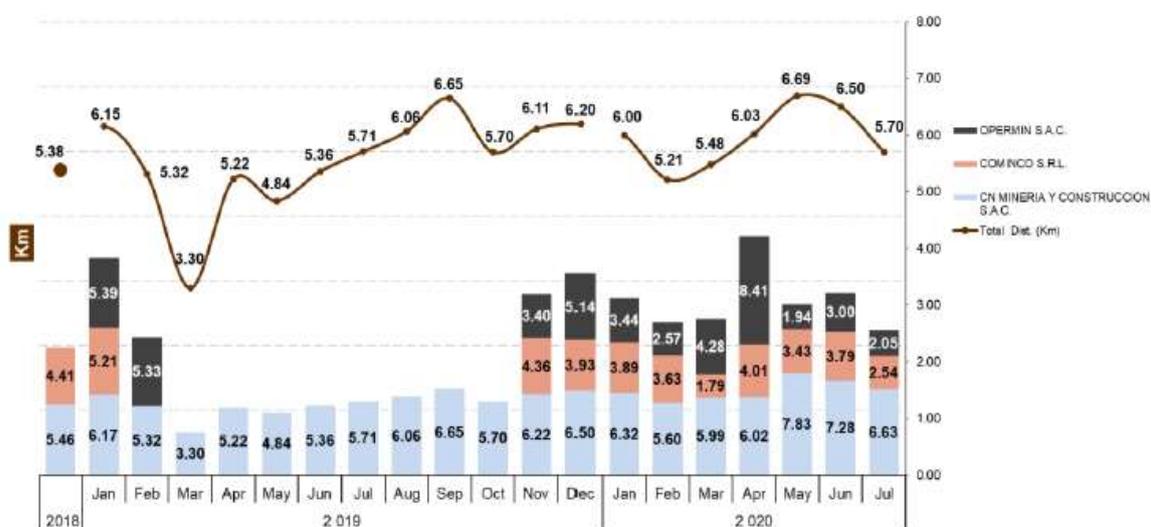
La distancia promedio de recorrido durante el periodo 2018, 2019 y 2020 fueron de 5.38, 5.55 y 5.94 kilómetros respectivamente.

**Tabla 33. Rendimiento mensual de transporte periodo 2019 y 2020 de unidad minera Condestable**



Tomado del Departamento de Planeamiento

**Tabla 34. Rendimiento mensual de transporte periodo 2019 y 2020 de unidad minera Condestable**



Tomado del Departamento de Planeamiento

a) Análisis e interpretación de resultados

- ✓ El rendimiento de los equipos de transporte durante el periodo enero a julio del 2020 para mineral y desmorte fueron de 36.99 y 32.37 t/viaje respectivamente, considerando el total promedio de material (mineral + desmorte) transportado de 69.35 t/viaje.

- ✓ Se observa un mayor rendimiento de transporte de mineral durante el periodo enero a julio del 2020 comparado con el periodo 2019 en una diferencia de 0.13 t/viaje.
- ✓ Durante el periodo enero a julio del 2020 la empresa CN SAC obtuvo una distancia promedio de 6.52 kilómetros, la empresa Cominco una distancia promedio de 3.30 kilómetros y la empresa Opermin con una distancia promedio de 3.67 kilómetros.
- ✓ De las 3 empresas, la empresa CN SAC obtiene mayor presencia en el servicio de transporte de mineral y desmonte en la unidad minera Condestable, contando con unidades de transporte de mayor capacidad.

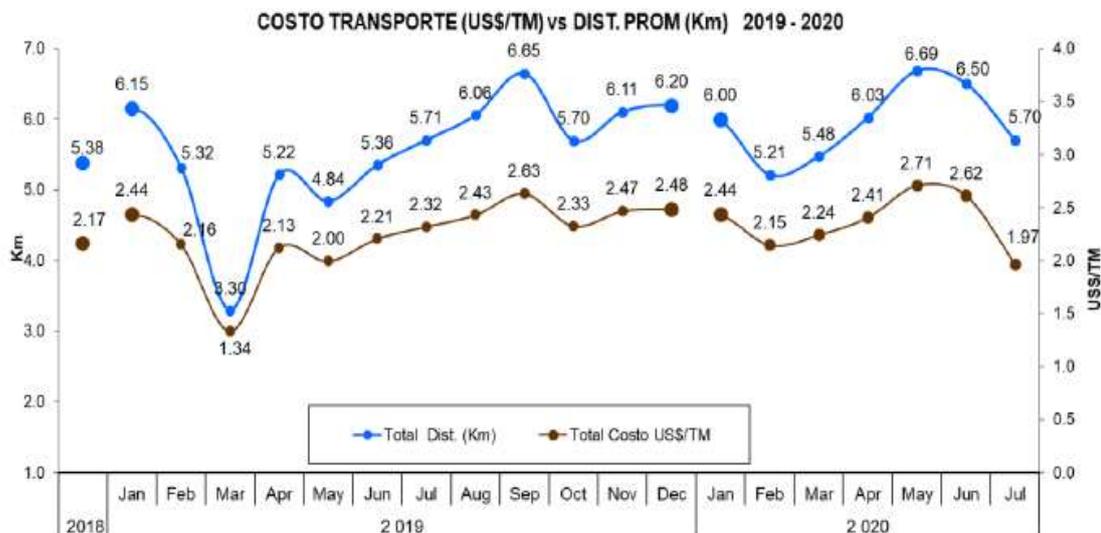
#### **5.1.6. Análisis de costos**

Los costos unitarios de transporte durante los periodos 2018, 2019 y periodo enero a julio del 2020 fueron de 2.17, 2.25 y 2.36 \$/t respectivamente.

Durante el periodo 2018 la empresa CN SAC representó un costo unitario de transporte de 2.19 \$/t y la empresa Cominco representa un costo unitario de 1.81 \$/t durante el mismo periodo.

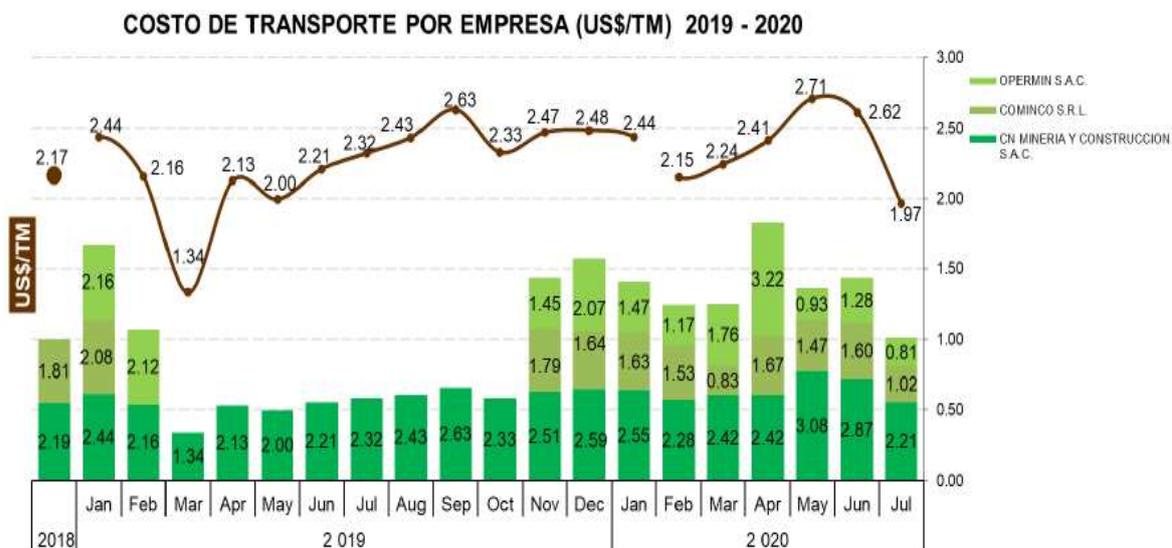
Para el periodo 2019 la empresa CN SAC obtuvo un costo unitario de transporte de 2.26 \$/t, la empresa Cominco obtuvo un costo unitario de 1.84 \$/t y la empresa Opermin con un costo unitario de 1.95 \$/t.

**Tabla 35. Relación de costo de transporte versus distancia promedio periodo 2019 y 2020 de unidad minera Condestable**



*Tomado del Departamento de Planeamiento*

**Tabla 36. Relación de costo de transporte por empresa periodo 2019 y 2020 de unidad minera Condestable**



*Tomado del Departamento de Planeamiento*

a) Análisis e interpretación de resultados

- ✓ Durante el periodo de estudio de enero a julio del 2020 la empresa CN SAC obtuvo un costo unitario de 2.55 \$/t, la empresa COMINCO con un costo unitario de 1.39 \$/t y la empresa OPERMIN con un costo promedio de 1.52 \$/t.

- ✓ La relación de costos versus la distancia promedio durante los periodos 2018, 2019 y el periodo enero a julio del 2020 fueron de 2.17 \$/t para 5.38 kilómetros, de 2.25 \$/km para 5.55 kilómetros y 2.36 \$/t para 5.94 kilómetros respectivamente.
- ✓ Esta relación proporcional de incremento de costos está relacionado al incremento de distancias, por los niveles más profundos de explotación.
- ✓ La reducción de costos de transporte está asociado al tonelaje transportado durante el periodo junio y julio del 2020 que es de 172,727 toneladas y 185,115 toneladas respectivamente.
- ✓ El costo unitario para el mes de junio es de 2.62 \$/t y de 1.97 \$/t para el mes de julio, con un valor reducido de 0.65 \$/t.
- ✓ Esta reducción de costos de transporte está directamente asociado al incremento de tonelaje, así como a las variables de disponibilidad mecánica y utilización de los equipos de carguío y acarreo.

#### **5.1.7. Comprobación de la hipótesis**

Al analizar las variables operacionales en los equipos de carguío disminuye significativamente la reducción de costos de transporte de mineral en la unidad minera condestable.

Al evaluar los criterios de disponibilidad mecánica en los equipos de carguío aumenta la productividad en el transporte de mineral en la unidad minera Condestable.

Al evaluar la productividad en equipos de carguío mejora el tonelaje de transporte de mineral en la unidad minera Condestable.

**Tabla 37. Reducción de costos de transporte e indicadores operacionales, periodo 2020 de la unidad minera Condestable**

**COSTOS DE TRANSPORTE - 2020**

FLOTA DE VOLQUETES		UNIDAD	Ene-20	Feb-20	Mar-20	Abr-20	May-20	Jun-20	Jul-20	Promed.
COSTOS	CN SAC	US S/TM	2.55	2.28	2.42	2.42	3.08	2.87	2.21	2.55
	COMINCO		1.63	1.53	0.83	1.67	1.47	1.60	1.02	1.39
	OPERMIN		1.47	1.17	1.76	3.22	0.93	1.28	0.81	1.52
	<b>PROMEDIO COSTO TRANSP FLOTA</b>		<b>2.44</b>	<b>2.15</b>	<b>2.24</b>	<b>2.41</b>	<b>2.71</b>	<b>2.62</b>	<b>1.97</b>	<b>2.36</b>
<b>PRODUCCIÓN</b>		TM	206,934	191,160	197,203	174,051	168,064	172,727	185,115	1,295,254
<b>PROMEDIO COSTOS</b>		<b>US S/TM</b>	<b>2.39</b>					<b>2.30</b>		

**INDICADORES OPERACIONALES**

EQUIPO	INDICADORES	2020							Promedio
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	
Total Scoop 4 yd3	DM (%)	95	85	95	85	93	85	90	89
	UTIL (%)	46	52	43	10	23	40	52	37
	REND (TM/hr)	84	81	61	70	52	76	80	72
Total Scoop 6 yd3	DM (%)	86	88	84	80	78	83	78	83
	UTIL (%)	58	59	58	52	61	60	63	59
	REND (TM/hr)	113	117	120	128	124	110	120	119
TOTAL FLOTA SCOOP	DM (%)	89	87	86	81	82	85	74	84
	UTIL (%)	57	58	54	40	51	52	61	54
	REND (TM/hr)	107	109	105	111	106	120	110	110
PRODUCCIÓN	TM	206,934	191,160	197,203	174,051	168,064	172,727	185,115	1,295,254
TOTAL FLOTA SCOOP	<b>DM (%)</b>	<b>85</b>					<b>87</b>		
	<b>UTIL (%)</b>	<b>52</b>					<b>57</b>		
	<b>REND (TM/hr)</b>	<b>108</b>					<b>115</b>		

a) Análisis e interpretación de resultados

- ✓ Durante el periodo de estudio de enero a julio del 2020 se produjo un total de 1,295,254 toneladas métricas con un costo promedio de transporte de 2.36 \$/t. El análisis en dicho periodo de tiempo permitió corroborar la reducción de costos de transporte entre el periodo enero a mayo con un costo de transporte de 2.39 \$/t para un tonelaje producido de 937,412 y el periodo junio a julio con una reducción de costos de transporte a 2.30 \$/t y un tonelaje producido de 357,842 toneladas. Esto permitió una reducción de costos en 0.09 \$/t y un costo total entre el periodo junio y julio de 33,995 \$.
  
- ✓ La productividad promedio durante el periodo de estudio consideran una disponibilidad mecánica promedio de 84 %. El periodo de análisis de enero a mayo se definió una disponibilidad mecánica de 85 %, incrementándose durante el periodo junio a julio en 87 %, producto del incremento de tonelaje producido en el método de minado *sublevel stoping*.
  
- ✓ Finalmente, el incremento de la utilización de 52 % entre el periodo enero a mayo a 57 % entre el mes de junio a julio, permitió un incremento del tonelaje transportado mejorando el rendimiento de 108 t/h a 115 th durante los periodos evaluados.

## CONCLUSIONES

1. Durante el periodo de estudio de enero a julio del 2020 se produjo un total de 1,295,254 toneladas métricas con un costo promedio de transporte de 2.36 \$/t. El análisis en dicho periodo de tiempo permitió corroborar la reducción de costos de transporte entre el periodo enero a mayo con un costo de transporte de 2.39 \$/t para un tonelaje producido de 937,412 y el periodo junio a julio con una reducción de costos de transporte a 2.30 \$/t y un tonelaje producido de 357,842 toneladas. Esto permitió una reducción de costos en 0.09 \$/t y un costo total entre el periodo junio y julio de 33,995 \$.
2. La productividad promedio durante el periodo de estudio consideran una disponibilidad mecánica promedio de 84 %. El periodo de análisis de enero a mayo se definió una disponibilidad mecánica de 85 %, incrementándose durante el periodo junio a julio en 87 %, producto del incremento de tonelaje producido en el método de minado *sublevel stoping*.
3. El incremento de la utilización de 52 % entre el periodo enero a mayo a 57 % entre el mes de junio a julio, permitió un incremento del tonelaje transportado mejorando el rendimiento de 108 t/h a 115 t/h durante los periodos evaluados.
4. Las producciones promedio diario durante el periodo 2017 fueron de 6,664 t/día, durante el periodo 2018 fueron de 6,621 t/día y durante el periodo 2019 fueron de 6505 t/día. El menor tonelaje producido durante el periodo enero a julio 2020 fue debido a las circunstancias atípicas que afectaron el Covid 19.
5. Los radios de concentración durante los periodos 2017, 2018, 2019 y 2020 fueron de 28.31, 29.72, 30.21 y 31.24. Este incremento del radio de concentración es proporcional al descenso de las leyes de cabeza y disminución de la producción programada.

6. El tratamiento de mineral aumente en 7.2 % (12,388 TMS) respecto al mes de junio a julio 2020 con una Ley de Cabeza – Cu de 0.768 % produciendo 1,208 TM Cu fino pagable con una Ley de Concentrado - Cu de 22.830 %.
7. La disponibilidad mecánica, utilización y rendimiento operativo promedio en *scoops* de 4 yd<sup>3</sup> durante el periodo enero a julio del 2020 fueron de 87 %, 37 % y 62 t/h.
8. La menor utilización 37 % de los *scoops* de 4 yd<sup>3</sup>, comparado con el 51 % del periodo anterior 2019, fue producto de la problemática que tuvo que asumir las distintas empresas mineras referente al Covid 19, modificando y disminuyendo sus planes de producción.
9. El rendimiento operativo de *scoops* de 4yd<sup>3</sup> de enero a julio 2020 mejoró comparado con el periodo 2019 de 62 t/h a 52 t/h. Esta mejora del rendimiento fue producto de incidir mayores trabajos en áreas productivas que en labores de desarrollo, por lo que se obtuvo una producción diaria promedio de 6110 t/día.
10. La disponibilidad mecánica, utilización y rendimiento operativo promedio en *scoops* de 6 yd<sup>3</sup> durante el periodo enero a julio del 2020 fueron de 83 %, 59 % y 115 t/h.
11. La disminución de la disponibilidad mecánica promedio de los *scoops* de 6 yd<sup>3</sup> en el periodo enero a julio del 2020 de 83 % a 88 % durante el periodo 2019, demuestra que los equipos de carguío estarán relacionados a su vida útil y a los niveles de profundización de las labores.
12. La menor utilización 59 % de los *scoops* de 6 yd<sup>3</sup>, comparado con el 63 % del periodo anterior 2019, fue producto de la problemática que tuvo que asumir las distintas empresas mineras referente al Covid 19, modificando y disminuyendo sus planes de producción.

13. El rendimiento operativo de *scoops* de 6yd<sup>3</sup> de enero a julio 2020 mejoró comparado con el periodo 2019 de 115 t/h a 92 t/h. Esta mejora del rendimiento fue producto de incidir mayores trabajos en áreas productivas que en labores de desarrollo, asociado a áreas productivas mediante el método de minado *sublevel stoping*.
14. El rendimiento promedio de los *scoops* de 6 yd<sup>3</sup> programado de 112 t/h mejoraron con el rendimiento ejecutado en 123 t/h, durante el último periodo de junio a julio del 2020.
15. La relación de mantenimiento preventivo y el mantenimiento correctivo de los *scoops* de 4 yd<sup>3</sup> y 6 yd<sup>3</sup> fueron de 0.5 y 0.22, comparados con los periodos 2018 y 2019 principalmente en *scoops* de 6 yd<sup>3</sup>.
16. El promedio general de las horas efectivas de los *scoops* de 4yd<sup>3</sup> y 6 yd<sup>3</sup> durante el periodo enero a julio del 2020 fueron de 12.63 h/día.
17. Los costos unitarios de transporte durante los periodos 2018, 2019 y periodo enero a julio del 2020 fueron de 2.17, 2.25 y 2.36 \$/t respectivamente.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar estudios geológicos y geomecánicos de mayor detalle, y asociarlos a la selección y dimensionamiento de flota.
2. En función al detalle de las variables geológicas como la densidad en los diferentes sectores de la mina, se recomienda definir las relaciones por grado de fragmentación producto del concepto *mine to mil*.
3. Se recomienda relacionar el grado de fragmentación con el factor de llenado o *fill factor* en equipos de carguío, para controlar y mejorar el rendimiento de los equipos.
4. Generar programas de optimización y reducción de costos a partir de los conceptos *mine to mil*, se recomienda definir y relacionar las mallas de perforación a su grado de fragmentación y asociarlas al consumo de energía en el proceso de chancado y molienda.
5. Se recomienda definir los costos de consumo de energía en el proceso de conminución desde la etapa de voladura, carguío, acarreo, chancado y molienda y definir programas de gestión operacional.
6. Finalmente, se recomienda relacionar las propiedades de la roca como la densidad, parámetros de malla de perforación y grado de fragmentación para mejorar el factor de llenado y controlar y reducir el número de pases.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MAXERA, C. *Aplicación de la simulación para la optimización del acarreo del mineral*. (Título de Ingeniero Industrial). Lima - Perú : Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2005, 80 pp.
2. DOMINGUEZ, J. *Optimización del carguío y acarreo por Lublin Chile caso minera Yanacocha*. (Título de Ingeniero de Minas). Lima - Perú : Universidad Nacional de Ingeniería, 2001.
3. TOMAIRO, E. *Aplicación del modelo matemático de simulación a las operaciones mineras unitarias de carguío y acarreo en tajos abiertos*. (Título de Ingeniero de Minas). Lima - Perú : Universidad Nacional de Ingeniería. 2018, 174 pp.
4. SEGAMA, R. *Incremento de productividad mediante optimización del sistema de transporte con camiones en el Tajo Norte – Sociedad Minera El Brocal*. (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo - Perú : Universidad Nacional del Centro del Perú. 2019, 70 pp.
5. BONZI, J. 2016. *Propuestas de mejora de la utilización efectiva en base a disponibilidad de la flota de carguío y transporte en minera Los Pelambres*. (Título de Ingeniero Civil de Minas). Santiago - Chile: Universidad de Chile. 2016, 135 pp.

## **ANEXOS**

## ANEXO A

### Matriz de operacionalización de variables

**Tabla 38. Matriz de operacionalización de variables**

Variables	Definición Conceptual	Definición operacional		
		Dimensiones	Subdimensiones	Indicadores
VI: Variables operacionales en los equipos de carguío de mineral.	Las variables operacionales en equipos de carguío están referidos a mejorar la productividad en dichos equipos, incrementando el tonelaje de mineral.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Factores geológicos</li> <li>Factores geomecánicos</li> <li>Factores Operacionales</li> </ul>	Parámetro geológico  Parámetro geomecánico  Productividad	Ley de cabeza, recuperación metalúrgica, etc.  Características del macizo rocoso  Disponibilidad y utilización.
VD: Reducción de costos de transporte de mineral.	La reducción de costos de transporte está asociado directamente al incremento de tonelaje transportado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Variables Económicas</li> </ul>	Costos operativos  Análisis económico	Opex  Costo de transporte



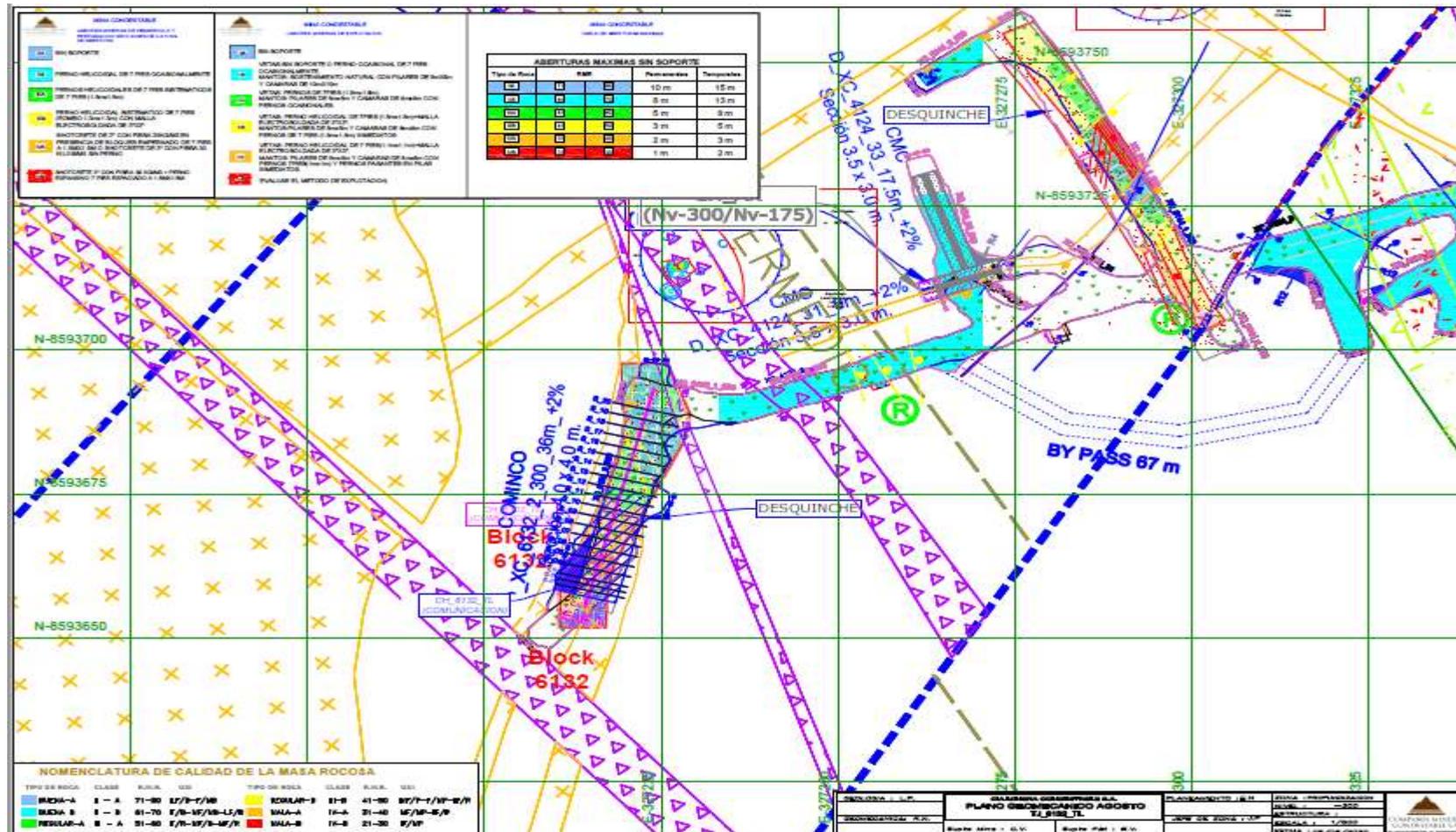
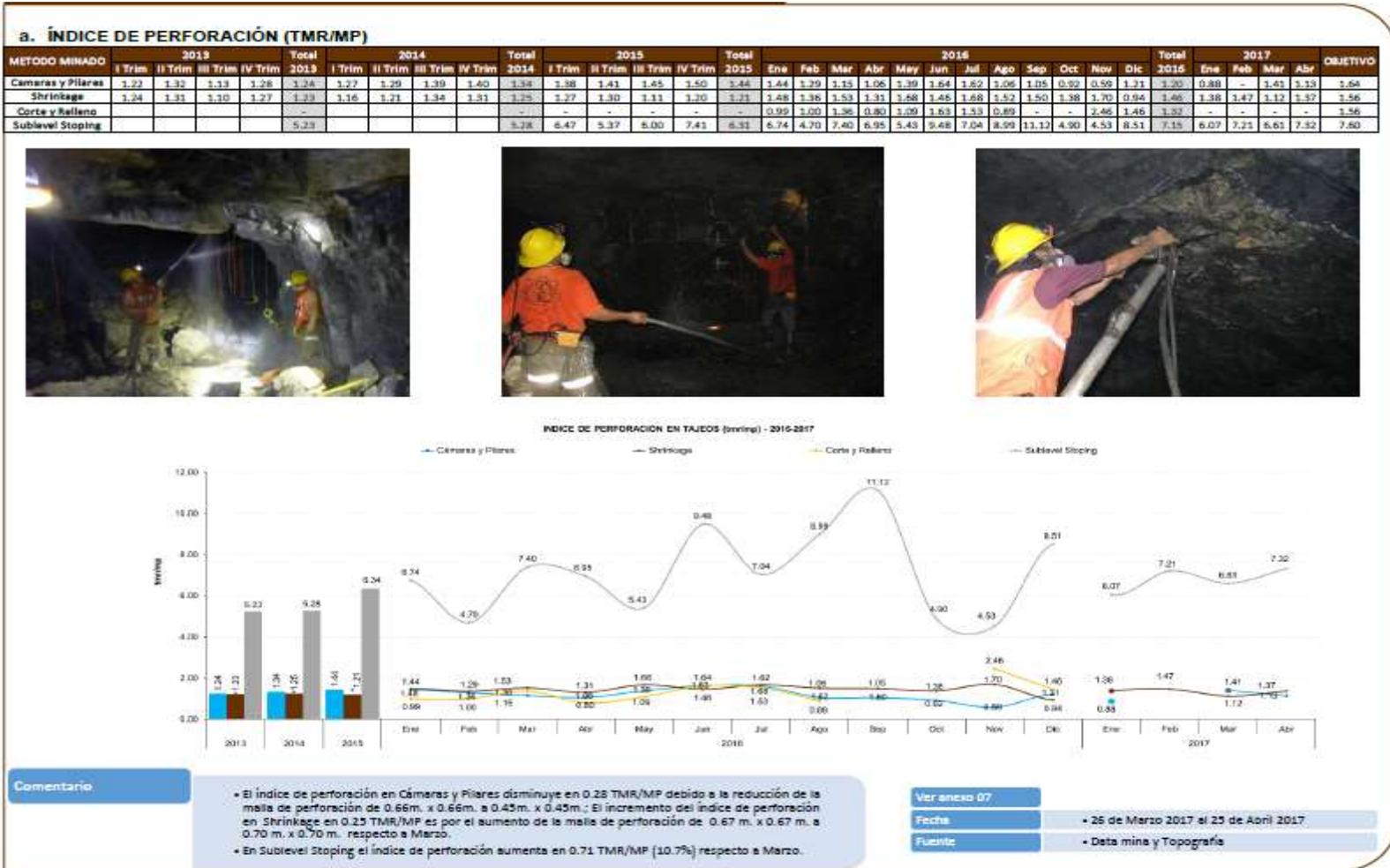


Figura 16. Mapeo geomecánico de labores de profundización, Tj 6132 de la unidad minera Condestable Tomado del Departamento de Geomecánica



**Figura 17. Índices de explotación en tajos convencionales y mecanizados de la unidad minera Condestable Tomado del Departamento de Planeamiento**

**b. FACTOR DE POTENCIA (KG/TMR)**

METODO MINADO	2013				Total	2014				Total	2015				Total	2016												Total	2017				OBJETIVO
	I Trim	II Trim	III Trim	IV Trim		I Trim	II Trim	III Trim	IV Trim		I Trim	II Trim	III Trim	IV Trim		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic		Ene	Feb	Mar	Abr	
Cámaras y Pilares	0.34	0.32	0.36	0.32	0.33	0.33	0.33	0.33	0.32	0.33	0.32	0.31	0.34	0.32	0.33	0.33	0.34	0.33	0.33	0.31	0.35	0.30	0.41	0.41	0.45	0.54	0.38	0.38	0.42	-	0.35	0.35	0.27
Shrinkage	0.25	0.25	0.36	0.32	0.33	0.35	0.32	0.33	0.29	0.33	0.34	0.34	0.40	0.39	0.37	0.25	0.33	0.34	0.37	0.28	0.34	0.29	0.29	0.29	0.35	0.30	0.44	0.31	0.32	0.37	0.40	0.35	0.30
Corte y Relleno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.35	0.20	0.28	0.35	0.34	0.34	0.34	0.28	-	-	0.39	0.35	0.30	-	-	-	-	0.29
Sublevel Stoping	-	-	-	-	0.31	-	-	-	-	-	0.32	0.28	0.27	0.29	0.29	0.28	0.33	0.21	0.33	0.26	0.23	0.25	0.26	0.23	0.26	0.26	0.26	0.26	0.31	0.25	0.31	0.34	

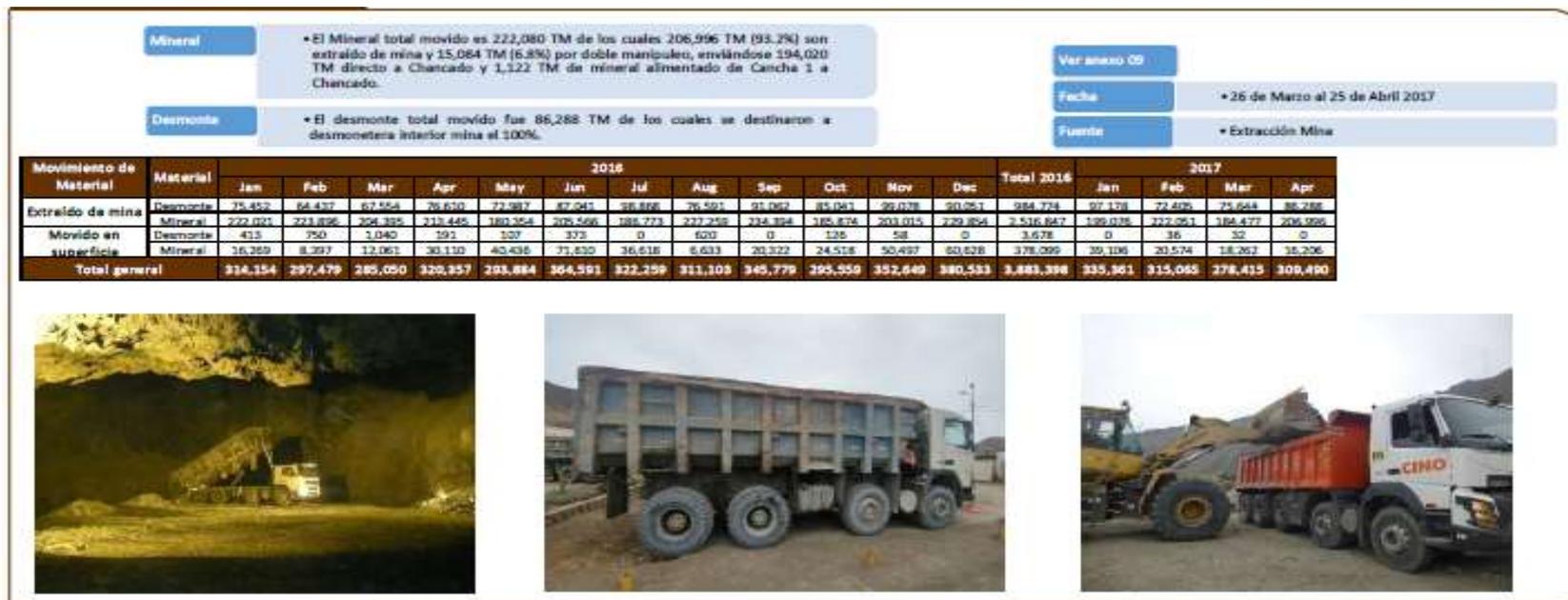


**Comentario**

- El Factor de potencia en tajos convencionales: sube en Cámaras y Pilares en 0.04 Kg/TMR porque al disminuir la malla de perforación de 0.66m. x 0.66m. a 0.45m. x 0.45m. se perforan y cargan más taladros. En Shrinkage baja en 0.07 Kg/TMR debido al incremento de la malla de perforación de 0.67m x 0.67m a 0.70m. x 0.70m. se perforan y cargan menos taladros respecto a Marzo.
- En Sublevel Stoping el Factor de Potencia sube a 0.31 Kg/TMR respecto al mes de marzo.

Ver anexo 09  
 Fecha: 25 de Marzo 2017 al 25 de Abril 2017  
 Fuente: Datos mina y Topografía

**Figura 18. Factor de potencia en tajos convencionales y mecanizados de la unidad minera Condestable Tomado del Departamento de Planeamiento**



### 11. AHORRO POR DIFERENCIA DE DISTANCIA Y RELLENO A INTERIOR MINA

	Prom. 2015	2016												2017			
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
<b>AHORRO (US\$)</b>	58,281	71,879	77,701	48,211	118,327	71,005	11,519	22,560	15,028	96,490	104,094	146,498	145,846	154,857	98,226	116,014	103,347
<b>TM Dts. Int.Mina(genera ahorro)</b>	54,654	75,070	48,959	40,295	57,868	65,311	23,153	71,798	52,622	57,580	75,990	86,308	64,571	63,853	70,428	67,614	72,144

**Comentario:**

• Del total de desmonte enviado a desmonteras interior mina (86,288 TM), solamente 72,144 TM (83.6%) genera un ahorro de US\$ 103,347 por diferencia de distancias respecto a la Desmontera de Superficie.

Ver anexo 10

Fecha

• 26 de Marzo 2017 al 25 de Abril 2017

Fuente

• Extracción Mina

Figura 19. Movimiento de material de la unidad minera Condestable Tomado del Departamento de planeamiento