

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Civil

“PROPUESTAS DE MANIOBRAS CON MAQUINARIA PESADA PARA OPTIMIZAR EL MOVIMIENTO DE TIERRAS EN CARACHUGO 2022”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Jesus Orlando Acuña Paisig

Asesor:

Mcs. Ing. Erlyn Giordany Salazar Huamán

Cajamarca - Perú

2022

DEDICATORIA

A Dios, mis padres y familia, por su gran apoyo psicológico y económico en todo este trayecto, por depositar su confianza en mi persona y poder lograr un objetivo más en mi vida profesional.

A mis amigos quienes me brindaron su apoyo incondicional en todo momento, y que siempre estuvieron pendientes de lograr culminar con éxito mi investigación.

A todos ellos infinitas gracias porque en momentos de desconfianza personal me brindaron sus consejos y palabras de ánimo y superación que fueron el impulso de seguir luchando por mis sueños.

AGRADECIMIENTO

A la prestigiosa Universidad Privada del Norte, por acogerme para desarrollar todo mi proceso académico profesional y a mis docentes de la facultad de ingeniería quienes nos brindaron todos sus conocimientos teóricos y prácticos y por sus muchos consejos para desarrollarnos y enfrentarnos como buenos profesionales.

Con mucha gratitud a mi asesor, Mcs. Ing. Erlyn Giordany Salazar Huamán, quien, con su orientación, tiempo y dedicación, permitió la culminación del presente trabajo de investigación.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE FIGURAS.....	5
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	6
ÍNDICE DE TABLAS.....	7
RESUMEN.....	8
ABSTRACT.....	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	10
CAPÍTULO II. MÉTODOS.....	21
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	41
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	50
Referencias.....	54
ANEXOS.....	56
Fotos en área laboral.	56
Tablas de especificaciones técnicas.....	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Dimensiones de la Excavadora CAT 336 DL	28
Figura 2. Partes de la Excavadora CAT 336 DL.	29
Figura 3. Maniobras teóricas excavadoras dadas por fabricante.	30
Figura 4: Dimensiones del tractor CAT D6T XL	35
Figura 5. Abaco para calcular maniobras máximos teóricos tractor de orugas.	36
Figura 6. Maniobras teóricas.....	50

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Fórmula de maniobra A	12
Ecuación 2. Fórmula de maniobra B.....	12
Ecuación 3. Disponibilidad Mecánica	23
Ecuación 4. Utilización de los equipos	24
Ecuación 5. Producción Normal	25
Ecuación 6. Determinación del maniobra de una excavadora.	31
Ecuación 7. Determinación del factor de llenado.	32
Ecuación 8. Maniobra en m ³ /h.....	37
Ecuación 9. Tiempo de ciclo completo.....	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	21
Tabla 2. Porcentajes de abundamiento.....	25
Tabla 3. Factores de eficiencia E por condiciones de obra.....	26
Tabla 4. Eficiencia Horaria.	26
Tabla 5. Capacidad del cucharón.....	31
Tabla 6. Factor de Eficiencia Horaria.	32
Tabla 7. Características de volquete.	36
Tabla 8. Resumen de maniobras teóricas de distancias de acarreo.....	37
Tabla 9. Maquinaria pesada a utilizar.	41
Tabla 10. Maniobra diario de la excavadora CAT 336 DL	41
Tabla 11. Maniobra diario de Tractor CAT D6T XL en empuje.....	42
Tabla 12. Tiempo y maniobra de ciclo de los transportes de Volquete Volvo.....	43
Tabla 13. Maniobras teóricas de distancias de acarreo con Volquete Volvo	51

RESUMEN

La presente tesis se desarrolló en la Minera Yanacocha en la zona denominada CARACHUGO 14 en Cajamarca, Perú, con el objetivo general proponer maniobras con maquinaria para optimizar el movimiento de tierras en Carachugo 2022. Así mismo comparar estas maniobras de equipo pesado con las maniobras teóricas. Para la realización de este proyecto se recopiló información entre los meses de julio y septiembre del 2021, mediante observación directa, medición y registro en formatos de reporte diario y de control de equipos.

La funcionalidad de la maquinaria pesada que se detalla en esta investigación enfocada de acuerdo al tipo de material involucrado, nombrando las limitaciones y las características que inciden en la elección de ella, según sean las propiedades del suelo en que se trabaja. Como uno de los objetivos específicos de la investigación es optimizar el movimiento de tierras, usando maquinaria pesada, para las actividades de carguío con EXCAVADORA CAT 336DL con capacidad de 2.5 m³, empuje TRACTOR CAT D6T XL con capacidad de empuje de 1200m³/h y acarreo con VOLQUETE VOLVO 15 m³. Las maniobras reales obtenidos serán comparados con las maniobras dados por el fabricante, identificando factores adversos propios de un proyecto minero como son: clima, fallas mecánicas y operador. De dicha comparación se ha logrado determinar que las maniobras reales son menores a los indicados por el fabricante; así tenemos que la maniobra teórico para la excavadora CAT 336DL es de 450.00 m³/hora, y su maniobra real con horas efectivas es de 298.48 m³/hora, para el tractor CAT D6T XL su maniobra teórica es de 552 m³/h y su maniobra real con horas efectivas es de 421.87 m³/hora; finalmente para el volquete su maniobra teórica a una distancia de 2.60 km es de 90.28 m³/h y su maniobra real en ciclo promedio/min es de 13.47%.

Palabras clave: Maniobra, maquinaria pesada, ejecución, actividad.

ABSTRACT

This thesis project was developed at Minera Yanacocha in the area called CARACHUGO 14 in Cajamarca, Peru, with the general objective of evaluating the performance of heavy machinery for the construction project of PAD CARACHUGO 14. Also compare these heavy equipment performances with the theoretical performances. In order to carry out this project, information was collected between the months of July and September 2021, through direct observation, measurement and recording in daily report and equipment control formats.

The functionality of the heavy machinery that is detailed in this project is focused according to the type of material involved, naming the limitations and characteristics that affect the choice of it, depending on the properties of the soil in which it is worked. As one of the specific objectives of the research is to optimize real performance in earthworks, using heavy machinery, for loading activities with CAT 336DL EXCAVATOR with 2.5 m³ capacity, CAT D6T XL TRACTOR with a push capacity it is 1200 m³/h, and 15 m³ VOLVO TIPPER. The real yields obtained will be compared with the yields given by the manufacturer, identifying adverse factors typical of a mining project such as: weather, mechanical failures and operator. From this comparison it has been possible to determine that the real yields are lower than those indicated by the manufacturer; thus we have that the theoretical performance for the CAT 336DL excavator is 450.00 m³ / hour, and its real performance with effective hours is 298.48 m³ / hour, for the CAT D6T XL tractor its theoretical performance is 552 m³ / h and its actual performance with effective hours it is 421.87 m³ / hour; finally for the tipper the theoretical performance at a distance of 2.60 km is 90.28 m³ / h and its real performance in average cycle / min is 13.47%.

Keywords: Maneuver, heavy machinery, execution, activity

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, los proyectos en minería son ejecutados por maquinaria pesada de todo tipo tales como: excavadoras, tractores y volquetes. (Huatay, 2014).

Sin embargo, existe una realidad problemática, y se ha podido observar que existen diferencias entre las maniobras teóricas y las maniobras reales, lo cual trae como consecuencia variación en el cumplimiento de actividades. También la falta de información de maniobras en maquinaria pesada en movimiento de tierras, afecta la etapa de programación, ya que no se puede determinar exactamente la fecha de hitos de entrega del proyecto. Por otro lado, en la etapa de ejecución, si ya se tienen fechas de entrega establecidas o se está atrasado en el proyecto; el no tener una maniobra real dificulta el hecho de dimensionar las flotas o cuadrillas a reprogramar para cumplir con plazos ya establecido (Malpica, 2014).

Tenemos en consideración las bases teóricas, de maniobras (Bringas, 2010) en “Evaluación de maniobras de maquinaria pesada en la construcción de la plataforma de lixiviación La Quinua Etapa 7B-:MY Cajamarca” define a una maniobra como la producción de una máquina en el número de unidades de trabajo que realiza en la unidad de tiempo, generalmente una hora.

Maniobra nominal, teórico o máximo (RN). Es aquel que es capaz de alcanzar una máquina en excelentes condiciones de trabajo y estado técnico, sin interrupciones. Este es el que brindan los fabricantes de los equipos en los catálogos para su venta.

Maniobra real (RR). Es aquella maniobra que la maquinaria pesada puede desarrollar en condiciones reales y más usuales de trabajo, donde se consideran interrupciones por diversas causas (lluvia, roturas imprevistas, mantenimientos al equipo, su mejor o peor adaptabilidad al trabajo a realizar, el estado técnico real que posee experiencias y habilidades de los operadores).

Maquinaria pesada utilizada en el movimiento de tierras. En la separata Construcciones 1

del Ing. Marco Hoyos Saucedo, 2001; para tractores encontramos la siguiente clasificación:

Tractores. Máquina autónoma que permite:

- El remolque de otras máquinas.
- El sostén y la maniobra de diversos equipos, tales como: cuchilla de bulldozer, pala de empuje, cucharón de carga.

Las maniobras dependen de los siguientes factores:

- Clase de material.
- Profundidad de corte.
- Angulo de oscilación.
- Condiciones de obra.
- Condiciones administrativas.
- Tamaño y número de las unidades de acarreo.
- Habilidad del operador.
- Condiciones físicas de las palas.

Y se expresa en m^3 /hora, basándose en el volumen medio del banco, la capacidad de un cucharón está basado en su volumen medio al ras; al excavar cierto tipo de materiales es posible que el cucharón recoja un volumen colmatado que pueda exceder el volumen rasado. Para poder obtener el volumen medido en banco de cucharón de suelo, deberá dividirse el volumen promedio en estado suelto entre uno (1) más el abudamiento expresado en fracción (Saucedo, 2001).

$$M = \frac{3600 \cdot Q \cdot E \cdot f \cdot K}{C_s}$$

Ecuación 1. Fórmula de Maniobras A

Dónde:

M: Maniobras en m³ /h.

3600: Numero de segundos en un minuto.

Q: Capacidad del cucharón.

E: Factor de eficiencia de la pala.

f: Factor de conversión de suelos

C_s: Tiempo del ciclo en segundos.

K: Factor de eficiencia del cucharón

(Pizan, 2013) en evaluación de Maniobras en el movimiento de tierras con maquinaria pesada para los minados cerro negro y Carachugo en Yanacocha - Cajamarca define maniobras como "la cantidad o magnitud producida, en un tiempo determinado".

Matemáticamente se lo pude determinar mediante la siguiente ecuación:

$$\mathbf{Maniobras} = \frac{\mathbf{cantidad}}{\mathbf{tiempo}}$$

Ecuación 2. Fórmula de Maniobras B

Dónde: Cantidad: expresado en volumen, área, longitud, unidad.

Tiempo: expresado en días, jornal y horas.

Así mismo, en los antecedentes internacionales (Vargas, 1999, México) en su tesis titulada "La maquinaria pesada en movimiento de tierras (descripción y maniobras)"; se calcula las

maniobras para la maquinaria pesada, a través de fórmulas y ábacos, así mismo se describe el tipo de maquinaria pesada utilizada en el análisis, llegando a las siguientes conclusiones; que en los últimos 30 años se ha efectuado una revolución total en la maquinaria, métodos y volúmenes, la rapidez y desarrollo así como la variedad de máquinas aumenta constantemente, por consiguiente las técnicas para su uso provechoso se hace más complicadas cada día, por ello recomienda una constante actualización de toda esta modernidad, para evitar pérdidas por una mala selección del equipo, daños a la maquinaria debido al desconocimiento de sus funciones y de sus puntos débiles, a la pérdida de tiempo, material y dinero.

(Capriles- Valladares, 1999, Venezuela) en su obra titulada "Estudio de las maniobras de la maquinaria pesada en distintos escenarios topográficos para el establecimiento de precios referenciales", se analiza el costo de la maquinaria de acuerdo al tiempo de utilización, el costo de la maquinaria de acuerdo al porcentaje de utilización y la evaluación de maniobras de acuerdo al escenario topográfico y su influencia en los precios unitarios, concluyendo que las obras de movimiento de tierras deben ser concebidas como un ciclo dentro del cual las distintas actividades que desempeña la maquinaria, están estrechamente relacionadas por eso recomienda realizar un análisis global, e incluir a todas las variantes para llegar a resultados significativos, también concluye que existe una gran diferencia entre los maniobras, costos y precios unitarios de las partidas según el escenario topográfico y de la geológica correspondiente.

(Andrade - Ramírez, 2009, Ecuador) en tu tesis titulada "Optimización del empleo de maquinarias para el movimiento de tierras de un proyecto vial mediante el uso de diagrama de

masas”; habla de la elección del tipo de maquinaria más adecuada de acuerdo al tipo de trabajo a realizar y del análisis de las maniobras de los equipos que intervienen en el movimiento de tierras.

(Ovando, 1984) en su tesis “Consideraciones sobre la Selección y Cálculo de Producción de Maquinaria Pesada para el Movimiento de Tierras” dice: Cuando se hacen cálculos para un proyecto de movimiento de tierras debe tenerse en cuenta que primero se tienen que conocer las condiciones del lugar antes de proceder a la selección de maquinaria, abarcando el clima y la clase de material de que se compone el suelo ya que en función de estos factores está el tipo de maquinaria a usar. Al trabajar en proyectos de movimientos de tierras, el renglón más importante con relación a costos es el de ejecución, el cual está influido por dos factores que son: Las maniobras de la maquinaria y el mantenimiento. Un mal mantenimiento produce pérdida de tiempo aumentando así los costos, por lo tanto, se debe contar, en el proyecto, con un buen taller de reparación y un buen equipo personal. Si la maniobra de una maquinaria es bajo, debido a que no trabaja la totalidad de tiempo o de horas adecuadas al día, produce un alza en los costos de ejecución pues llevará más tiempo en terminar la labor asignada, además se debe emplear el equipo adecuado. Llevando un control de horas trabajadas, se puede saber cuándo se reemplazará una pieza o cuando se deben chequear cada uno de los sistemas. Lo más importante al trabajar con diferentes tipos de maquinaria, en las diferentes fases del movimiento de tierras, es lograr la mejor sincronización entre ellas para obtener así una mayor eficiencia, ahorrando tiempo y obteniendo una mejor maniobra debido a que cada una posee un tiempo de ciclo diferente.

Osses, R., & Vera, A. (2008) en su tesis “Factores Incidentes en la Determinación de Costos de Movimiento de Tierras y Rocas” expone: Es necesario analizar las operaciones de manera detallada con el fin de detectar todos los factores que afectan positiva y negativamente. Este

análisis no debe regirse al aspecto técnico únicamente sino debe ser global, con el fin de poder identificar errores o fallas en todos los aspectos relacionados con la operación, como puede ser el manejo de la administración, las condiciones laborales del personal, el apoyo logístico y el departamento de equipos.

(Chiriboga & Rivera, 2013) en su tesina “Equipo caminero para movimiento de tierras características y cálculo de la maniobra de la maquinaria” afirman que es erróneo tomar maniobras otorgados por los fabricantes para la ejecución de un presupuesto de movimiento de tierras, por tanto, se debe realizar un correcto análisis y recomienda revisar el tiempo de ciclo de la maquinaria que se va a utilizar así mismo tomar en consideración absolutamente todos los factores propios de la maquinaria y del entorno para obtener las maniobras más aproximados a la realidad en obra para ser más eficientes. Además, en los antecedentes nacionales.

(Aduato, 2017) en su tesina “Análisis Comparativo de maniobra de Costos entre dos Máquinas en trabajos de Excavación” compara las maniobras y analiza las ventajas de una excavadora hidráulica con 173 hp y una de 202 hp de potencia. Y como resultado obtuvo que la excavadora hidráulica con 173 hp de potencia obtuvo mejor maniobra de costos frente a la excavadora hidráulica de 202 hp. Por ende, recomienda que, para realizar mejor la elección de adquisición de equipos, se deben tomar los costos posibles y valores más reales, analizando siempre el peor de los casos.

(Ibáñez, 2011) en su informe “Costos y Tiempos en Carreteras”, podemos encontrar información sobre las maniobras de la maquinaria pesada utilizada en la construcción de carreteras.

Así mismo desarrolla una metodología de costos que permite obtener resultados para cualquier tiempo y cualquier lugar. Su publicación sirve de guía para desarrollar análisis de costos unitarios, planillas de metrados, costos indirectos y presupuestos, costos y análisis de los insumos necesarios para la construcción de una carretera (materiales, mano de obra, equipos y herramientas), entre otros.

(Catacora, 2019) en su informe “Maniobra Efectivo y Maniobra Esperado de la Maquinaria de C y M Vizcarra en la Mina San Rafael, San Román, Juliaca, Puno” analiza la maniobra efectiva y la maniobra esperado con una muestra de 28 equipos de maquinaria pesada. Como resultados del estudio, encontró que la maniobra efectiva de la maquinaria pesada, es bajo; la maniobra esperada es bajo; y la maniobra perdida no evidencia proporciones diferentes entre los niveles alto y bajo. Concluyendo finalmente que la maniobra efectiva y la maniobra esperado no superan el nivel bajo. Así mismo en los antecedentes locales se describe a continuación, y detalla (Huatay, 2014) en su informe “Maniobra de la Maquinaria Pesada en el Proyecto Cierre de Mina Pachacutec, La Quinoa - Yanacocha – Cajamarca” compara las maniobras de la maquinaria pesada que se alcanzó en la ejecución de dicho proyecto, con la maniobra teóricos dados por el fabricante. La toma de datos para la investigación fue realizada mediante observación directa, medición y registro en forma de reporte diario y de control de equipos, tomando como muestra los equipos: Tractor CAT D6T, tractor CAT D8T y excavadora CAT 330D L, luego de procesar la información obtuvo los siguientes resultado: Excavadora CAT 330 DL 85.87 m³/h en la actividad de corte y relleno compensado, para el Tractor CAT D6T la maniobra de 95.53 m³/h en la actividad de corte y relleno compensado, un 184.68 m³/h para la actividad de excavación de material común y un 100.36 m³/h en empuje y extendido de suelo orgánico , para el tractor CAT D8T se registraron un

181.08 m³/h en la actividad de corte y relleno compensado, un 287.97 m³/h en la actividad de Excavación de material común y finalmente un 167.79 m³/h en la partida empuje y conformación de suelo orgánico . concluyendo finalmente que la maniobra calculados en campo son menores a los teóricos.

(Huingo, 2013) en su tesis “Evaluación de la maniobra de Maquinaria Pesada en la Ejecución de Cierres de Mina - Caso Maqui Maqui Norte - Cajamarca” describe la maniobra que la maquinaria pesada alcanzó en la ejecución del proyecto, así mismo realiza la comparación de estos con los maniobras teóricos. Consecuente a su investigación para el análisis de un tractor CAT 08R, un tractor Komatsu 065EX-15EO y una excavadora Komatsu PC 350LC-8; se obtuvieron los siguientes resultados: para el tractor CAT 08R la maniobra de 162.42 m³ /h en la actividad de corte y relleno compensado y 256.18 m³ /h en la actividad de excavación de material común, para el tractor Komatsu 065EX-15EO se registró 112.30 m³ /h en la actividad de corte y relleno compensado, 176.17 m³ /h en la actividad de excavación de material común y 166.08 m³ /h en empuje y extendido de top soil, finalmente la excavadora Komatsu PC350LC-8 alcanzó los 4 7.04 m³ /h en la actividad de excavación de material común; con cuyas maniobras confirma que las maniobra teóricos son menores a los la maniobras alcanzados en la ejecución de su proyecto.

(Bazauri & Tauma, 2019) en su tesis “Comparación de maniobras en Campo y las Especificaciones del fabricante de la Maquinaria Pesada en una Mina de Cajamarca, 2019” describe las maniobras reales de movimiento de tierras, usando maquinaria pesada, para las actividades de: carguío con excavadora, acarreo con volquetes de 15 m³ y empuje con tractor sobre orugas. Logrando determinar que la maniobra de la excavadora para el carguío según especificación de fabricante son de 522m³/Hr, mientras que la maniobra observado en campo es

de 288.23m³/Hr , la maniobra del tractor CAT D6T, en el empuje de tierras según especificación de fabricante es de 552m³/Hr, mientras que la maniobra observado en campo es de 359.10 m³/Hr y la maniobra del volquete Scania, en la operación de acarreo, según especificación de fabricante es de 100m³/Hr, mientras que la maniobra observado en campo es de 80m³/Hr. Concluyendo que maniobras reales alcanzados en la ejecución son menores a los dados por el fabricante.

En la siguiente investigación, se trazó como objetivo general proponer maniobras con maquinaria pesada para optimizar el movimiento de tierras en Carachugo 2022. Así mismo, como objetivos específicos:

- ✓ Optimizar las maniobras de la maquinaria en las condiciones actuales de laboreo en campo.
- ✓ Determinar el ciclo de la maquinaria pesada.
- ✓ Comparar las maniobras de la maquinaria pesada obtenidos en el proyecto construcción del PAD CARACHUGO 14 con los del fabricante.

Mientras que, como hipótesis general, responde a su primera pregunta al siguiente enunciado, como se detalla, la maniobra real alcanzado por la maquinaria para optimizar el movimiento de tierras en Carachugo 2022, es menor a la maniobra teórico del manual del fabricante.

Esta investigación se justifica, porque Cajamarca es una zona con vastos recursos mineros, existiendo un problema; debido a que existen diferencias entre las maniobras teóricos del manual del fabricante, y maniobras reales de la maquinaria pesada, a la ausencia de equipos, desconocimiento de las maniobras en la construcción del proyecto PAD CARACHUGO 14. Ya que no se puede determinar exactamente la fecha de hitos de entrega del proyecto. Y por tal motivo se cree conveniente realizar la investigación, para poder sub sanar y dar conocimiento a la

población, aportar conocimiento a la ingeniería, y que esta investigación servirá para futuras investigaciones, que quieran continuar investigando con otro tipo de maquinarias, y en otro tipo de construcción como: represas, túneles y puentes.

En esa medida algunas de estas empresas cuentan con factores estratégicos y operativos importantes que las hacen más competitivas en el mercado. En ese marco, el análisis de la variable involucrada en los procesos de operación se constituye en una necesidad relevante de orden organizacional para estas empresas. Este estudio responde a esa necesidad de conocer mejor cómo se desempeña la empresa y, sobre todo, en qué medida aprovecha los recursos con que cuenta. La importancia del análisis de maniobras de los equipos es parte de esa intención de evaluación de la eficiencia en el uso de los bienes que posee, para complementar las operaciones extractivas a las que se dedica (Catacora, 2019).

No tener maniobras en operaciones de equipos de movimiento de tierras para minados, trae consigo el no poder realizar presupuestos reales para los proyectos, lo cual conlleva a que en el proyecto se presenten problemas de no cumplimiento con el cronograma previsto en obra, el cronograma ejecutado no cumple con el programado; incumpliendo en hitos o entregables, perjudicando tanto al contratista (multas, mayores gastos de personal.) y al cliente. Entonces, con las maniobras bien definido, en la etapa de ejecución el ingeniero y/o personal de campo encargado podrá controlar sus maniobras reales de una manera más práctica que puede ser el número de viajes por hora realizados, aumentando así su productividad, cumpliendo con los entregables y sin exceder en costos (Huatay, 2014).

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, nace la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuáles son las propuestas en maniobras con maquinaria pesada en el proyecto construcción para optimización en el movimiento de tierras en Carachugo, 2022?

CAPÍTULO II. MÉTODO

La investigación realizada, ha sido de tipo descriptiva y transversal; debido a que se está conociendo las diferentes características a través de una descripción exacta de las actividades que ha realizado la maquinaria pesada utilizada.

Y transversal, porque ha sido de tipo seccional descriptivo, puesto que las variables han sido observadas en sus componentes naturales en el tiempo estipulado, con el propósito de indagar la incidencia que tiene y los valores que manifiestan las variables.

En la población, se considera a la maquinaria pesada para la ejecución del proyecto PAD CARACHUGO 14 en Cajamarca.

Y la muestra, será de tipo no probabilístico, porque se está tomando un solo equipo concerniente a movimiento de tierras ejecutado por la maquinaria pesada (EXCAVADORA CAT 336DL con capacidad de 2.5 m³, empuje TRACTOR CAT D6T XL con capacidad de empuje de 1200m³/h y acarreo con VOLQUETE VOLVO 15 m³), para las actividades de carga, transporte y descarga, en el Proyecto construcción del PAD CARACHUGO 14.

En la investigación realizada se utilizó las siguiente técnicas e instrumentos que detallaremos a continuación:

Tabla 1.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

INSTRUMENTOS

<p>OBSERVACIÓN</p> <p>DIRECTA.</p> <p>DATOS</p> <p>OBTENIDOS EN CAMPO.</p>	<p>Ficha de campo.</p> <p>Registro fotográfico.</p> <p>Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial.</p>
--	--

Tabla 1. Fuente Propia.

Así mismo, los procedimientos en la recolección de datos, en la presente investigación, se realizan mediante varias etapas en el proyecto.

Tenemos la etapa de campo, mediante la observación directa se llenó los formatos de controlador, así como de supervisor de campo, in situ, detallando en estos las actividades realizadas y las horas efectivas que la maquinaria laboró en la jornada de trabajo.

En la etapa de gabinete, una vez concluida la etapa de campo se procedió de la siguiente manera:

- ✓ Se organizó los formatos de supervisión y controlador de equipos, de acuerdo a fecha y maquinaria.
- ✓ Se seleccionó los formatos en los cuales figura las actividades del movimiento de tierras a analizar (corte y relleno compensado, excavación de material común y empuje y extendido de material Soil Liner, DL, PL y Mineral).
- ✓ Se creó una base de datos en Microsoft Excel con esta información, teniendo en cuenta el tipo de maquinaria pesada, el volumen de material movido, las horas efectivas y la fecha en la cual se realizó el trabajo.

- ✓ Con las horas efectivas trabajadas y los volúmenes de material movido, se calculó las maniobras de acuerdo a las fechas laboradas, para la maquinaria en análisis de acuerdo a las actividades que realizaron.

En la presente investigación, el análisis de datos, y análisis estadístico fueron apuntados en una libreta de campo, tanto como de la Excavadora, Volquete y Tractor, una vez ya con toda la información de campo en gabinete se va a proceder a realizar un promedio aritmético de la data, para cada equipo, con la finalidad de obtener resultados verídicos, y esto se realiza con la ayuda de fórmulas matemáticas de acuerdo a cada término utilizado en este informe como se describe a continuación:

Se realizó el procedimiento de trabajo en campo, verificando la disponibilidad mecánica, se expresa como un porcentaje de disponibilidad (% disponibilidad). El objetivo de este indicador es medir el desempeño de los equipos con la finalidad que la operación tenga cada vez más tiempo el equipo disponible y que éste pueda realizar su función en la operación (Bazauri & Tauma, 2019).

$$Disp. Mec. = \frac{Hefectivas + HDNT}{Hefectivas + HND + HDNT}$$

Ecuación 3. Disponibilidad Mecánica

Donde:

- ✓ Disp. Mec. : Disponibilidad Mecánica (%).
- ✓ H efectivas : Horas Efectivas.
- ✓ HDNT : Horas Disponibles No Trabajadas.
- ✓ HND : Horas No Disponibles.

La utilización de equipos, en la presente investigación, es la porción de tiempo disponible que la maquina está cumpliendo su labor en la operación. La utilización del equipo permite conocer el porcentaje del tiempo que un equipo estuvo operando en el área de trabajo. El objetivo de este indicador es comparar la capacidad usada contra la instalada, con la finalidad de optimizarla (Bazauri & Tauma, 2019).

$$\text{Utilización} = \frac{\text{Hefectivas}}{\text{Hefectivas} + \text{HDNT}}$$

Ecuación 4. Utilización de los equipos

Donde:

- ✓ Utilización: utilización de los equipos.
- ✓ H efectivas: Horas efectivas.
- ✓ HDNT: Horas Disponibles No Trabajadas.

Es importante verificar, que el factor de abundamiento al excavar el material en banco, resulta removido con lo que se provoca un aumento de volumen. Este hecho ha de ser tenido en cuenta para calcular la producción de excavación y dimensionar adecuadamente los medios de transporte necesarios. En todo momento se debe saber si los volúmenes de material que se manejan corresponden al material en banco (Banco) o al material ya excavado (Suelto).

Se denomina factor de abundamiento a la relación de volúmenes antes y después de la excavación. El factor de abundamiento será tomado de acuerdo al promedio de lo siguiente:

Tabla 2.

Porcentajes de abundamiento.

CLASES DE TIERRA	PORCENTAJE DE ABUNDAMIENTO
ARENA O GRAVA LIMPIA	De 5% a 15%
SUELO ARTIFICIAL	De 10% a 25%
MATERIAL SUELTO	De 10% a 35%
TIERRA COMÚN	De 20% a 45%
ARCILLA	De 30% a 60%
ROCA SOLIDA	De 50% a 80%

Fuente: mecánica de suelos. FICM. 1999-2000

La eficiencia horaria se denomina Producción óptima o “Pop” de punta a la mejor producción alcanzable trabajando los 60' de cada hora. En la práctica se trabaja sólo 45' ó 50' a la hora por lo que la producción normal “Pn” será:

$$Pn = \frac{50}{60} \times Pop$$

$$Pn = 0.83 Pop$$

$$Pn = E \times Pop$$

Ecuación 5. Producción Normal

En lo sucesivo P se referirá siempre a la Producción normal Pn.

La relación (E) entre los minutos trabajados y los 60' de una hora es lo que se denomina eficiencia horaria, tiempo productivo o factor operacional (operating factor).

Los factores de los que depende la producción determinan la eficiencia horaria, como

muestra la siguiente tabla:

Tabla 3.

Factores de eficiencia E por condiciones de obra

Condiciones de trabajo	Organización de obra		
	Bueno	Promedio	Mala
Buena	0.9	0.75	0.6
Promedio	0.8	0.65	0.5
Mala	0.7	0.6	0.45

Fuente: Manual Caterpillar. Edición 31. (2013)

Si se consideran incentivos a la producción, sobre todo con buenos factores de organización, estos coeficientes se verán incrementados, pero en cualquier caso será difícil que alcancen valores superiores a 0,90. Por otro lado, en condiciones adversas de trabajo y organización, el tiempo real puede llegar solamente a ser el 50% del tiempo disponible.

Tabla 4.

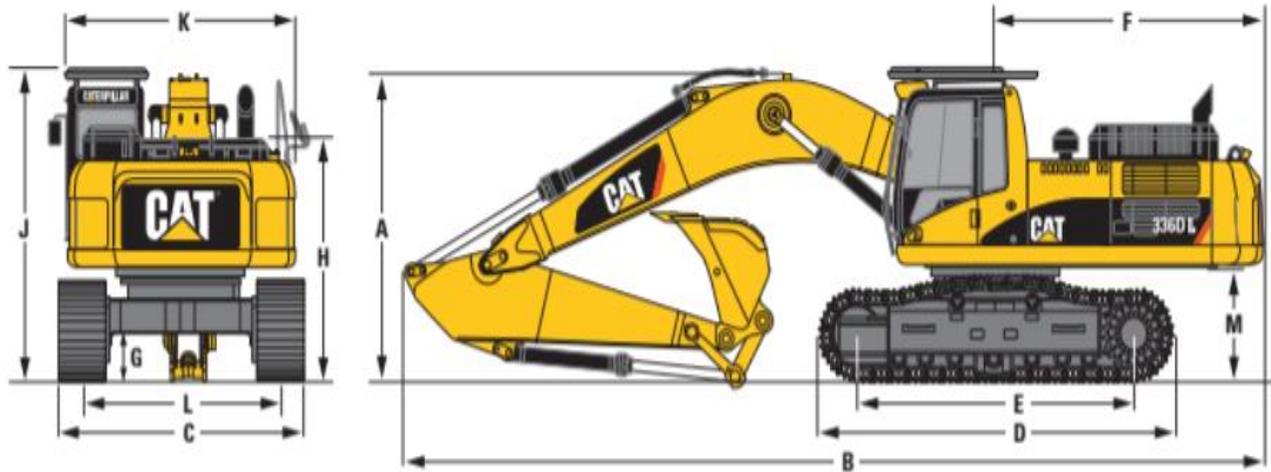
Eficiencia Horaria.

Incentivo	Organización	Min/hora	E
Si	Buena	50	0.83
Si	Mala	42	0.70
No	Mala	30	0.50

Fuente: Manual Caterpillar. Edición 31. (2013)

Naturalmente una máquina no trabaja sólo una hora sino varias al día durante el período que dure la obra, que puede ser de muchos meses. Esto hay que tenerlo presente al calcular la eficiencia media, y que las condiciones y la organización pueden ir cambiando con el transcurso de la obra.

Excavadora CAT 336 DL, cuenta con un excelente control y fiabilidad, una impresionante capacidad de elevación, un mayor aprovechamiento del combustible, un servicio simplificado y una cabina de operador más cómoda para aumentar su productividad y reducir sus costes de operación. Su Productividad de estas excavadoras es de 440 tn/hr hasta 540 tn/hr, con una capacidad de cucharón de 2.5 m³ (Gómez, 2019).



	mm
A Altura de embarque (con cucharón)	
Pluma de alcance	
Balancín de 2.800 mm	3540
Balancín de 3.200 mm	3340
Balancín de 3.900 mm	3670
Pluma de excavación de alta producción	
Balancín de 2.150 mm	3590
Balancín de 2.550 mm	3560

	mm
B Longitud de embarque	
Pluma de alcance	
Balancín de 2.800 mm	11 210
Balancín de 3.200 mm	11 150
Balancín de 3.900 mm	11 200
Pluma de excavación de alta producción	
Balancín de 2.150 mm	11 140
Balancín de 2.550 mm	10 900

	mm
C Anchura de las cadenas	
336D L (zapatas de 700 mm)	3290
336D LN (zapatas de 600 mm)	2990
D Longitud de la cadena	5020
E Longitud al centro de rodillos	4040
F Radio de giro de cola	3500
G Altura libre sobre el suelo	510
H Altura de la superestructura	2740
J Altura de la cabina	3280
K Anchura de la superestructura	2990
L Ancho de vía	
336D L	2590
336D Ln	2390
M Altura libre en el contrapeso	1220

Figura 1. Dimensiones de la Excavadora CAT 336 DL

Fuente: Catálogo Caterpillar.

Partes de la excavadora, tenemos chasis de traslación, el cual encontramos el tren de rodaje, estructura que se utiliza para desplazarse mediante o ruedas neumáticas. En el caso de ser de ruedas llevará unos estabilizadores para constituir las bases de apoyo.

Corona de giro, sirve de apoyo de la estructura sobre el chasis, permitiendo a ésta girar mientras el chasis permanece en estación. De dentado exterior o interior atacada por un piñón con motor independiente y dotada de freno. Dependiendo del tamaño del equipo se pueden encontrar 1 o más motores de giro.

Superestructura, sostiene el resto de la excavadora (motores, transmisiones, cabina, contrapeso y bombas).

Cuchara, fija o móvil y dispuesta en el extremo de un brazo móvil soportado por una pluma también móvil.

Sistemas de accionamiento: cilindros hidráulicos en su mayoría, aunque también existen por cables y cabestrantes, transmisiones mecánicas y cilindros neumáticos.



Figura 2. Partes de la Excavadora CAT 336 DL.

Fuente: maqpe.com

Tenemos las maniobras de excavadoras, en las Tablas de Cálculo de Producción proporcionan la maniobra teórica en movimiento de tierra de una excavadora en m³/h si puede estimarse la carga media del cucharón y el tiempo medio del ciclo. Usando un tiempo medio de ciclo se puede ajustar la producción calculada para tener en cuenta las características específicas del lugar de la obra y de la aplicación. Por ejemplo, los cálculos en aplicaciones de carga de camiones deben incluir el tiempo necesario para cambiar el camión, lo cual aumenta el tiempo de ciclo y reduce la productividad teórica.

Los valores de la tabla se basan en 60 min. De trabajo por hora, que es el 100% de eficiencia, lo cual nunca se consigue en la práctica. Por lo tanto, aplicaremos un factor de eficiencia en el trabajo a las cifras de la tabla, basándonos en nuestro criterio o el conocimiento de las condiciones reales de la obra (Bazauri & Tauma, 2019).

Metros cúbicos por hora de 60 minutos*

Tiempo de Ciclo Calculados		CARGA ÚTIL CALCULADA DEL CUCHARÓN** — METROS CÚBICOS SUELTOS																	Tiempo de Ciclo Calculados			
Tiempo en																			Ciclos por min.	Ciclos por seg.		
Seg.	Min.	0,2	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5	4,0		
10,0	0,17																				6,0	360
11,0	0,18																				5,5	330
12,0	0,20	60	90	150	210	270															5,0	300
13,3	0,22	54	81	135	189	243	297	351	405	459	513	567	621	675	729	783	837	891	945	1080	4,5	270
15,0	0,25	48	72	120	168	216	264	312	360	408	456	504	552	600	648	696	744	792	840	960	4,0	240
17,1	0,29	42	63	105	147	189	231	273	315	357	399	441	483	525	567	609	651	693	735	840	3,5	210
20,0	0,33	36	54	90	126	162	198	234	270	306	342	378	414	450	486	522	558	544	630	720	3,0	180
24,0	0,40	30	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	345	375	405	435	465	495	525	600	2,5	150
30,0	0,50	24	36	60	84	108	132	156	180	204	228	252	276	300	324	348	372	396	420	480	2,0	120
35,0	0,58	20	31	51	71	92	112	133	153	173	194	214	235	255	275	296	316	337	357	408	1,7	102
40,0	0,67					81	99	177	135	153	171	189	207	225	243	261	279	297	315	360	1,5	90
45,0	0,75									133	148	164	179	195	211	226	242	257	273	312	1,3	78
50,0	0,83																				1,2	72

Figura 3. Maniobras teóricas excavadoras dadas por fabricante.

Fuente: Caterpillar, Manual de maniobras.

En este estudio solo se incluyen equipos que trabajan con cucharón y los factores que se toman en cuenta son tipo de material, ángulo de giro, altura de corte, factor de operación y dimensiones del equipo.

Donde:

$$M = \frac{(3600)Q.E.K}{T.FV}; (m3/hora)$$

Ecuación 6. Determinación de maniobras de una excavadora.

M = Maniobras en m³/hora (medidos en banco).

Q = Capacidad o volumen del cucharón en m³.

K = Factor de llenado del cucharón (depende de las dimensiones y capacidad del cucharón).

E = Factor de maniobras de la máquina.

T = Tiempo de un ciclo (segundos).

FV = Factor de abundamiento o esponjamiento.

3600 = Factor de convergencia de unidades a horas.

- La capacidad o volumen del cucharón (Q), será tomada del manual de Maniobras de maquinaria Caterpillar.

Tabla 5.

Capacidad del cucharón.

MAQUINARIA	CARACTERÍSTICA	CAPACIDAD DE CUCHARÓN (m³)
EXCAVADORA	Cat 336 DL	2.5

Fuente: Johnny Carrión

- El factor de llenado del cucharón (K), será considerado debido al material que en este caso es un conglomerado. Entonces el valor será calculado de la siguiente forma:

$$K = \frac{1}{1 + \%esponjamiento}$$

Ecuación 7. Determinación del factor de llenado

El factor de eficiencia horaria de la excavadora lo vemos en la siguiente tabla:

Tabla 6.
Factor de Eficiencia Horaria.

Tiempo Real trabajando en una hora	Factor de eficiencia horaria	Condiciones
60	60/60=100%	Ideales
50	50/60=83%	Optimas
40	40/60=67%	Medias
30	30/60=50%	Pobres

Fuente: Tiktin J. (1997).

En el tiempo de ciclo, los datos se toman en campo de los viajes que hace hora a hora la excavadora, cuando esta explota el terreno y a la vez llena las volquetas.

Los factores que deben tomarse para el cálculo del Maniobras son:

- A. Tipo de material
- B. Profundidad real del corte
- C. Angulo de giro



D. Dimensión del equipo frontal

E. Eficiencia del operador

F. Condiciones del equipo y obra

G. Capacidad del vehículo

Las maniobras son expresadas mayormente en m³ o tn por hora, en lo que respecta a la actividad de movimiento de tierras.

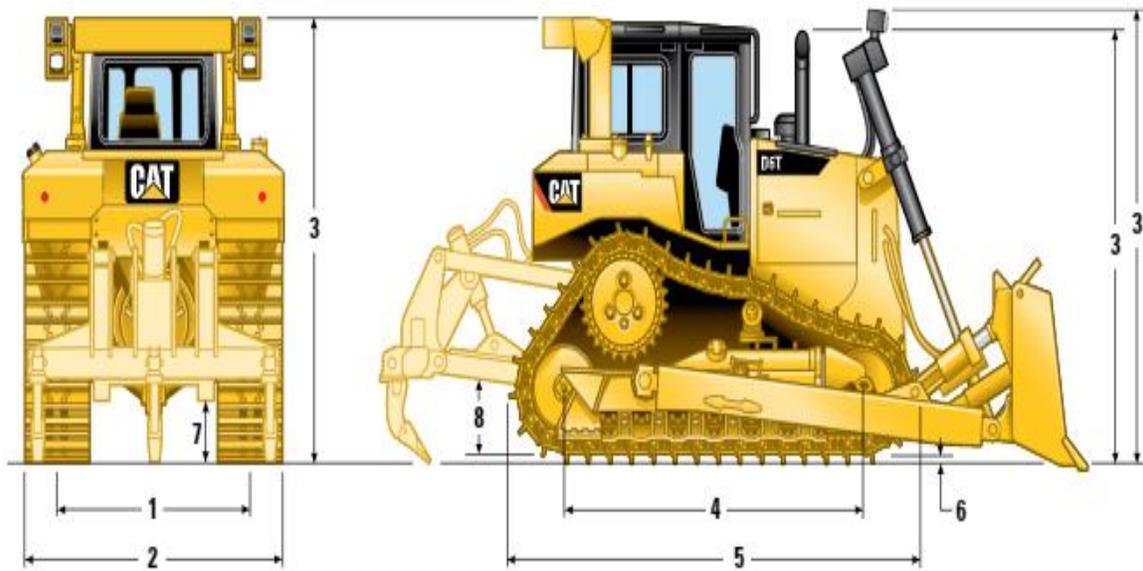
Los Factores que Afectan las maniobras de Excavadoras:

- Demoras de rutina:
- Demoras inevitables.
- Abastecimiento de combustible y lubricante.
- Pequeños mantenimientos de rutina.
- Factor humano: cansancio, necesidades.

Restricciones en la operación óptima. Se refiere a:

- Ángulo de giro.
- Altura o profundidad de corte.
- Pendientes de ataque.
- Coeficiente de rodamiento.
- Condiciones del sitio
- Condiciones Físicas: topografía, geología, humedad del terreno, altura sobre el nivel del mar.
- Condiciones climáticas: temperatura, lluvias, época del año.
- Condiciones de aislamiento, vías de comunicaciones, tiempos para abastecimiento.

El Tractor Cat D6T XL, tiene las siguientes dimensiones:



	XL	XL VPAT	Disposición de nivelación fina XL*
1 Ancho de vía	1.880 mm	2.134 mm	1.880 mm
2 Anchura del tractor			
Sobre muñones	2.640 mm	—	2.640 mm
Sin muñones (cadena est.)	2.440 mm	2.692 mm	—
3 Altura de la máquina desde la punta de la garra:			
Tubo de escape vertical	3.126 mm	3.126 mm	3.193 mm
ROPS	3.169 mm	3.169 mm	3.245 mm
Grupo de alumbrado de gama alta	3.310 mm	3.310 mm	3.310 mm
4 Longitud con la cadena sobre el suelo	2.840 mm	2.840 mm	3.275 mm
5 Longitud del tractor básico	3.860 mm	3.860 mm	4.247 mm
Con los siguientes implementos añada:			
Barra de tiro	182 mm	182 mm	251 mm
Ripper de dientes múltiples (con la punta a nivel del suelo)	1.370 mm	1.370 mm	—
Cabrestante	517 mm	517 mm	—
Hoja de empuje recta	—	—	—
Hoja SU + hoja estrecha SU (solo Europa)	1.271 mm	—	1.273 mm
Hoja angulable	1.341 mm	—	—
Hoja de empuje VPAT	—	1.504 mm	—
6 Altura de la garra	65 mm	65 mm	65 mm
7 Altura sobre el suelo	384 mm	384 mm	433 mm
Paso de cadena	203 mm	203 mm	203 mm
Número de zapatas por lado	41	41	45
Número de rodillos por lado	7	7	8
Zapata estándar	560 mm	560 mm	610 mm
Superficie en contacto con el suelo (cadena estándar)	3,18 m ²	3,18 m ²	4,00 m ²
Presión sobre el suelo**	57,2 kPa	64,7 kPa	55 kPa
8 Altura de la barra de tiro	576 mm	576 mm	626 mm
Desde la zapata apoyada en el suelo	511 mm	511 mm	561 mm

Figura 4: Dimensiones del tractor CAT D6T XL

Fuente: Catálogo Caterpillar.

Maniobras según especificaciones técnicas

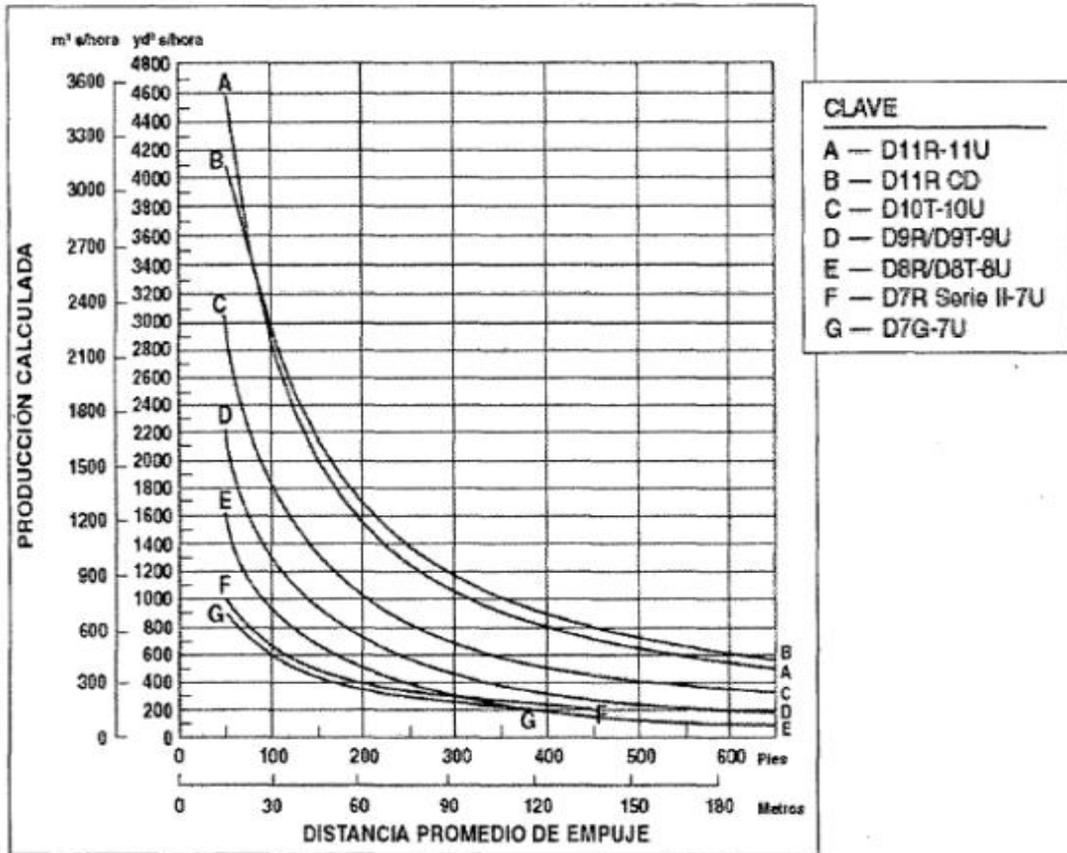


Figura 5. Abaco para calcular Maniobras máximos teóricos tractor de orugas.

El Volquete Volvo 15 m³, tiene las siguientes características:

Tabla 7.

Características de volquete.

MAQUINARIA	CARACTERÍSTICAS	CAPACIDAD (m ³ /h)
Volquete	Volvo FM 440	15

Fuente: El autor.

Las maniobras según especificaciones de fabricante, de la tabla de acarreo, se obtiene las maniobras teóricas por kilómetro de recorrido, que serán utilizados (Bazauri & Tauma, 2019).

Tabla 8.

Resumen de maniobra teóricos de distancias de acarreo.

Distancia de acarreo (km)	maniobras (m3 – km/h)
1.80	80.36
2.60	90.28
3.50	97.21
4.20	100.96
5.40	123.03
6.30	126.88
7.40	132.53

Fuente: (Bazauri & Tauma, 2019).

Las maniobras de los transportes, incluye en forma general a los camiones dentro y fuera de las carreteras, serán calculados con la siguiente fórmula:

$$M = \frac{Q \cdot 60 \cdot E}{T}; \left(\frac{m^3}{h}\right)$$

Ecuación 8. Maniobras en m³/h

Dónde:

M= maniobra en m³/hora (medidos en banco)

Q=capacidad de la máquina en m³

E= factor de maniobra de Trabajo.

T= Tiempo empleado en un ciclo completo (minutos).

El tiempo de un ciclo completo según fórmula:

$$T = T1 + T2 + T3 + T4$$

Ecuación 9. Tiempo de ciclo completo

Dónde:

T1.- Tiempo empleado en maniobras de acomodo.

T2.- Tiempo de Carga.

T3.- Tiempo Empleado en acarrear el material.

T4.- Tiempo empleado por la maquina vacía durante el regreso.



DATOS ESPECIFICOS	
Form. Rodante	6x4
Versión	6x4R
ruedas	10
potencia	324@1800
cilindros	6
cilindrada	12000
Peso bruto	25000
Peso neto	13610
Carga útil	11390
Capacidad de tanque combustible	140 glns
Capacidad de tanque hidráulico	15 glns
Consum de combustible	3.8 gln/h

Figura 5: Dimensiones del Volquete Volvo 6 x 4

Fuente: Ficha Técnica Volquete FMX.

La capacidad de la máquina está dada por las dimensiones de la tolva en donde se transporta el material excavado, para nuestro estudio se tomó como referencia el grupo de volquetes de 15 m³, que transportan el material, al lugar de descarga. El factor de maniobras de trabajo está especificado de acuerdo al chofer y las condiciones que presenta la obra se tomará $E=0.85$.

En los aspectos éticos, para proceder con la ejecución de esta investigación se solicitó previamente la autorización, del ente encargado de la realización del proyecto construcción del PAD CARACHUGO 14, de la contrata, y el cliente de Minera Yanacocha, siempre preservando y cuidando el medio ambiente.

La información recolectada se basó en datos reales, y verídicos, no se ha modificado la información obtenida, y esta información es netamente de uso académico, tomados con honestidad, a fin de que puedan servir a investigaciones futuras.

Esta investigación no es una copia, se rige a los parámetros éticos de dicha documentación, se va a respetar la autoría de las investigaciones, se está referenciando y se está dando a conocer los autores según cada idea.

El presente trabajo es autofinanciado, no existe ningún conflicto de interés.

Esta elaborado sin fines de lucro, invitando a todo lector a informarse y conocer más del tema tratado y ser libre de seleccionar cualquier otro documento que crea necesario.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

La maquinaria pesada a utilizar en la siguiente investigación es:

Tabla 9.

Maquinaria pesada a utilizar.

Nº Equipo	Maquinaria	Características
1	Excavadora	CAT 336 DL con capacidad de 2.5 m ³
1	Tractor	CAT D6T XL 1200 m ³ /h
1	Volquete	VOLVO 15m ³

Detalle las maniobras de la maquinaria, con datos reales tomados en campo.

Tabla 10.

Maniobras de diario de la excavadora CAT 336 DL

Fecha	Volumen de carguío en m ³	Horas carguío		Maniobras en m ³ /h		
		Horas efectivas	Horas totales	Horas efectivas	Horas totales	Diferencia
11/07/2021	6,536	25.82	35.98	253.15	181.66	71.49
12/07/2021	5.083	16.67	18.66	304.96	272.44	32.52
13/07/2021	10.836	37.66	43.99	287.75	246.35	41.41
14/07/2021	7.917	27.16	33.48	291.51	236.49	55.03
15/07/2021	4.029	11.33	16.98	355.69	237.34	118.35
16/07/2021	9.227	33.83	41.99	227.76	219.76	53.01
17/07/2021	9.982	31.37	37.54	318.21	265.91	52.3
18/07/2021	10.423	32.16	36.82	324.12	283.10	41.02

19/07/2021	16.062	48.98	55.47	327.95	289.58	38.37
20/07/2021	6.365	19.83	25.51	321.05	249.56	71.49
21/07/2021	13.129	50.32	56.83	260.92	231.03	29.89
22/07/2021	9.498	33.83	37.67	280.76	252.14	28.67
23/07/2021	4.984	14.83	16.50	336.08	302.06	34.02
24/07/2021	10.267	38.99	42.99	263.33	238.83	24.50
25/07/2021	6.721	38.99	42.99	263.33	238.83	24.50
26/07/2021	8.857	26.32	43.50	336.53	203.63	132.89
27/07/2021	10.438	36.82	53.99	283.49	193.33	90.16
28/07/2021	2.691	6.50	11.00	414.06	244.67	169.39
29/07/2021	7.333	22.50	28.66	325.94	255.89	70.06
30/07/2021	4.727	12.50	16.50	378.22	286.53	91.69
31/07/2021	3.65	9.50	17.51	383.73	208.19	175.54
01/08/2021	7.020	2.83	36.50	271.76	192.34	79.42
02/08/2021	11.135	40.83	46.67	272.71	238.62	34.09
03/08/2021	11.904	48.66	55.00	244.64	216.46	28.17
04/08/2021	8.358	31.67	42.00	263.94	199.01	64.93
05/08/2021	11.862	41.00	57.84	289.29	205.10	84.20
06/08/2021	5.468	19.66	25.68	278.14	212.94	65.20
07/08/2021	4.058	16.17	26.51	250.99	153.09	97.89
08/08/2021	6.479	29.16	40.84	222.20	158.65	63.55
09/08/2021	3.816	11.34	19.85	336.54	192.26	144.28
10/08/2021	7.590	25.66	34.50	284.14	211.33	71.8

Se tiene un promedio de maniobras en el carguío de: 298.48 m³/hora con horas efectivas y 229.58 m³/hora con horas totales.

Tabla 11.

Maniobras diario de Tractor CAT D6T XL en empuje

Fecha	Volumen de carguío en m ³	Horas carguío		Maniobras en m ³ /h		Diferencia
		Horas efectivas	Horas totales	Horas efectivas	Horas totales	
11/07/2021	10.836	22.66	30.48	48.23	355.54	122.70
12/07/2021	5.083	15.00	18.32	338.92	277.50	61.42
13/07/2021	6.536	18.00	26.99	363.12	242.17	120.95
14/07/2021	7.917	16.00	21.70	494.85	364.86	129.98
15/07/2021	4.029	8.00	10.99	503.75	366.69	137.05
16/07/2021	9.227	18.66	21.99	494.43	419.57	78.19

17/07/2021	10.423	19.47	22.80	535.38	457.18	78.19
18/07/2021	13.812	27.33	29.50	505.41	468.24	37.18
19/07/2021	16.062	34.66	40.32	463.44	398.39	65.06
20/07/2021	6.365	15.00	15.34	424.36	414.95	9.49
21/07/2021	13.129	27.34	33.00	480.23	397.86	82.37
22/07/2021	9.498	19.97	21.30	475.62	445.92	29.70
23/07/2021	4.984	12.67	21.33	393.37	233.66	159.71
24/07/2021	10.267	24.67	30.33	416.18	338.51	77.66
25/07/2021	6.721	18.00	27.00	373.41	248.94	124.47
26/07/2021	2.691	5.83	10.83	461.64	248.51	213.13
27/07/2021	8.857	17.97	20.64	492.90	429.14	63.76
28/07/2021	10.438	22.67	32.50	460.43	321.17	139.26
29/07/2021	11.406	23.50	32.49	485.38	351.07	134.30
30/07/2021	7.333	17.83	28.48	411.31	257.50	153.81
31/07/2021	4.727	11.33	20.00	417.28	236.39	180.89
01/08/2021	3.465	9.50	14.67	283.73	248.50	135.24
02/08/2021	7.020	16.33	24.17	429.82	290.50	139.32
03/08/2021	11.135	23.50	26.67	473.86	417.59	56.27
04/08/2021	11.904	29.96	31.29	397.36	380.46	16.93
05/08/2021	8.358	16.50	20.83	506.60	401.23	105.37
06/08/2021	11.862	29.17	32.17	406.70	268.77	37.93
07/08/2021	5.468	12.33	19.84	443.49	275.62	167.87
08/08/2021	5.154	13.67	22.34	377.10	230.75	146.35
09/08/2021	6.479	16.50	31.34	392.68	206.74	185.94
10/08/2021	3.816	11.67	17.00	327.02	224.49	102.53

Se tiene maniobras promedio en el empuje de: 421.87 m³/hora con horas efectivas y 329.63 m³/hora con horas totales.

Tabla 12.

Tiempo y maniobras de ciclo de los transportes de Volquete Volvo

Transporte de SOIL LINER – PAD Carachugo 14

Fecha	N° Volquetes	Horas promedio de trabajo	N° Viajes	Producción (m ³)	Ciclo promedio /Hrs	Ciclo promedio /Min	Material
01/08/2021	10	6.90Hrs/Día	76	950	0.92Hrs/Viaje	55.20Min/Viaje	Soil Liner Zona C

02/08/2021	12	6.70Hrs/Día	68	850	0.95Hrs/Viaj	57.00Min/Viaj	Soil Liner Zona C
03/08/2021	9	5.30Hrs/Día	69	862.5	1.07Hrs/Viaj	64.20Min/Viaj	Soil Liner Zona C
04/08/2021	10	5.50Hrs/Día	62	775	0.90Hrs/Viaj	54.00Min/Viaj	Soil Liner Zona C
05/08/2021	13	5.00Hrs/Día	64	800	1.00Hrs/Viaj	60.00Min/Viaj	Soil Liner Zona C
06/08/2021	10	6.20Hrs/Día	64	800	0.94Hrs/Viaj	56.40Min/Viaj	Soil Liner Zona C
07/08/2021	10	4.90Hrs/Día	51	637.5	0.96Hrs/Viaj	57.60Min/Viaj	Soil Liner Zona C
08/08/2021	11	5.70Hrs/Día	71	887.5	0.90Hrs/Viaj	54.00Min/Viaj	Soil Liner Zona C
09/08/2021	10	5.60Hrs/Día	66	825	0.86Hrs/Viaj	51.60Min/Viaj	Soil Liner Zona C
10/08/2021	9	6.30Hrs/Día	50	625	0.68Hrs/Viaj	40.80Min/Viaj	Soil Liner Zona C
11/08/2021	9	2.20Hrs/Día	21	262.5	0.95Hrs/Viaj	57.00Min/Viaj	Soil Liner Zona C
12/08/2021	9	4.80Hrs/Día	48	600	0.68Hrs/Viaj	40.80Min/Viaj	Soil Liner Zona C
13/08/2021	9	3.00Hrs/Día	33	412.5	0.86Hrs/Viaj	51.60Min/Viaj	Soil Liner Zona C
14/08/2021	9	3.40Hrs/Día	32	400	0.96Hrs/Viaj	57.60Min/Viaj	Soil Liner Zona C
15/08/2021	12	3.80Hrs/Día	57	712.5	0.83Hrs/Viaj	49.80Min/Viaj	Soil Liner Zona C
16/08/2021	8	5.70Hrs/Día	50	625	1.01Hrs/Viaj	60.60Min/Viaj	Soil Liner Zona C
17/08/2021	5	2.00Hrs/Día	11	137.5	0.93Hrs/Viaj	55.80Min/Viaj	Soil Liner Zona C

18/08/2021	9	2.90Hrs/Día	29	362.5	0.92Hrs/Viaj	55.20Min/Viaj	Soil Liner Zona C
20/08/2021	5	2.60Hrs/Día	13	162.5	0.97Hrs/Viaj	58.20Min/Viaj	Soil Liner Zona C
21/08/2021	8	5.80Hrs/Día	52	650	0.89Hrs/Viaj	53.40Min/Viaj	Soil Liner Zona C
22/08/2021	7	1.00Hrs/Día	13	162.5	0.95Hrs/Viaj	57.00Min/Viaj	Soil Liner Zona C
23/08/2021	6	3.80Hrs/Día	26	325	0.88Hrs/Viaj	52.80Min/Viaj	Soil Liner Zona C
24/08/2021	7	1.70Hrs/Día	11	137.5	1.06Hrs/Viaj	63.60Min/Viaj	Soil Liner Zona B
26/08/2021	4	1.00Hrs/Día	4	50	1.00Hrs/Viaj	60.00Min/Viaj	Soil Liner Zona B
27/08/2021	5	1.60Hrs/Día	8	100	1.06Hrs/Viaj	63.60Min/Viaj	Soil Liner Zona B
28/08/2021	8	4.70Hrs/Día	42	525	0.92Hrs/Viaj	55.20Min/Viaj	Soil Liner Zona B
30/08/2021	6	3.00Hrs/Día	19	237.5	0.86Hrs/Viaj	51.60Min/Viaj	Soil Liner Zona B
31/08/2021	5	5.20Hrs/Día	27	337.5	0.97Hrs/Viaj	58.20Min/Viaj	Soil Liner Zona B
Soil Liner Zona C			2,373.00	29,662.50	58.62Hrs/Viaj	55.83Min/Viaj	

Con el tiempo en min calculamos la maniobra (Ver ecuación 8).

$$M = \frac{15 \times 60 \times 0.83}{55.47}; (m^3/h)$$

$$M = \frac{747}{55.47}$$

$$M = 13.47$$

Se tiene una maniobra promedio en el transporte de: 13.47 m³/hora en ciclo promedio/min.

Tabla 13.Comparación entre maniobras reales medidas en campo.

	Maniobras reales(campo)	
Excavadora CAT336DL	298.48	m ³ /h
Tractor CAT D6T	421.87	m ³ /h
Volquete	13.47	m ³ /h

Tabla13.Fuente Propia

Tabla 14.Maniobras reales medidas en campo

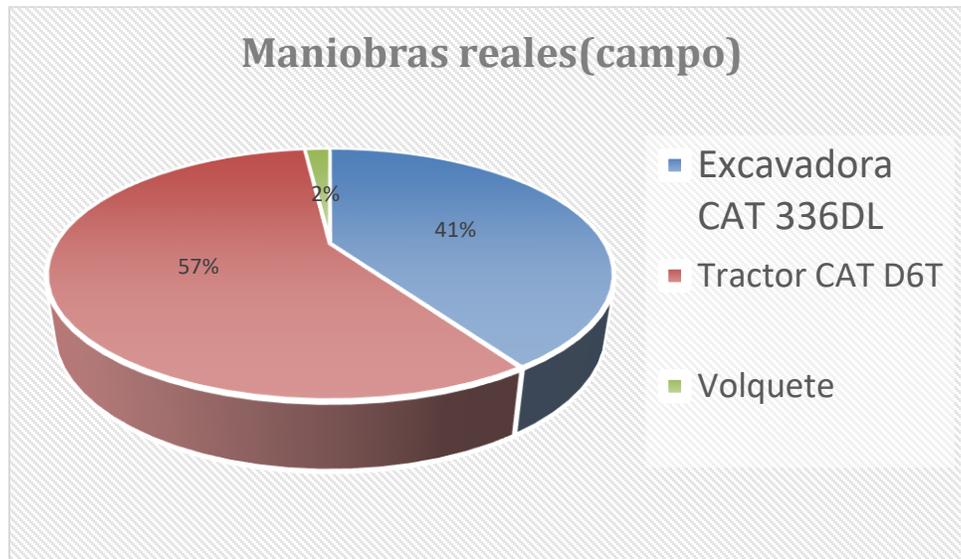


Tabla 15.Comparación entre maniobras teóricas de fábrica.

	Maniobras teóricas (Fabricante)	
Excavadora CAT336DL	450.00	m ³ /h
Tractor CAT D6T	552.00	m ³ /h
Volquete	90.28	m ³ /h

Tabla 16. Maniobras teóricas medidas en campo.

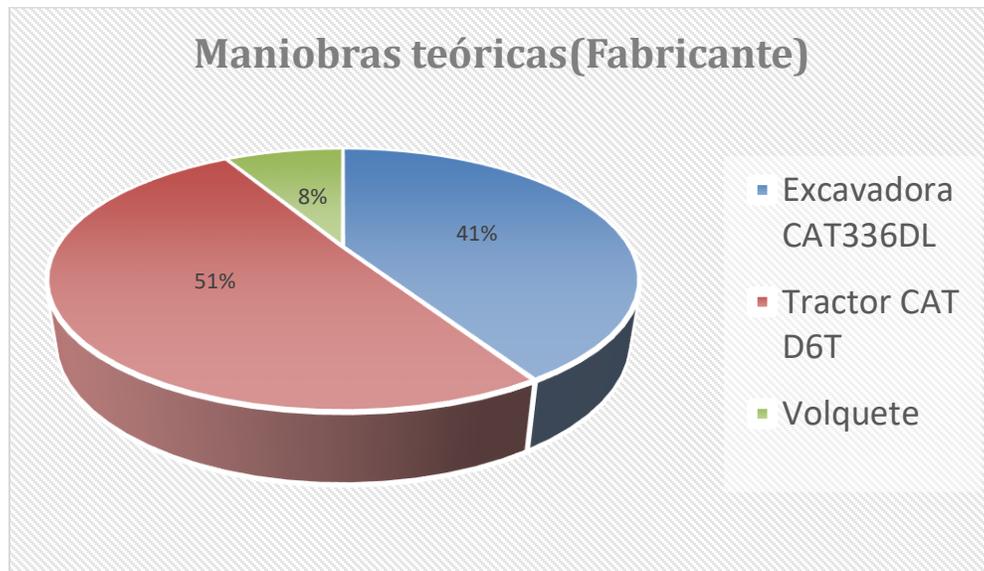


Tabla 17. Comparación entre horas efectivas medidas en campo.

	Horas efectivas (campo)	
Maniobra en carguío (Excavadora CAT336DL)	298.48	m3/h
Maniobra en empuje (Tractor CAT D6T)	421.87	m3/h
Maniobra en transporte (Volquete)	13.47	m3/h

Tabla 17. Fuente Propia

Tabla 18. Horas efectivas medidas en campo

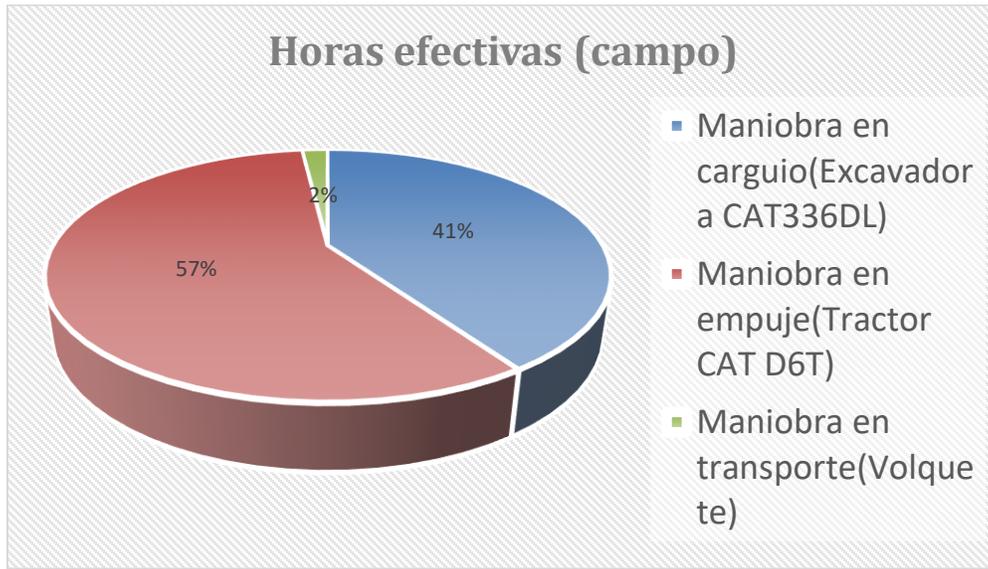


Tabla 19. Comparación entre horas totales medidas en campo.

	Horas totales(campo)	
Maniobra en carguío (Excavadora CAT336DL)	229.58	m3/h
Maniobra en empuje (Tractor CAT D6T)	329.63	m3/h
Maniobra en transporte (Volquete)	13.47	m3/h

Tabla 19. Fuente Propia

Tabla 16. Horas totales medidas en campo

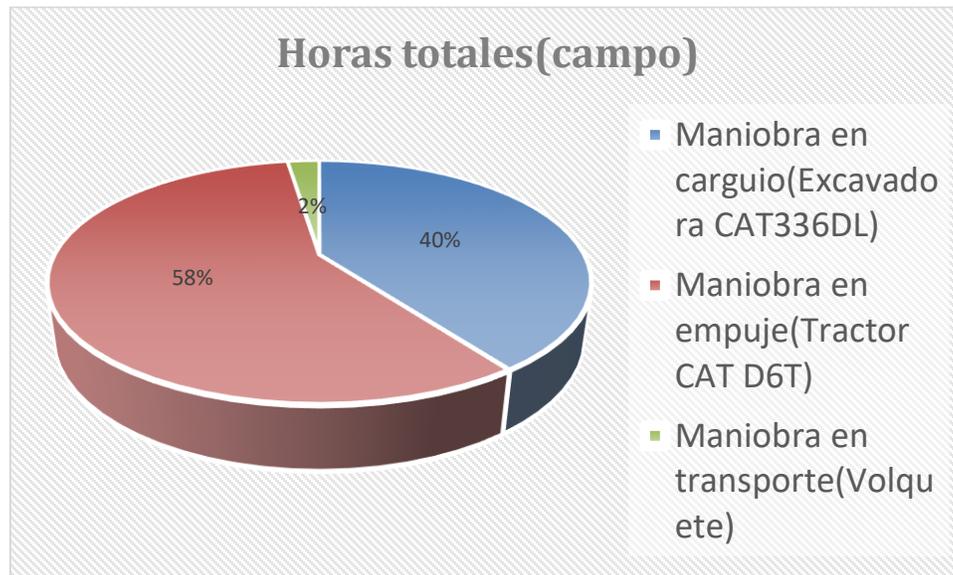


Tabla 17. Tabla de comparación Maniobras reales y maniobras teóricas

	Maniobras teóricas (Campo)		Maniobras reales (fabricante)		Comprobación
Excavadora CAT336DL	298.48	m3/h	450.00	m3/h	NO CUMPLE
Tractor CAT D6T	421.87	m3/h	552.00	m3/h	NO CUMPLE
Volquete Volvo 6x4	13.47	m3/h	90.28	m3/h	NO CUMPLE

Fuente. Propia

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La maniobra teórica es calculada de Excavadora CAT 336 DL, para un tiempo por ciclo de 20 segundos y un cucharón de 2.5 m³, es de 450 m³/hora esta maniobra es utópico, ya que considera un ciclo ininterrumpido y no toma en cuenta tiempos no productivos, como el tiempo en el que el volquete entra a ser cargado y sale de la zona de carguío, abastecimiento de combustible, fallas mecánicas, clima adverso.

Metros cúbicos por hora de 60 minutos*

Tiempos de Ciclo Calculados		CARGA ÚTIL CALCULADA DEL CUCHARÓN** — METROS CÚBICOS SUELTOS																		Tiempos de Ciclo Calculados		
Tiempo en																				Ciclos por mín.	Ciclos por seg.	
Seg.	Mín.	0,2	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5	4,0		
10,0	0,17																				6,0	360
11,0	0,18																				5,5	330
12,0	0,20	60	90	150	210	270															5,0	300
13,3	0,22	54	81	135	189	243	297	351	405	459	513	567	621	675	729	783	837	891	945	1080	4,5	270
15,0	0,25	48	72	120	168	216	264	312	360	408	456	504	552	600	648	696	744	792	840	960	4,0	240
17,1	0,29	42	63	105	147	189	231	273	315	357	399	441	483	525	567	609	651	693	735	840	3,5	210
20,0	0,33	36	54	90	126	162	204	246	288	330	372	414	456	498	540	582	624	666	708	840	3,0	180
24,0	0,40	30	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	345	375	405	435	465	495	525	600	2,5	150

Figura 6. Maniobra teórica.

Sabiendo que se tiene una maniobra teórica de fabricante de 450.00 m³/hora, se verifica la hipótesis de que la maniobra real con horas efectivas de 298.48 m³/hora, es menor en un 34%.

La maniobra teórica con tractor de orugas CAT D6T XL, para una distancia de empuje de 15 metros, es de 1200 m³/hora (Ver figura 5). Aplicando los factores de corrección tenemos (Bazauri & Tauma, 2019):

Material: rocas desgarradas por voladura = 0.70

Visibilidad: polvo, lluvia = 0.80

Eficiencia: 50 minutos trabajados cada hora= 0.83

Pendiente: terreno plano = 1

Calculando el factor de corrección se tiene: $FC = 0.70 * 0.80 * 0.83 * 1 = 0.46$

Entonces se tiene: Maniobra teórico= $1200 * 0.46 = 552 \text{ m}^3/\text{hora}$.

Sabiendo que se tiene una maniobra teórica de fabricante de 552 m³/hora, se verifica la hipótesis de que la maniobra real con horas efectivas de 421.87 m³/hora, es menor en un 23.73%.

Tabla 18.

maniobra teórica de distancias de acarreo con Volquete Volvo

Distancia de acarreo (km)	Maniobra (m ³ – km/h)
1.80	80.36
2.60	90.28
3.50	97.21
4.20	100.96
5.40	123.03
6.30	126.88
7.40	132.53

Fuente: (Bazauri & Tauma, 2019).

Sabiendo que se tiene una maniobra teórica de fabricante de 90.28 m³/hora, se verifica la hipótesis de que la maniobra real con horas en ciclo promedio/min de 13.47 m³/hora, es menor en un 14.92%.

En la presente investigación se logró determinar las maniobras de: excavadora CAT 336 DL, tractor CAT D6T XL y de volquete VOLVO en las actividades de carga, transporte y descarga en el Proyecto Construcción del PAD Carachugo 14 en Cajamarca.

Las maniobras reales alcanzados en la ejecución, son menores a los dados por el fabricante lo cual valida la hipótesis de la investigación, para las actividades de carga, transporte y descarga.

Los maniobras que se determinaron para la excavadora sabiendo que se tiene un maniobras teórico de fabricante de 450.00 m³/hora, se verifica la hipótesis de que el maniobras real con horas efectivas de 298.48 m³/hora, es menor en un 34%; para el tractor CAT D6T XL sabiendo que se tiene una maniobra teórico de fabricante de 552 m³/hora, se verifica la hipótesis de que la maniobra real con horas efectivas de 421.87 m³/hora, es menor en un 23.73 y finalmente la maniobra para el volquete VOLVO sabiendo que se tiene una maniobra teórico de fabricante de 90.28 m³/hora, se verifica la hipótesis de que las maniobras real con horas en ciclo promedio/min de 13.47 m³/hora, es menor en un 14.92%.

Las limitaciones dadas en la investigación es que los datos de maniobras real obtenidos aplican solo para el sector minero mas no para otras zonas donde las condiciones de trabajo son diferentes, además, el escaso tiempo para la toma de datos presentan un limitante, sin embargo, se ha obtenido datos que permiten cumplir con los objetivos del presente proyecto de investigación.

Como se muestra en la presente investigación, las maniobras reales son menores as maniobras teóricas, esto también se debe a diversos factores, tales como: demora en voladura, zona

de trabajo reducida, clima severo, tormentas eléctricas, interferencias en las rutas de acarreo, falta de frente de trabajo, falla mecánica.

Las propuestas de mejora que ofrece esta investigación científica, están enfocadas a las maniobras del operador. (Ver Anexo 8)

Tabla 19. Propuestas de mejora del operador en maniobras.

Propuesta 1	Capacitar a los operadores de excavadora, volquete y tractor en el uso correcto de la operatividad de equipos.
Propuesta 2	Altura de trabajo: Se debe considerar a nivel del mar la altura del minado es de 4000 m.s.n.m. A mayor altura, menor presión atmosférica, consecuentemente la potencia en los motores de aspiración natural también disminuye; por tanto, la fuerza de tracción del vehículo también disminuye.
Propuesta 3	Falla mecánica: Es uno de los principales motivos por lo cual los equipos no trabajan continuamente, como indicábamos estos problemas se presentan por la antigüedad del equipo o las malas maniobras del operador ya que a veces los operadores no cuentan con mucha experiencia, para el cual se recomienda a la empresa contar con mecánicos cerca al proyecto o tener un equipo de reten.
Propuesta 4	Factores imputables al cliente como son: la demora en la zona de trabajo reducida, falta de frente de trabajo, interferencias en la ruta de acarreo; las cuales disminuyen la productividad.
Propuesta 5	Factores imputables al contratista como son: fallas mecánicas y equipos no disponibles.
Propuesta 6	Calentamiento de la maquina: el manual de fabricante no lo considera por lo cual es muy importante para cuidar los equipos y alargar su tiempo de vida, es recomendable calentar la maquina antes de trabajar y al finalizar, se recomienda calentar los equipos de 10 a 15 min.

REFERENCIAS

- Adauto, C. (2017). ANÁLISIS COMPARATIVO DE MANIOBRAS DE COSTOS ENTRE DOS MÁQUINAS EN TRABAJOS DE EXCAVACIÓN. Lima.
- Bazauri, E., & Tauma, L. (2019). COMPARACIÓN DEL MANIOBRAS EN CAMPO Y LAS ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE DE LA MAQUINARIA PESADA EN UNA MINA DE CAJAMARCA, 2019. Cajamarca.
- Catacora, J. (2019). MANIOBRAS EFECTIVO Y MANIOBRAS ESPERADO DE LA MAQUINARIA DE C Y M VIZCARRA EN LA MINA SAN RAFAEL, SAN ROMÁN, JULIACA, PUNO. Moquegua.
- Caterpillar, M. d. (2010). Manual de maniobras . Illinois.
- Chiriboga, G., & Rivera, M. (2013). Equipo caminero para movimiento de tierras características y cálculo de maniobras de la maquinaria. Guayaquil.
- Gómez, A. (2019). INCREMENTAR EL MANIOBRAS EN LAS EXCAVADORAS CAT 336DL REDUCIENDO LOS TIEMPOS IMPRODUCTIVOS EN MEJORA DE LA PRODUCCIÓN DE RELLENO MASIVO EN MINERA TAHOE PERÚ LA ARENA S.A. Trujillo .
- Huatay, M. (2014). MANIOBRAS DE LA MAQUINARIA PESADA EN EL PROYECTO CIERRE DE MINA PACHACUTEC, LA QUINUA • YANACOCCHA • CAJAMARCA. Cajamarca.
- Huingo, N. (2013). EVALUACIÓN DE MANIOBRAS DE MAQUINARIA PESADA EN LA EJEC-..CIÓN DE CIERRES DE MINA • CASO MAQUI MAQUI NORTE • CAJAMARCA. Cajamarca.
- Ibáñez, W. (2011). Costos y Tiempos en Carreteras. Lima.
- Malpica, C. (2014). “EVALUACIÓN DE MANIOBRAS DE EQUIPOS EN LAS OPERACIONES DE MOVIMIENTO DE TIERRAS EN EL MINADO CERRO NEGRO YANACOCCHA – CAJAMARCA”.

Ovando, C. s. (1984). Consideraciones sobre la selección y cálculo de producción de maquinaria pesada para movimiento de tierras. Guatemala.

Saucedo, M. H. (2001). FUNDAMENTOS INGENIERILES EN CONSTRUCCIONES.
Cajamarca.

Trout, J. (2020). GESTIÓN DE MANTENIMIENTO Y MINERÍA Lima-Perú.

ANEXOS

Fotos en área laboral.



Foto 1. Vista en campo del transporte de material.



Foto 2. Vista de Tractor D6, empujando material PL en área de labor.



Foto 3. Vista en campo de descarga de material Soil Liner en un modelo de volquete.



Foto 4. Excavadora colocando material PL.



Foto 5. Tractor D6 empujando material PL.



Foto 6. Foto panorámica del Proyecto del PAD Construcción Carachugo-14



Foto 7. Foto panorámica en el PAD con el equipo de trabajo.



Foto 8. Foto panorámica en capacitación de la óptima operatividad de maniobras con maquinaria pesada.



**Manual de
Seguridad y Salud en el Trabajo**
REGISTRO DE REUNIONES Y SIMULACROS DE EMERGENCIA

CODIGO: CCH-SST-EST-005-FOR-01
Versión: 0
06 de enero del 2021
Página 1 de 1

N° Registro Cintillato: MEET- FECHA: 18 / 10 / 2021

DATOS DEL EMPLEADOR:		ACTIVIDAD ECONÓMICA:		N° TRABAJADORES:	
RAZÓN SOCIAL:	RUC:	DOMICILIO:	Minería	Ver Reporte Mensual del mes	
Consorcio Chaquicocha SRL	20495847099	Calle Silva Santisteban 1290			

MARCAR :

H&S	<input type="checkbox"/>	CAPACITACIÓN H&S	<input type="checkbox"/>	Charla de Pre Inicio de Turno	<input checked="" type="checkbox"/>	PARADA DE SEGURIDAD	<input type="checkbox"/>	SIMULACRO DE EMERGENCIA	<input type="checkbox"/>	MEDIO AMBIENTE	<input type="checkbox"/>	RESPONSABILIDAD SOCIAL	<input type="checkbox"/>
-----	--------------------------	------------------	--------------------------	-------------------------------	-------------------------------------	---------------------	--------------------------	-------------------------	--------------------------	----------------	--------------------------	------------------------	--------------------------

OTROS (Anotar):

EXPOSITOR:	Orlando Acuña Paisis	CARGO:	Supervisor	CÓDIGO:	1307021	
TEMA H&S:	"Carga, transporte y descarga de rotación de geomembrana con Camión Guía"				FIRMA:	
TEMA MA:						
TEMA RS:						

ÁREA: P.C.S. EMPRESA: Consorcio Chaquicocha S.R.L.

SUPERVISOR:	HORA DE INICIO:	HORA DE TÉRMINO:	N° HORAS	N° ASISTENTES:
Dra. José Gueroz Ramos	10:00 AM	10:30 AM		

N°	FOTOCHECK	DNI	APELLIDOS Y NOMBRES	EMPRESA	FIRMA
1	1205809	71143157	Haroldo Flores Juan	Chaquicocha	
2	1277384	4519158	Mildora Murchan Guzmán	Chaquicocha	
3	1305884	46729205	Huacumono, Pompeo Doris	Chaquicocha	
4	1302598	41009851	Quiroz Remocloris Apolo	Chaquicocha	
5	1334188	41440326	SANCHEZ RUIZOS Pedro	Chaquicocha	
6	1316664	4827747	Rodrigo Chupas Edis	Chaquicocha	
7	1340960	46215609	Yani Salazar José Luis	Chaquicocha	
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					

OBSERVACIONES:	QUIÉN:	QUÉ:	CUÁNDO:

RESPONSABLE DEL REGISTRO (CONTROL DE DOCUMENTOS)

Nombre:	Fecha:	Cargo:	Firma:

Foto 9. Foto panorámica en Registros de capacitación en seguridad y salud ocupacional.

Tablas de especificaciones técnicas.

Tabla 13. Especificaciones tractor D6T XL

MODELO	 D6T XL	
	Potencia en el volante	149kW
Peso en orden de trabajo:*		
Hoja SU	20.148 kg	44.420 lb.
Modelo de motor	C9 ACERT	
RPM del motor:	1850	
(con servotransmisión)		
Número de cilindros	6	
Cilindrada	8.8 L	537 pulg ³
Rodillos inferiores (cada lado)	7	
Ancho de zapata estándar	560 mm	22"
VPAT	560 mm	22"
Longitud de cadena en el suelo	2.84 m	9'4"
Área de contacto con el suelo	3,18 m ²	4929 pulg ²
(con zapata estándar)		
VPAT	3,18 m ²	4929 pulg ²
Entrevía	1.88 m	74"
VPAT	2.13 m	84"
DIMENSIONES GENERALES		
Altura** (sin techo)***	2.44 m	8'0"
Altura** (hasta la parte superior del techo ROPS)	3.20 m	10'6"
Altura** (hasta la parte superior de la cabina ROPS)	3.15 m	10'4"
Longitud total (sin hoja)	3.86 m	12'8"