

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA DE MINAS**

“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y COSTO UNITARIO DE CARGUÍO DE LAS EXCAVADORAS DE PRODUCCIÓN EN UNA MINA A TAJO ABIERTO, LA LIBERTAD 2022”

Tesis para optar al título profesional de:

**Ingeniero de Minas**

**Autores:**

Manuel Wilfredo Cachi Morillo

Jhony Alex Juarez Diaz

**Asesor:**

Mg. Ing. Oscar Arturo Vásquez Mendoza

<https://orcid.org/0000-0003-4920-2204>

Cajamarca - Perú

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	<b>Daniel Alejandro Alva Huamán</b>	<b>43006890</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>Miguel Ricardo Portilla Castañeda</b>	<b>45209190</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>Rafael Napoleón Ocas Boñón</b>	<b>42811302</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## **DEDICATORIA**

Dedico mi tesis a Dios, ya que gracias a él e logrado concluir con mi carrera profesional, a mis padres y hermanos, porque ellos siempre estuvieron motivándome a lograr mis objetivos y a culminar este gran sueño.

Manuel Wilfredo Cachi Morillo

Esta tesis va dedicado a mis padres y hermanos quienes son las personas más importantes en mi vida; y que, gracias a su sacrificio, consejos, motivación y apoyo, permitieron desarrollar y lograr mis objetivos en mi formación profesional.

Así mismo, a todos mis familiares y mis más sinceras amistades, por sus consejos y apoyo incondicional.

Jhony Alex Juárez Díaz

## AGRADECIMIENTO

Mis más sinceros agradecimientos a mis padres por motivarme a cumplir con todas mis metas, y a todos mis docentes de la carrera de ingeniería de minas que nos imparten sus conocimientos, enseñanza y apoyo incondicional para el desarrollo de mi trabajo de investigación durante nuestra vida académica.

Gracias, al Ing. Oscar Vásquez Mendoza por su asesoramiento, paciencia, dedicación, y conocimientos, ya que su presencia fue fundamental para el desarrollo de esta tesis.

Manuel Wilfredo Cachi Morillo

Agradezco a Dios por haberme guiado y dado las fuerzas durante mi formación académica. Así mismo, doy gracias a mis padres, demás familiares y amigos, por ser mis mayores consejeros y fuente de motivación para lograr todas mis metas.

Finalmente, agradezco a los docentes y a mi asesor el Ing. Oscar Vásquez Mendoza, por su apoyo y tiempo en la realización y culminación de esta tesis.

Jhony Alex Juárez Díaz

## TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
TABLA DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN	8
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	9
1.1. Realidad probematica	9
1.2. Formulación del problema	17
1.3. Objetivos	17
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	18
CAPÍTULO III: RESULTADOS	23
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	36
REFERENCIAS	39
ANEXOS	42

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Descripción de los equipos de carguío .....	18
<b>Tabla 2:</b> Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	19
<b>Tabla 3:</b> Tiempos de ciclo - Números de Viaje / mayo .....	23
<b>Tabla 4:</b> Tonelaje cargado / mayo .....	26
<b>Tabla 5:</b> Rendimiento Real Vs Rendimiento KPIS Vs Rendimiento Planificado.....	32
<b>Tabla 6:</b> Costos Unitarios de las excavadoras .....	34

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Excavadora Hidráulica 390 FL .....	15
<b>Figura 2:</b> Reporte de tiempos de ciclo de las excavadoras de producción.....	20
<b>Figura 3:</b> Reporte de rendimiento de las excavadoras de producción.....	20
<b>Figura 4:</b> Formato digital adaptado 01 .....	21
<b>Figura 5:</b> Formato digital adaptado 02 .....	21
<b>Figura 6:</b> Gráfico comparativo del N° Viajes .....	30
<b>Figura 7:</b> Gráfico comparativo de los Tiempos de ciclo .....	31
<b>Figura 8:</b> Gráfico comparativo del rendimiento de las excavadoras .....	33
<b>Figura 9:</b> Gráfico comparativo de C.U Reales Vs C.U Planificados .....	34

## RESUMEN

La tesis que se presenta a continuación tiene por finalidad evaluar el rendimiento y costo unitario de carguío de las excavadoras de producción en una mina a tajo abierto ubicada en la Libertad, 2022. La muestra asumida está conformada por las 06 excavadoras CAT de producción encargadas del carguío en el frente de minado (material mineral).

Concluyendo que, la excavadora que más viajes realizó fue la 950E\_02CED con un total de hasta 23 viajes en un turno, así mismo en la tabla 03 se evidencia que en el mes de mayo las excavadoras con la mayor cantidad de viajes fueron la 950E\_02CED con 292 viajes y la 390FL\_03SS con 337. Además, la excavadora con mayor tiempo de ciclo es la 390FL\_03SS con valores de hasta 42.5 minutos; las excavadoras 950E\_02CED y 390FL\_01SAG presentan los tiempos mínimos con 8 y 12.5 minutos respectivamente. Así mismo, la excavadora 950E\_01CED es la que presenta un mejor rendimiento superando el planificado en 248 toneladas.

La excavadora 950E\_01CED y la 390FL\_03SS que presentaron mayor rendimiento, tuvieron un C.U. Real en el carguío de 0.128 \$/t y 0.125 \$/t respectivamente, teniendo una diferencia con el C.U en el carguío planificado de 0.017 \$/t y 0.13 \$/t mensuales.

**PALABRAS CLAVES:** Rendimiento, costos, ciclo, viajes, excavadoras, producción, tonelaje.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad probemática

Hoy en día la industria minera se vuelve mucho más cambiante lo que conlleva a las empresas a implementar mecanismos que permitan controlar las actividades que realizamos con el fin de llevar un adecuado control de nuestros equipos en campo, costos y el cumplimiento de metas según la planificación del Proyecto (Rojas , 2019). Dentro de los procesos productivos de mayor costo se encuentra el carguío y transporte de material, debido a que es el proceso con mayor cantidad de equipos involucrados, alto grado de mecanización, menor rendimiento productivo por equipo y constituye un proceso de operación prácticamente continuo y lento, el propósito del carguío y transporte es retirar el material disparado de los diferentes frentes de trabajo y transportarlo adecuadamente a su lugar de destino (Romero, 2021).

Actualmente en la empresa minera en estudio la metodología es por Banqueteo, que consiste en perforar y fragmentar con explosivo, este material será removido con excavadora a lo largo de toda la longitud del afloramiento. El desmonte removido se deposita sobre el botadero habilitado, para el transporte del desmonte se empleará volquetes de 20m<sup>3</sup>, el mineral extraído es transportado a los PAD de lixiviación para su posterior tratamiento. El material es cargado con excavadoras CAT 374DL, 390DL y 349DL y cargadores frontales LH. La finalidad del trabajo de investigación se relaciona con la evaluación del rendimiento de las excavadoras en función de los tiempos de ciclo y horas efectivas de trabajo en la etapa de carguío, así como la diferencia entre su costo unitario en \$/ton planificado y el ejecutado.

Según (Carranza & Combita, 2015), el análisis del rendimiento y la productividad de la excavadora tienen como fundamento el hecho que tanto los dueños de maquinaria pesada como los ingenieros civiles constructores presentan desconocimiento significativo sobre los procesos ejecutables de una máquina en específico y este desconocimiento se evidencia en la parte constructiva en donde no hay manejo ni seguimiento serio del rendimiento y la productividad de una máquina.

Se tomaron algunos antecedentes de investigaciones previas relacionadas con las variables de estudio con el fin de reforzar los hallazgos en nuestros resultados. A nivel internacional, (Carranza & Combita, 2015), en su tesis "Análisis del desempeño de la excavadora CAT 320D en la construcción de una vía, ejecutando actividades de movimiento de tierra. Caso de estudio – Proyecto Caricare en el departamento Arauca", tuvo por objetivo analizar el desempeño de la excavadora CAT 320D en la construcción de una vía, ejecutando actividades de movimiento de tierra, en el caso de estudio proyecto CARICARE en el departamento de Arauca. Los resultados indican que el rendimiento y la productividad son desfavorables en comparación con los rendimientos pares, dado que el rendimiento calculado es de 64.195 metros cúbicos por hora ( $m^3/hr$ ) contra el estándar que es de setenta metros cúbicos por hora; y la productividad alcanzó un promedio de 0.01569 horas por metro cúbico ( $hr/m^3$ ); teniendo en cuenta que la productividad con base en el estándar es igual a 0.01428 ( $hr/m^3$ ), dando un desempeño del 92.708% del estándar, siendo este bastante cercano al par, sin embargo no alcanza al ideal de la máquina. Se puede concluir que el modelo planteado se ajusta a las necesidades de la investigación, con la cual se podrá continuar enriqueciendo la base de datos con más observaciones adicionadas a la actividad estudiada o con nuevas actividades de otros sistemas constructivos.

Así mismo, (Chiriboga, Pillasagua, & Santos, 2011) en su investigación titulada "Rendimiento de Equipo Pesado para la Explotación de una Cantera – BORCONS", tuvo como objetivo el cálculo de los rendimientos de los equipos camineros que intervienen en la explotación de una cantera de cielo abierto. Los resultados señalan que, el rendimiento de la excavadora Caterpillar 330CL fue de 81.95 m<sup>3</sup>/h. Concluyendo que, en esta cantera el equipo pesado más importa del cual depende la producción diaria es la Excavadora, ya que ella es la encargada de darle trabajo a los otros equipos, sin ella se paralizaría la producción diaria. Para la demanda diaria que tiene la cantera su equipo pesado cumple eficientemente su labor, produciendo aproximadamente más de 600 metros cúbicos diarios. El conjunto de equipos pesados podría tener una mayor producción diaria, pero debido a la demanda diaria de 600 metros cúbicos tienen tiempos de ocio considerables la excavadora y los volquetes.

Por otro lado, a nivel nacional, (Pérez, 2021), en su tesis "Análisis de productividad entre la excavadora 349 D2L y el cargador frontal L260H para determinar el óptimo costo unitario en el ciclo de carguío de la empresa Minera Summa Gold Corporation, 2020", tuvo como objetivo analizar la productividad entre una excavadora 349 D2L y un cargador frontal L260H para optimizar el costo unitario del ciclo de carguío. Concluyendo que se logró analizar la productividad de la excavadora mediante su rendimiento horario de 851.78 Tn/h y su costo de arrendamiento de 127 USD/h llegando a obtener una productividad de 0.149 USD/Tn respectivamente. Se logró analizar la productividad del cargador frontal mediante su rendimiento horario de 903.9Tn/h y su costo de arrendamiento de 116 USD/h llegando a obtener una productividad de 0.128 USD/Tn respectivamente.

De igual manera, (Alcalá, 2017), en su trabajo monográfico "Análisis comparativo de rendimiento de costos entre dos máquinas en trabajos de excavación", tuvo por finalidad comparar los rendimientos de costos de dos excavadoras en soles/hora en un mismo lugar de trabajo. Los resultados obtenidos concluyeron que en el análisis individual de la excavadora hidráulica de marca "X" con 173 hp de potencia, tiene mejor rendimiento de costos (generó más ganancias), lo que hace que sea más rentable obteniendo ingresos por m<sup>3</sup> de 816 USD/h, con un costo de equipo de 196.8 USD/h que hace un beneficio neto de 619.2 USD/h en comparación con el de la excavadora de marca "Y" con potencia de 220 hp, que da mayor producción por ser de mayor potencia pero genera también mayor costo de equipo lo que deduce menor margen de ganancia llegando solo a obtener 587 UDS//h.

Así mismo, (Eduardo & Wilmer, 2015) en su tesis "Comparación de la productividad del cargador frontal CAT 962 H y la excavadora CAT 329 DL para la selección de equipo de carguío en COMARSA", tuvo como objetivo principal determinar y comparar la productividad entre un cargador frontal y una excavadora en términos de costo por tonelada para la selección de equipo en arrendamiento en la Mina Santa Rosa, todo el trabajo se realizó con datos de gabinete y campo. Concluyendo que, el cargador frontal CAT 962 H obtuvo una productividad es 0.701 USD/Tn y la excavadora CAT 329 DL obtuvo 0.15 USD/Tn estos resultados nos indican que los cargadores frontales CAT 962H en el tajo Tentadora, deben ser reemplazadas por excavadoras CAT 329DL ya que representarían un ahorro de 429 780 USD mensuales para las operaciones de carguío en este tajo.

También (Matos, 2020), en su trabajo de investigación "Reducción de costos unitarios de carguío y acarreo mediante programación de equipos – Mina – Corihuarmi",

tuvo como objetivo determinar el beneficio económico de la propuesta de un modelo de acarreo y carguío para reducir los costos unitarios de estas operaciones en la Unidad Minera Corihuarmi, de la Compañía Minera IRL. Concluyendo que, la reducción del costo de las actividades es notable debido al cambio de flota, ya que se logra reducir dicho costo unitario de carguío (mineral) a \$0.175 en referencia al costo actual \$0.188; también se logra reducir los costos unitarios de carguío (desmote) a \$0.165 en referencia al costo actual \$0.187 y estos cambios genera una ganancia de \$471,810.18. Además, la reducción del costo unitario de acarreo (mineral) a \$0.345 en referencia al costo actual \$0.280; también se logra reducir los costos unitarios de acarreo (desmote) a \$0.248 en referencia al costo actual \$0.280 y estos cambios genera una ganancia de \$1,879,873.09.

El marco teórico que se consideró en la investigación abarca términos empleados a lo largo del desarrollo de la tesis. Según (Romero, 2021), "el carguío y el transporte constituyen las acciones que definen la principal operación en una faena minera. Estas son los responsables del movimiento del mineral o estéril que ha sido fragmentado en un proceso de voladura". "En las faenas mineras es crucial un diseño eficiente donde la operación de carguío trabaje en forma integrada con los camiones, que en la mayoría de las aplicaciones constituyen un elemento de alto costo en el conjunto del sistema de carguío y transporte".

El carguío constituye una de las etapas que forma parte del proceso de explotación, se refiere específicamente a la carga de material mineralizado del yacimiento, ésta se realiza en las bermas de carguío, las que están especialmente diseñadas para la actividad (Romero, 2021).

El costo de extracción, determinante para la industria minera, es el que representa el precio a costo de la materia prima que se procesa en la planta de beneficio. Esta cuenta de naturaleza deudora, se obtiene por la suma de los tres elementos del costo: materiales, mano de obra y gastos indirectos (Romero, 2021).

En el costo de arrendamiento de equipos de carguío la compañía y las empresas contratistas establecieron costos de alquiler de equipo. Esta información es indispensable para la determinación de la productividad de los equipos en estudio, ya que hallando la producción en toneladas por hora y con estos costos se podrá determinar el costo por tonelada, y será el indicador con el cual se realizará la comparación (Eduardo & Wilmer, 2015).

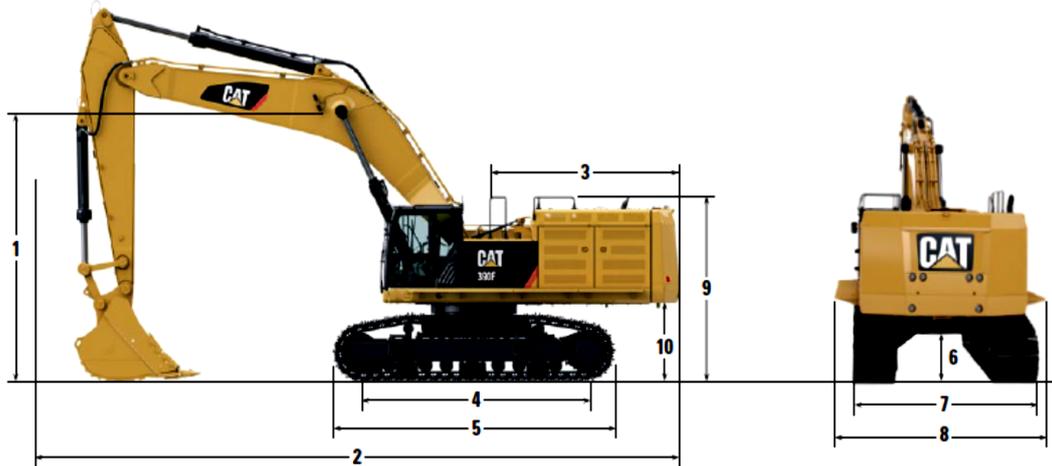
En minería a cielo abierto, uno de los equipos de carguío más utilizado es la Pala hidráulica y Excavadora, por su bajo costo, por unidad de producción y requieren de grandes volúmenes de material volado porque tienen poca movilidad para trabajar en varios frentes de carguío al mismo tiempo, son flexibles debido a que puede combinarse con varios modelos de camiones (Matos, 2020).

Las excavadoras hidráulicas son utilizadas en la excavación de la tierra y el carguío de camiones o volquetes (Malpica, 2014, pág. 13). Son máquinas autopropulsadas sobre ruedas o cadenas con una superestructura capaz de efectuar una rotación de 360 grados, que excava, carga, eleva, gira y descarga materiales por la acción de una cuchara fijada a un

conjunto de pluma y balance, sin que el chasis o la estructura portante se desplace (Medrano, 2015).

**Figura 1**

*Excavadora Hidráulica 390 FL*



Opciones de pluma	Pluma de alcance 10,0 m			Pluma GP 8,4 m			Pluma de alta producción 7,25 m	
Opciones de balancín	R5.5 m	R4.4 m	R5.5 m	R4.4 m	G3.4 m	M3.4 m	M2.92 m	
1 Altura de embarque	mm 5490	5070	5840	5290	5160	5310	4890	
2 Longitud de embarque	mm 16 290	16 330	14 500	14 690	14 720	13 550	13 690	
3 Radio de giro de la cola	mm 4700	4700	4700	4700	4700	4700	4700	
4 Distancia entre los centros de los rodillos	mm 5120	5120	5120	5120	5120	5120	5120	
5 Longitud de la cadena	mm 6358	6358	6358	6358	6358	6358	6358	
6 Altura libre sobre el suelo	mm 900	900	900	900	900	900	900	
7 Ancho de vía (retraído)	mm 2750	2750	2750	2750	2750	2750	2750	
Ancho de vía (expandido)	mm 3510	3510	3510	3510	3510	3510	3510	
8 Anchura de transporte								
Zapata de 650 mm	mm 4160	4160	4160	4160	4160	4160	4160	
Zapata de 750 mm	mm 4260	4260	4260	4260	4260	4260	4260	
Zapata de 900 mm	mm 4410	4410	4410	4410	4410	4410	4410	
9 Altura del pasamanos	mm 3830	3830	3830	3830	3830	3830	3830	
10 Altura libre desde el contrapeso	mm 1640	1640	1640	1640	1640	1640	1640	
Tipo de cucharón	GD	GD	GD	GD	SD	SDV	SDV	
Capacidad del cucharón	m <sup>3</sup> 3,9	3,9	4,6	4,6	4,6	6,0	6,0	
Radio de la punta del cucharón	mm 2424	2424	2319	2319	2319	2505	2505	

Fuente: (Caterpillar, 2022).

Los cargadores frontales son usados para el transporte de material fino y grueso, como arena, tierra y rocas, son utilizados para el carguío de camiones, para la excavación de suelos, explotación minera, construcción civil, etc. (Medrano, 2015). Estos equipos levantan

el material, lo transportan y lo descargan en volquetes, tolvas, depósitos o lo apilan en una plataforma. Los cargadores frontales realizan la misma labor que las palas y las excavadoras.

La eficiencia óptima de una maquina es la relación entre rendimiento y gastos que dé como resultado el costo más bajo posible por unidad de material movido. Influyen directamente en la productividad factores tales como la relación peso potencia, la capacidad el tipo de transmisión las velocidades y los costos de operación. Hay otros factores menos directos que influyen en el funcionamiento y productividad de las maquinas como la facilidad de servicio, la seguridad, la disponibilidad de piezas y las conveniencias para el operador, lo cual no es posible mostrarlos en tablas ni gráficas y dependerán del criterio y la experiencia de las personas relacionadas con el cálculo de estas productividades (Carranza & Combata, 2015).

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cómo evaluar el rendimiento y costo unitario de carguío de las excavadoras de producción en una mina a tajo abierto ubicada en la Libertad, 2022?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo General**

Evaluar el rendimiento y costo unitario de carguío de las excavadoras de producción en una mina a tajo abierto ubicada en la Libertad, 2022.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Determinar los tiempos de ciclo de carguío y número de viajes de las excavadoras de producción durante el mes de mayo.
- Calcular el rendimiento real (Tph) y costo unitario de carguío (\$/t) de las excavadoras de producción.

## **1.4. Hipótesis**

Con la evaluación del rendimiento y costo unitario de carguío de las excavadoras de producción se logrará determinar la diferencia del costo planificado y el real.

## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

El trabajo de investigación realizado es de tipo Aplicada, la cual busca la generación de conocimiento con aplicación directa a los problemas de la sociedad o el sector productivo. Esta se basa fundamentalmente en los hallazgos tecnológicos de la investigación básica, ocupándose del proceso de enlace entre la teoría y el producto (Lozada, 2014). Presenta un enfoque No experimental, no existe manipulación de las variables por parte del investigador (Alvarez, 2020). El diseño que presenta la investigación es descriptivo, el cual comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual y la composición o procesos de los fenómenos; el enfoque se hace sobre conclusiones dominantes o sobre cómo una persona, grupo, cosa funciona en el presente; la investigación descriptiva trabaja sobre realidades de hecho, caracterizándose fundamentalmente por presentarnos una interpretación correcta (Tamayo y Tamayo, 2006).

La población asumida en el trabajo de investigación está conformada por los 13 equipos de carguío que se describen a continuación.

**Tabla 1**

*Descripción de los equipos de carguío*

<b>Equipos de carguío</b>	<b>Descripción</b>
390FL_01SAG	Excavadora de producción
390FL_01SS	Excavadora de producción
390FL_02SS	Excavadora de producción
390FL_03SS	Excavadora de producción
750DL_01CED	Excavadora de producción
950E_01CED	Excavadora de producción
950E_02CED	Excavadora de producción
L260H_01CED	Cargador frontal

L260H_02CED	Cargador frontal
349DL_03SS	Excavadora de producción
H940C_06ROM	Retroexcavadora
420BE_09ROM	Retroexcavadora
380DL_02SGC (8)	Excavadora

Fuente: Elaboración propia.

La muestra asumida está conformada por las 06 excavadoras CAT de producción encargadas del carguío en el frente de minado (material mineral).

Las técnicas e instrumentos empleados a lo largo del desarrollo de la investigación y que permitieron la obtención de los datos de campo se detallan en la siguiente tabla.

**Tabla 2**

*Técnicas e Instrumentos de recolección de datos*

<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>
Observación	Para la obtención de los datos de campo se observaron y analizaron los reportes del ciclo de carguío y costos del área de operaciones (Reportes 01 y 02).
Análisis de datos	Se consultaron y revisaron diferentes fuentes bibliográficas relacionadas con las variables de estudio como: manuales, informes de tesis, y otros. Accediendo y consultando en repositorios de diferentes universidades nacionales e internacionales.
Procesamiento de resultados	Se filtro información valiosa en base a los objetivos específicos, para lo cual se adaptaron algunos formatos de tablas y se empleó el programa Excel para la presentación de los resultados en gráficos (Formatos 01 y 02).

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2**

*Reporte de tiempos de ciclo de las excavadoras de producción*

Turno	Area	Material	NivelLugar	Equipo	TipoEquipo	Contrata
Día	Mina	Desmante	Banco 3428	390FL_01SAG	Excavadora Producción	M.J.B. TRANSPORTES SAGITARIO S.A.C.
Día	Mina	Desmante	Banco 3428	390FL_01SAG	Excavadora Producción	M.J.B. TRANSPORTES SAGITARIO S.A.C.
Día	Mina	Desmante	Banco 3428	390FL_01SAG	Excavadora Producción	M.J.B. TRANSPORTES SAGITARIO S.A.C.
Día	Mina	Desmante	Banco 3428	390FL_01SAG	Excavadora Producción	M.J.B. TRANSPORTES SAGITARIO S.A.C.
Día	Mina	Desmante	Banco 3428	390FL_01SAG	Excavadora Producción	M.J.B. TRANSPORTES SAGITARIO S.A.C.
Día	Planta	Mineral Lixiviado	Celda C-567	390FL_02SS	Excavadora Producción	SERVI-SAP S.R.L.
Día	Mina	Sin Material	Banco 3428	390FL_02SS	Excavadora Producción	SERVI-SAP S.R.L.
Día	Mina	Desmante	Banco 3428	390FL_02SS	Excavadora Producción	SERVI-SAP S.R.L.
Día	Mina	Desmante	Banco 3428	390FL_02SS	Excavadora Producción	SERVI-SAP S.R.L.
Día	Mina	Mineral	Banco 3428	390FL_02SS	Excavadora Producción	SERVI-SAP S.R.L.
Día	Mina	Desmante	Banco 3172	390FL_03SS	Excavadora Producción	SERVI-SAP S.R.L.
Día	Mina	Desmante	Banco 3172	390FL_03SS	Excavadora Producción	SERVI-SAP S.R.L.
Día	Mina	Desmante	Banco 3172	390FL_03SS	Excavadora Producción	SERVI-SAP S.R.L.
Día	Mina	Desmante	Banco 3172	390FL_03SS	Excavadora Producción	SERVI-SAP S.R.L.
Día	Mina	Desmante	Banco 3172	390FL_03SS	Excavadora Producción	SERVI-SAP S.R.L.
Día	Planta	Sin Material	Celda C-567	750DL_01CED	Excavadora Producción	TRANSPORTES E INVERSIONES CEDAR S.R.L
Día	Planta	Mineral Lixiviado	Celda C-567	750DL_01CED	Excavadora Producción	TRANSPORTES E INVERSIONES CEDAR S.R.L
Día	Mina	Desmante	Banco 3260	950E_02CED	Excavadora Producción	TRANSPORTES E INVERSIONES CEDAR S.R.L
Día	Mina	Desmante	Banco 3260	950E_02CED	Excavadora Producción	TRANSPORTES E INVERSIONES CEDAR S.R.L
Día	Mina	Desmante	Banco 3260	950E_02CED	Excavadora Producción	TRANSPORTES E INVERSIONES CEDAR S.R.L

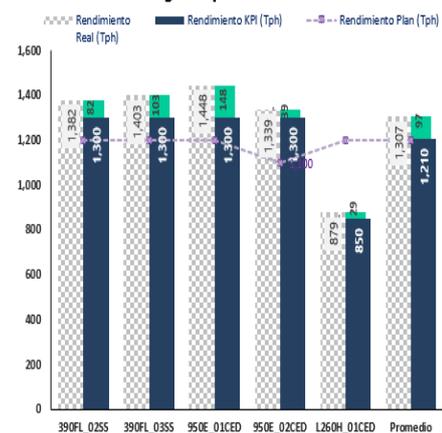
Fuente: Área de Operaciones.

**Figura 3**

*Reporte de rendimiento de las excavadoras de producción*

Eq. Carguío	Rendimiento Real (Tph)	Rendimiento KPI (Tph)	Varianza	base	Positivo	Negativo	C.U Carguío (S/t)	C.U Carguío (S/t) Plan	Rendimiento Plan (Tph)
390FL_01SAG	1,388	1,300	88	1,300	88		0.130	0.138	1,200
390FL_01SS	0	1,300	-1,300	0		1,300	0.000	0.138	1,200
390FL_02SS	1,382	1,300	82	1,300	82		0.130	0.138	1,200
390FL_03SS	1,403	1,300	103	1,300	103		0.125	0.138	1,200
750DL_01CED	1,170	1,050	120	1,050	120		0.128	0.145	1,100
950E_01CED	1,448	1,300	148	1,300	148		0.128	0.145	1,200
950E_02CED	1,339	1,300	39	1,300	39		0.138	0.145	1,100
L260H_01CED	879	850	29	850	29		0.132	0.145	1,200
L260H_02CED	0	850	-850	0		850	0.000	0.145	1,200
349DL_03SS	620	850	-230	620		230	0.205	0.145	1,200
Promedio	1,307	1,210	97	1,210	97		0.130	0.145	1,200

**Rendimiento de Carguío Tph - Real Vs Plan - MINA**



C.U Carguío Plan	0.135	0.135	0.135	0.135	0.135	0.135
C.U Carguío Real	0.130	0.125	0.128	0.138	0.132	0.130

Fuente: Área de Operaciones.



Los equipos y materiales empleados en la investigación fueron: laptop para el procesamiento de datos, almacenamiento y análisis de los datos mediante el programa Excel; cámara fotográfica o celular para la recolección de evidencias de las operaciones mineras, libreta de campo para la recolección y almacenamiento de los datos.

El procedimiento para realizar el trabajo de investigación consideró 02 etapas, Etapa I – Preliminar y Etapa II – Gabinete. En la primera etapa se recolectó y analizó los reportes del área de operaciones, área de planeamiento, área de control de equipos y los datos obtenidos del software Dispatch relacionados a los tiempos de ciclo, número de viajes, tonelaje cargado por las 06 excavadoras en estudio. Además, se hará la recolección de datos de las diferentes etapas del ciclo de carguío, considerando solo la guardia día, aplicándose los instrumentos de medición previamente elaborados que son los formatos digitales.

En la segunda etapa se realizó el procesamiento de la información obtenida en la etapa preliminar, por lo cual se hizo uso del programa Excel para filtrar la información relacionada directamente con los objetivos específicos planteados, además de ser un medio de síntesis para la presentación de resultados mediante tablas y gráficos.

### CAPÍTULO III: RESULTADOS

#### 3.1. Tiempos de ciclo de carguío y número de viajes de las excavadoras de producción durante el mes de mayo

A continuación, se presentan los resultados de las horas de trabajo, tiempos de ciclo, números de viaje y producción de las 06 excavadoras en estudio correspondiente al mes de mayo (turno día).

**Tabla 3**

*Tiempos de ciclo - Números de Viaje / mayo*

Fecha	Volquete	Excavadora	Densidad Humeda	Densidad Seca	Viajes	Ciclo Dispatch
1-May	V_141SAG	950E_02CED	1.64	1.56825	4	16.5
1-May	V_141SAG	950E_02CED	1.64	1.56825	21	23
1-May	V_142SAG	950E_02CED	1.64	1.56825	1	16.5
1-May	V_142SAG	950E_02CED	1.64	1.56825	21	23
2-May	V_141SAG	950E_02CED	1.64	1.578041	9	9.48
2-May	V_141SAG	950E_02CED	1.64	1.578041	4	21.37
2-May	V_141SAG	950E_02CED	1.64	1.578041	17	23
2-May	V_142SAG	950E_02CED	1.64	1.578041	7	21.37
2-May	V_142SAG	950E_02CED	1.64	1.578041	16	24
3-May	V_141SAG	950E_02CED	1.64	1.571218	12	22
3-May	V_141SAG	950E_02CED	1.64	1.571218	2	23.85
3-May	V_141SAG	950E_02CED	1.64	1.571218	1	12.5
3-May	V_141SAG	950E_02CED	1.64	1.571218	1	22.5
3-May	V_141SAG	950E_02CED	1.64	1.571218	8	26.3
3-May	V_142SAG	390FL_03SS	1.64	1.571218	2	26.5
3-May	V_142SAG	390FL_03SS	1.64	1.571218	6	42.5
4-May	V_141SAG	950E_02CED	1.64	1.586241	1	22
4-May	V_141SAG	950E_02CED	1.64	1.586241	7	23.85
4-May	V_141SAG	950E_02CED	1.64	1.586241	1	13
4-May	V_141SAG	950E_02CED	1.64	1.586241	1	24.5
4-May	V_142SAG	950E_02CED	1.64	1.586241	1	22
4-May	V_142SAG	950E_02CED	1.64	1.586241	16	23.85
4-May	V_142SAG	950E_02CED	1.64	1.586241	3	13
4-May	V_142SAG	950E_02CED	1.64	1.586241	1	24.5
4-May	V_143SAG	390FL_02SS	1.64	1.586241	1	32.29
4-May	V_143SAG	390FL_02SS	1.64	1.586241	2	13

4-May	V_143SAG	950E_02CED	1.64	1.586241	7	23.85
6-May	V_142SAG	950E_02CED	1.64	1.592604	3	8
6-May	V_142SAG	950E_02CED	1.64	1.592604	1	18.82
6-May	V_142SAG	950E_02CED	1.64	1.592604	2	21
6-May	V_142SAG	950E_02CED	1.64	1.592604	7	23.85
6-May	V_142SAG	950E_02CED	1.64	1.592604	6	36.6
6-May	V_143SAG	390FL_03SS	1.64	1.592604	3	40
7-May	V_142SAG	950E_02CED	1.64	1.592588	17	22.5
7-May	V_143SAG	390FL_03SS	1.64	1.592588	5	39.07
8-May	V_141SAG	950E_01CED	1.64	1.591456	4	17
8-May	V_141SAG	950E_01CED	1.64	1.591456	2	18
8-May	V_142SAG	390FL_03SS	1.64	1.591456	7	39
8-May	V_142SAG	950E_02CED	1.64	1.591456	3	20
9-May	V_142SAG	950E_01CED	1.64	1.595999	9	16
9-May	V_142SAG	950E_01CED	1.64	1.595999	3	15.31
10-May	V_141SAG	349DL_03SS	1.64	1.579582	2	22.48
10-May	V_141SAG	349DL_03SS	1.64	1.579582	3	21
11-May	V_143SAG	390FL_03SS	1.64	1.592883	12	39
12-May	V_141SAG	390FL_03SS	1.64	1.601362	12	39
12-May	V_141SAG	390FL_03SS	1.64	1.601362	1	30.73
13-May	V_142SAG	950E_02CED	1.64	1.591489	9	18.98
13-May	V_142SAG	390FL_03SS	1.64	1.591489	8	39.94
14-May	V_142SAG	390FL_03SS	1.64	1.589209	8	41
14-May	V_142SAG	390FL_03SS	1.64	1.589209	3	23.31
14-May	V_142SAG	390FL_03SS	1.64	1.589209	3	26.74
15-May	V_142SAG	390FL_03SS	1.64	1.588242	19	24.82
16-May	V_141SAG	390FL_03SS	1.64	1.573121	3	26.67
16-May	V_141SAG	390FL_01SAG	1.64	1.573121	19	21.86
16-May	V_142SAG	950E_02CED	1.64	1.573121	20	19.13
16-May	V_142SAG	390FL_03SS	1.64	1.573121	1	40.82
17-May	V_141SAG	950E_02CED	1.64	1.606003	2	35
17-May	V_141SAG	950E_02CED	1.64	1.606003	20	19
17-May	V_142SAG	390FL_01SAG	1.64	1.606003	8	22.55
17-May	V_142SAG	390FL_01SAG	1.64	1.606003	5	24.82
17-May	V_142SAG	950E_02CED	1.64	1.606003	5	19
17-May	V_142SAG	950E_02CED	1.64	1.606003	1	35
18-May	V_141SAG	390FL_03SS	1.64	1.589734	18	24
18-May	V_142SAG	390FL_03SS	1.64	1.589734	17	24
19-May	V_141SAG	390FL_03SS	1.64	1.58137	1	19
19-May	V_141SAG	390FL_03SS	1.64	1.58137	1	20.5
19-May	V_141SAG	950E_02CED	1.64	1.58137	7	19
19-May	V_141SAG	950E_02CED	1.64	1.58137	4	34

19-May	V_142SAG	390FL_03SS	1.64	1.58137	1	20.5
19-May	V_143SAG	390FL_03SS	1.64	1.58137	1	34
19-May	V_143SAG	390FL_03SS	1.64	1.58137	3	20.5
20-May	V_141SAG	349DL_03SS	1.64	1.596048	10	26
20-May	V_142SAG	390FL_01SAG	1.64	1.596048	10	12.5
20-May	V_143SAG	390FL_03SS	1.64	1.596048	20	19.5
20-May	V_143SAG	390FL_03SS	1.64	1.596048	1	34.5
21-May	V_141SAG	390FL_03SS	1.64	1.604871	3	17.12
21-May	V_141SAG	390FL_03SS	1.64	1.604871	1	21
21-May	V_141SAG	390FL_03SS	1.64	1.604871	13	34.5
21-May	V_142SAG	390FL_03SS	1.64	1.604871	2	17.12
21-May	V_142SAG	390FL_03SS	1.64	1.604871	9	21
21-May	V_142SAG	390FL_03SS	1.64	1.604871	8	34.5
21-May	V_143SAG	390FL_03SS	1.64	1.604871	1	34.5
21-May	V_143SAG	390FL_03SS	1.64	1.604871	2	21
22-May	V_141SAG	390FL_03SS	1.64	1.623124	2	34.82
22-May	V_141SAG	390FL_03SS	1.64	1.623124	1	19.8
22-May	V_141SAG	390FL_03SS	1.64	1.623124	14	21.81
22-May	V_142SAG	390FL_03SS	1.64	1.623124	2	34.82
22-May	V_142SAG	390FL_03SS	1.64	1.623124	20	21.81
23-May	V_142SAG	390FL_03SS	1.64	1.614974	2	19
23-May	V_142SAG	390FL_03SS	1.64	1.614974	6	21
23-May	V_142SAG	390FL_03SS	1.64	1.614974	8	22.48
23-May	V_143SAG	390FL_03SS	1.64	1.614974	7	22.48
24-May	V_142SAG	390FL_03SS	1.64	1.605773	15	20
24-May	V_143SAG	390FL_02SS	1.64	1.605773	4	25
24-May	V_143SAG	390FL_03SS	1.64	1.605773	4	20
25-May	V_142SAG	390FL_03SS	1.64	1.592637	3	35
25-May	V_142SAG	390FL_03SS	1.64	1.592637	1	21.2
25-May	V_143SAG	950E_01CED	1.64	1.592637	1	21.2
25-May	V_143SAG	950E_01CED	1.64	1.592637	5	22
25-May	V_143SAG	950E_01CED	1.64	1.592637	4	36.4
25-May	V_143SAG	390FL_03SS	1.64	1.592637	1	36.4
26-May	V_142SAG	390FL_03SS	1.64	1.60046	4	27.08
26-May	V_142SAG	390FL_03SS	1.64	1.60046	1	25.15
27-May	V_142SAG	390FL_03SS	1.64	1.601099	13	25.77
27-May	V_143SAG	390FL_03SS	1.64	1.601099	20	25.77
28-May	V_142SAG	390FL_03SS	1.64	1.59285	14	25.16
29-May	V_143SAG	390FL_03SS	1.64	1.6041	4	26.79
30-May	V_143SAG	950E_02CED	1.64	1.606987	23	22.65

Fuente: Reporte Dispatch.

**Tabla 4**
*Tonelaje cargado / mayo*

Fecha	Volquete	Excavadora	Factor Llenado	Tonelada Humeda Viaje	Tonelada Seca Viaje	Tonelada Humeda Total	Tonelada Seca Total
1-May	V_141SAG	950E_02CED	0.95	37.392	35.756	149.568	143.024
1-May	V_141SAG	950E_02CED	0.95	37.392	35.756	785.232	750.878
1-May	V_142SAG	950E_02CED	0.95	37.392	35.756	37.392	35.756
1-May	V_142SAG	950E_02CED	0.95	37.392	35.756	785.232	750.878
2-May	V_141SAG	950E_02CED	0.95	37.392	35.979	336.528	323.814
2-May	V_141SAG	950E_02CED	0.95	37.392	35.979	149.568	143.917
2-May	V_141SAG	950E_02CED	0.95	37.392	35.979	635.664	611.649
2-May	V_142SAG	950E_02CED	0.95	37.392	35.979	261.744	251.855
2-May	V_142SAG	950E_02CED	0.95	37.392	35.979	598.272	575.669
3-May	V_141SAG	950E_02CED	0.95	37.392	35.824	448.704	429.885
3-May	V_141SAG	950E_02CED	0.95	37.392	35.824	74.784	71.648
3-May	V_141SAG	950E_02CED	0.95	37.392	35.824	37.392	35.824
3-May	V_141SAG	950E_02CED	0.95	37.392	35.824	37.392	35.824
3-May	V_141SAG	950E_02CED	0.95	37.392	35.824	299.136	286.590
3-May	V_142SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	35.824	74.784	71.648
3-May	V_142SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	35.824	224.352	214.943
4-May	V_141SAG	950E_02CED	0.95	37.392	36.166	37.392	36.166
4-May	V_141SAG	950E_02CED	0.95	37.392	36.166	261.744	253.164
4-May	V_141SAG	950E_02CED	0.95	37.392	36.166	37.392	36.166
4-May	V_141SAG	950E_02CED	0.95	37.392	36.166	37.392	36.166
4-May	V_142SAG	950E_02CED	0.95	37.392	36.166	37.392	36.166
4-May	V_142SAG	950E_02CED	0.95	37.392	36.166	598.272	578.661
4-May	V_142SAG	950E_02CED	0.95	37.392	36.166	112.176	108.499
4-May	V_142SAG	950E_02CED	0.95	37.392	36.166	37.392	36.166
4-May	V_143SAG	390FL_02SS	0.95	37.392	36.166	37.392	36.166
4-May	V_143SAG	390FL_02SS	0.95	37.392	36.166	74.784	72.333
4-May	V_143SAG	950E_02CED	0.95	37.392	36.166	261.744	253.164
6-May	V_142SAG	950E_02CED	0.95	37.392	36.311	112.176	108.934
6-May	V_142SAG	950E_02CED	0.95	37.392	36.311	37.392	36.311
6-May	V_142SAG	950E_02CED	0.95	37.392	36.311	74.784	72.623
6-May	V_142SAG	950E_02CED	0.95	37.392	36.311	261.744	254.180
6-May	V_142SAG	950E_02CED	0.95	37.392	36.311	224.352	217.868
6-May	V_143SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.311	112.176	108.934
7-May	V_142SAG	950E_02CED	0.95	37.392	36.311	635.664	617.287
7-May	V_143SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.311	186.960	181.555
8-May	V_141SAG	950E_01CED	0.95	37.392	36.285	149.568	145.141

8-May	V_141SAG	950E_01CED	0.95	37.392	36.285	74.784	72.570
8-May	V_142SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.285	261.744	253.996
8-May	V_142SAG	950E_02CED	0.95	37.392	36.285	112.176	108.856
9-May	V_142SAG	950E_01CED	0.95	37.392	36.389	336.528	327.499
9-May	V_142SAG	950E_01CED	0.95	37.392	36.389	112.176	109.166
10-May	V_141SAG	349DL_03SS	0.95	37.392	36.014	74.784	72.029
10-May	V_141SAG	349DL_03SS	0.95	37.392	36.014	112.176	108.043
11-May	V_143SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.318	448.704	435.813
12-May	V_141SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.511	448.704	438.133
12-May	V_141SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.511	37.392	36.511
13-May	V_142SAG	950E_02CED	0.95	37.392	36.286	336.528	326.574
13-May	V_142SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.286	299.136	290.288
14-May	V_142SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.234	299.136	289.872
14-May	V_142SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.234	112.176	108.702
14-May	V_142SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.234	112.176	108.702
15-May	V_142SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.212	710.448	688.026
16-May	V_141SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	35.867	112.176	107.601
16-May	V_141SAG	390FL_01SAG	0.95	37.392	35.867	710.448	681.476
16-May	V_142SAG	950E_02CED	0.95	37.392	35.867	747.840	717.343
16-May	V_142SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	35.867	37.392	35.867
17-May	V_141SAG	950E_02CED	0.95	37.392	36.617	74.784	73.234
17-May	V_141SAG	950E_02CED	0.95	37.392	36.617	747.840	732.337
17-May	V_142SAG	390FL_01SAG	0.95	37.392	36.617	299.136	292.935
17-May	V_142SAG	390FL_01SAG	0.95	37.392	36.617	186.960	183.084
17-May	V_142SAG	950E_02CED	0.95	37.392	36.617	186.960	183.084
17-May	V_142SAG	950E_02CED	0.95	37.392	36.617	37.392	36.617

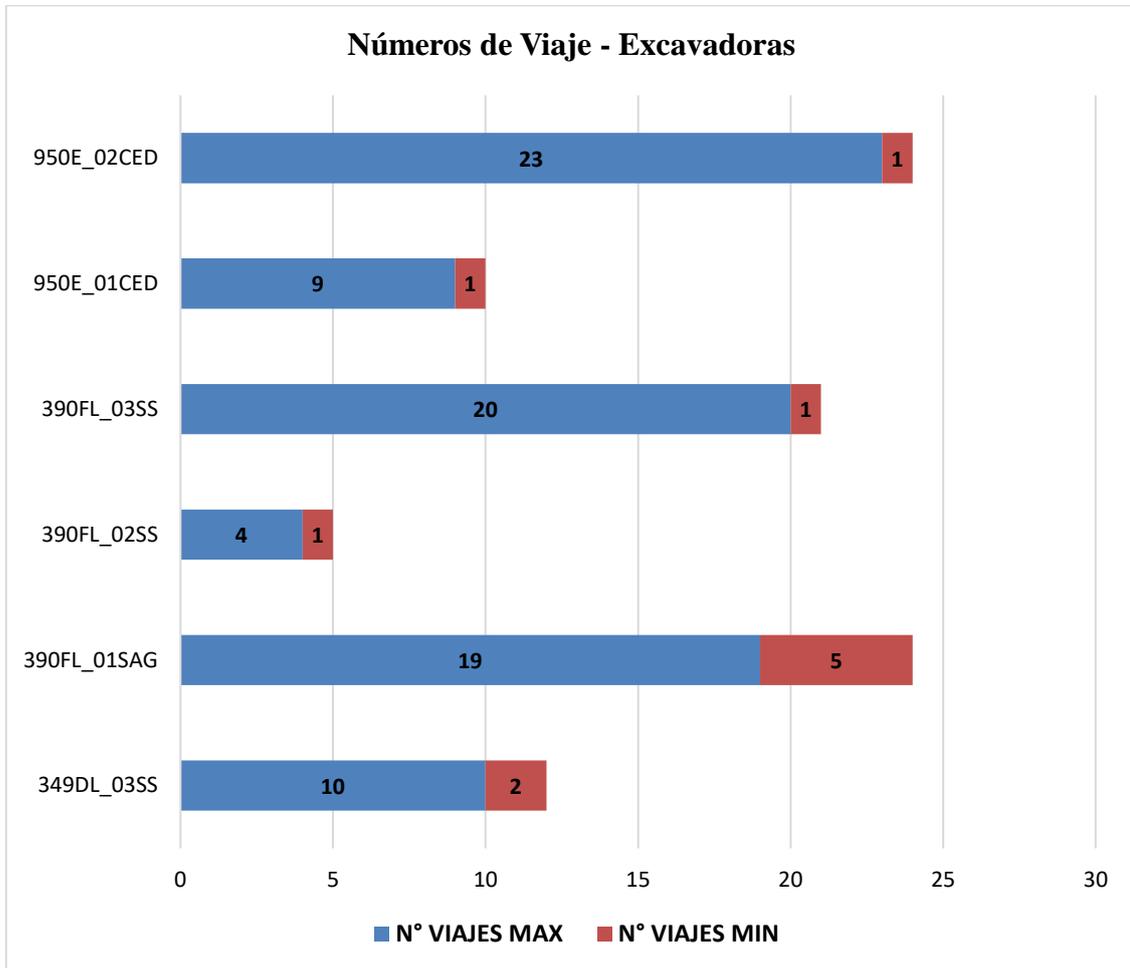
18-May	V_141SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.246	673.056	652.427
18-May	V_142SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.246	635.664	616.181
19-May	V_141SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.055	37.392	36.055
19-May	V_141SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.055	37.392	36.055
19-May	V_141SAG	950E_02CED	0.95	37.392	36.055	261.744	252.387
19-May	V_141SAG	950E_02CED	0.95	37.392	36.055	149.568	144.221
19-May	V_142SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.055	37.392	36.055
19-May	V_143SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.055	37.392	36.055
19-May	V_143SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.055	112.176	108.166
20-May	V_141SAG	349DL_03SS	0.95	37.392	36.390	373.920	363.899
20-May	V_142SAG	390FL_01SAG	0.95	37.392	36.390	373.920	363.899
20-May	V_143SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.390	747.840	727.798
20-May	V_143SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.390	37.392	36.390
21-May	V_141SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.591	112.176	109.773
21-May	V_141SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.591	37.392	36.591
21-May	V_141SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.591	486.096	475.684
21-May	V_142SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.591	74.784	73.182
21-May	V_142SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.591	336.528	329.320
21-May	V_142SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.591	299.136	292.729
21-May	V_143SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.591	37.392	36.591
21-May	V_143SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.591	74.784	73.182
22-May	V_141SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	37.007	74.784	74.014
22-May	V_141SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	37.007	37.392	37.007
22-May	V_141SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	37.007	523.488	518.101

22-May	V_142SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	37.007	74.784	74.014
22-May	V_142SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	37.007	747.840	740.145
23-May	V_142SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.821	74.784	73.643
23-May	V_142SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.821	224.352	220.928
23-May	V_142SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.821	299.136	294.571
23-May	V_143SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.821	261.744	257.750
24-May	V_142SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.612	560.880	549.174
24-May	V_143SAG	390FL_02SS	0.95	37.392	36.612	149.568	146.447
24-May	V_143SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.612	149.568	146.447
25-May	V_142SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.312	112.176	108.936
25-May	V_142SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.312	37.392	36.312
25-May	V_143SAG	950E_01CED	0.95	37.392	36.312	37.392	36.312
25-May	V_143SAG	950E_01CED	0.95	37.392	36.312	186.960	181.561
25-May	V_143SAG	950E_01CED	0.95	37.392	36.312	149.568	145.248
25-May	V_143SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.312	37.392	36.312
26-May	V_142SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.490	149.568	145.962
26-May	V_142SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.490	37.392	36.490
27-May	V_142SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.505	486.096	474.566
27-May	V_143SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.505	747.840	730.101
28-May	V_142SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.317	523.488	508.438
29-May	V_143SAG	390FL_03SS	0.95	37.392	36.573	149.568	146.294
30-May	V_143SAG	950E_02CED	0.95	37.392	36.639	860.016	842.704

Fuente: Reporte Dispatch.

**Figura 6**

*Gráfico comparativo del N° Viajes*

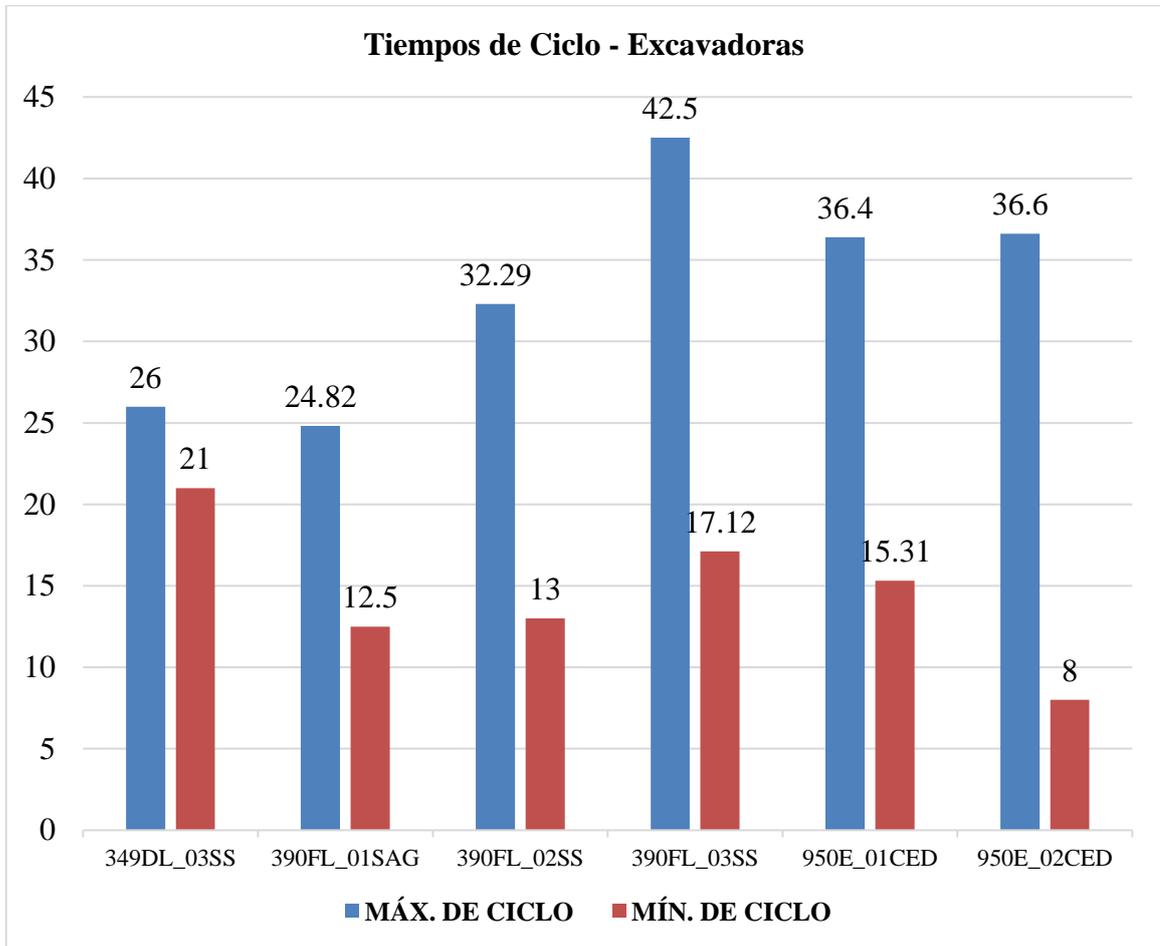


Fuente: Elaboración propia.

En la figura 06, se observa que, en el turno diario, la excavadora que más viajes realizó fue la 950E\_02CED con un total de hasta 23 viajes en un turno, así mismo en la tabla 03 se evidencia que en el mes de mayo las excavadoras con la mayor cantidad de viajes fueron la 390FL\_03SS con 337 y la 950E\_02CED con 292.

**Figura 7**

*Gráfico comparativo de los Tiempos de ciclo*



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 07, se evidencia que la excavadora con mayor tiempo de ciclo es la 390FL\_03SS con valores de hasta 42.5 minutos; las excavadoras 950E\_02CED y 390FL\_01SAG presentan los tiempos mínimos con 8 y 12.5 minutos respectivamente.

### 3.2. Rendimiento real (Tph) y costo unitario de carguío (\$/t) de las excavadoras de producción

A continuación, se presentan los resultados del rendimiento real en toneladas / hora y el costo unitario del carguío expresado en \$/tonelada.

**Tabla 5**

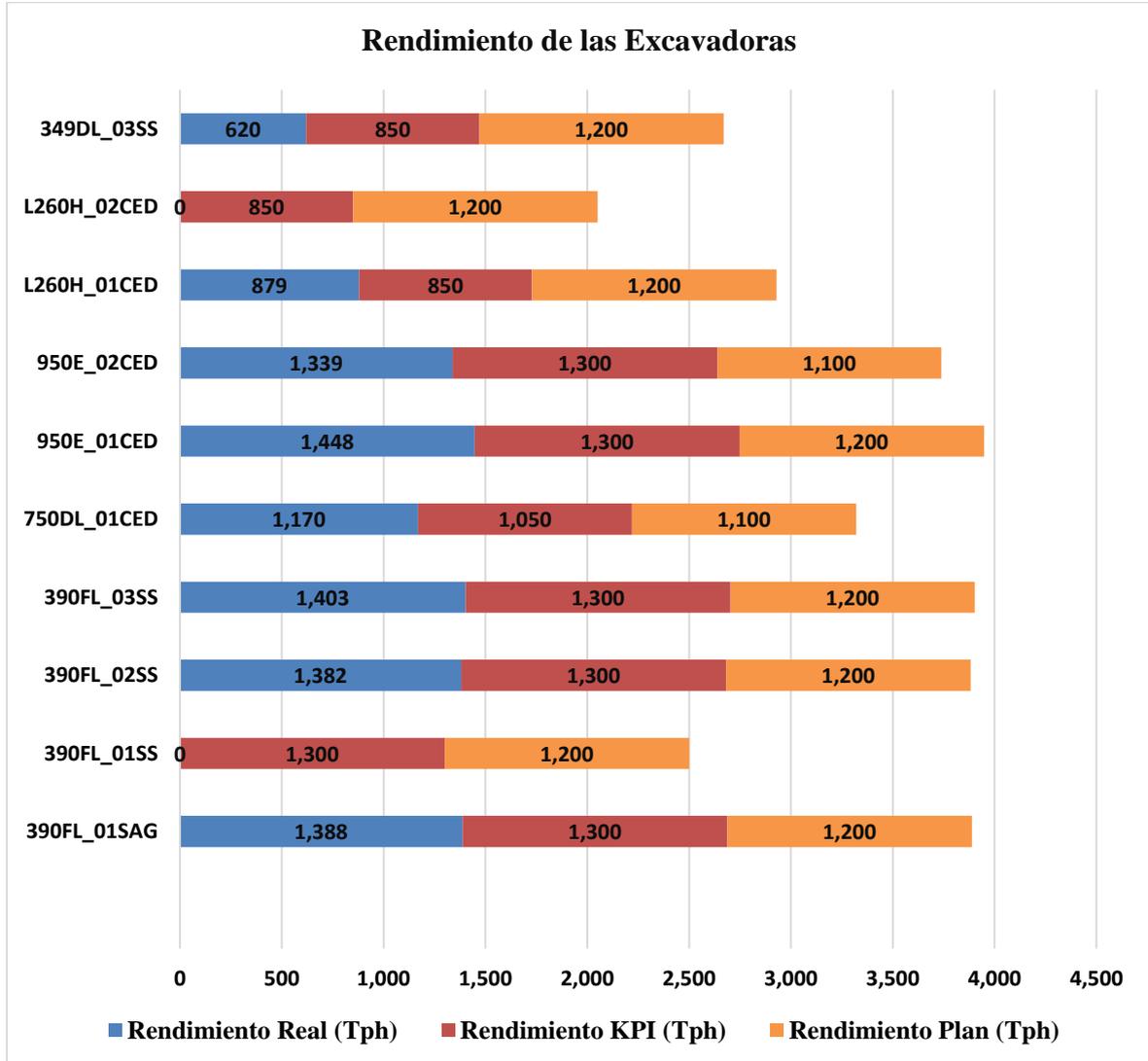
*Rendimiento Real Vs Rendimiento KPIS Vs Rendimiento Planificado*

<b>Excavadora</b>	<b>Rendimiento Real (Tph)</b>	<b>Rendimiento KPI (Tph)</b>	<b>Rendimiento Plan (Tph)</b>
390FL_01SAG	1,388	1,300	1,200
390FL_01SS	0	1,300	1,200
390FL_02SS	1,382	1,300	1,200
390FL_03SS	1,403	1,300	1,200
750DL_01CED	1,170	1,050	1,100
950E_01CED	1,448	1,300	1,200
950E_02CED	1,339	1,300	1,100
L260H_01CED	879	850	1,200
L260H_02CED	0	850	1,200
349DL_03SS	620	850	1,200
<b>Promedio</b>	<b>963</b>	<b>1,140</b>	<b>1,180</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 8**

*Gráfico comparativo del rendimiento de las excavadoras*



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 08, se evidencia que la excavadora 950E\_01CED es la que presenta un mejor rendimiento superando el planificado en 248 toneladas, seguida de la excavadora 390FL\_03SS, superando el rendimiento planificado en 203 toneladas.

**Tabla 6**

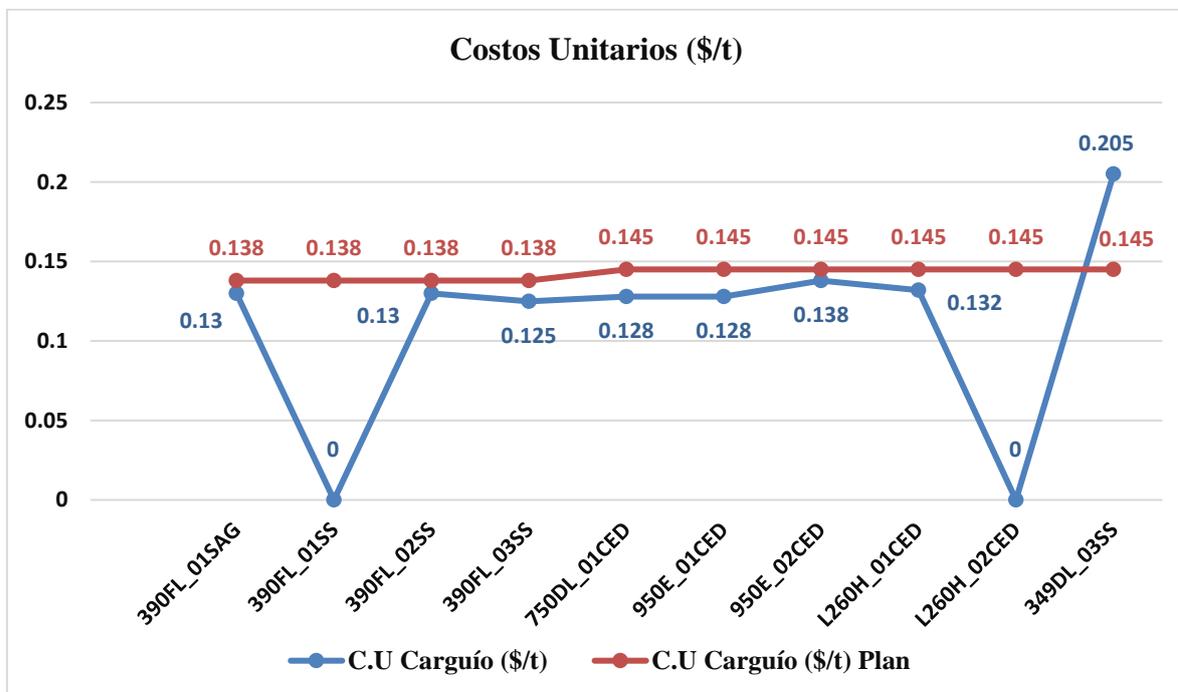
*Costos Unitarios de las excavadoras*

Excavadora	C.U Carguío (\$/t)	C.U Carguío (\$/t) Plan
390FL_01SAG	0.130	0.138
390FL_01SS	0.000	0.138
390FL_02SS	0.130	0.138
390FL_03SS	0.125	0.138
750DL_01CED	0.128	0.145
950E_01CED	0.128	0.145
950E_02CED	0.138	0.145
L260H_01CED	0.132	0.145
L260H_02CED	0.000	0.145
349DL_03SS	0.205	0.145
<b>Promedio</b>	<b>0.110</b>	<b>0.140</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 9**

*Gráfico comparativo de C.U Reales Vs C.U Planificados*



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 09, se evidencia que la excavadora 950E\_01CED y la 390FL\_03SS que presentaron mayor rendimiento, tuvieron un C.U. Real en el carguío de 0.128 \$/t y 0.125 \$/t respectivamente, teniendo una diferencia con el C.U en el carguío planificado de 0.017 \$/t y 0.13 \$/t mensuales. Lo cual significaría un ahorro anual de 0.408 \$/t en el C.U del carguío con las excavadoras de producción.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados mostrados anteriormente indican que, en el turno diario, la excavadora que más viajes realizó fue la 950E\_02CED con un total de hasta 23 viajes en un turno, así mismo en la tabla 03 se evidencia que en el mes de mayo las excavadoras con la mayor cantidad de viajes fueron la 390FL\_03SS con 337 y la 950E\_02CED con 292. Además, la excavadora con mayor tiempo de ciclo es la 390FL\_03SS con valores de hasta 42.5 minutos; las excavadoras 950E\_02CED y 390FL\_01SAG presentan los tiempos mínimos con 8 y 12.5 minutos respectivamente. Así mismo, la excavadora 950E\_01CED es la que presenta un mejor rendimiento superando el planificado en 248 toneladas, seguida de la excavadora 390FL\_03SS, superando el rendimiento planificado en 203 toneladas. Siendo su producción aproximada a los 70,000 t/h.

Los resultados antes mencionados permiten establecer una comparación en base a lo señalado por (Carranza & Combata, 2015), en su tesis "*Análisis del desempeño de la excavadora CAT 320D en la construcción de una vía, ejecutando actividades de movimiento de tierra. Caso de estudio – Proyecto Caricare en el departamento Arauca*", tuvo por objetivo analizar el desempeño de la excavadora CAT 320D en la construcción de una vía, ejecutando actividades de movimiento de tierra, en el caso de estudio proyecto CARICARE en el departamento de Arauca. Los resultados indican que el rendimiento y la productividad son desfavorables en comparación con los rendimientos pares, dado que el rendimiento calculado es de 64.195 metros cúbicos por hora ( $m^3/hr$ ) contra el estándar que es de setenta metros cúbicos por hora; y la productividad alcanzó un promedio de 0.01569 horas por metro cúbico ( $hr/m^3$ ); teniendo en cuenta que la productividad con base en el estándar es igual a

0.01428 (hr/m<sup>3</sup>), dando un desempeño del 92.708% del estándar, siendo este bastante cercano al par, sin embargo no alcanza al ideal de la máquina.

Así mismo según los resultados encontrados la excavadora 950E\_01CED y la 390FL\_03SS que presentaron mayor rendimiento, tuvieron un C.U. Real en el carguío de 0.128 \$/t y 0.125 \$/t respectivamente. Lo cual significaría un ahorro anual de 0.408 \$/t en el C.U del carguío con las excavadoras de producción.

Lo antes mencionado concuerda con lo indicado por (Matos, 2020), en su trabajo de investigación "*Reducción de costos unitarios de carguío y acarreo mediante programación de equipos – Mina – Corihuarmi*", tuvo como objetivo determinar el beneficio económico de la propuesta de un modelo de acarreo y carguío para reducir los costos unitarios de estas operaciones en la Unidad Minera Corihuarmi, de la Compañía Minera IRL. Concluyendo que, la reducción del costo de las actividades es notable debido al cambio de flota, ya que se logra reducir dicho costo unitario Carguío (mineral) a \$0.175 en referencia al costo actual \$0.188; también se logra reducir los costos unitarios de carguío(desmante) a \$0.165 en referencia al costo actual \$0.187 y estos cambios genera una ganancia de \$471,810.18. Además, la reducción del costo unitario de acarreo (mineral) a \$0.345 en referencia al costo actual \$0.280; también se logra reducir los costos unitarios de Acarreo(desmante) a \$0.248 en referencia al costo actual \$0.280 y estos cambios genera una ganancia de \$1,879,873.09.

## Conclusiones

- Se determinó los tiempos de ciclo de carguío y número de viajes de las excavadoras de producción durante el mes de mayo, siendo la excavadora que más viajes realizó la 950E\_02CED con un total de hasta 23 viajes en un turno, así mismo en la tabla 03 se evidencia que en el mes de mayo las excavadoras con la mayor cantidad de viajes fueron la 390FL\_03SS con 337 y la 950E\_02CED con 292. Además, la excavadora con mayor tiempo de ciclo es la 390FL\_03SS con valores de hasta 42.5 minutos; las excavadoras 950E\_02CED y 390FL\_01SAG presentan los tiempos mínimos con 8 y 12.5 minutos respectivamente. Así mismo, la excavadora 950E\_01CED es la que presenta un mejor rendimiento superando el planificado en 248 toneladas, seguida de la excavadora 390FL\_03SS, superando el rendimiento planificado en 203 toneladas. Siendo su producción aproximada a los 70,000 t/h.
- Se calculó el rendimiento real (Tph) y costo unitario de carguío (\$/t) de las excavadoras de producción, siendo la excavadora 950E\_01CED y la 390FL\_03SS que presentaron mayor rendimiento, tuvieron un C.U. Real en el carguío de 0.128 \$/t y 0.125 \$/t respectivamente, teniendo una diferencia con el C.U en el carguío planificado de 0.017 \$/t y 0.13 \$/t mensuales. Lo cual significaría un ahorro anual de 0.408 \$/t en el C.U del carguío con las excavadoras de producción.

## REFERENCIAS

- Alcalá, C. H. (2017). Análisis comparativo de rendimiento de costos entre dos máquinas en trabajo de excavación. *Trabajo Monográfico Para Optar El Título De Ingeniero Agrícola*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3361>
- Alvarez, A. (2020). *Clasificación de las Investigaciones*. Universidad de Lima, Lima, Perú. Obtenido de <https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/10818/Nota%20Acad%C3%A9mica%202020%2818.04.2021%29%20-%20Clasificaci%C3%B3n%20de%20Investigaciones.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Ascendum. (s.f.). *Ficha técnica del cargador frontal Volvo L260H*. Obtenido de VOLVO L260H : <https://www.volvoce.com/espana/es-es/ascendum/products/wheel-loaders/1260h/>
- Carranza, P. J., & Combata, W. A. (2015). Análisis del desempeño de la excavadora CAT 320d en la construcción de una vía, ejecutando actividades de movimiento de tierra. Caso de estudio – proyecto Caricare en el departamento Arauca. *Trabajo De Investigación Presentado Como Requisito Para Optar Al Título De Ingeniero Civil*. Universidad La Gran Colombia, Bogotá, Colombia. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11396/3434>
- Caterpillar. (2022). *Ficha técnica de las excavadoras CAT 390FL*. Obtenido de <https://www.caterpillar.com/es.html>

- Chiriboga, M. I., Pillasagua, J. L., & Santos, E. (2011). *Rendimiento de Equipo Pesado para la Explotación de una Cantera de Cielo Abierto– Cantera BORCONS*. Guayaquil, Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/15991>
- Eduardo, V., & Wilmer, C. (2015). *Comparación de la productividad del cargador frontal CAT 962H y la excavadora CAT 329 DL para la selección de equipo de carguío en COMARSA*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Lozada, J. (2014). Investigación Aplicada. *Definición, Propiedad Intelectual e Industria*, 3(1), 47-50. Quito, Ecuador. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749>
- Malpica, C. F. (2014). Evaluación de rendimientos de equipos en las operaciones de movimiento de tierras en el minado Cerro Negro Yanacocha – Cajamarca. *Tesis para optar el título profesional de Ingeniera Civil*. Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/6653>
- Matos, D. (2020). *Reducción de costos unitarios de carguío y acarreo mediante programación de equipos – Mina – Corihuarmi*. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
- Medrano, J. (2015). *Informe Final*. Obtenido de <https://www.slideshare.net/haroldvalderrama2/20-informe-final>
- Pérez, I. R. (2021). Análisis de productividad entre la excavadora 349 D2L y el cargador frontal L260H para determinar el óptimo costo unitario en el ciclo de carguío de la empresa Minera Summa Gold Corporation, 2020. *Tesis Para Obtener el Título Profesional de Ingeniero de Minas*. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú. Obtenido de <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/16887>

- Rojas , I. F. (2019). Optimización del proceso de carguío y acarreo mediante el uso de KPI's en la fase de relleno del espaldón de la presa de relaves – Antamina. *Tesis presentado para Optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas*. Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1739>
- Romero, A. B. (2021). Evaluación de equipos de carguío y transporte de mineral para el cálculo óptimo del número de camiones, Minera San Cristóbal S.A.A. *Para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas*. Universidad Continental, Huancayo, Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/10345>
- Tamayo y Tamayo, M. (2006). *El Proceso de Investigación Científica* (4a. ed.). (G. N. Editores, Ed.) México: Limusa.

## ANEXOS

### ANEXO N°01: Horas de trabajo de las excavadoras

<b>Fecha</b>	<b>Nivel Lugar</b>	<b>Equipo</b>	<b>Horas de trabajo Real</b>
1-May	Banco 3428	390FL_02SS	2.883333333
1-May	Banco 3428	390FL_01SAG	0.066666667
1-May	Banco 3428	390FL_01SAG	3.25
1-May	Banco 3428	390FL_01SAG	2.133333333
2-May	Banco 3428	390FL_02SS	1.8
2-May	Banco 3428	390FL_02SS	4.35
2-May	Banco 3172	390FL_03SS	1.883333333
2-May	Banco 3172	390FL_03SS	0.066666667
2-May	Banco 3172	390FL_03SS	0.466666667
3-May	Banco 3172	390FL_03SS	1.466666667
3-May	Banco 3172	390FL_03SS	0.3
3-May	Banco 3172	390FL_03SS	2.316666667
3-May	Banco 3428	950E_01CED	0.05
3-May	Banco 3428	950E_01CED	2.25
3-May	Banco 3428	950E_01CED	0.333333333
3-May	Banco 3428	950E_01CED	0.35
4-May	Banco 3172	390FL_03SS	0.066666667
4-May	Banco 3172	390FL_03SS	2.966666667
4-May	Banco 3172	390FL_03SS	0.5
4-May	Banco 3172	390FL_03SS	2.216666667
4-May	Banco 3172	390FL_03SS	3.85
4-May	Banco 3172	390FL_03SS	0.3
4-May	Banco 3172	390FL_03SS	2.1
4-May	Banco 3252	950E_02CED	2.1
4-May	Banco 3252	950E_02CED	0.1
4-May	Banco 3252	950E_02CED	1.683333333
4-May	Banco 3172	390FL_03SS	3.666666667
6-May	Banco 3172	390FL_03SS	1.866666667
6-May	Banco 3172	390FL_03SS	1.266666667
6-May	Banco 3172	390FL_03SS	2.066666667
6-May	Banco 3172	390FL_03SS	0.1
6-May	Banco 3172	390FL_03SS	1.983333333
6-May	Banco 3172	390FL_03SS	0.1
7-May	Banco 3172	390FL_03SS	1.5
7-May	Banco 3172	390FL_03SS	1.05
8-May	Banco 3172	390FL_03SS	5
8-May	Banco 3252	950E_02CED	2.533333333
8-May	Banco 3252	950E_02CED	0.1

8-May	Banco 3252	950E_02CED	1.35
9-May	Banco 3252	950E_02CED	0.1
9-May	Banco 3252	950E_02CED	1.666666667
10-May	Banco 3252	950E_02CED	2.4
10-May	Banco 3252	950E_02CED	0.1
11-May	Banco 3252	950E_02CED	1.75
12-May	Banco 3252	950E_02CED	2.1
12-May	Banco 3252	950E_02CED	0.1
13-May	Banco 3252	950E_02CED	2
13-May	Banco 3252	950E_02CED	0.1
14-May	Banco 3252	950E_02CED	1.516666667
14-May	Banco 3252	950E_02CED	2.883333333
14-May	Banco 3252	950E_02CED	0.1
15-May	Banco 3252	950E_02CED	1.2
16-May	Banco 3172	390FL_03SS	2.466666667
16-May	Banco 3172	390FL_03SS	0.1
16-May	Banco 3172	390FL_03SS	1.7
16-May	Banco 3172	390FL_03SS	0.1
17-May	Banco 3172	390FL_03SS	1.533333333
17-May	Banco 3172	390FL_03SS	1.466666667
17-May	Banco 3172	390FL_03SS	0.1
17-May	Banco 3172	390FL_03SS	1.533333333
17-May	Banco 3420	390FL_02SS	0.683333333
17-May	Banco 3420	390FL_02SS	1.366666667
18-May	Banco 3172	390FL_03SS	3.333333333
18-May	Banco 3172	390FL_03SS	2.266666667
19-May	Banco 3172	390FL_03SS	0.666666667
19-May	Banco 3172	390FL_03SS	1.15
19-May	Banco 3172	390FL_03SS	4.316666667
19-May	Banco 3172	390FL_03SS	0.233333333
19-May	Banco 3172	390FL_03SS	1.2
19-May	Banco 3172	390FL_03SS	1.35
19-May	Banco 3172	390FL_03SS	0.166666667
20-May	Banco 3172	390FL_03SS	2.233333333
20-May	Banco 3172	390FL_03SS	3.416666667
20-May	Banco 3172	390FL_03SS	0.483333333
20-May	Banco 3172	390FL_03SS	0.25
21-May	Banco 3172	390FL_03SS	1.566666667
21-May	Banco 3420	950E_01CED	1.366666667
21-May	Banco 3420	950E_01CED	0.233333333
21-May	Banco 3420	950E_01CED	2.1
21-May	Banco 3252	950E_02CED	1.683333333
21-May	Banco 3252	950E_02CED	0.233333333
21-May	Banco 3252	950E_02CED	1.666666667
21-May	Banco 3420	390FL_01SAG	1.916666667
22-May	Banco 3420	390FL_01SAG	0.233333333
22-May	Banco 3420	390FL_01SAG	2.083333333
22-May	Banco 3420	390FL_01SAG	1.433333333

22-May	Banco 3420	390FL_01SAG	0.233333333
22-May	Banco 3420	390FL_01SAG	2
23-May	Banco 3172	390FL_03SS	0.716666667
23-May	Banco 3172	390FL_03SS	0.166666667
23-May	Banco 3172	390FL_03SS	1.233333333
23-May	Banco 3172	390FL_03SS	1.35
24-May	Banco 3172	390FL_03SS	0.233333333
24-May	Banco 3172	390FL_03SS	1.2
24-May	Banco 3420	390FL_01SAG	1.45
25-May	Banco 3420	390FL_01SAG	0.25
25-May	Banco 3420	390FL_01SAG	1.7
25-May	Banco 3420	390FL_01SAG	2.066666667
25-May	Banco 3420	390FL_01SAG	1.366666667
25-May	Banco 3420	390FL_01SAG	0.25
25-May	Banco 3420	390FL_01SAG	1.466666667
26-May	Banco 3420	390FL_02SS	1.333333333
26-May	Banco 3420	950E_01CED	2.433333333
27-May	Banco 3420	950E_01CED	0.233333333
27-May	Banco 3420	950E_01CED	1.683333333
28-May	Banco 3420	950E_01CED	0.233333333
29-May	Banco 3420	950E_01CED	1.133333333
30-May	Banco 3420	950E_01CED	1.35

Fuente: Reporte de Dispatch.

## ANEXO N° 02: Ficha técnica de la excavadora hidráulica

<b>Motor</b>	
Modelo de motor	Cat C18 ACERT
Potencia: ISO 14396 (sistema métrico)	405 kW (551 hp)
Potencia neta: ISO 9249 (sistema métrico)	391 kW (532 hp)
Potencia neta: CEE 80/1269 (sistema métrico)	391 kW (532 hp)
Calibre	145 mm
Carrera	183 mm
Cilindrada	18,1 L
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La 390F L cumple las normativas sobre emisiones Stage IV de la UE.</li> <li>• No se precisa reducción de potencia del motor por debajo de los 2300 m de altitud.</li> <li>• Potencia a 1700 rev/min (implemento).</li> </ul>	

<b>Pesos de funcionamiento</b>	
Configuración mínima: alcance	86 275 kg
Configuración máxima: excavación de gran volumen	92 020 kg

<b>Transmisión</b>	
Velocidad de desplazamiento máxima	4,5 km/h
Máxima fuerza de tracción en la barra de tiro	590 kN

<b>Cadena</b>	
Estándar	900 mm
Opcional	750 mm
Opcional	650 mm
Número de zapatas a cada lado	51
Número de rodillos de la cadena a cada lado	9
Número de rodillos superiores a cada lado	3

<b>Mecanismo de giro</b>	
Velocidad de giro	6,2 rev/min
Par de giro	260 kN·m

<b>Capacidades de llenado de servicio</b>	
Capacidad del depósito de combustible	1240 L
Sistema de refrigeración	74 L
Aceite del motor	60 L
Mando del giro (cada uno)	19 L
Mando final (cada uno)	21 L
Capacidad de aceite del sistema hidráulico (incluido el depósito)	997 L
Aceite del depósito hidráulico	813 L
Depósito de DEF	48 L

<b>Sistema hidráulico</b>	
Sistema principal: caudal máximo (total)	
Implemento	952 L/min
Desplazamiento	1064 L/min
Sistema de giro: caudal máximo	Sin bomba de giro
Presión máxima	
Equipo: normal	35 000 kPa
Desplazamiento	35 000 kPa
Giro	35 000 kPa
Sistema piloto	
Caudal máximo	67 L/min
Presión máxima	4,0 – 4,4 MPa
Cilindro de la pluma	
Calibre	210 mm
Carrera	1967 mm
Cilindro del balancín	
Calibre	220 mm
Carrera	2262 mm
Cilindro del cucharón tipo HB2	
Calibre	200 mm
Carrera	1451 mm
Cilindro del cucharón tipo JC	
Calibre	220 mm
Carrera	1586 mm

<b>Niveles de ruido</b>	
Nivel de presión acústica en los oídos del operador ISO 6396	74 dB(A)
Nivel de potencia acústica exterior ISO 6395	109 dB(A)*

- \* Por la Directiva de la Unión Europea 200/14/CE, modificada por 2005/88/CE.
- Cuando está correctamente instalada y mantenida, la cabina que ofrece Caterpillar, comprobada con las puertas y las ventanillas cerradas conforme a ANSI/SAE J1166 OCT 98, cumple los requisitos de las normas OSHA y MSHA referentes a los límites de exposición acústica del operador aplicados en el momento de la fabricación.
  - Cuando se trabaje mucho tiempo con las puertas o ventanillas de la cabina abiertas en lugares muy ruidosos o si la cabina no ha sido mantenida correctamente, el operador de la máquina podría necesitar protección en los oídos.

<b>Normas</b>	
Frenos	SAE J1026/APR90
Cabina/FOGS	SAE J1356/FEB88 ISO 10262