



# FACULTAD DE INGENIERÍA

---

CARRERA DE INGENIERÍA DE MINAS

**“ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL SISTEMA MINESTAR HEALTH Y EL SISTEMA CONVENCIONAL EN EL CONTROL DE CAMIONES MINEROS EN MINERA GOLD FIELDS LA CIMA, CAJAMARCA - 2015”**

Tesis para optar el título profesional de:

**INGENIERO DE MINAS.**

**Autor:**

Bach. Wilmer Orlando Huamán Meléndez.

**Asesor:**

Mcs. Ing. José Alfredo Siveroni Morales.

Cajamarca – Perú  
2015

## APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el Bachiller **Wilmer Orlando Huamán Meléndez**, denominada:

**“ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL SISTEMA MINESTAR HEALTH Y EL  
SISTEMA CONVENCIONAL EN EL CONTROL DE CAMIONES MINEROS EN  
MINERA GOLD FIELDS LA CIMA, CAJAMARCA – 2015”**

---

Mcs. Ing. José Alfredo Siveroni Morales  
**ASESOR**

---

Ing. Víctor Eduardo Álvarez León  
**PRESIDENTE DEL JURADO**

---

Ing. Roberto Severino González Yana  
**PRIMER JURADO**

---

Ing. Miguel Aquino Jave  
**SEGUNDO JURADO**

## DEDICATORIA

*A **DIOS** por su bondad y amor, dándome la fortaleza y perseverancia para concluir mi carrera Universitaria y alcanzar todas mis metas trazadas.*

*A **MI MADRE ANDREA** que creyó que la educación era lo más importante, quien sacrificó mucho para darme todo su amor y enseñanza para lograr que alcance una de mis metas más importantes,*

*A **MI ESPOSA SORAIDA**, por todo el apoyo y el amor entregado a mi persona y ser el motor de mi vida y mi motivación; a mis hijos **RODRIGO, ALEJANDRA Y BRIANNA**, porque son mi fuerza y mi motivación.*

*A **MIS ABUELOS ARTURO Y MARIA (Q.E.P.D)**, por su cariño brindado y todo el apoyo que me brindaron a mi hermana **LUCY** porque fuiste mi apoyo durante toda mi formación académica.*

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Privada del Norte, por haber permitido desarrollarme moral como intelectualmente en sus aulas, permitiendo alcanzar una más de mis metas.

A todos los docentes del Departamento de Ingeniería de Minas, por sus conocimientos y consejos brindados por su gran aporte en nuestra formación académica como profesionales, especialmente al Ing. José Siveroni, por el apoyo como Asesor de esta Tesis.

A todos mis compañeros de la Escuela de Ingeniería de Minas y a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron para culminar este trabajo de investigación.

Mi gratitud y reconocimiento por siempre.

**EL AUTOR**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>APROBACIÓN DE LA TESIS.....</b>	<b>ii</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS .....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>viii</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>x</b>
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Realidad problemática .....	1
1.2. Formulación del problema.....	2
1.3. Justificación.....	2
1.4. Limitaciones.....	3
1.5. Objetivos.....	4
1.5.1. Objetivo General.....	4
1.5.2. Objetivos Específicos .....	4
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
2.1. Antecedentes .....	5
2.2. Bases Teóricas .....	8
2.3. Sistemas de Acarreo .....	10
2.4. Análisis Comparativo de Rendimiento de Camiones de Acarreo .....	20
2.5. Análisis de Costos de Operación .....	22
2.6. Definición de términos básicos.....	24
<b>CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS.....</b>	<b>27</b>
3.1. Formulación de la hipótesis .....	27
3.2. Operacionalización de variables .....	27
<b>CAPÍTULO 4. PRODUCTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL .....</b>	<b>28</b>
4.1. Características locales.....	28
4.2. Comparación de resultados con ambos equipos.....	30
<b>CAPÍTULO 5. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>44</b>
5.1. Tipo de diseño de investigación.....	44
5.2. Material de estudio.....	44
5.3. Técnicas, procedimientos e instrumentos.....	45

<b>CAPÍTULO 6. RESULTADOS .....</b>	<b>51</b>
<b>CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN .....</b>	<b>54</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>59</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>60</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>61</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración N°	Descripción	N° de Página
Ilustración 1.	Sistema de Control Electrónico Convencional - Caterpillar	2
Ilustración 2	Sistema de Información Vital del Equipo - Caterpillar	2
Ilustración 3	Diagrama de Conexión del Sistema Minestar Health - Caterpillar	2
Ilustración 4	Descarga de Datos en Servidor de Aplicación – Caterpillar	2
Ilustración 5	Recolección de Datos Almacenados - Sistema Minestar Health	2
Ilustración 6	Histograma de Camión Minero - Sistema Minestar Health	2
Ilustración 7	Monitoreo en Tiempo Real - Sistema Minestar Health	2
Ilustración 8	Ubicación Geográfica de Compañía Minera Gold Field	2
Ilustración 9.	Reporte de Vías en Mal Estado – Fuente Minestar Health	2
Ilustración 10.	Análisis de Carga de Camión Minero - Minestar Health	2
Ilustración 11.	Análisis y Reporte de Vías – Fuente Gold Field.	2
Ilustración 12.	Análisis del Consumo de Combustible por Equipo	2
Ilustración 13.	Análisis del Sistema de Acarreo en Camión Minero	2
Ilustración 14.	Sistema de Control con Minestar Health	2
Ilustración 15.	Sistema de Control Convencional	2
Ilustración 16.	Cuadro de Rendimiento en Pendientes Camión 785C	2
Ilustración 17.	Cuadro de Rendimiento de Frenos de Camión 785C 1°	2
Ilustración 18.	Cuadro de Rendimiento de Frenos de Camión 785C 2°	2
Ilustración 19.	Cuadro de Rendimiento por Método de Gráficos.	2
Ilustración 20.	Cuadro de Rendimiento por Observación Directa	2
Ilustración 21.	Cuadro de Rendimiento por Método de Fórmulas.	2

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>N° de Página</b>
Tabla 1.	Costo Horario del Sistema Convencional	2
Tabla 2.	Costo Horario del Sistema Minestar Health.	2
Tabla 3.	Tiempo de Ciclo de Camión Minero - Fuente Gold Field.	2
Tabla 4.	Resultados de Rendimiento de Camión Minero con Minestar Health	2
Tabla 5.	Costos de Posesión y Operación de Camión Minero con Sistema Minestar	2
Tabla 6.	Costo Horario de Neumáticos - Fuente Minera Gold Field	2
Tabla 7.	Costo de Transporte de Minerales y Toneladas Transportadas Diarias - Fuente Elaboración Propia.	2
Tabla 8.	Cálculo de Ciclo de Camión Minero - Fuente Gold Field	2
Tabla 9.	Cuadro Resumen de Tiempo de Ciclo de Camión Minero	2
Tabla 10.	Carga Transportada Promedio	2
Tabla 11.	Resultados de Rendimiento de Camión Minero con Sistema Convencional	2
Tabla 12.	Costos de Posesión y Operación de Equipo.	2
Tabla 13.	Costo de Neumáticos de Camión Minero con Sistema Convencional	2
Tabla 14.	Costo de Transporte de Minerales y Toneladas Transportadas Diarias	2

## RESUMEN

La presente tesis se basa en hacer una comparación con dos diferentes Sistemas de Control para los Camiones Mineros de Acarreo de Minerales; el Sistema Convencional utilizado actualmente en Compañía Minera Gold Fields La Cima y el Sistema Minestar Health que está siendo probado en el presente año. El uso de estas tecnologías como asignación de Equipos Mineros, el Despacho de Equipos mediante Sistemas de Posicionamiento Global, ha incrementado la demanda de Camiones Mineros que puedan transportar los minerales a menor costo y a la vez brindando un análisis de las condiciones de las vías donde es necesario realizar reparaciones.

Mediante el uso del Sistema Minestar Health nos permite conocer el estado de los Camiones de Acarreo en tiempo real, lo que a su vez nos brinda una nueva opción de mejora continua ya que podremos verificar si la carga transportada es la adecuada, y el Sistema Convencional que analiza la información recogida pero solo es almacenada dentro de los computadores del Equipo; ambos sistemas de última generación controlan el funcionamiento de los Camiones Mineros, pero es necesario conocer cuál es el que nos brinda mejores características y optimiza el rendimiento de los Camiones de Acarreo.

Desde un punto de vista del investigador, el resultado obtenido será conseguir un menor costo de transporte para cada tonelada de mineral transportada, de esta manera nos permite trabajar con leyes más bajas y obtener mejores utilidades.

El objetivo de estudio es elaborar una comparación de ambas tecnologías entre el Sistema Convencional y el Sistema Minestar Health, tanto en opciones técnicas como económicas.

## ABSTRACT

This thesis is based on a comparison with two different control systems for mining trucks hauling Minerals; The conventional system currently used in mining company Gold Field and Minestar Health System being tested in Gold Mining Field this year. The use of these technologies as allocation of Mining Equipment, the Office Equipment using Global Positioning Systems, has increased the demand for mining trucks that can transport minerals cheaply and simultaneously providing an analysis of road conditions where it is necessary repairs.

Using Minestar Health System allows us to know the state of drayage trucks in real time, which in turn gives us a new option for continuous improvement and we can verify whether the cargo carried is adequate, and the Conventional System analyzing the collected information is stored but only in the computers of equipment; both art systems control the operation of mining trucks, but it is necessary to know that gives us the best features and optimize the performance of haul trucks.

From a researcher's point of view, the result will get a lower transportation cost for each ton of ore transported, so we can work with lower grades and better profits.

The aim of the study is to develop a comparison of both technologies between the conventional system and Minestar Health System, both technical and economic options.

## CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

### 1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA

Actualmente en la gran y mediana minería existe gran demanda del uso de Camiones Mineros para el Acarreo de Minerales, estos pueden transportar cientos de toneladas, pero la interrogante es cómo hacer que operen al menor costo posible y puedan brindarnos mejor rendimiento.

Es relevante mencionar que el uso de la tecnología es una necesidad en la actualidad debido a la creación de Compañías Mineras de Clase Mundial, el mayor cambio en los Equipos Mineros Móviles es detectar fallas y mantener una productividad óptima para el desarrollo de sus operaciones, considerando la variación de las condiciones que se presentan en las vías. La idea principal del Sistema Minestar Health es mantener una constante vigilancia, mediante la información recogida y ser transferida a un centro de control, de esta manera se evitará paradas indeseadas y se mejora la productividad, con esto se elimina la detención de los Equipos, ya que estos datos pueden ser visualizados en tiempo real y durante las 24 horas del día.

Mientras que por otro lado el Sistema Convencional, controla al Camión Minero mediante los computadores instalados, y todos los datos son almacenados dentro de los computadores donde solo se puede tener acceso a ellos mediante una descarga directa desde el Camión Minero, lo que implica horas sin producción del Equipo.

La presente tesis se enfoca en el estudio comparativo de las tecnologías utilizadas en los Camiones Mineros, Sistema Minestar Health y Sistema Convencional, como se detalla, conoceremos las ventajas de cada uno y la aplicación del Sistema que mejor se ajuste en mejorar el Rendimiento de los Camiones Mineros 785C de la Compañía Minera Gold Field.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo seleccionar el mejor Sistema de control de Camiones de Acarreo, entre los Sistemas Minestar Health y Sistema Convencional, para mejorar el Rendimiento de Camiones Mineros y reducir los costos de Acarreo, en la Compañía Minera Gold Fields Cajamarca 2015?

## **1.3 JUSTIFICACIÓN**

### **1.3.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.**

El aumento de la tecnología es requerida para realizar tareas más fáciles y a menor costo. A diferencia de los sistemas convencionales estos sistemas están diseñados con la finalidad de facilitar el uso y monitoreo de equipos en tiempo real y evitar tiempo muertos en el desarrollo de las labores. A pesar de las ventajas que atrae el uso de estos sistemas, incluyendo razones de seguridad y de productividad, su uso no es extenso debido a la complejidad del proceso de diseño.

Por su parte, la industria minera es un campo de aplicación de las tecnologías modernas, pues se caracteriza por la realización de actividades con menor costo de operación y mejor rendimiento, además para mejorar y optimizar los ciclos de trabajo, ya que expone a los mineros a extremas condiciones de trabajo y temperatura. Una tarea requerida en minería consiste en la actualización topográfica de las minas mediante la obtención de una serie de mediciones para determinar el estado de las vías. Actualmente, mineros especializados realizan esta operación utilizando técnicas y herramientas estándares, imprecisas, lentas, tediosas y hasta peligrosas. (Monterrey, 2003)

### **1.3.2 JUSTIFICACIÓN APLICATIVA O PRÁCTICA.**

GTS (2012), menciona que al trabajar en una mina, el rendimiento del equipo se ve afectado, al mismo tiempo se arriesga la salud y seguridad de los trabajadores. Los operadores de Camiones de Acarreo, mueven el mineral que se produce de las detonaciones, para esto, se requiere de mucha concentración, experiencia y

conocimiento de la mina. Pero a pesar de toda la destreza que los operadores pueden poseer es difícil mejorar el rendimiento, operatividad, conocer el estado de las vías y aumentar la vida útil de los equipo, es debido a este requerimiento que es necesario el uso de sistemas de control y monitoreo constante de los equipos; para evitar tiempo muertos de los equipos y pérdida de producción.

### **1.3.3 JUSTIFICACIÓN VALORATIVA.**

Aunque el desarrollo de una Operación Minera requerirá más capital por anticipado que un sitio tradicional, la inversión se recupera rápidamente.

"Hay gastos de familiarización, para la curva de aprendizaje y para adoptar la nueva capacidad", aclara Whittaker. "Pero existe una gran recuperación de la inversión. Muchos de los componentes ya están allí. Así que la industria obtendrá mucho por un poco más. Es un hecho inevitable que se adoptará esta tecnología". (Caterpillar, 2008)

### **1.3.4 JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA.**

El conocimiento y aplicación de las tecnologías actuales en las operaciones mineras de nuestro país generan un amplio campo de aplicación de conocimientos de muchas ramas de la ingeniería, es por eso que el trabajo con esta tecnología de última generación mejora el nivel de competitividad de todos los profesionales, así mismo es de gran beneficio para los estudiantes que se inician en este campo para poder mejorar algunas características o implementar soluciones futuras y contribuir a crear nuevos métodos más rentables y prácticos para la obtención del mineral.

## **1.4 LIMITACIONES**

Por ser el Sistema Minestar tecnología de reciente aplicación y utilización en el Mundo y el Sistema Convencional de uso solo en Camiones con Control Electrónico, la información es escasa, publicada en Ingles y manuales propios de los fabricantes de estas tecnologías, los cuales son difíciles de acceder o conseguir en el mercado o aulas de estudios.

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 OBJETIVO GENERAL**

Estudiar comparativamente el Sistema Minestar Health y el Sistema Convencional en los Camiones Mineros, para definir su viabilidad de aplicación en Minera Gold Fields La Cima.

### **1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Describir características técnicas y económicas del Sistema de Control Convencional.
- Describir características técnicas y económicas del Sistema Minestar Health.
- Evaluar comparativamente las ventajas y desventajas técnicas y económicas de los Sistemas Minestar Health y Sistema Convencional.
- Aplicar el Sistema de Control que permita mejorar el Rendimiento y reducir los costos de Acarreo de los Camiones Mineros de la Compañía Minera Gold Fields La Cima.

## CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO

### 2.1 ANTECEDENTES:

- Komatsu (2014), en su investigación realizada en Japón plantea que; para mejorar la Productividad y Rendimiento de Equipos Gigantes es necesario contar con nuevas tecnologías, sistemas que se adapten al crecimiento global de la minería y obtener menores costos que se ajusten a los nuevos requerimientos de mercado.

Es por eso que propone los primeros camiones mineros con sistemas asistidos de 100 toneladas métricas de capacidad que fueron probados por Komatsu en dos minas en Australia. Esta etapa, denominada Fase 1, duró un año y medio y comprendió el funcionamiento de los equipos en perfiles aislados, sin mayor circulación. Luego correspondió desarrollar la segunda etapa, orientada a comprobar la factibilidad de poner en marcha una flota de camiones de gran tamaño 300 toneladas métricas de capacidad en una faena a rajo abierto, pero interactuando con otros equipos. Los métodos utilizados fué el diseño de un sistema confiable al que denominaron Komtrax, el cual puede realizar las funciones de inspector electrónico, interpreta todos los parámetros que se requiere controlar, los envía hacia un servidor y luego los analiza para dar como resultado los eventos críticos que serán evaluados por el Administrador a cargo del sistema, este Sistema es muy complejo, pero es muy fácil de operar.

- Caterpillar (2014) en su investigación, Mejora de la Productividad a través de la Integración Tecnológica menciona que, todas las empresas mineras buscan reducir los costos, incrementar la rentabilidad y promover la eficiencia así mismo para aumentar la productividad y mejorar la recuperación del mineral, por lo que la aplicación de tecnologías tiene un impacto positivo en las Operaciones Minera.

Su principal objetivo es integrar tecnologías existentes y agregar capacidades adicionales para mejorar las operaciones mineras en general. Mediante esta propuesta utiliza el Sistema Minestar, lo cual vincula la

información de la Máquina recogida en el campo y la información de control de minerales con los sistemas de las oficinas de la empresa. Caterpillar propone la solución a todos los problemas de equipos pesados mediante el sistema desarrollado ya que posee innumerables características y programas que ayudan a mantener un vigilancia permanente tan solo desde el escritorio, desde acá podemos evaluar las condiciones y el estado de los equipos; si una maquina se averió, si está cargado o descargado, cuanto ha cargado durante el día entre otras.

El Sistema Minestar Health recoge información de todos los eventos críticos de la máquina. Esto también puede ser integrado en una base de datos de producción para un análisis expandido. Los datos están disponibles en tiempo real en un muestreo básico. El enlace con el sistema de monitoreo a bordo del Camión proporciona transferencia de datos críticos hacia un centro de servicio.

Las descargas de datos por lo general se realizan 2 veces por día, el Sistema Minestar Health automáticamente descarga la información. Los reportes son generados de manera automática y administrados por el personal autorizado.

El sistema Minestar Health es una herramienta tecnológica que ayuda a construir la sustentabilidad creando operaciones más eficientes, es un asistente eficiente para la optimización de recursos, generando un ambiente seguro y mantener una operación minera sostenible en el tiempo. Luego de análisis hechos por Caterpillar se encontró un aumento de la productividad del 15% mediante el uso de este sistema, este es un valor muy alto y además brinda un menor costo por tonelada movida.

- Vargas (1999) en su tesis: La Maquinaria Pesada en el Movimiento de Tierras (Descripción y Rendimiento) propone exponer los diferentes métodos utilizados para el rendimiento de maquinaria pesada en el movimiento de tierras. Para esto muestra varias formas de poder obtener los rendimientos de los equipos utilizados, documentar los datos recogidos y ejecutar las correcciones necesarias para conservar el rendimiento.

Mediante su análisis hace énfasis de la calidad de las carreteras de transporte, la necesidad de contar con caminos de buena calidad. El método utilizado es mediante la obtención de los registros dados por el fabricante de equipos, de esta manera compara todos los datos mostrados para todos los equipos de carguío y acarreo de materiales, los datos entregados por el fabricante son comparados con todos los factores que intervienen en una correcta carga y transporte como son la calidad de los materiales, el estado en que se encuentra, los factores de llenado y factores operativos propios de una planificación adecuada.

Concluye que las técnicas para su aprovechamiento eficiente son cada vez más complicadas ya que ahora disponemos de maquinaria de mayor volumen y de muchas variedades. Se propone seguir en constante actualización de todas las tecnologías presentes en el mercado, de esta manera podemos evitar pérdidas por una mala selección de maquinaria, reducción de la productividad por no utilizar al 100% la capacidad del equipo, o daños y paradas indeterminadas por no conocer las funciones especiales que puede tener un equipo; esto se ve reflejado en tiempos más extensos y pérdida de dinero y producción. Determina que conviene comprar una maquina nueva, para la realización de tareas críticas, debido al costo elevado de adquisición, su disponibilidad y operación depende en su gran parte del equipo de operación y mantenimiento, así como de la experiencia de los operadores, hábitos personales y preferencias.

- La Compañía Minera Gold Field, opera con 15 Camiones Mineros de Acarreo Caterpillar 785C, los cuales son de última generación que funcionan con el Sistema Convencional el cual controla el funcionamiento de todos los Sistemas propios del Camión Minero, analiza las condiciones de operación, analiza parámetros de funcionamiento como temperaturas, presiones, velocidad sobre el terreno, cambios de marcha, condiciones críticas de los componentes del Camión y además envía alertas al operador del Equipo si alguno de los parámetros en monitoreo están fuera del rango normal de funcionamiento.

- Ferreyros (2008) menciona que, el Sistema Convencional es una configuración Estándar de todos los Camiones Mineros de Control Electrónico y vienen equipados con computadores los cuales evalúan las condiciones y el estado de funcionamiento del Equipo, todos los datos analizados son almacenados en los computadores y cuando estos computadores alcanzan su capacidad se borran los datos más antiguos, lo que nos deja una gran incertidumbre de la información que no pudo ser descargada y todas las alertas que nos pueden mostrar algún problema en las vías, los minerales de acarreo, las condiciones de los Camiones Mineros, desde cada Camión se puede acceder a la información mediante la descarga directa, lo que involucra la detención del Camión por 1 hora aproximadamente, lo que aumenta el costo debido a la mano de obra especializada que se necesita para estos trabajos y el tiempo que el Camión deja de producir, y si necesitamos analizar a toda la flota de Camiones sería necesario detenerlos, lo cual resulta en costos adicionales y un aumento del costo de Acarreo y disminución del Rendimiento, del mismo modo se han registrado una disminución de la vida útil de los neumáticos y una pérdida de tiempo adicional por las condiciones de las vías. Si analizamos todo el tiempo que se pierde por estos inconvenientes, encontramos que los costos de operación aumentan.

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 EL PROCESO DE MINERÍA:**

Herrera (2003) menciona que, hacer una mina es, simplemente, producir una sustancia mineral demandada por la sociedad a través de un mercado y con un precio remunerador. Es básicamente el precio, un reflejo de la necesidad social, quien convierte unas sustancias en minerales y con ello crea las minas. Además, es el propio mercado el que impone unas exigencias o condiciones, que muy raramente cumple directamente la naturaleza, bien por exigir unos mínimos o formas que no tiene la materia prima, bien por rechazar unos contenidos no deseables, impurezas o venenos, que hay que eliminar o reducir antes de poder venderla, por lo cual tenemos que procesar la materia

prima para convertirla en un producto realmente comercial. De ahí que, junto al esfuerzo de la confirmación y evaluación de las reservas, que lleva a cabo el Ingeniero Geólogo y al trabajo de la extracción y transporte que ejecuta el Ingeniero Minero, haya que añadir el proceso de enriquecimiento o concentración que debe realizar el Ingeniero Mineralúrgico para lograr, finalmente, un producto vendible que responda a la demanda del mercado.

### **2.2.2 ETAPA DE PRODUCCIÓN:**

En la etapa de producción es donde se desarrolla las labores más exigentes y donde se necesita el mayor control de las actividades tanto para generar valor a las actividades como para dar un valor agregado a todo el ciclo de generación del metal precioso.

Dentro de estas actividades está el carguío y acarreo en el cual nos centraremos para realizar nuestro estudio.

### **2.2.3 CICLO DE CARGUÍO Y ACARREO:**

Cano (2004) en su proyecto de tesis menciona que, el ciclo de trabajo consiste en las operaciones repetitivas que el equipo realiza en el movimiento de tierras. El trabajo primario en la operación del movimiento de tierras es la excavación, carguío, acarreo, descarga, y regreso por la siguiente carga. Estos trabajos pueden ser realizados por un tipo de maquinaria o pueden ser hechos por dos o más máquinas trabajando en conjunto.

El común denominador para analizar un ciclo de trabajo es el Tiempo del Ciclo (Cycle Time o CT). Esto es real para un análisis económico del movimiento de tierras, porque el costo de mano de obra y del equipo está principalmente relacionado con el tiempo.

El Tiempo de Acarreo (Haul Time o HT) es el tiempo que toma acarrear el material desde el punto de carga hasta el punto de descarga. Este varía de acuerdo a la distancia de acarreo, de acuerdo a la condición de la vía, la potencia del equipo, entre otras. Las distancias de acarreo pueden variar indistintamente, las velocidades de viaje varían con la potencia, las condiciones de trabajo, y la condición y perfil de la ruta de acarreo. La distancia de retorno para un equipo vacío es prácticamente la misma que la

distancia que se recorre cuando el equipo está lleno. En definitiva, el perfil del camino de acarreo puede cambiar y las velocidades de viaje de una unidad vacía pueden ser ligeramente diferentes, por consiguiente el Tiempo de Retorno (Return Time o RT) del camión vacío va a ser considerado. Otro componente del tiempo del ciclo de movimiento de tierras, es el Tiempo de Descarga (Dumping Time o DT). Este tiempo depende de las condiciones del material, si éste está seco y suelto, o pegajoso. El tiempo de descarga está influenciado por el tipo de equipo y por el método de descarga. Si va a ser descargado en un solo lugar, si va ser esparcido bruscamente, si va a ser esparcido cuidadosamente, o simplemente si se va a acopiar el material de manera desordenada; en cualquiera de estos casos el tiempo de descarga es solamente una pequeña fracción del total del ciclo.

#### **2.2.4 SISTEMAS DE ACARREO:**

Urbina (2003), El objetivo fundamental del Acarreo, es el desplazamiento de los materiales mineros, desde el punto de carga hasta su destino final o lugar de descarga. Dentro de la mina los puntos de carga y los "vertederos" del estéril sufren un desplazamiento continuo, el único punto que es estable suele ser la tolva de la machacadora, si ésta es una estación fija. La cantidad de los materiales que se acarrean se cuantifican en Tm. o en m<sup>3</sup> sueltos. Un sistema de transporte comprende, tanto el transporte del mineral como el del material estéril, además de aquellos materiales, personal o insumos necesarios para mantener la unidad en producción, especialmente en el cálculo del transporte de los pozos de interior.

##### **2.2.4.1 SISTEMA DE ACARREO CONVENCIONAL:**

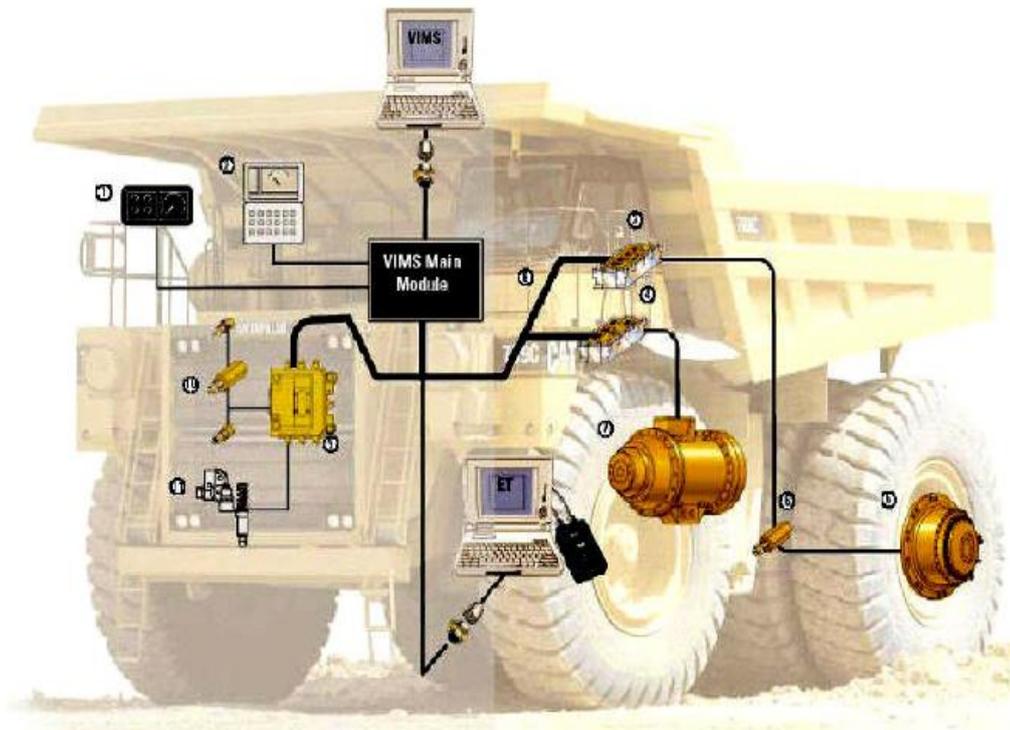
Ferreyros (2008) menciona que, un sistema de Acarreo convencional es aquel que utiliza Camiones con sistemas comunes entre todas las marcas y para su control y monitoreo solo utiliza los módulos de control del equipo, es decir los diferentes Computadores instalados en los equipos los cuales le dan una referencia de ser llamados electrónicos, mediante estos dispositivos instalados la máquina funciona como un Equipo de Acarreo Electrónico.

#### **2.2.4.1.1 FUNCIONAMIENTO DE CAMIONES MINEROS CONVENCIONALES:**

Los Camiones de Acarreo de Mina o también conocidos como Camiones Fuera de Carretera, vienen equipados con una serie de componentes con lo que permiten el transporte de grandes toneladas de materiales a bajo costo debido a la capacidad que estos poseen. Los sistemas de acarreo convencional necesitan de personal técnico presente en el equipo para poder realizar un seguimiento de las condiciones de los Camiones de Acarreo, y de un tiempo adicional para poder realizar las descargas de archivos generados por los Computadores, para poder analizarlos luego.

Este trabajo se realiza de manera común en muchos centro mineros, donde los Camiones que ingresan a los talleres por trabajos de Reparación y Mantenimiento, se realiza a la vez la descarga y el análisis de los parámetros que son importantes para mantener el Rendimiento de estos equipos, pero a pesar que estos trabajos se programan y se analizan, hay mucha información que se pierde o se desconoce.

Los parámetros que son necesarios conocer se muestran en la plena operación de los Camiones (cuando estos equipos están Cargados y en pendiente positiva por lo general), para esto sería necesario contar con un técnico que esté presente en la operación diaria de los Camiones, esto significaría un aumento en el costo de Producción debido a la cantidad de técnicos que se necesitarían y dependiendo de la Flota de Camiones que se disponga en la Unidad Minera.



**Ilustración 1. Sistema de Control Electrónico Convencional - Caterpillar**

#### **2.2.4.2 SISTEMA DE ACARREO CON MINESTAR HEALTH:**

Ferreyros (2008), es un sistema tecnológico de monitoreo en tiempo real de producción y signos vitales de Equipos Mineros que cuentan con Sistema VIMS instalado, cuyo objetivo principal es el de mejorar las condiciones de salud de las máquinas y por lo tanto mejorar su rendimiento y confiabilidad.

Este sistema monitorea los Equipos de Carguío y Acarreo en Mina, mediante el uso de canales de telemetría es decir sin la necesidad de utilizar cables para la transferencia de datos, cuenta con un computador o módulo de análisis (ECM) que recolecta todos los datos obtenidos por los demás computadores que posee el Equipo, este los recoge los procesa y los envía a una central de Monitoreo, donde es analizada por personal especializado.

#### **2.2.4.2.1 FUNCIONAMIENTO DE CAMIONES DE ACARREO CON SISTEMA MINESTAR HEALTH:**

Caterpillar (2008), para el funcionamiento de sus camiones en forma segura y productiva, ha reunido una serie de elementos especializados dentro de su serie Minestar de sistemas y tecnologías.

Todos los Camiones que cuentan con este sistema poseen mejor desempeño que los convencionales debido al análisis realizado de manera permanente, esto ayuda a mejorar el rendimiento y por lo tanto la disminución de costos de transporte.

El Sistema Minestar Health funciona de manera muy coordinada y se describe en las siguientes partes, según el orden de su función:

##### **2.2.4.2.1.1 ANÁLISIS EN CAMIONES MINEROS:**

Todos los camiones de última generación vienen equipados con Sistemas de Control o Computadores, los cuales analizan los parámetros para los cuales ya fueron programados por su fabricante. Estos Computadores recogen la información de los sensores que posee cada Equipo de Acarreo, los analiza y envía una respuesta a cualquier actuador propio del sistema. Estos datos analizados por los computadores se almacenan dentro de los mismos.

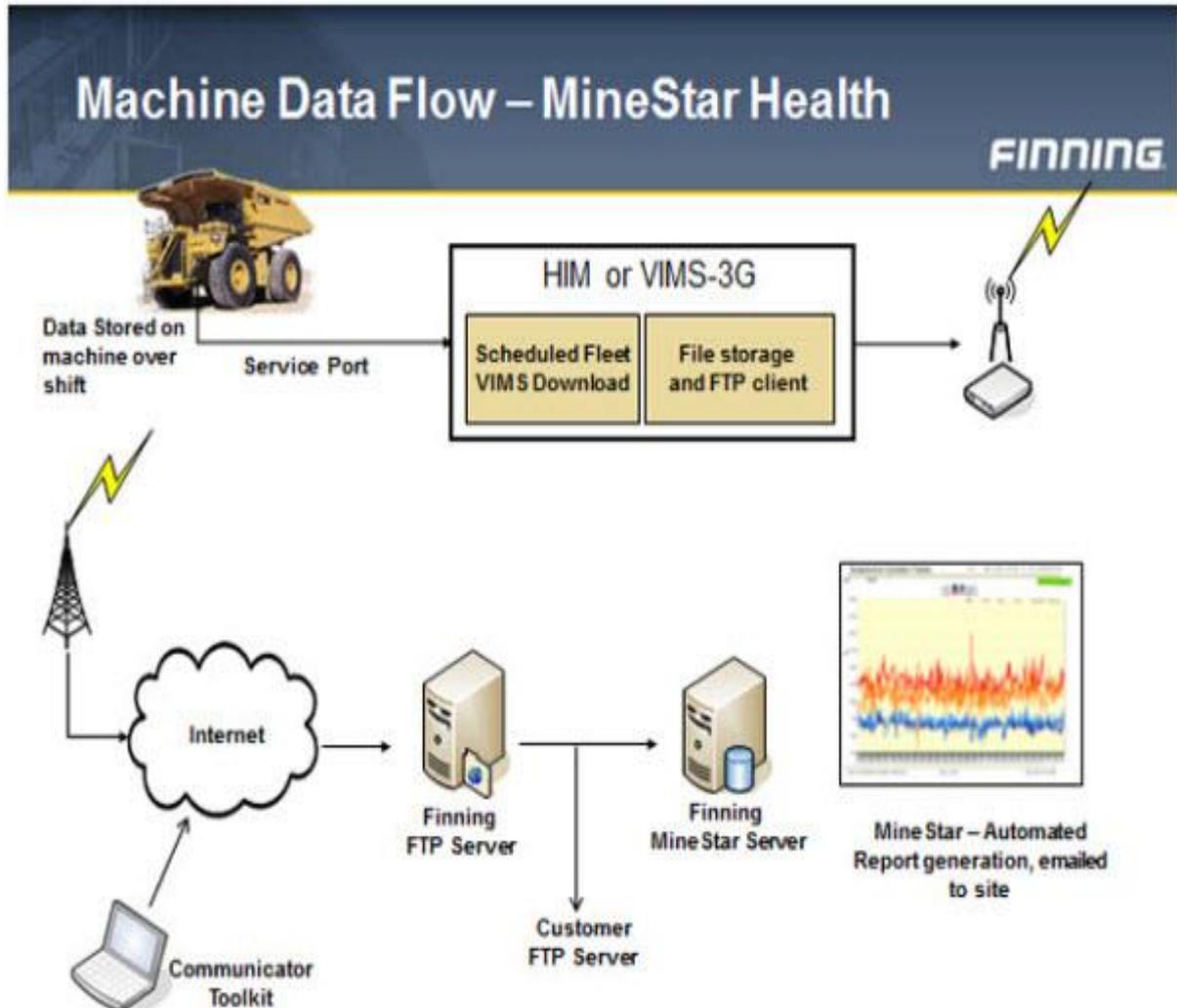
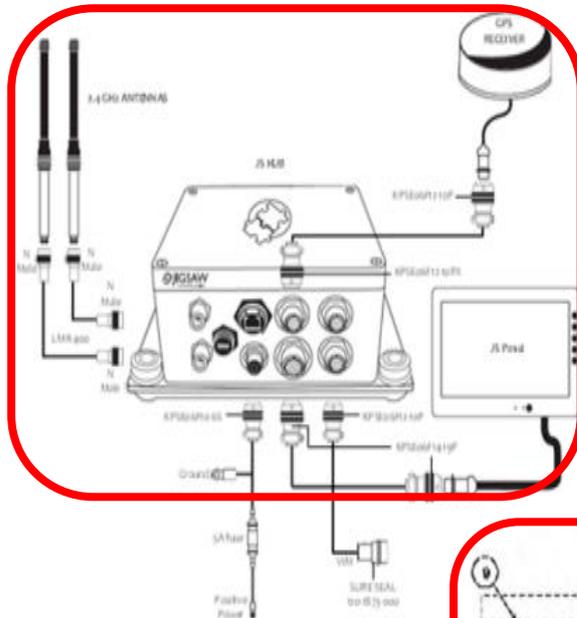


Ilustración 2 Sistema de Información Vital del Equipo - Caterpillar

#### 2.2.4.2.1.2 CONECTIVIDAD ENTRE CAMIÓN Y MINESTAR:

Para el funcionamiento del Sistema Minestar es necesario instalar un Módulo de Control o Computador en cada Equipo, que cumple la función de intérprete de los datos generados por los demás Computadores que vienen dentro del equipo, y enviarlos a un servidor central de Minestar Health mediante la conexión con una antena de servicio de Red más cercana.



La antena recibe los datos procesados y los envía por medio de su conexión hacia la torre de Red.

Computador necesario para realizar la interpretación de datos

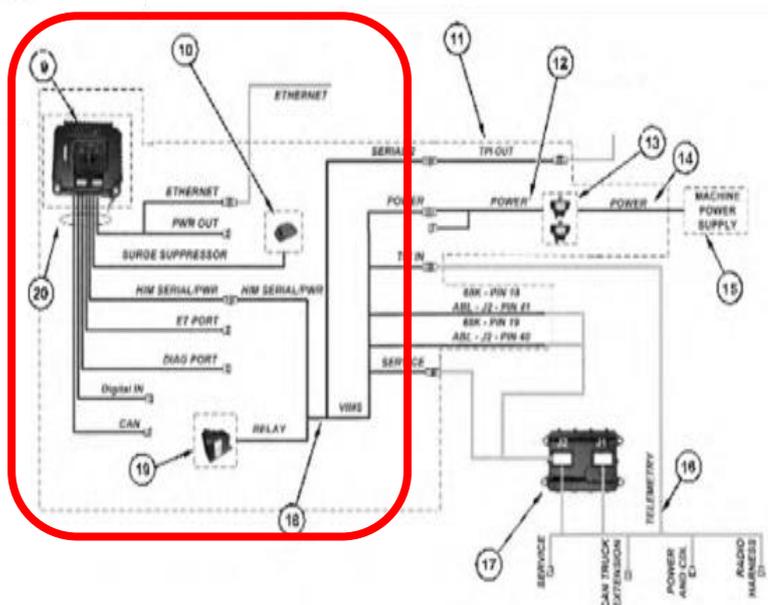
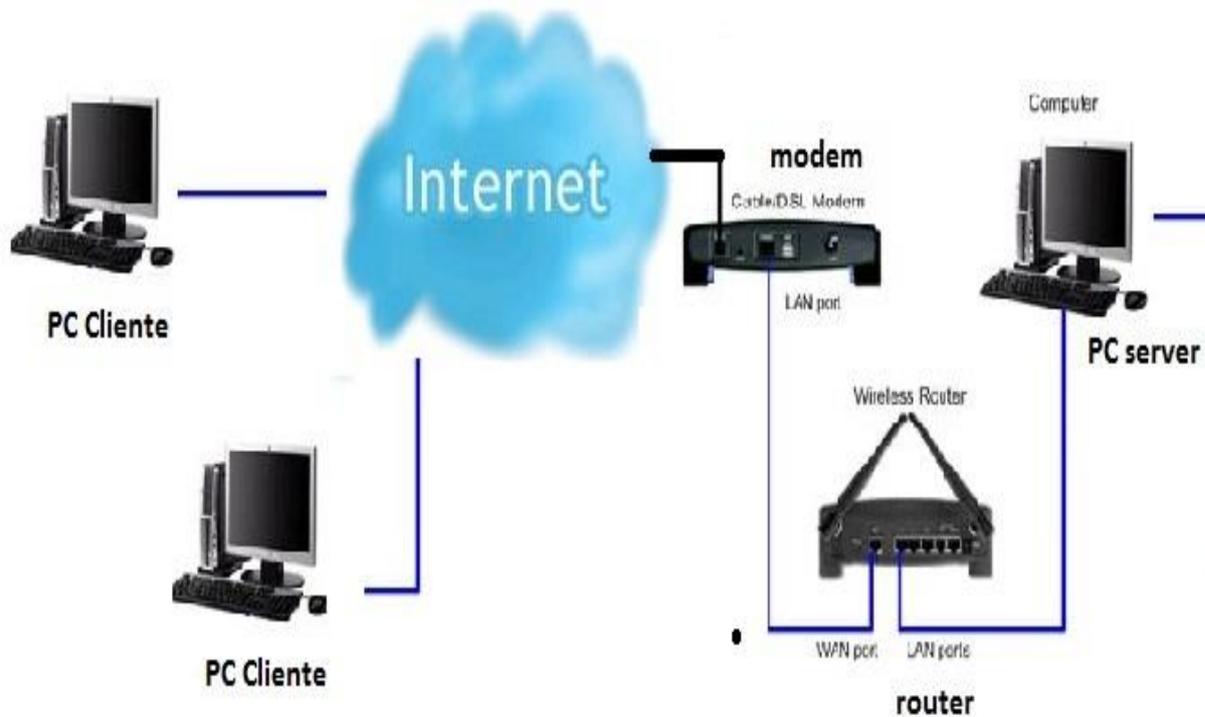


Ilustración 3 Diagrama de Conexión de Computador del Sistema Minestar Health - Caterpillar

### 2.2.4.2.1.3 CONEXIÓN CON SERVIDOR DE APLICACIÓN:

La antena de Red, que es la misma de conexión de internet recibe los datos y a su vez los envía hacia el Servidor de Aplicación del Sistema Minestar, este Servidor cumple la función de descargar los datos enviados y enviarlos al Servidor de Base de Datos.

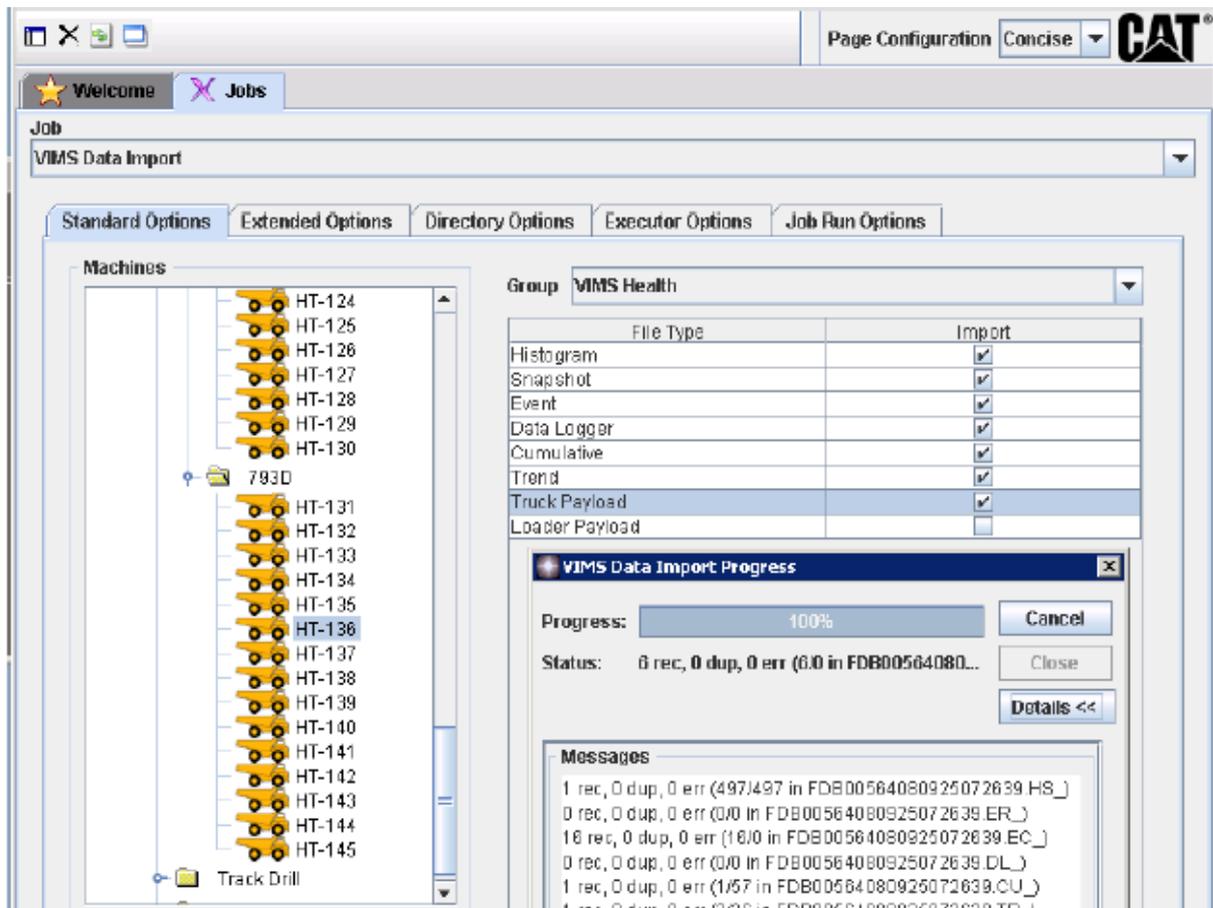


**Ilustración 4 Descarga de Datos en Servidor de Aplicación.**

**Fuente: Caterpillar**

#### **2.2.4.2.1.4 CONEXIÓN CON SERVIDOR DE BASE DE DATOS:**

Los datos descargados luego son enviados al Servidor de Base de Datos donde se procesa la información durante 2 veces al día de todos los Equipos que se tenga y se almacena, estos datos pueden ser almacenados por largos periodos de hasta 10 años sin borrar ningún dato. Los datos almacenados pueden ser descargados manualmente para realizar un análisis diario lo cual nos ayudara a controlar posibles daños al equipo u operación inadecuada.



**Ilustración 5** Recolección de Datos Almacenados.

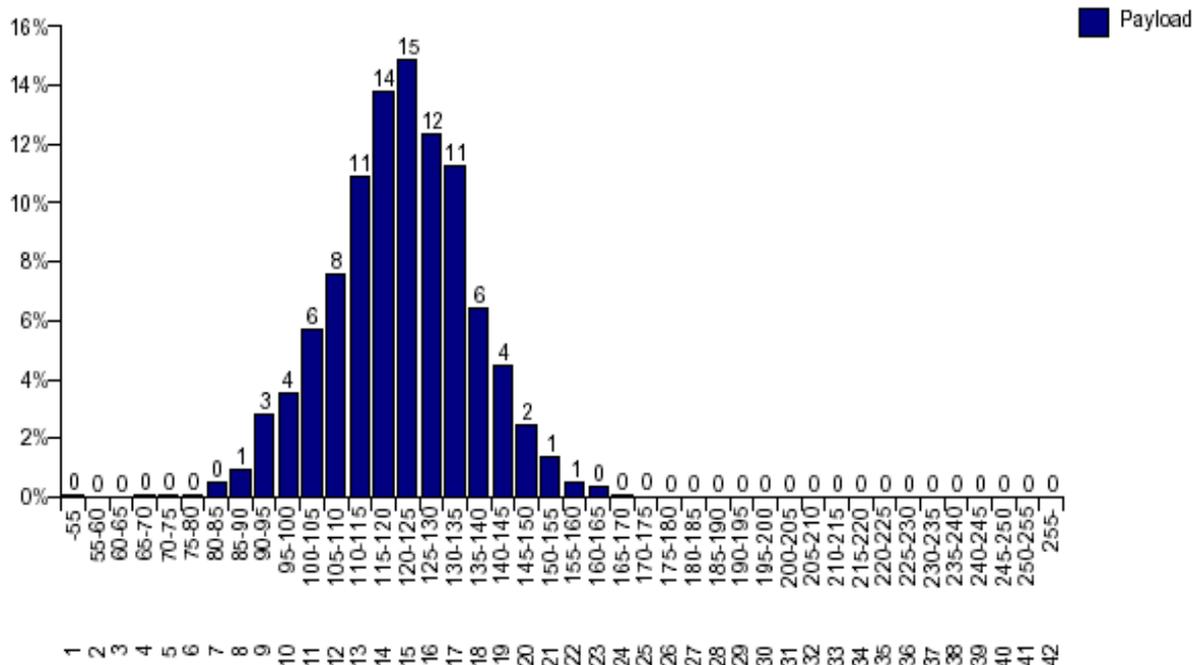
**Fuente:** Sistema Minestar Health

#### 2.2.4.2.1.5 CONEXIÓN CON SERVIDOR DE REPORTE:

Después que los datos son procesados y almacenados ingresan al Servidor de Reporte, donde se programa, diseña, construye y configura los reportes que se necesita analizar, además del tiempo de recolección de datos. Los datos son analizados y verificados por el Sistema Minestar Health, después de este análisis se realiza los cuadros de reporte donde se muestra los resultados para su respectivo análisis; el Sistema Minestar permite realizar descargas las 24 horas del día y enviar a una dirección de correo electrónico de quién lo solicite.

**Truck: 261 Histogram ID: 53 Payload**

Data for this Histogram is from 01 Nov 2001 10:00:00 AM to 22 Feb 2002 09:01:16 AM



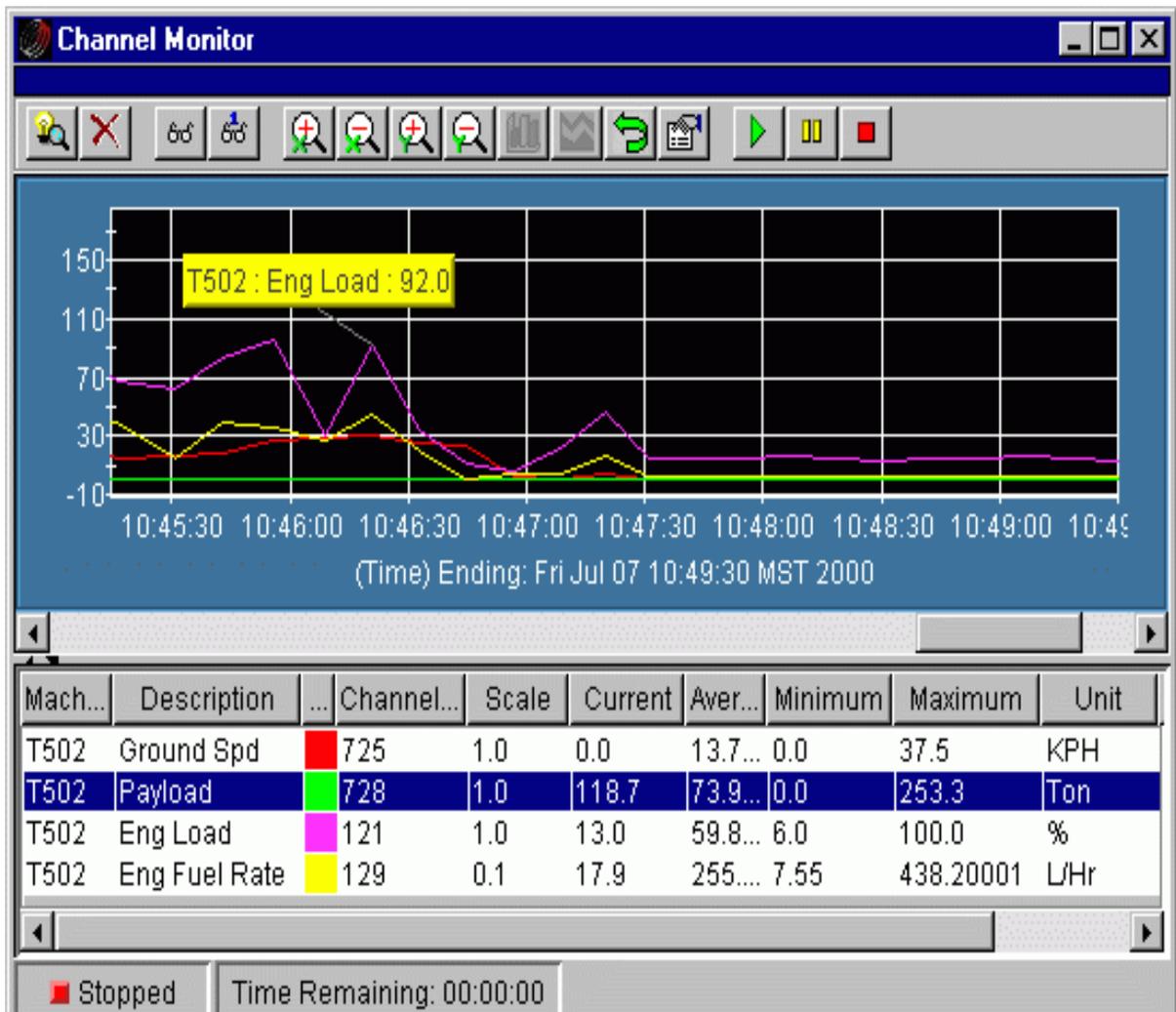
**Ilustración 6 Histograma de Carga de Camión Minero.**

**Fuente: Sistema Minestar Health**

**2.2.4.2.1.6 ANÁLISIS DE DATOS:**

La función de análisis en tiempo real se puede realizar al conectar una computadora hacia la Red de descarga de datos y mediante el software ya instalado e puede visualizar parámetros críticos como datos de carga, consumo de combustible, problema con vías de tránsito, temperaturas de operación, presiones, etc.

Mediante esta función es que permite realizar una toma de decisiones al momento y poder mejorar la calidad de vida de los equipos y la reducción de costos de los neumáticos.



**Ilustración 7 Monitoreo en Tiempo Real.**

**Fuente: Sistema Minestar Health**

Este sistema funciona de modo universal ya que trabaja virtualmente con la máquina: camiones mineros, cargadores frontales, motoniveladoras, tractores sobre orugas de la misma línea Caterpillar u otras marcas.

- Este sistema graba los parámetros más críticos de la máquina, estos se conectan a tu monitor con los eventos de operación y con datos disponibles en tiempo real y un almacenamiento de datos para análisis.

- Mediante este sistema también podemos monitorear problemas con el área de trabajo dentro de la mina, el sistema cuenta con un Sistema Satélite de Navegación Global este reporta el lugar exacto de la ocurrencia del evento, lo cual alerta de las condiciones de las vías de acarreo que afectan la salud de la máquina.
- El sistema ayuda a disminuir los costos de mantenimiento, asegurando un mantenimiento preventivo realizado a tiempo, para evitar costos elevados de reparación, mediante los parámetros de tiempo real se toma decisiones apropiadas.
- Este sistema puede ser usado de manera conjunta con los antes descritos o puede funcionar de forma independiente, lo que facilita la administración e información del estado de las máquinas de acarreo de mina.

### **2.2.5 ANÁLISIS COMPARATIVO DE RENDIMIENTO DE CAMIONES DE ACARREO:**

Pazzuelo (2007) menciona que se considera el rendimiento de los equipos como la capacidad productiva por unidad de tiempo, es decir el volumen de trabajo realizado. En caso de los Camiones de Acarreo se tiene que el rendimiento de un equipo es el volumen movido en la unidad horaria. Existen un gran número de variables que afectan la producción de una determinada maquinaria, la adecuada estimación de estas variables y el conocimiento de las características y capacidades de los equipos permitirá planear y que se realice con éxito los trabajos.

Existen muchas maneras de poder calcular el rendimiento de los Camiones de Acarreo, dentro de los cuales uno puede disponer de muchas fuentes, pero dependerá del análisis que se necesita realizar para poder determinar que método se debe utilizar, dentro de estos métodos tenemos: el método de gráficos o proporcionado por los fabricantes, el método mediante fórmulas y por observación directa.

### 2.2.5.1 MÉTODO DEL USO DE FÓRMULAS:

Vargas (1999) menciona que, el número de ciclos por hora, es el tiempo requerido para una máquina para completar un ciclo de trabajo, el número de ciclos por unidades de tiempo puede obtenerse utilizando la velocidad y tiempos especificados en los manuales, para esto se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Rend. Volquete} = ((60 \times Cv \times E \times F.LL. \times DM) \times (1 - \% \text{Increm Volumen.}) / Tc) \times (\text{Dens. Mat.})$$

Donde :

Rend. Volquete	=	Rendimiento de Volquete ( TM / Hora )
Cv	=	Capacidad de Tolva
E	=	Factor de Eficiencia ( Tanto por uno )
F .LL.	=	Factor de Llenado ( Tanto por uno )
$\Delta V$	=	% incremento volumen
Tc	=	Tiempo del Ciclo
DM	=	Disponibilidad mecánica
Dens. Mat.	=	Densidad del material

Esta fórmula calcula el volumen de material trasladado por cada Camión Minero en una hora. Si analizamos esta fórmula podemos observar que la velocidad, la capacidad de carga y la distancia son los factores que juegan un rol muy importante en el rendimiento de Camiones, por lo que es necesario conocerlos y monitorearlos de manera constante para contribuir con la optimización de recursos.

Este método es más completo pero aún acá se desconoce la calidad de las vías de Acarreo y la Carga Actual de los Camiones o Producción Actual, por este motivo es más cercana a la realidad pero a la vez no exacta pues los factores mencionados influyen en el rendimiento.

## 2.2.6 ANÁLISIS DE COSTO DE OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DE CAMIONES DE ACARREO:

En el análisis de Operación de los Sistemas de Camiones de Acarreo se muestra en los cuadros siguientes, se considera la adquisición de los productos y el costo horario de cada uno con la vida útil proyectada para el funcionamiento.

### 2.2.6.1 COSTO DE OPERACIÓN DEL SISTEMA CONVENCIONAL:

Para determinar el Costo de Operación del Sistema Convencional de los Camiones de Acarreo de Compañía Minera Gold Fields La Cima, vamos a utilizar el cuadro siguiente donde se especifica todos los detalles y labores que involucran el funcionamiento del mismo, cada uno con su respectivo costo horario.

Los datos mostrados a continuación son datos obtenidos del análisis realizado en la Empresa Minera con el uso del Sistema Convencional:

Tabla 1. Costo Horario del Sistema Convencional

COSTO HORARIO DEL SISTEMA CONVENCIONAL						
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	C. UNITARIO US\$	H. Trabajo Diario	DIAS TRABAJO	C. TOTAL US\$/HORA
1	1	SISTEMA OPERATIVO DEL CAMIÓN MINERO PARA SU FUNCIONAMIENTO ESTANDAR	0	20	30	0
2	20	HORAS DE ALQUILER DE CAMIONETA	50	20	30	1.67
3	10	COMBUSTIBLE PARA TRASLADO DE PERSONAL.	3.5	20	30	0.058
4	12	HORAS DE SERVICIO TÉCNICO PARA DESCARGA DE INFORMACIÓN	50	20	30	1.00
<b>COSTO TOTAL DEL SISTEMA CONVENCIONAL US\$/HORA</b>						<b>2.725</b>

Fuente Elaboración Propia

### 2.2.6.2 COSTO DE OPERACIÓN DEL SISTEMA MINESTAR HEALTH:

Para el análisis de costo del Sistema Minestar, se ha considerado todos los instrumentos necesarios para su funcionamiento, estos mismos han sido cotizados en el mercado y según la información brindada se establece un tiempo de vida de 5 años, con estos datos se ha conseguido obtener el costo horario de este sistema.

Tabla 2. Costo Horario del Sistema Minestar Health

<b>COSTO DE INSTALACIÓN DEL SISTEMA MINESTAR HEALTH</b>				
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	C. UNITARIO US\$	C. TOTAL US\$
1	1	CONTROL ELECTRÓNICO	5000	0.17
2	1	SERVIDOR DE APLICACIÓN POR EQUIPO	3000	0.0050
3	1	SERVIDOR DE BASE DE DATOS POR EQUIPO	3000	0.0050
4	1	SERVIDOR DE REPORTE POR EQUIPO.	3000	0.0050
5	10	HORAS DE TRABAJOS PERSONAL ESPECIALIZADO PARA LA INSTALACIÓN Y PRUEBAS	2000	0.0667
6	1	MANTENIMIENTO DE SERVIDORES	1500	0.1250
	1	MANTENIMIENTO DE CONTROL ELECTRÓNICO	300	0.1000
7	12	PERSONAL ESPECIALISTA DE ANÁLISIS DE DATOS	8000	0.67
8	0	HORAS DE SERVICIO TÉCNICO PARA DESCARGA DE INFORMACIÓN	50	0.00
<b>COSTO HORARIO DEL EQUIPO US\$/HORA:</b>				<b>1.140</b>

Fuente: Elaboración Propia

### 2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS:

- 1) **Acarreo:** Es el proceso de transporte de materiales producidos en una operación minera hacia un botadero para desecharlo, la cancha de lixiviación o molino para la extracción de mineral. (Ferreyros 2008).
- 2) **Base de datos:** Es el espacio donde se recopila y almacena toda la información, cuenta con una programación para poder seleccionar los parámetros para los que fue diseñado, luego los analiza y emite un reporte el cual ya puede ser interpretado por un Administrador. (Caterpillar 2010).
- 3) **Camiones fuera de carretera:** Se llama así a todos los camiones de acarreo de materiales de minas, debido a su gran tamaño y su gran capacidad de carga deben ser armados en el propio lugar de trabajo. (Caterpillar 2008).
- 4) **Canal de Telemetría:** Es el medio por donde se transmite los datos recogidos de los Centros de Control del Camión Minero, es muy confiable y fácil de utilizar gracias a la transferencia de datos mediante un sistema inalámbrico, puede ser utilizado en todos los equipos de minería. (Ferreyros 2008).
- 5) **Carguío:** Consiste en la carga de material mineralizado del yacimiento para conducirlo a los posibles destinos, ya sea el chancado, stock de mineral o botaderos de estéril. ([www.codelcoeduca.cl/procesos\\_productivos](http://www.codelcoeduca.cl/procesos_productivos)).
- 6) **Confiabilidad:** Es la probabilidad de que un equipo, sistema o componentes pueda realizar su función sin inconvenientes o alguna falla, también se refiere a la capacidad de poder alcanzar la vida óptima para la cual fue diseñada. (Caterpillar 2008).
- 7) **Costo de adquisición:** Es el precio que una empresa deba pagar por adquirir un bien o servicio, y ponerlo en uso en su actividad minera. (Caterpillar 2008).
- 8) **Costo de operación:** Es el precio que paga una empresa minera para que sus equipos puedan operar y funcionar correctamente, este costo incluye combustible, pago al operador, costos de mantenimiento, etc. (Ferreyros 2008).
- 9) **Densidad específica:** Es el resultado de dividir la masa de un compuesto entre el volumen que está ocupada, como referencia para realizar cualquier cálculo se toma la Densidad Específica del agua. ([www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com))
- 10) **Eficiencia:** Es la capacidad para lograr un fin empleando los mejores medios posibles. ([www.rae.com](http://www.rae.com)).

- 11) **Frente de trabajo:** Es el lugar de la operación minera en donde se encontró contenido de mineral rentable y que ha sido explotado y está listo para ser cargado y transportado hacia su proceso final. (Gimeno C. L. 1995).
- 12) **Monitoreo:** Es la vigilancia permanente mediante parámetros que se establece para garantizar el correcto funcionamiento de un equipo o un sistema y preservar su vida útil en toda su operación. (Caterpillar 2008).
- 13) **Movimiento de tierras:** Es un conjunto de actividades por el cual se recoge y traslada los materiales de un terreno. ([www.codelcoeduca.cl/procesos\\_productivos](http://www.codelcoeduca.cl/procesos_productivos)).
- 14) **Optimizar:** Es buscar la manera más conveniente para realizar una actividad, es decir con bajos costos y que el tiempo sea el mínimo posible. ([www.rae.com](http://www.rae.com))
- 15) **Parámetros:** Conjunto de mediciones que realiza el sistema de control electrónico, que pueden ser temperatura, presiones, caudal, velocidad; mediante estos factores es que se controla el buen funcionamiento de un equipo, los parámetros a monitorear son programados por el fabricante. (Caterpillar 2008).
- 16) **Potencia:** Es la capacidad para ejecutar o desarrollar un trabajo, en los Camiones de Acarreo esta potencia está sujeta a cambios y a factores externos que la modifican. ([www.rae.com](http://www.rae.com))
- 17) **Productividad:** Es la capacidad que tiene una operación para generar una cantidad de productos utilizando la menor cantidad de recursos. También es referida a la eficiencia de los productos transportados. ([www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)).
- 18) **Programado:** Idear y ordenar acciones para realizar un trabajo en el futuro, para lo cual se debe de agenciar de todos los datos necesarios para su próxima intervención. ([www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com))
- 19) **Rentabilidad:** capacidad de generar renta (beneficio, ganancia, provecho, utilidad). La rentabilidad, por lo tanto, está asociada a la obtención de ganancias a partir de una cierta inversión. ([www.rae.com](http://www.rae.com)).
- 20) **Servidor:** Un servidor es una aplicación en ejecución (software) capaz de atender las peticiones de un cliente y devolverle una respuesta en concordancia. ([www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com))

- 21) **Sistema Tecnológico:** Es aquel sistema que utiliza una tecnología de punta, lo que le permite poseer nuevas y avanzadas características de funcionamiento es capaz de analizar y generar reportes en tiempo real. (Ferreyros 2008).
- 22) **Sistemas asistidos:** Son aquellos no cuentan con Computadores, los cuales controlan el funcionamiento de un sistema en particular, están programados para actuar en diversas situaciones y hasta pueden detener un sistema a causa de una falla catastrófica. (Komatsu 2014).
- 23) **Software Avanzado:** Es un software que tiene la capacidad de analizar situaciones o parámetros de un equipo y tomar decisiones para poder solucionarlo, o alertar de manera segura para su inactividad permanente. (Caterpillar 2010).
- 24) **Vías:** Áreas por donde transitan los Camiones de Acarreo, deben estar diseñadas para soportar la capacidad de los equipos y con el suficiente espacio para un tránsito seguro y sin inconvenientes. (Kim 2009).
- 25) **Vida útil:** Es el tiempo desde el inicio de la actividad de una maquinaria hasta la fecha en que sea rentable tanto su operación como su mantenimiento, luego de este periodo el equipo puede ser dado fuera de servicio. (Caterpillar 2010).

## CAPÍTULO 3 HIPÓTESIS

### 3.1 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

El análisis comparativo adecuado entre los Sistemas de Control de Camiones de Acarreo, lograra seleccionar el Sistema que permita mejorar el Rendimiento y Reducir los costos de Acarreo de Minerales durante el desarrollo de la Operación en Minera Gold Fields La Cima.

### 3.2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 3. Cuadro de Operacionalización de Variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Sistemas de Control Electrónico de Camiones Mineros	Es un sistema Electrónico de monitoreo de producción y funcionamiento de Camiones Mineros.	Funcionamiento y operación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alerta de eventos de Camiones.</li> <li>Visualización del estado en tiempo real.</li> <li>Gráficos de Eventos Críticos del Equipo.</li> </ul>
		Eficiencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eventos procesados por día.</li> <li>Atención a varios equipos al mismo tiempo.</li> </ul>
		Precisión	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reportes de vías.</li> <li>Nivel de eventos analizados.</li> <li>Datos obtenidos.</li> </ul>
Rendimiento de Camiones Mineros.	Es la capacidad productiva de los Equipos por unidad de tiempo, es decir el volumen de trabajo realizado.	Distancia de Acarreo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Distancia promedio de transporte de materiales diario.</li> <li>Calidad de las vías.</li> </ul>
		Tiempo de transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo promedio de Acarreo diaria y en diversas condiciones.</li> <li>Número de viajes realizados.</li> </ul>
		Carga transportada	<ul style="list-style-type: none"> <li>Carga de material por viaje.</li> <li>Estado del material transportado.</li> </ul>

Fuente: Elaboración Propia

## CAPÍTULO 4 PRODUCTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL

### 4.1 CARACTERÍSTICAS LOCALES

#### 4.1.1 UBICACIÓN:

##### a. POLÍTICA

**Departamento** : Cajamarca

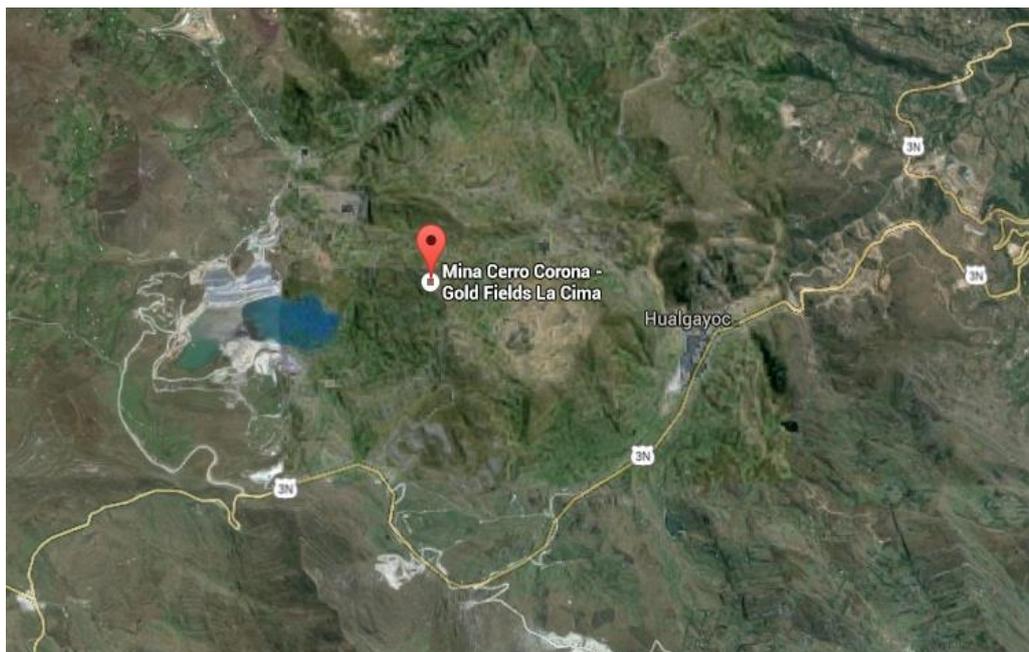
**Provincias** : Hualgayoc

**Distritos** : Hualgayoc

La sistematización del proyecto se realizó en Minera Gold Fields La Cima.

##### b. GEOGRÁFICA

La ubicación geográfica es la siguiente: Las operaciones de Minera Gold Fields La Cima se ubican a 10 km al Noreste de Hualgayoc y a 30 km al Suroeste de Bambamarca. Localizada dentro de las coordenadas UTM E **7652928.069**, N **9252928.069**



**Ilustración 8 Ubicación Geográfica de Compañía Minera Gold Fields La Cima – Cajamarca.**

**Fuente: Google Earth**

#### **4.1.2 ÁREA DE INFLUENCIA:**

Minera Gold Fields La Cima: Provincia de Hualgayoc, principalmente la comunidad campesina El Tingo, caserío de Pílancones y Coimolache.

#### **4.1.3 TOPOGRAFÍA:**

La topografía de la zona es accidentada, por estar ubicada dentro de las zonas Su ni y Jalca.

#### **4.1.4 ALTITUD:**

Se encuentra entre los 3600 m.s.n.m. y 4000 m.s.n.m.

#### **4.1.5 HIDROLOGÍA:**

La hidrología en Minera Gold Fields La Cima abarca las Microcuencas Corona y Mesa de Plata, las Sub-cuencas del Río Tingo/Maygasbamba y las Microcuencas de Las Gordas y Las Águilas.

#### **4.1.6 TEMPERATURA:**

La temperatura presenta un clima templado y frío, abarcan temperaturas que varían en promedio de los 2°C y 15°C (SENAMHI - Cajamarca).

#### **4.1.7 PLUVIOSIDAD:**

La pluviosidad está relacionada con la altitud existente y su distribución es más regular a mayor altura, precipitación promedio anual de 1360 mm.

#### **4.1.8 ACCESIBILIDAD:**

En Minera Gold Field La Cima, La zona de operaciones se encuentra a 90 km por la carretera al noroeste de la capital del departamento de Cajamarca, a aproximadamente 10 km por la carretera de Hualgayoc y a 30 km de Bambamarca distrito de Cajamarca.

## 4.2 COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON AMBOS EQUIPOS

Los siguientes cuadros muestran las diferencias encontradas en el análisis de cada uno de los Sistemas de Control Electrónico para Camiones Mineros.

### 4.2.1 RESULTADOS OBTENIDOS EN EL SISTEMA MINESTAR HEALTH:

- a) **TIEMPO DE CICLO:** los resultados obtenidos son proporcionados por Minera Gold Fields La Cima, donde también se muestran los reportes relacionados con cada resultado obtenido.

Tabla 4. Tiempo de Ciclo de Camión Minero

CALCULO DEL CICLO DE CAMION CON MINESTAR HEALTH	
TIEMPO DE CARGA (MINUTOS):	5.2
TIEMPO DE ACARREO (MINUTOS):	25.2
TIEMPO DE DESCARGA (MINUTOS):	2.3
TIEMPO DE RETORNO (MINUTOS):	15.4
TIEMPO DE POSICIONAMIENTO (MINUTOS):	2.8
TIEMPO DE ESPERA CARGADO (MINUTOS):	3.6
TIEMPO DE ESPERA DESCARGADO (MINUTOS):	4.8
<b>TIEMPO TOTAL DE CICLO (MINUTOS):</b>	<b>59.5</b>

Fuente: Gold Fields La Cima.

## Eventos Rack - Plot

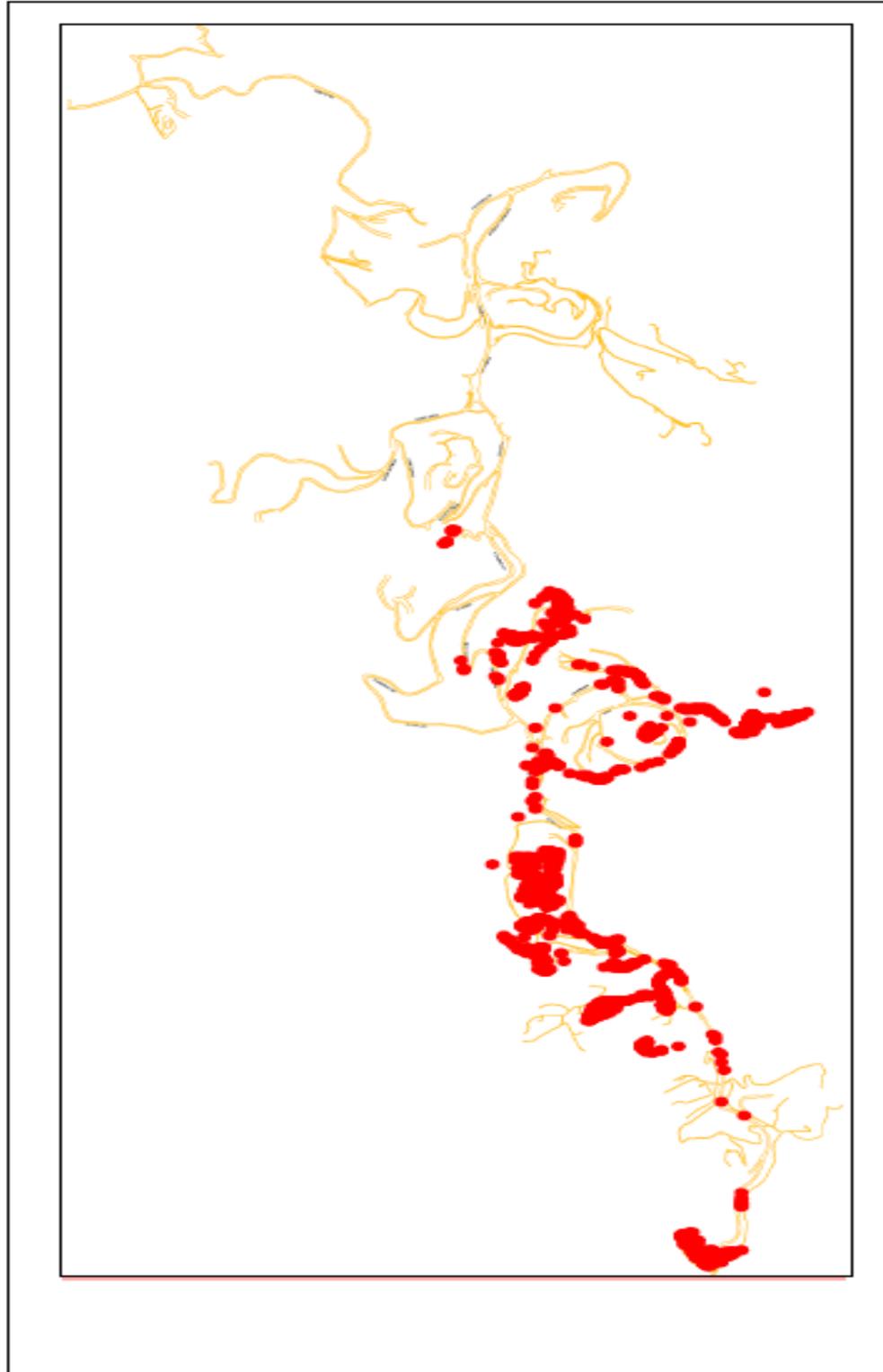


Ilustración 9. Reporte de Vías en Mal Estado en Área de Operaciones de Compañía Minera Gold Fields La Cima

Fuente: Gold Fields La Cima.

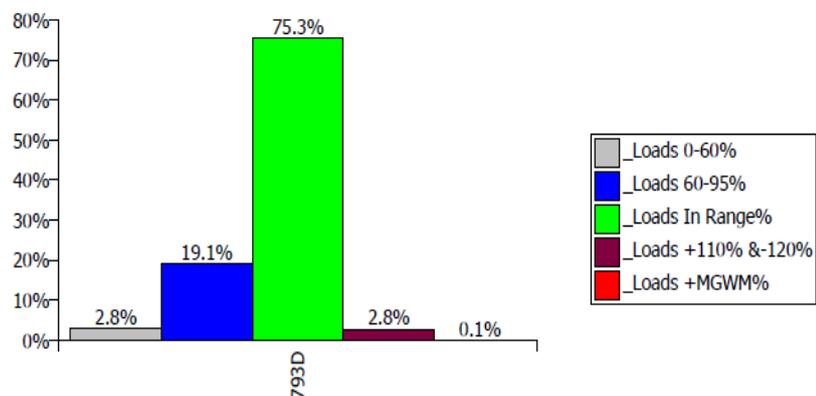
b) **RENDIMIENTO:** los resultados obtenidos fueron proporcionados por Gold Fields La Cima donde se mejoró el transporte; gracias a los reportes del Sistema

Tabla 5. Resultados de Rendimiento de Camión Minero con Minestar Health

CALCULO DEL RENDIMIENTO DE CAMION MINERO	
CAPACIDAD DE TOLVA (TONNES):	157.6
FACTOR DE EFICIENCIA:	0.83
FACTOR DE LLENADO:	0.85
FACTOR DE ESPONJAMIENTO:	0.17
DISPONIBILIDAD MECANICA:	0.88
TIEMPO DE CICLO (MINUTOS):	59.5
<b>RENDIMIENTO (TON/HORA):</b>	<b>82</b>

Fuente: Gold Fields La Cima.

Ilustración 10. Análisis de Carga de Camión Minero



Machine	Target	Average of Loads	Total Number of Loads	Loads between 0% and 60% of Target	Loads between 60% and 95% of Target	Loads In Range	Loads Between 110% to 120% of Target	Loads greater than 120% of Target - Dump within 0.8 Km	Loads greater than 120% of Target - Dump outside 0.8 Km	Total 10/10/20 Exceptions
HT-131	236.74	227.56	1710	25 (1.5%)	509 (29.8%)	1156 (67.6%)	19 (1.1%)		1 (0.06%)	554 (32.4%)
HT-133	233.74	233.14	1811	24 (1.3%)	199 (11.0%)	1512 (83.5%)	74 (4.1%)	2 (0.1%)		299 (16.5%)
HT-134	232.74	229.72	1299	23 (1.8%)	180 (13.9%)	1046 (80.5%)	48 (3.7%)	1 (0.1%)	1 (0.08%)	253 (19.5%)
HT-135	234.74	232.66	1222	19 (1.6%)	165 (13.5%)	980 (80.2%)	56 (4.6%)	2 (0.2%)		242 (19.8%)
HT-137	232.74	228.38	1618	21 (1.3%)	337 (20.8%)	1202 (74.3%)	57 (3.5%)	1 (0.1%)		416 (25.7%)
HT-138	233.74	228.51	1929	20 (1.0%)	441 (22.9%)	1436 (74.4%)	32 (1.7%)			493 (25.6%)
HT-140	232.74	231.52	1790	20 (1.1%)	252 (14.1%)	1449 (80.9%)	68 (3.8%)	1 (0.1%)		341 (19.1%)
HT-142	233.74	230.83	1960	26 (1.3%)	336 (17.1%)	1539 (78.5%)	58 (3.0%)		1 (0.05%)	421 (21.5%)
HT-143	233.74	227.74	1771	31 (1.8%)	390 (22.0%)	1293 (73.0%)	55 (3.1%)	2 (0.1%)		478 (27.0%)

Fuente: Gold Fields La Cima.

- c) **COSTO DE POSESIÓN Y OPERACIÓN:** los resultados mostrados fueron los proporcionados por la Compañía Minera Gold Fields La Cima, además se muestra los reportes descargados.

Tabla 6. Costos de Posesión y Operación de Camión Minero con Sistema Minestar.

<b>COSTOS DE POSESIÓN Y OPERACIÓN DEL EQUIPO</b>	
<b>COSTO DE POSESIÓN (US\$/HORA):</b>	<b>40</b>
<b>CONSUMO DE DIESEL (US\$/HORA):</b>	<b>53</b>
<b>CONSUMO DE ACEITES Y GRASAS (US\$/HORA):</b>	<b>26.3</b>
<b>MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN (US\$/HORA):</b>	<b>13</b>
<b>MANO DE OBRA DIRECTA (US\$/HORA):</b>	<b>25</b>
<b>CONSUMO DE LLANTAS (US\$/HORA):</b>	<b>4.4</b>
<b>COSTO TOTAL HORARIO</b>	<b>161.8</b>

Fuente: Gold Fields La Cima.

Tabla 7. Costo Horario de Neumáticos

<b>CONSUMO DE LLANTAS (MINESTAR HEALTH)</b>	
<b>PRECIO DE NEUMÁTICO (US\$):</b>	<b>22000</b>
<b>VIDA ÚTIL DE NEUMÁTICO (HORAS):</b>	<b>5000</b>
<b>COSTO DE NEUMÁTICOS (US\$/HORA):</b>	<b>4.4</b>

Fuente: Gold Fields La Cima.

# RAC Events & Trends By Crew

## Report Parameters

Start:	End:	Duration:
01-Jan-15 12:00:00 AM	15-Mar-15 12:00:00 AM	1752:00:00

Event/Guardia	Guardia A	Guardia B	Guardia C	Guardia D	Total
Bias lev 1	2900	2863	2696	2917	11376
Bias lev 2	1406	1417	1230	1369	5422
Rack lev 1	1501	1589	1386	1649	6125
Rack lev 2	634	696	557	749	2636
Pitch lev 1	459	581	369	633	2042
Pitch lev 2	82	84	46	102	314
<b>TOTAL</b>	<b>6982</b>	<b>7230</b>	<b>6284</b>	<b>7419</b>	<b>1409</b>

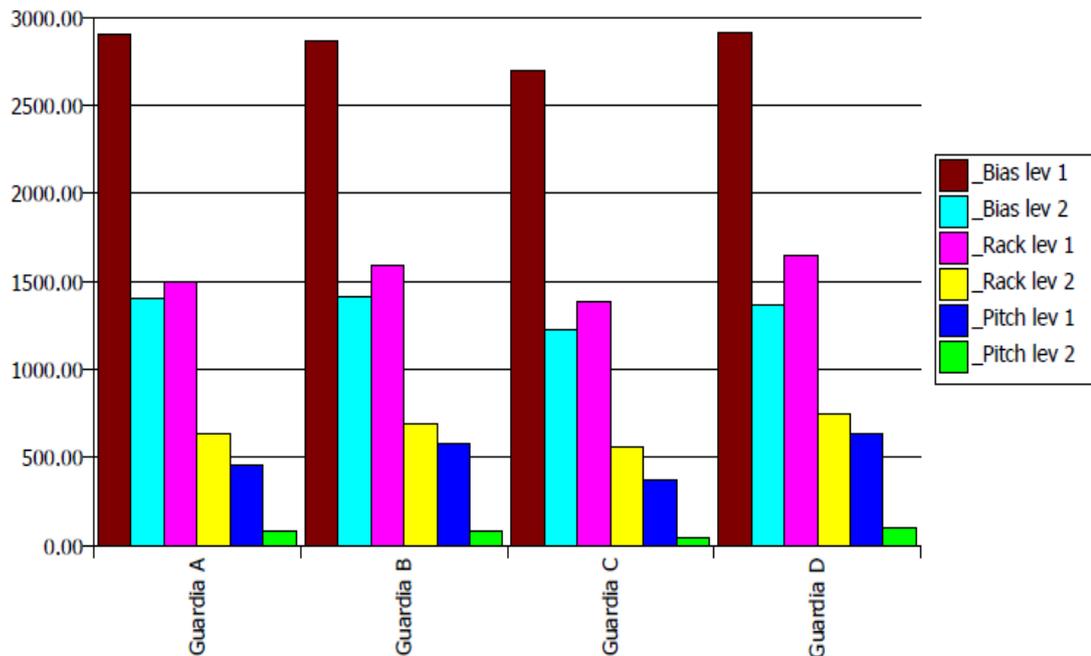


Ilustración 11. Análisis y Reporte de Vías.

Fuente: Gold Fields La Cima.

- d) **COSTO DE TRANSPORTE DE MINERALES:** se establece un cuadro general para establecer el costo general de transporte.

Tabla 8. Costo de Transporte de Minerales y Toneladas Transportadas Diarias 1°

<b>FUNCIONAMIENTO DE CAMION MINERO CON MINESTAR HEALTH</b>	
<b>EQUIPO EN PRUEBA:</b>	<b>CAMION</b>
HORAS DE TRABAJO DIARIO:	22
TIEMPO DE CICLO (MIN):	59
RENDIMIENTO (TON/HORA):	82
COSTO DE TRANSPORTE US\$/TON:	1.97
TONELADAS REALES MOVIDAS DIARIAS:	1803
<b>CALCULO DEL CICLO DE CAMION CON MINESTAR HEALTH</b>	
TIEMPO DE CARGA (MINUTOS):	5.2
TIEMPO DE ACARREO (MINUTOS):	25.2
TIEMPO DE DESCARGA (MINUTOS):	2.3
TIEMPO DE RETORNO (MINUTOS):	15.4
TIEMPO DE POSICIONAMIENTO (MINUTOS):	2.8
TIEMPO DE ESPERA CARGADO (MINUTOS):	3.6
TIEMPO DE ESPERA DESCARGADO (MINUTOS):	4.8
<b>TIEMPO TOTAL DE CICLO (MINUTOS):</b>	<b>59.5</b>
<b>CALCULO DEL RENDIMIENTO DE CAMION MINERO</b>	
CAPACIDAD DE TOLVA (TONNES):	157.6
FACTOR DE EFICIENCIA:	0.83
FACTOR DE LLENADO:	0.85
FACTOR DE ESPONJAMIENTO:	0.17
DISPONIBILIDAD MECANICA:	0.88
TIEMPO DE CICLO (MINUTOS):	59.5
<b>RENDIMIENTO (TON/HORA):</b>	<b>82</b>

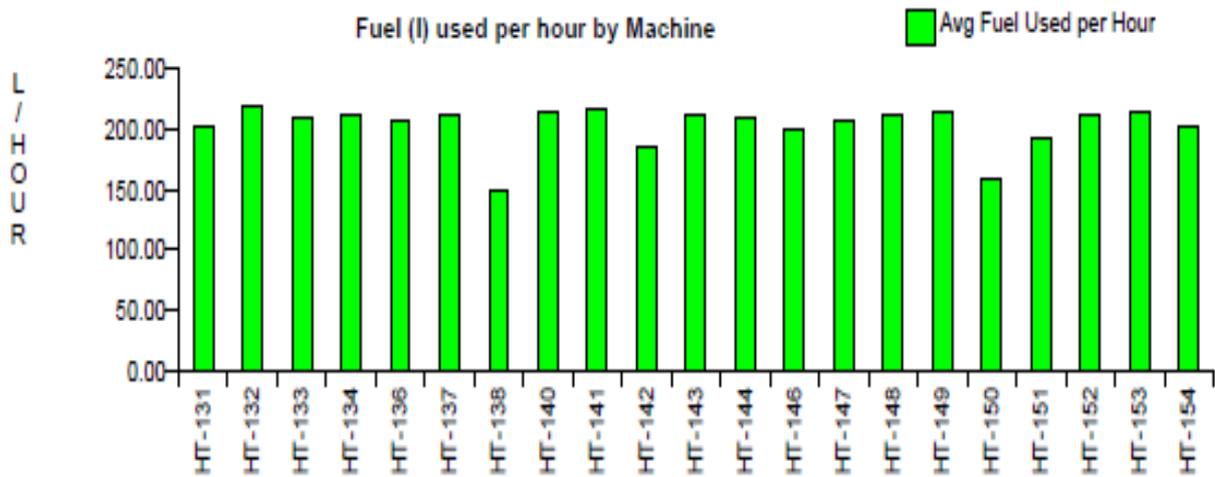
Fuente: Gold Fields La Cima.

Tabla 9. Costo de Transporte de Minerales y Toneladas Transportadas Diarias 2°.

<b>COSTO DE INSTALACION DEL SISTEMA MINESTAR HEALTH</b>				
ITEM	CANT.	DESCRIPCION	C. UNITARIO US\$	C. TOTAL US\$
1	1	CONTROL ELECTRONICO	5000	0.17
2	1	SERVIDOR DE APLICACIÓN POR EQUIPO	3000	0.0050
3	1	SERVIDOR DE BASE DE DATOS POR EQUIPO	3000	0.0050
4	1	SERVIDOR DE REPORTE POR EQUIPO.	3000	0.0050
5	10	HORAS DE TRABAJOS PERSONAL ESPECIALIZADO PARA LA INSTALACION Y PRUEBAS	2000	0.0667
6	1	MANTENIMIENTO DE SERVIDORES	1500	0.1250
	1	MANTENIMIENTO DE CONTROL ELECTRONICO	300	0.1000
7	12	DATOS	8000	0.67
8	0	HORAS DE SERVICIO TECNICO PARA DESCARGA DE INFORMACION	50	0.00
<b>COSTO HORARIO DEL EQUIPO US\$/HORA:</b>				<b>1.140</b>
<b>COSTOS DE POSESIÓN Y OPERACIÓN DEL EQUIPO</b>				
<b>COSTO DE POSESIÓN (US\$/HORA):</b>			<b>40</b>	
<b>CONSUMO DE DIESEL (US\$/HORA):</b>			<b>53</b>	
<b>CONSUMO DE ACEITES Y GRASAS (US\$/HORA):</b>			<b>26.3</b>	
<b>MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN (US\$/HORA):</b>			<b>13</b>	
<b>MANO DE OBRA DIRECTA (US\$/HORA):</b>			<b>25</b>	
<b>CONSUMO DE LLANTAS (US\$/HORA):</b>			<b>4.4</b>	
<b>COSTO TOTAL HORARIO</b>			<b>161.8</b>	
<b>COSTO DE PRODUCCIÓN UNITARIO (US\$/TON):</b>			<b>1.974</b>	

Fuente: Elaboración Propia.

- e) **REPORTES ADICIONALES:** se muestra reporte de cantidad de combustible consumido, los ciclos de trabajo y duración de los mismos, monitoreo en tiempo real del estado del equipo, reporte de operación.



Name	Cycle Count With Fuel	Cycle Count With No Fuel	Total Fuel Used (l)	Avg Fuel Per Cycle (l)	Avg Fuel Per Hour (l)	Avg Fuel Per Km (l)	Avg Fuel Used Per Tn (l)
HT-131	7222	1	1071668.1	148.39	201.8	13.9	0.7
HT-132	3908	0	588629.0	150.11	220.3	14.5	0.7
HT-133	6979	0	1045282.8	149.78	209.7	14.3	0.6
HT-134	6677	0	1029002.7	154.11	212.3	14.2	0.7
HT-136	7239	0	1094905.8	151.25	205.9	14.3	0.7
HT-137	7286	1	1094955.9	150.28	211.6	14.1	0.7
HT-138	5189	2184	761325.8	146.72	148.6	10.1	0.5
HT-140	7785	0	1148219.5	147.49	213.4	14.1	0.6
HT-141	4626	0	690970.1	149.37	217.1	13.7	0.6
HT-142	6848	681	1000949.0	146.17	185.6	12.6	0.6
HT-143	7499	1	1110643.6	148.11	212.2	14.1	0.6
HT-144	4143	0	589446.3	142.28	209.8	13.0	0.6
HT-146	6963	1	1015864.5	145.89	199.3	13.1	0.6
HT-147	7173	1	1085588.0	151.34	207.6	13.8	0.7

**Ilustración 12. Análisis del Consumo de Combustible por Equipo**

**Fuente: Gold Fields La Cima.**

### HT-149

Value Greater M/GMW	M/GMW	Date	Time	SMU	Payload (t)	Loader Pass Count	Load Time (HH:MM:SS)	Total Cycle Time (HH:MM:SS)	Loaded Stopped Time (HH:MM:SS)	Loaded Travel Time (HH:MM:SS)	Empty Stopped Time (HH:MM:SS)	Empty Travel Time (HH:MM:SS)	Loaded Travel Dist. (m)	Empty Travel Dist. (m)	Fuel Used (l)	Avg Fuel Consumption (l/hr)	% Total Distance Loaded
233.74	443.16	4:28:40	07-Jan-15	38281.85	293.7	10	0:08:14	0:55:08	0:01:16	0:01:49	0:05:01	0:38:48	160.9	2,253.1	48.26	52.51	6.7%
233.74	435.86	4:28:40	05-Mar-15	38300.05	296.4	1	0:13:59	0:49:42	0:00:53	0:00:51	0:30:38	0:03:21	0.0	8,851.4	176.02	212.50	0.0%

### HT-148

Value Greater M/GMW	M/GMW	Date	Time	SMU	Payload (t)	Loader Pass Count	Load Time (HH:MM:SS)	Total Cycle Time (HH:MM:SS)	Loaded Stopped Time (HH:MM:SS)	Loaded Travel Time (HH:MM:SS)	Empty Stopped Time (HH:MM:SS)	Empty Travel Time (HH:MM:SS)	Loaded Travel Dist. (m)	Empty Travel Dist. (m)	Fuel Used (l)	Avg Fuel Consumption (l/hr)	% Total Distance Loaded
233.74	445.26	4:28:40	07-Jan-15	38204.63	295.8	7	0:04:50	0:18:13	0:01:22	0:01:25	0:07:21	0:03:05	160.9	2,253.1	29.34	86.60	6.7%

### HT-150

Value Greater M/GMW	M/GMW	Date	Time	SMU	Payload (t)	Loader Pass Count	Load Time (HH:MM:SS)	Total Cycle Time (HH:MM:SS)	Loaded Stopped Time (HH:MM:SS)	Loaded Travel Time (HH:MM:SS)	Empty Stopped Time (HH:MM:SS)	Empty Travel Time (HH:MM:SS)	Loaded Travel Dist. (m)	Empty Travel Dist. (m)	Fuel Used (l)	Avg Fuel Consumption (l/hr)	% Total Distance Loaded
234.74	441.46	4:28:40	22-Feb-15	38218.27	293.0	1	0:04:24	0:25:49	0:01:09	0:00:29	0:18:35	0:00:11	0.0	4,345.2	112.82	261.98	0.0%
234.74	429.26	4:28:40	02-Mar-15	38323.82	280.8	6	0:04:27	0:35:46	0:04:02	0:11:16	0:12:11	0:00:51	1,770.3	2,575.0	76.65	126.58	40.7%
234.74	437.96	4:28:40	03-Mar-15	38332.96	285.3	4	0:02:50	0:48:12	0:03:23	0:21:04	0:19:48	0:01:06	3,540.6	5,471.8	188.32	234.47	39.3%
234.74	457.66	4:28:40	03-Mar-15	38348.17	309.1	1	0:03:55	0:31:27	0:01:02	0:00:32	0:25:48	0:00:10	0.0	5,149.9	128.65	247.41	0.0%

Ilustración 13. Análisis del Sistema de Acarreo en Camión Minero.

Fuente: Gold Fields La Cima.

Los resultados obtenidos mediante este Sistema nos muestran un costo de **1.97 US\$/ton**, lo cual indica un menor costo en transporte de Minerales.

#### 4.2.2 RESULTADOS OBTENIDOS EN EL SISTEMA CONVENCIONAL:

- a) **CÁLCULO DEL TIEMPO DE CICLO:** datos calculados de los datos proporcionados por Minera Gold Fields La Cima, los datos están calculados por días de recolección de información.

Tabla 10. Cálculo de Ciclo de Camión Minero.

CÁLCULO DEL CICLO DE CAMIÓN		SISTEMA CONVENCIONAL														
TIEMPOS DE CARGA DE CAMIÓN MINERO:	PROM.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
TIEMPO DE CARGA (MINUTOS):	5.7	5.0	5.5	6.0	6.0	6.0	6.0	5.0	5.5	5.5	6.0	6.0	5.5	6.0	5.5	5.5
TIEMPO DE ACARREO (MINUTOS):	27.0	28.0	27.0	27.0	26.0	26.5	26.5	28.0	27.0	27.0	27.0	28.0	26.5	26.0	27.0	27.0
TIEMPO DE DESCARGA (MINUTOS):	2.8	3.0	2.0	2.5	2.5	2.5	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	3.0	3.0	2.5	3.0	3.0
TIEMPO DE RETORNO (MINUTOS):	17.6	18.0	17.0	17.0	18.0	17.5	18.0	18.0	17.5	18.0	17.0	17.0	17.5	18.0	18.0	18.0
TIEMPO DE POSICIONAMIENTO	2.9	2.5	2.5	3.0	3.0	3.0	2.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.5	3.0	3.0	3.0
TIEMPO DE ESPERA CARGADO (MINUTOS):	3.7	3.0	3.5	3.5	4.0	4.0	3.5	3.5	4.0	4.0	3.5	4.0	4.0	3.5	4.0	4.0
TIEMPO DE ESPERA DESCARGADO (MINUTOS):	4.8	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.5	4.0	4.0	4.0	5.5	5.0	5.5	5.0	5.5	5.5
<b>TIEMPO TOTAL DE CICLO (MINUTOS):</b>	<b>64.5</b>	<b>64</b>	<b>62</b>	<b>64</b>	<b>65</b>	<b>65</b>	<b>65</b>	<b>65</b>	<b>64</b>	<b>65</b>	<b>65</b>	<b>66</b>	<b>66</b>	<b>64</b>	<b>66</b>	<b>66</b>

Fuente: Gold Fields La Cima.

Tabla 11. Cuadro Resumen de Tiempo de Ciclo de Camión Minero.

CÁLCULO DEL CICLO DE CAMIÓN	SIN MINESTAR HEALTH
TIEMPO DE CARGA (MINUTOS):	5.7
TIEMPO DE ACARREO (MINUTOS):	27.0
TIEMPO DE DESCARGA (MINUTOS):	2.8
TIEMPO DE RETORNO (MINUTOS):	17.6
TIEMPO DE POSICIONAMIENTO (MINUTOS):	2.9
TIEMPO DE ESPERA CARGADO (MINUTOS):	3.7
TIEMPO DE ESPERA DESCARGADO (MINUTOS):	4.8
<b>TIEMPO TOTAL DE CICLO (MINUTOS):</b>	<b>64.5</b>

Fuente: Gold Fields La Cima.

- b) **CÁLCULO DE RENDIMIENTO:** los datos mostrados fueron proporcionados por Minera Gold Fields La Cima realizado en su último análisis, y están agrupados según los días que se recolectaron la información.

**Tabla 12. Carga Transportada Promedio**

<b>CÁLCULO DE CARGA TRANSPORTADA DE CAMIÓN : SISTEMA CONVENCIONAL</b>																
<b>CARGA TRANSPORTADA POR CAMIÓN MINERO</b>	<b>PROM.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
CARGA TRASNSPORTADA 1 (TONNES)	148.0	150	150	145	147	148	148	150	146	150	146	145	145	150	152	148
CARGA TRASNSPORTADA 2 (TONNES)	147.8	147	147	148	145	150	145	146	149	148	149	150	148	149	147	149
CARGA TRASNSPORTADA 3 (TONNES)	147.9	148	149	149	150	150	146	147	151	148	147	143	146	146	148	150
CARGA TRASNSPORTADA 4 (TONNES)	147.1	142	146	144	147	147	150	145	147	148	149	148	150	150	149	144
CARGA TRASNSPORTADA 5 (TONNES)	147.1	146	144	148	148	146	144	150	150	147	147	145	145	149	149	148
CARGA TRASNSPORTADA 6 (TONNES)	146.3	147	147	148	145	150	145	146	149	142	143	147	146	147	148	145
CARGA TRASNSPORTADA 7 (TONNES)	146.3	145	150	150	148	148	146	146	144	143	143	145	145	146	148	148
CARGA TRASNSPORTADA 8 (TONNES)	147.3	150	150	147	147	145	145	149	149	148	147	150	148	146	144	145
CARGA TRASNSPORTADA 9 (TONNES)	147.0	146	150	146	145	145	150	146	144	150	150	147	147	145	145	149
CARGA TRASNSPORTADA 10 (TONNES)	146.0	146	144	148	148	149	142	143	147	146	147	148	146	146	144	146
CARGA TRASNSPORTADA 11 (TONNES)	147.8	150	150	147	145	145	149	149	148	147	150	147	150	145	147	148
CARGA TRASNSPORTADA 12 (TONNES)	146.3	150	145	146	149	142	143	147	146	147	148	145	142	148	146	151
CARGA TRASNSPORTADA 13 (TONNES)	147.9	151	149	148	149	148	148	147	146	146	146	144	150	150	150	147
CARGA TRASNSPORTADA 14 (TONNES)	148.5	149	150	150	146	147	151	148	147	143	148	151	150	149	148	150
CARGA TRASNSPORTADA 15 (TONNES)	147.1	145	150	145	146	149	142	143	147	146	149	150	149	150	147	149
<b>PROM. VIAJE TRANSPORTADO</b>	<b>147.2</b>	<b>147.5</b>	<b>148.1</b>	<b>147.3</b>	<b>147.0</b>	<b>147.3</b>	<b>146.3</b>	<b>146.8</b>	<b>147.3</b>	<b>146.6</b>	<b>147.3</b>	<b>147.0</b>	<b>147.1</b>	<b>147.7</b>	<b>147.5</b>	<b>147.8</b>
<b>PROM. CARGA TRANSPORTADA DIARIA</b>	<b>2208.5</b>	<b>2212.0</b>	<b>2221.0</b>	<b>2209.0</b>	<b>2205.0</b>	<b>2209.0</b>	<b>2194.0</b>	<b>2202.0</b>	<b>2210.0</b>	<b>2199.0</b>	<b>2209.0</b>	<b>2205.0</b>	<b>2207.0</b>	<b>2216.0</b>	<b>2212.0</b>	<b>2217.0</b>

Fuente: Gold Fields La Cima.

Tabla 13. Resultados de Rendimiento de Camión Minero con Sistema Convencional

<b>CÁLCULO DEL RENDIMIENTO DE CAMIÓN MINERO</b>		<b>SISTEMA CONVENCIONAL</b>
CAPACIDAD DE TOLVA (TONNES):		147.2
FACTOR DE EFICIENCIA:		0.83
FACTOR DE LLENADO:		0.85
FACTOR DE ESPONJAMIENTO:		0.17
DISPONIBILIDAD MECÁNICA:		0.88
TIEMPO DE CICLO (MINUTOS):		64.5
<b>RENDIMIENTO (TON/HORA):</b>		<b>71</b>

Fuente: Gold Fields La Cima.

- c) **COSTO DE POSESIÓN Y OPERACIÓN:** los resultados mostrados fueron los proporcionados por la Compañía Minera Gold Fields La Cima, los cuales se muestran en los cuadros siguientes:

Tabla 14. Costos de Posesión y Operación de Equipo.

<b>COSTOS DE POSESIÓN Y OPERACIÓN DEL EQUIPO - SISTEMA CONVENCIONAL</b>	
COSTO DE POSESIÓN (US\$/HORA):	40
CONSUMO DE DIESEL (US\$/HORA):	53
CONSUMO DE ACEITES Y GRASAS (US\$/HORA):	26.3
MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN (US\$/HORA):	13
MANO DE OBRA DIRECTA (US\$/HORA):	25
CONSUMO DE LLANTAS (US\$/HORA):	5.5
<b>COSTO TOTAL HORARIO</b>	<b>164.5</b>
<b>COSTO DE PRODUCCIÓN UNITARIO (US\$/TON):</b>	<b>2.332</b>

Fuente: Gold Fields La Cima.

Tabla 15. Costo de Neumáticos de Camión Minero con Sistema Convencional.

<b>CONSUMO DE NEUMÁTICOS - SISTEMA CONVENCIONAL</b>	
PRECIO DE NEUMÁTICO (US\$):	22000
VIDA ÚTIL DE NEUMÁTICO (HORAS):	4000
<b>COSTO DE NEUMÁTICOS (US\$/HORA):</b>	<b>5.5</b>

Fuente: Gold Fields La Cima.

- d) **COSTO DE TRANSPORTE DE MINERALES:** con todos los resultados encontrados y mostrados se realiza un cuadro final y se establece el costo de transporte en la Compañía Minera Gold Fields La Cima, el cual se muestra a continuación:

Tabla 16. Costo de Transporte de Minerales y Toneladas Transportadas Diarias 1° Parte

<b>FUNCIONAMIENTO DE CAMIÓN MINERO SISTEMA CONVENCIONAL</b>	
<b>EQUIPO EN PRUEBA:</b>	<b>CAMION</b>
<b>HORAS DE TRABAJO DIARIO:</b>	20
<b>TIEMPO DE CICLO (MIN):</b>	<b>65</b>
<b>RENDIMIENTO (TON/HORA):</b>	<b>71</b>
<b>COSTO DE TRANSPORTE US\$/TON:</b>	<b>2.33</b>
<b>TONELADAS MOVIDAS DIARIAS:</b>	<b>1411</b>
<b>CÁLCULO DEL CICLO DE CAMIÓN SISTEMA CONVENCIONAL</b>	
<b>TIEMPO DE CARGA (MINUTOS):</b>	5.7
<b>TIEMPO DE ACARREO (MINUTOS):</b>	27.0
<b>TIEMPO DE DESCARGA (MINUTOS):</b>	2.8
<b>TIEMPO DE RETORNO (MINUTOS):</b>	17.6
<b>TIEMPO DE POSICIONAMIENTO (MINUTOS):</b>	2.9
<b>TIEMPO DE ESPERA CARGADO (MINUTOS):</b>	3.7
<b>TIEMPO DE ESPERA DESCARGADO (MINUTOS):</b>	4.8
<b>TIEMPO TOTAL DE CICLO (MINUTOS):</b>	<b>64.5</b>
<b>CÁLCULO DEL RENDIMIENTO DE CAMIÓN MINERO - SISTEMA CONVENCIONAL</b>	
<b>CAPACIDAD DE TOLVA (TONNES):</b>	147.2
<b>FACTOR DE EFICIENCIA:</b>	<b>0.83</b>
<b>FACTOR DE LLENADO:</b>	<b>0.85</b>
<b>FACTOR DE ESPONJAMIENTO:</b>	0.17
<b>DISPONIBILIDAD MECÁNICA:</b>	0.88
<b>TIEMPO DE CICLO (MINUTOS):</b>	<b>64.5</b>
<b>RENDIMIENTO (TON/HORA):</b>	<b>71</b>

Fuente: Gold Fields La Cima.

Tabla 17. Costo de Transporte de Minerales y Toneladas Transportadas Diarias 2° Parte

<b>COSTO HORARIO DEL SISTEMA CONVENCIONAL</b>						
ITEM	CANT.	DESCRIPCION	C. UNITARIO US\$	H. Trabajo Diario	DIAS TRABAJO	C. TOTAL US\$/HORA
1	1	SISTEMA OPERATIVO DEL CAMION MINERO PARA SU FUNCIONAMIENTO ESTANDAR	0	20	30	0
2	20	HORAS DE ALQUILER DE CAMIONETA	50	20	30	1.67
3	10	COMBUSTIBLE PARA TRASLADO DE PERSONAL	3.5	20	30	0.058
4	12	HORAS DE SERVICIO TECNICO PARA DESCARGA DE INFORMACION	50	20	30	1.00
<b>COSTO TOTAL DEL SISTEMA CONVENCIONAL US\$/HORA</b>						<b>2.725</b>
<b>COSTOS DE POSESIÓN Y OPERACIÓN DEL EQUIPO - SISTEMA CONVENCIONAL</b>						
<b>COSTO DE POSESIÓN (US\$/HORA):</b>			<b>40</b>			
<b>CONSUMO DE DIESEL (US\$/HORA):</b>			<b>53</b>			
<b>CONSUMO DE ACEITES Y GRASAS (US\$/HORA):</b>			<b>26.3</b>			
<b>MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN (US\$/HORA):</b>			<b>13</b>			
<b>MANO DE OBRA DIRECTA (US\$/HORA):</b>			<b>25</b>			
<b>CONSUMO DE LLANTAS (US\$/HORA):</b>			<b>5.5</b>			
<b>COSTO TOTAL HORARIO</b>			<b>164.5</b>			
<b>COSTO DE PRODUCCIÓN UNITARIO (US\$/TON):</b>			<b>2.332</b>			

Fuente: Gold Fields La Cima.

Como podemos observar

Los resultados mostrados, indican que el costo de transporte por tonelada es de **2.33 US\$/ton.**

## **CAPÍTULO 5 MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1 TIPO DE DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.**

La presente es una investigación No experimental, Transversal, Descriptiva al comparar dos tecnologías diferentes de Sistemas de Control Electrónico y elegir la que mejore el Rendimiento y Costos del Sistema de Acarreo.

### **5.2 MATERIAL DE ESTUDIO.**

#### **5.2.1 UNIDAD DE ESTUDIO.**

Sistemas de Control de Camiones Mineros de Acarreo de Compañía Minera Gold Fields La Cima.

#### **5.2.2 POBLACIÓN.**

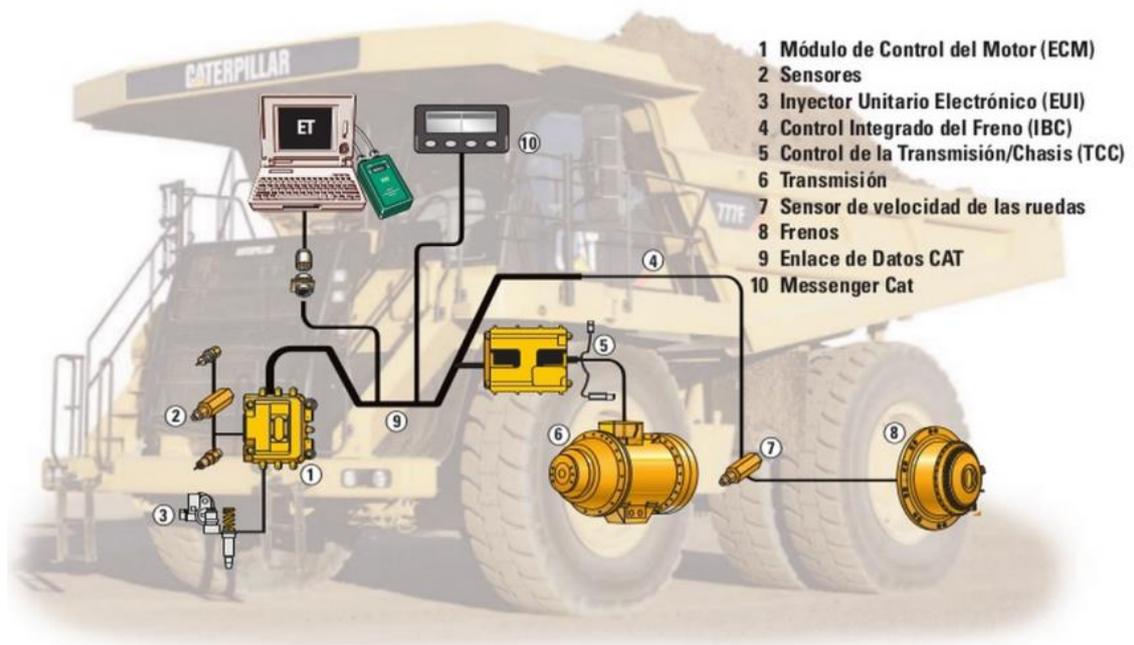
Sistemas de Control para Camiones de Acarreo de Minerales utilizados en Compañías Mineras del Perú.

#### **5.2.3 MUESTRA.**

Sistemas de Control para Camiones de Acarreo de Minerales utilizados en Compañías Mineras del Departamento de Cajamarca.



**Ilustración 15. Sistema de Control con Minestar Health**  
Fuente: Caterpillar



**Ilustración 14. Sistema de Control Convencional**  
Fuente: Caterpillar

### 5.3 TÉCNICAS, PROCEDIMIENTOS E INSTRUMENTOS

#### 5.3.1 PARA CALCULAR EL RENDIMIENTO DE CAMIONES MINEROS.

##### a. MÉTODO GRÁFICO:

Este método es el proporcionado por los fabricantes, donde se requiere conocer las características y especificaciones técnicas de los equipos, estos datos pueden ser encontrados en los manuales proporcionados por los fabricantes.

Dentro de estas especificaciones son considerados: la velocidad, pendiente, marchas, longitud de transporte, estado de transporte cargado o vacío; como se muestra en las imágenes siguientes:

Camiones de obras y minería

Tracción – Velocidad – Rendimiento en Pendientes  
● Neumáticos 27.00R49

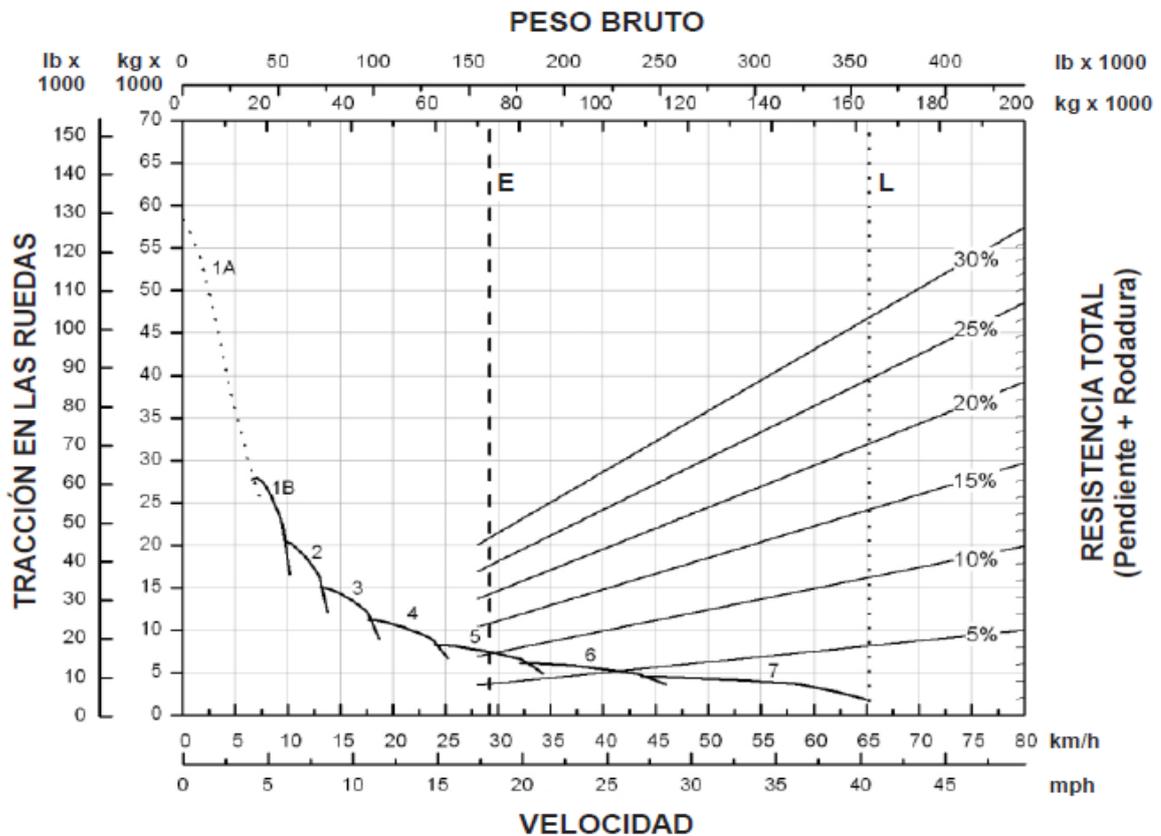


Ilustración 16. Cuadro de Rendimiento en Pendientes Camión 785C.

Fuente: Handbook Caterpillar Edición 43.

Camiones de obras y minería

Rendimiento de los frenos

- 450 m (1500 pies)
- 600 m (2000 pies)
- 900 m (3000 pies)
- 1500 m (5000 pies)

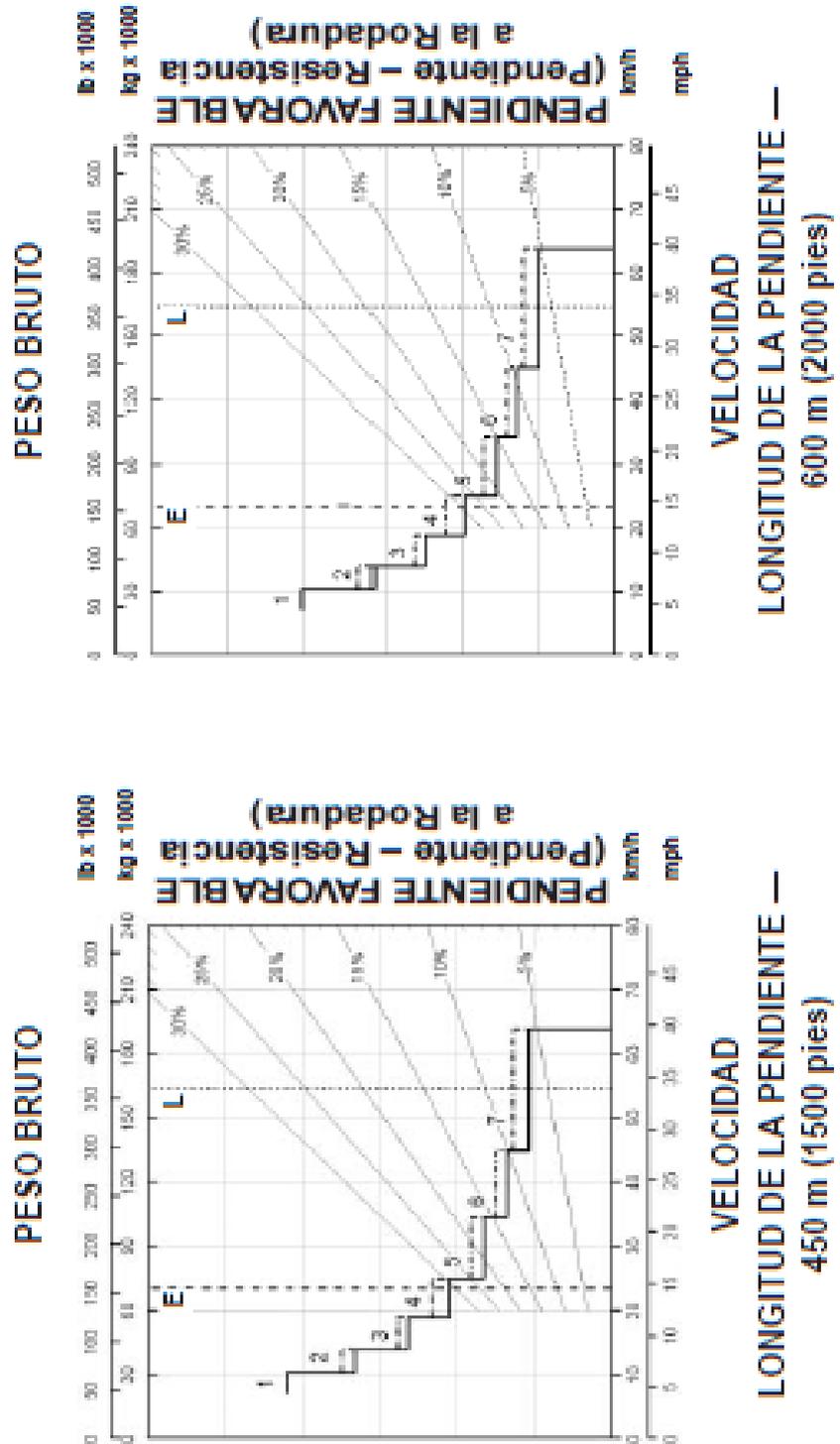


Ilustración 17. Cuadro de Rendimiento de Frenos en Pendiente Camión 785C 1° Parte.

Fuente: Handbook Caterpillar Edición 43.

Camiones de obras y minería

Rendimiento de los frenos

- 450 m (1500 pies)
- 600 m (2000 pies)
- 900 m (3000 pies)
- 1500 m (5000 pies)

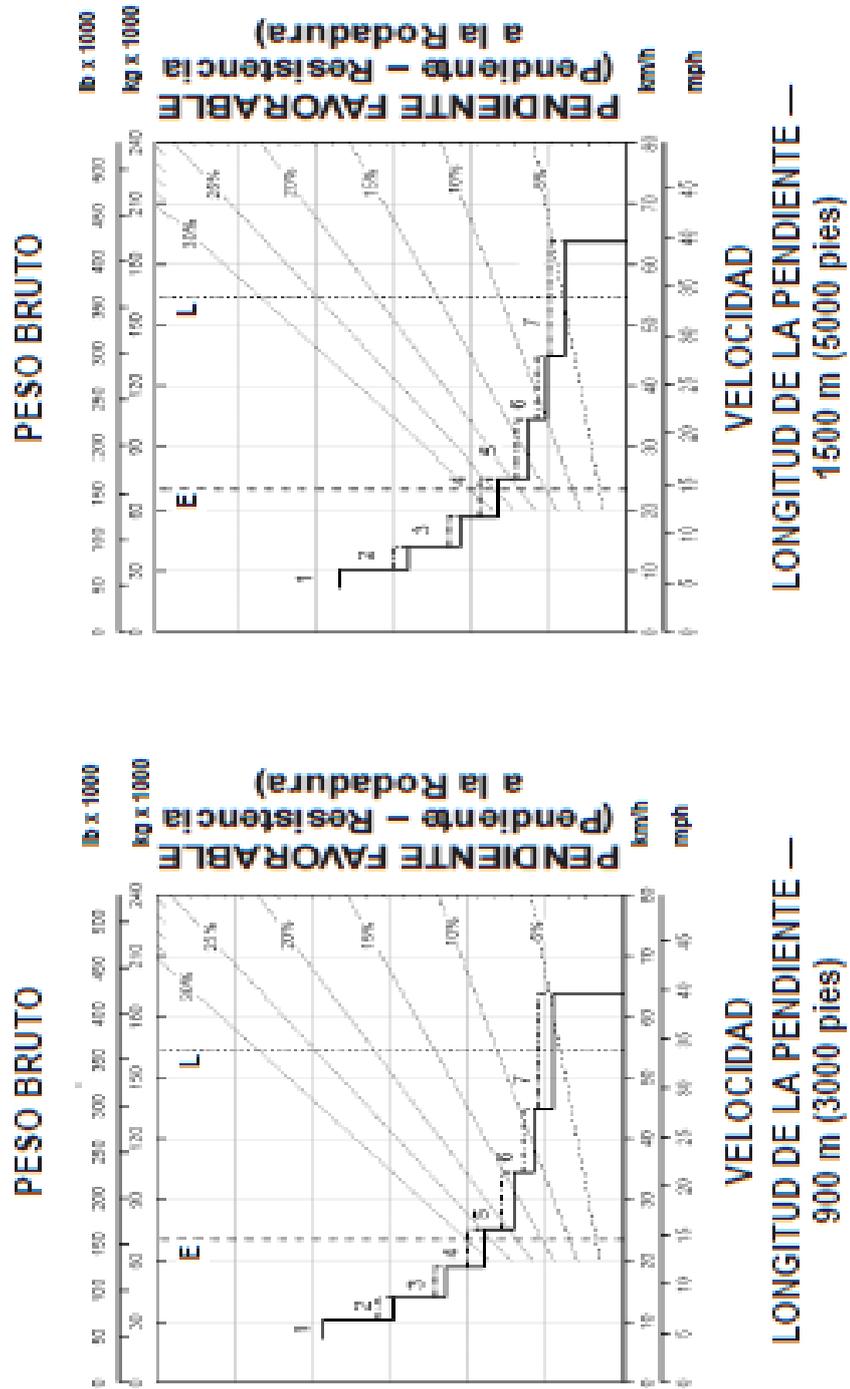


Ilustración 18. Cuadro de Rendimiento de Frenos en Pendiente Camión 785C 2° Parte.

Fuente: Handbook Caterpillar Edición 43.

## **b. MÉTODO DE OBSERVACIÓN DIRECTA:**

Sánchez (1995), este consiste como su nombre lo dice de la observación directa en el campo o lugar de trabajo, esta es una combinación entre el método gráfico y el uso de fórmulas, es este cálculo influyen varios factores que deben tomarse en cuenta:

- Superficie del terreno.
- Tipo del material a transportar.
- Grado de dificultad del material.
- Distancia del movimiento de tierras.
- Volumen del material.
- Peso específico del material.

Dependiendo de estos factores se toma una decisión para ver qué tipo de maquinaria se debe utilizar, su tamaño y su capacidad para ejecutar el trabajo.

Para el cálculo del rendimiento, debe tomarse la velocidad del equipo que debe desarrollar sobre el terreno tanto de ida como de regreso, así como las maniobras para su ejecución, tiempo de carga y descarga, este debe ser tomado por medio de un cronómetro; esto nos sirve para sacar un promedio dentro del campo ya que es una información confiable para el análisis de rendimiento.

## **c. MÉTODO MEDIANTE USO DE FÓRMULAS:**

Vargas (1995), la producción de un ciclo está representada por el volumen del material en cada ciclo, en una retroexcavadora, o en un cargador frontal por ejemplo es la capacidad del cucharón; en un camión de acarreo es la capacidad de la tolva.

El número de ciclos por hora es el tiempo requerido por una máquina para completar un ciclo de trabajo o su recíproco, el número de ciclos por unidades

de tiempo puede obtenerse utilizando la velocidad y los tiempos especificados en los manuales del equipo, al dividir las distancias por recorrer y considerar los tiempos fijos.

El factor de camino afecta el rendimiento de los camiones mineros, por lo que se acostumbra combinar el efecto de la pendiente con la resistencia al rodamiento; entre otros también se considera el factor de clima y la altitud sobre el nivel del mar.

El uso del camión de acarreo se usa para distancia mayor de 500 metros, por lo que se considera la siguiente fórmula para poder calcular su rendimiento.

$$\text{Rend. Volquete} = ((60 \times C_v \times E \times F.LL. \times DM) \times (1 - \% \text{ Increment Volumen.}) / T_c) \times (\text{Dens. Mat.})$$

Donde :

Rend. Volquete	=	Rendimiento de Volquete (TM/Hora)
Cv	=	Capacidad de Tolva
E	=	Factor de Eficiencia (Tanto por uno)
F. LL.	=	Factor de Llenado (Tanto por uno)
ΔV	=	% incremento volumen
Tc	=	Tiempo del Ciclo
DM	=	Disponibilidad mecánica
Dens. Mat.	=	Densidad del material

## CAPÍTULO 6 RESULTADOS

Esta investigación realizó una comparación entre el Sistema Minestar Health y el Sistema Convencional, que actualmente son usados en el mundo y en Minera Gold Fields La Cima se inició en el presente año su aplicación.

### ***Sistema de Control Convencional***

El Sistema Convencional es un conjunto de instrumentos electrónicos que vienen implementados en los Camiones Mineros de última generación, lo cuales brindan mayor confiabilidad y conocimiento del estado del Equipo, brinda muchas facilidades al operador, al área de mantenimiento y operaciones ya que cuenta con mejores capacidades de control de pendientes, mayor potencia y un mejor control del equipo.

El Sistema Convencional cuenta con varios computadores instalados en los Camiones Mineros, los cuales analizan la información y toman decisiones adecuadas para poder mantener una operación adecuada sin perjudicar la seguridad del operador ni la producción.

El Sistema Convencional es un sistema de control electrónico confiable que funciona las 24 horas del día solo es necesario estar conectado a una fuente de energía, no presenta un costo elevado en el inicio de su utilización debido a que viene incluido en la compra del Camión Minero; el costo de su utilización es elevado debido a que para conocer el estado de utilización en operaciones y las oportunidades de mejoras es necesario detener el equipo y contar con personal especializado que esté dedicado a realizar estos trabajos, incluso debido a estos trabajos no se consigue recuperar toda la información necesaria.

El costo de utilización de este sistema es de **2,33 US\$/ton**, lo que hace un costo elevado durante el funcionamiento del Equipo.

## ***Sistema de Control Minestar Health***

El Sistema Minestar Health es un sistema que está siendo utilizado en diversas partes del mundo debido a que brinda mejores características a los Camiones Mineros, ya que mediante la transferencia de datos desde el lugar donde opera el equipo en tiempo real durante las 24 horas del día, nos brinda la información necesaria para poder verificar la producción en su momento y tomar decisiones al instante, del mismo modo nos brinda la información en tiempo real del funcionamiento de los Camiones que puede ser visualizada en una computadora de escritorio.

Este sistema brinda la información minuto a minuto, brindando tendencias del comportamiento del Equipo, mediante estos reportes se puede analizar los tiempos de ciclo, la carga transportada en el momento en que se realiza el trabajo, brindando oportunidades de mejora en cada área.

El costo inicial de este sistema es alto pero en la comparación realizada se muestra que mediante esta aplicación se disminuye el costo de transporte de minerales a **1,97 US\$/ton**, lo cual es un beneficio para la operación.

El sistema cuenta con las siguientes características:

- Brinda datos del equipo en tiempo real.
- Muestra el estado actual de las vías.
- Reporta la zona donde se necesita reparación de las vías.
- Reporta el consumo de combustible.
- Reporta la carga transportada.
- Brinda tendencias de carga.
- Brinda reporte del tiempo de ciclo de los Camiones.

## Estudio de Factibilidad

- Revisión de los datos e información disponible del proyecto.
- Análisis de la necesidad de mejorar el rendimiento de Camiones de Acarreo. Oferta, demanda y determinación de la prioridad relativa de disminuir costos de transporte.
- Estudio y comparación de las alternativas potencialmente viables.
- Diseño del plan de Acarreo de Minerales.
- Diseño preliminar de la instalación e ingeniería relacionada; análisis de la factibilidad técnica, disponibilidad de materiales, accesibilidad, mano de obra y posibles procedimientos de medición de acuerdo al proyecto.
- Costo estimado de la medición para el proyecto. Plan de financiamiento.
- Cronograma de implementación de acuerdo al plan central del proyecto de perforación.
- Implementación del proyecto de Aplicación y esquema de mantenimiento y puesta en marcha.
- Análisis de la capacidad técnica y financiera de los inversionistas.
- Evaluación de la validez técnica, factibilidad económica y financiera.
- Evaluación del impacto ambiental y social.
- Posibles riesgos del proyecto.
- Recomendaciones y procedimientos necesarios para la implementación del proyecto de mediciones.

Este estudio de factibilidad definirá si el área de Operaciones requiere reducir los costos de transporte de minerales y aumentar el rendimiento de los Camiones de Acarreo; este análisis tiene un enfoque integral y debe ser lo más real posible, ya que en un escenario de disminución de precios de minerales se puede trabajar con leyes menores pueden definir la viabilidad del proyecto al asegurar condiciones favorables.

## CAPÍTULO 7 DISCUSIÓN

A inicios del 2015, Minera Gold Field, en los primeros 2 meses de prueba con ambos Sistemas de Control, se puede definir previamente continuar con el uso del Sistema Minestar Health, el principal análisis que llevo a tomar la decisión incorporo los siguientes puntos:

- Información real a cada instante de los Camiones Mineros.
- Su costo inicial es alto, pero el costo horario es menor que el del Sistema Convencional, brinda mejores características a los Camiones Mineros lo cual mejora su rendimiento y nos proporciona mejores estrategias de operación, nos permite tener conocimiento e incorporar oportunidades de mejora debido a los reportes generados.
- Se reducirá considerablemente el costo de transporte de minerales en un 15%, lo que indicaría un incremento en la utilidad de los trabajos realizados.
- Habrá más confiabilidad en la información que recibimos y un mejor control de las unidades, ya que ayuda a disminuir el consumo del combustible consumido y el consumo de neumáticos utilizados en operación.

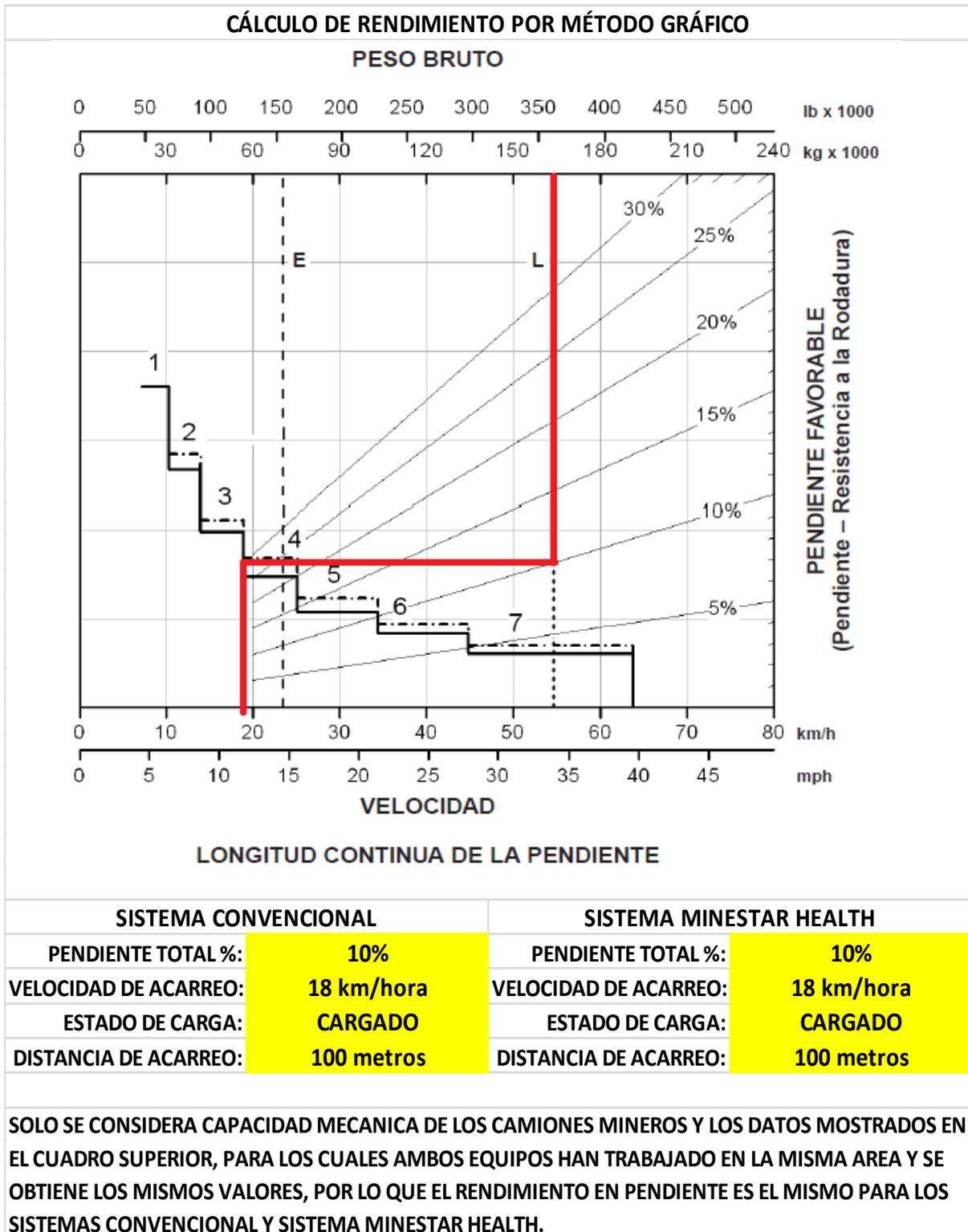


Ilustración 19. Cuadro de Rendimiento por Método de Gráficos.

Fuente: Elaboración Propia.

<b>CÁLCULO DE RENDIMIENTO POR MÉTODO DE OBSERVACIÓN DIRECTA</b>			
<b>SISTEMA CONVENCIONAL</b>		<b>SISTEMA MINESTAR HEALTH</b>	
	<b>SE DESCONOCE</b>		<b>SE CONOCE</b>
SUPERFICIE DEL TERRENO:		SUPERFICIE DEL TERRENO:	
MATERIAL A ACARREAR:	ROCA DE VOLADURA	MATERIAL A ACARREAR:	ROCA DE VOLADURA
DIFICULTAD DEL MATERIAL:	MEDIO	DIFICULTAD DEL MATERIAL:	MEDIO
DISTANCIA DE ACARREO:	500 metros	DISTANCIA DE ACARREO:	500 metros
VOLUMEN DEL MATERIAL:	54 M3	VOLUMEN DEL MATERIAL:	57 M3
P.E. DEL MATERIAL:	2.8 KG/M3	P.E. DEL MATERIAL:	2.8 KG/M3
TIEMPO DE CICLO (MIN):	<b>64.5</b>	TIEMPO DE CICLO (MIN):	<b>59.3</b>
TIEMPO DE CARGA (MIN):	<b>5.7</b>	TIEMPO DE CARGA (MIN):	<b>5.2</b>
TIEMPO DE ACARREO (MIN):	<b>27.0</b>	TIEMPO DE ACARREO (MIN):	<b>25.2</b>
TIEMPO DE DESCARGA (MIN):	<b>2.8</b>	TIEMPO DE DESCARGA (MIN):	<b>2.3</b>
TIEMPO DE RETORNO (MIN):	<b>17.6</b>	TIEMPO DE RETORNO (MIN):	<b>15.4</b>
TIEMPO DE POSICIONAMIENTO	<b>2.9</b>	TIEMPO DE POSICIONAMIENTO (MIN):	<b>2.8</b>
TIEMPO ESPERA CARGADO (MIN):	<b>3.7</b>	TIEMPO ESPERA CARGADO (MIN):	<b>3.6</b>
TIEMPO ESPERA DESCARGADO (MIN):	<b>4.8</b>	TIEMPO ESPERA DESCARGADO (MIN):	<b>4.8</b>
<p>SE UTILIZA PARA EL SISTEMA MINESTAR HEALTH Y SISTEMA CONVENCIONAL LA MISMA ÁREA, EL MISMO RECORRIDO, EL MISMO TIPO DE MATERIAL, PERO SE MUESTRAN LOS RESULTADOS EN EL CUADRO ANTERIOR, DONDE SE APRECIA UNA DIFERENCIA ENTRE AMBOS SISTEMAS EN EL TIEMPO DE CICLO Y LA CARGA TRANSPORTADA.</p>			

**Ilustración 20. Cuadro de Rendimiento por Método de Observación Directa.**

Fuente: Elaboración Propia

<b>CÁLCULO DE RENDIMIENTO POR MÉTODO DE FÓRMULAS</b>			
<b>SISTEMA CONVENCIONAL</b>		<b>SISTEMA MINESTAR HEALTH</b>	
<i>Rend. Volquete = (( 60 x Cv x E x F.LL. x DM) x ( 1 - % Increm Volumen. ) / Tc ) x ( Dens. Mat.)</i>			
Donde :			
Rend. Volquete	=	Rendimiento de Volquete ( TM / Hora )	
Cv	=	Capacidad de Tolva	
E	=	Factor de Eficiencia ( Tanto por uno )	
F	=	Factor de Llenado ( Tanto por uno )	
ΔV	=	% incremento volumen	
Tc	=	Tiempo del Ciclo	
DM	=	Disponibilidad mecánica	
Dens. Mat.	=	Densidad del material	
<b>EQUIPO EN PRUEBA:</b>	CAMION	<b>EQUIPO EN PRUEBA:</b>	CAMION
<b>HORAS DE TRABAJO</b>	20	<b>HORAS DE TRABAJO</b>	22
<b>TIEMPO DE CICLO (MIN):</b>	65	<b>TIEMPO DE CICLO (MIN):</b>	59
<b>RENDIMIENTO</b>	71	<b>RENDIMIENTO</b>	82
<b>COSTO DE TRANSPORTE US\$/TON:</b>	<b>2.33</b>	<b>COSTO DE TRANSPORTE US\$/TON:</b>	<b>1.97</b>
<b>TONELADAS REALES MOVIDAS DIARIAS:</b>	<b>1411</b>	<b>TONELADAS REALES MOVIDAS DIARIAS:</b>	<b>1803</b>
<b>RENDIMIENTO DEL SISTEMA CONVENCIONAL</b>		<b>RENDIMIENTO DEL SISTEMA MINESTAR HEALTH</b>	
CAPACIDAD DE TOLVA	147.2	CAPACIDAD DE TOLVA	157.60
FACTOR DE EFICIENCIA:	0.83	FACTOR DE EFICIENCIA:	0.83
FACTOR DE LLENADO:	0.85	FACTOR DE LLENADO:	0.85
FACTOR DE ESPONJAMIENTO:	0.17	FACTOR DE ESPONJAMIENTO:	0.17
DISPONIBILIDAD	0.88	DISPONIBILIDAD	0.88
TIEMPO DE CICLO	64.5	TIEMPO DE CICLO	59.50
<b>RENDIMIENTO (TON/HORA):</b>	<b>70.5</b>	<b>RENDIMIENTO (TON/HORA):</b>	<b>82.00</b>
<b>COSTO DE POSESIÓN Y OPERACIÓN - SISTEMA</b>		<b>COSTO DE POSESIÓN Y OPERACIÓN - SISTEMA</b>	
COSTO DE POSESIÓN	40	COSTO DE POSESIÓN	40
CONSUMO DE DIESEL	52.5	CONSUMO DE DIESEL	52.5
CONSUMO DE ACEITES Y	26.3	CONSUMO DE ACEITES Y	26.3
MANTENIMIENTO Y	12.5	MANTENIMIENTO Y	12.5
MANO DE OBRA DIRECTA	25	MANO DE OBRA DIRECTA	25
CONSUMO DE LLANTAS	5.5	CONSUMO DE LLANTAS	4.4
<b>COSTO TOTAL HORARIO</b>	<b>164.5</b>	<b>COSTO TOTAL HORARIO</b>	<b>161.8</b>
SE REALIZA EL CÁLCULO DE RENDIMIENTO MEDIANTE FÓRMULA DE LOS SISTEMAS MINESTAR HEALTH Y CONVENCIONAL, DONDE SE CONSIDERA LOS MISMOS PARÁMETROS Y LOS RESULTADOS OBTENIDOS SON RESULTADO DE LOS APORTES MOSTRADOS POR EL SISTEMA MINESTAR QUE NOS OFRECE UN MEJOR RENDIMIENTO Y REDUCCIÓN DE COSTOS.			

Ilustración 21. Cuadro de Rendimiento por Método de Fórmulas.

Fuente: Elaboración Propia.

### **Cuadro comparativo entre ambos sistemas:**

Tabla 18. Cuadro Comparativo entre los Sistemas Minestar Health y Sistema Convencional

<b>CUADRO COMPARATIVO ENTRE EL SISTEMA MINESTAR HEALTH Y SISTEMA CONVENCIONAL</b>	
<b>SISTEMA MINESTAR HEALTH</b>	<b>SISTEMA CONVENCIONAL</b>
1. Costo inicial elevado.	1) No tiene costo inicial ya que viene instalado en el Equipo.
2. Transmite Información de los Camiones en Tiempo Real.	2) La información que es recopilada se almacena en los computadores.
3. Se conoce el estado el equipo en tiempo real las 24 horas del día.	3) Se conoce solo la información descargada del Camión.
4. Realiza un análisis permanente del estado de las vías y genera un reporte.	4) Se conoce el estado de las vías solo cuando se realiza la descarga.
5. Se almacena la información en los Servidores hasta 10 años de antigüedad.	5) La información se almacena en los computadores y es por tiempo limitado.
6. Genera Reporte e Histogramas del Estado y funcionamiento de los Camiones de Acarreo	6) Los datos deben ser analizados de la información recopilada.
7. Se puede analizar y visualizar hasta 5 Equipos en tiempo Real al mismo tiempo.	7) Solo se descarga la información uno a la vez.
8. Analiza si los materiales acarreados están dentro de los rangos aceptables.	8) Se analiza los materiales acarreados solo después de haber descargado la información.
9. Alerta de eventos en vías, carga, tiempo de ciclo; haciendo de conocimiento al Administrador del Sistema.	9) Los eventos generados son mínimos y sólo son alertados al operador del Camión.
10. Disminuye el costo de Acarreo de Minerales.	10) El costo de Acarreo es mayor.
11. Aumenta la vida de los Neumáticos gracias al reporte de vías y eventos en vías	11) La vida de los neumáticos es menor debido al desconocimiento del estado de las vías.
12. Reduce el tiempo de ciclo y permite oportunidades de mejora en el Carguío y Acarreo.	12) No se conoce estos datos hasta la descarga de información.

Fuente: Elaboración Propia.

## CONCLUSIONES

- El Sistema Convencional es utilizado en los Camiones Mineros con Control Electrónico y viene instalado en su configuración Estándar.
- El Sistema Convencional necesita de personal especializado para realizar su evaluación en el área de trabajo. Se pierde la información del equipo.
- El Sistema Convencional no tiene un costo inicial, su costo de operación es de **2.72 US\$/hora.**
- El Sistema Minestar Health es utilizado como un Sistema adicional en todos los Camiones Mineros con Control Electrónico.
- El Sistema Minestar Health permite las descargas durante las 24 horas del día y evaluación del equipo en tiempo real; no se pierde la información recolectada del equipo.
- El Sistema Minestar Health tiene un costo inicial alto; su costo de operación es de **1.14 US\$/hora.**
- La selección del Sistema de Control de Camiones de Acarreo, se realizó mediante las descripciones técnicas – económicas y la evaluación por medio del uso de fórmulas, observación directa y cuadro de rendimiento del fabricante.
- Se seleccionó al Sistema de Control Minestar Health el cual permite mejorar el rendimiento de los Camiones de Acarreo y reduce los costos de Acarreo en un **15%.**

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda a Minera Gold Fields La Cima la Aplicación del Sistema Minestar Health porque nos permite reducir el costo de Acarreo de Minerales en 15% y optimizar el rendimiento de los Camiones Mineros, asimismo nos permite aumentar la vida útil de los Camiones Mineros.
- Aplicar el Sistema Minestar Health a toda la Flota de Camiones Mineros 785C de la Compañía Minera Gold Fields La Cima, ya que los costos de Acarreo serán menores a los obtenidos en la actualidad.
- Conocer y difundir las características, especificaciones y uso adecuado del Sistema Minestar Health, proporcionando entrenamiento al área de Carguío y Acarreo de Minera Gold Fields La Cima con el fin de que el sistema opere de manera adecuada y pueda brindar todas las características y cualidades para las que fue desarrollado.
- Realizar pruebas de otros Sistemas de Control para Camiones, como el Fleet, Commander, Detect; los cuales son un complemento del Sistema Minestar Health y pueden ayudar a disminuir los costos de Acarreo de Minerales y contribuir con la Seguridad de la Compañía Minera Gold Fields La Cima.
- Elaborar una estrategia de capacitación al personal del área de Operaciones Mina y evaluar el rendimiento de los operadores para verificar la mejora en las técnicas de operación y el uso adecuado del Sistema Minestar Health.

## REFERENCIAS

Cano, R. C. (2004). Aplicacion de Métodos Productivos en las Operaciones de Equipo de Movimiento de Tierras. Lima.

Caterpillar. (2008). [https://mining.cat.com/cda/files/2785510/9/Autonomy\\_SP.pdf](https://mining.cat.com/cda/files/2785510/9/Autonomy_SP.pdf). Retrieved from <https://mining.cat.com>

Caterpillar.(2012).<https://mining.cat.com/cda/files/2732982/7/Cat%20MineStar%20System%20Vision%20Brochure%20FINAL.PDF>.

Caterpillar. (2014). <http://www.equipo-minero.com/contenidos/1343-la-autonomia-toma-impulso-gradualmente.html>. Retrieved from <http://equipo-minero.com>

Ferreyros SA. (2008). System Minestar Health. Lima.

Ferreyros SA. (2014). <https://www.ferreyros.com.pe/servicios/servicio-de-soporte/soluciones-tecnologicas/cat-minestar-system>

Gimeno, C. L. (1995). Manual de Arranque, Carga y Transporte en Minería a Cielo Abierto. In C. L. Gimeno. Madrid - España: Cartografía Madrid.

GTS. (2012). <http://www.gtsint.net/index.php/es/productos/automatizacion-minera-y-seguridad/automatizacion-minera-con-teleoperaciones>.

Caterpillar (2015). Handbook Edición 41.

Herrera, F. O. (2003). Diseño de explotaciones mineras. Madrid.

International, M. M. (2014). <http://www.equipo-minero.com/contenidos/1343-la-autonomia-toma-impulso-gradualmente.html>. Retrieved from <http://www.equipo-minero.com>

Kim, C. J. (2009). Tesis: Diseño y Evaluacion Tecnica Economica de un Nuevo Sistema de Carguío. Santiago de Chile.

Komatsu. (2014). <http://www.editec.cl/mchilena/dic2003/Articulo/komatsu.htm>. Retrieved from <http://www.editec.cl>

Monterrey, I. T. (2003). <http://www.mty.itesm.mx/die/ddre/transferencia/62/62-III.03.html>. Retrieved from <http://www.mty.itesm.mx/>

Pazzuelo, R. G. (2014). Estudio y Asignacion de Terracería para Urbanizaciones. San Salvador.

Sanchez, R. V. (1995). Maquinaria Pesada en Movimiento de Tierras - Análisis y Rendimiento.

Sanchez, R. V. (1999). La Maquinaria Pesada en Movimiento de Tierras. Lima.

SANDVIK.(2014)[http://mining.sandvik.com/sandvik/0120/Global/Internet/S003137.nsf/LU\\_SL/SLFrameForm1A770BC5B2A975293C1257965003C974F?OpenDocument](http://mining.sandvik.com/sandvik/0120/Global/Internet/S003137.nsf/LU_SL/SLFrameForm1A770BC5B2A975293C1257965003C974F?OpenDocument).

Senamhi Cajamarca. <http://cajamarca.senamhi.gob.pe/index.php/clima?reg=1>

Sociedad Nacional de Minería Petroleo y Energía. (2008). Informe Quincenal 41.

Tinoco, S. A. (2006). Mejoramiento del Rendimiento y Gestion de Dispatch en Cerro Verde. Lima.

Urbina, F. O. (2033). Diseño de EXplotacione Mineras . In Diseño de EXplotaciones Mineras - laboreo de Minas (pp. 281 - 282). España: Madrid .

Vargas (1999). La Maquinaria Pesada en el Movimiento de Tierras (Descripción y Rendiimiento).