



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA  
CONTROLSense PARA MEJORAR LA  
PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE CARGUÍO  
Y ACARREO EN MINERA GOLD FIELDS,  
CAJAMARCA, 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autores:

Bach. Luis Fredy Azañero Ruiz.  
Bach. Luis Alberto Guerrero Orrillo.

Asesor:

M.Cs. Luis Roberto Quispe Vásquez

Cajamarca - Perú

2020

## DEDICATORIA

A mi madre por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, por formarme y motivarme constantemente para alcanzar mis sueños, por su ayuda fundamental y estar conmigo en todo momento para cumplir este reto universitario.

A mis hermanas y demás familiares en general que son personas muy importantes en mi vida, las cuales siempre me brindaron su apoyo incondicional en la parte moral para poder alcanzar este nuevo objetivo.

**Luis Azañero.**

Dedico esta investigación a mis hijas, por ser el gran motivo para seguir adelante, a mi adorada esposa, por su apoyo constante y a mi querida madre, quien me apoyó para emprender este reto en mi vida, y sentirse orgullosa.

**Luis Guerrero.**

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a Dios, por permitirnos realizar nuestras metas profesionales.

A nuestros padres, por darnos la vida y su incondicional apoyo, en todo lo que nos hemos propuesto; y que hoy estamos viendo los frutos de un gran esfuerzo y sacrificio a puertas de hacerse realidad nuestro gran sueño, el de llegar a ser profesionales.

Al Mg. Luis Roberto Quispe Vásquez, por brindarnos su tiempo, su apoyo y conocimientos impartidos para el desarrollo de la tesis, que hemos desarrollando.

**Luis Azañero y Luis Guerrero.**

## Tabla de contenidos

	Pág.
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>6</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>10</b>
1.1. Realidad problemática .....	10
1.2. Formulación del problema .....	13
1.3. Objetivos.....	13
1.4. Hipótesis .....	13
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>14</b>
2.1. Tipo de investigación .....	14
2.2. Materiales, instrumentos y métodos .....	14
2.3. Procedimiento.....	24
2.4. Operacionalización de variables .....	26
2.5. Aspectos éticos .....	26
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>27</b>
3.1. Diagnóstico estado actual del proceso de carguío y acarreo .....	27
2.4. Resumen de los indicadores actuales.....	77
3.2. Implementación del Sistema ControlSense en los equipos de carguío y acarreo.....	79
3.3. Mejora en los tiempos de carguío y acarreo después de la implementación ControlSense.....	92
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>108</b>
4.1. Discusión .....	108
4.2. Conclusiones.....	109
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>111</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>115</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 Instrumentos de investigación.....	18
Tabla 2 Determinación de frecuencia de las causas.....	21
Tabla 3 Mejora de implementación.....	24
Tabla 4 Valores máximos y mínimos mensuales de la flota CAT374.....	47
Tabla 5 Valores máximos y mínimos mensuales de la flota CAT390FL.....	49
Tabla 6 Valores máximos y mínimos mensuales de la flota CAT374.....	50
Tabla 7 Valores máximos y mínimos mensuales de la flota CAT390FL.....	52
Tabla 8 Valores máximos y mínimos mensuales de la flota CAT374.....	53
Tabla 9 Valores máximos y mínimos mensuales de la flota CAT390FL.....	55
Tabla 10 Valores máximos y mínimos mensuales de la flota de carguío.....	56
Tabla 11 Valores máximos y mínimos mensuales de la flota de carguío.....	58
Tabla 12 Valores máximos y mínimos mensuales de la flota de carguío.....	59
Tabla 13 Valores máximos y mínimos mensuales de la flota de carguío.....	61
Tabla 14 Valores máximos y mínimos mensuales de la flota de carguío.....	63
Tabla 15 Valores máximos y mínimos mensuales de la flota SCANIA460.....	65
Tabla 16 Valores máximos y mínimos mensuales de la flota SCANIA460.....	67
Tabla 17 Valores máximos y mínimos mensuales de la flota de acarreo.....	68
Tabla 18 Valores máximos y mínimos mensuales de la flota de acarreo.....	70
Tabla 19 Valores máximos y mínimos mensuales de la flota de acarreo.....	71
Tabla 20 Valores máximos y mínimos mensuales de la flota de acarreo.....	73
Tabla 21 Valores máximos y mínimos mensuales de la flota de acarreo.....	75
Tabla 22 Operacionalización de las variables de investigación.....	77
Tabla 23 Cronograma de implementación 2020.....	86
Tabla 24 Matriz de consistencia.....	115

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1 Repetidoras. ....	14
Figura 2 Antenas ControlSense. ....	15
Figura 3 Monitores de ControlSense. ....	15
Figura 4 Sensor de combustible ControlSense. ....	16
Figura 5 Sensor de control de fatiga ControlSense. ....	16
Figura 6 GPS de volquete ControlSense. ....	17
Figura 7 Esquema de Ishikawa 5Ms. ....	20
Figura 8 Diagrama de Pareto. ....	21
Figura 9 Ciclo PHVA. ....	23
Figura 10 Ubicación de la mina Gold Fields. ....	27
Figura 11 Componentes de mina Gold Fields. ....	28
Figura 12 Proceso de minado. ....	29
Figura 13 Perforación de mina Gold Fields. ....	29
Figura 14 Voladura en mina Gold Fields. ....	30
Figura 15 Excavadora en mina Gold Fields. ....	31
Figura 16 Acarreo en mina Gold Fields. ....	31
Figura 17 Descarga en mina Gold Fields. ....	32
Figura 18 Manejo de drenaje de mina en Gold Fields. ....	32
Figura 19 Equipo de carguío CAT 374. ....	33
Figura 20 Dimensiones de la excavadora CAT 374. ....	34
Figura 21 Excavadora CAT 390. ....	35
Figura 22 Volquete Scania 460. ....	36
Figura 23 Volquete Scania 460. ....	37
Figura 24 Volquete en taller de mantenimiento que necesita reparación. ....	39
Figura 25 Material ígneo con alta resistencia en el frente de explotación. ....	39
Figura 26 Disponibilidad antes de implementar ControlSense. ....	40
Figura 27 Volquetes en espera para cargado. ....	41
Figura 28 Presencia de charcos en las vías de acarreo de mineral. ....	41
Figura 29 Talud con sobrealtura. ....	42
Figura 30 Pantalla de monitoreo en mal estado. ....	43
Figura 31. Diagrama de Pareto. ....	46
Figura 32 Productividad Instantánea (t/h) mensual de la flota CAT374. ....	47
Figura 33 Histograma de productividad Instantánea (t/h) mensual de la flota CAT374. ....	48
Figura 34 Productividad Instantánea (t/h) mensual de la flota CAT390FL. ....	49
Figura 35 Histograma de Productividad Instantánea (t/h) mensual de la flota CAT390FL. ....	49
Figura 36 Productividad Operativa (t/h) mensual de la flota CAT374. ....	50
Figura 37 Histograma de Productividad Operativa (t/h) mensual de la flota CAT374. ....	51
Figura 38 Productividad Operativa (t/h) mensual de la flota CAT390FL. ....	52
Figura 39 Histograma de Productividad Operativa (t/h) mensual de la flota CAT390FL. ....	52
Figura 40 Productividad Efectiva (t/h) mensual de la flota CAT374. ....	53
Figura 41 Histograma de Productividad Efectiva (t/h) mensual de la flota CAT374. ....	54
Figura 42 Productividad Efectiva (t/h) mensual de la flota CAT390FL. ....	55
Figura 43 Histograma de Productividad Efectiva (t/h) mensual de la flota CAT390FL. ....	55
Figura 44 Hang% mensual de la flota de carguío. ....	56
Figura 45 Histograma de Hang% mensual de la flota de carguío. ....	57
Figura 46 Hang (min) mensual de la flota de carguío. ....	58
Figura 47 Histograma de Hang (min) mensual de la flota de carguío. ....	58
Figura 48 Uso% mensual de las flotas CAT390 y CAT74. ....	59
Figura 49 Uso% mensual de las flotas de carguío. ....	60
Figura 50 Histograma de Uso% mensual de la flota de carguío. ....	60
Figura 51 UoA% mensual de las flotas CAT390 y CAT74. ....	61
Figura 52 UoA% mensual de las flotas de carguío. ....	62
Figura 53 Histograma de UoA% mensual de la flota de carguío. ....	62
Figura 54 Utilización % mensual de las flotas CAT390 y CAT74. ....	63

Figura 55 Utilización % mensual de la flota de carguío.....	64
Figura 56 Histograma de Utilización % mensual de la flota de carguío.....	64
Figura 57 Productividad de acarreo (t/h) mensual de la flota SCANIA 460 .....	65
Figura 58 Histograma de Productividad de acarreo (t/h) mensual de la flota SCANIA 460 .....	66
Figura 59 Productividad de acarreo (t/h) mensual de la flota SCANIA 460 HT. ....	67
Figura 60 Histograma de Productividad de acarreo (t/h) mensual de la flota SCANIA 460 HT.....	67
Figura 61 Queue% mensual de la flota de acarreo. ....	68
Figura 62 Histograma de Queue% mensual de la flota de acarreo. ....	69
Figura 63 Queue (min) mensual de la flota de acarreo. ....	70
Figura 64 Histograma de Queue (min) mensual de la flota de acarreo.....	70
Figura 65 Uso% mensual de las flotas SCANIA 460 y SCANIA 460 HT. ....	71
Figura 66 Uso% mensual de la flota de acarreo. ....	72
Figura 67 Histograma de Uso% mensual de la flota de acarreo. ....	72
Figura 68 UoA% mensual de las flotas SCANIA 460 y SCANIA 460 HT.....	73
Figura 69 UoA% mensual de las flotas SCANIA 460 y SCANIA 460 HT.....	74
Figura 70 Histograma de UoA% mensual de la flota de acarreo.....	74
Figura 71 Utilización% mensual de las flotas SCANIA 460 y SCANIA 460 HT.....	75
Figura 72 Utilización% mensual de la flota de acarreo. ....	76
Figura 73 Histograma de Utilización% mensual de la flota de acarreo. ....	76
Figura 74 Ciclo de carguío. ....	79
Figura 75 Ciclo de acarreo .....	80
Figura 76 Estados que muestra Controlsense en pantalla del operador. ....	81
Figura 77 Elementos del menú principal. ....	81
Figura 78 Dashboard de la pantalla del operador. ....	82
Figura 79 Estado de las llantas de los volquetes.....	84
Figura 80 Parámetros operativos del volquete.....	84
Figura 81 Esquema del funcionamiento controlsense. ....	85
Figura 82 Monitoreo controlsense. ....	85
Figura 83 Red de cobertura ControlSense. ....	91
Figura 84 Productividad instantánea CAT 374. ....	92
Figura 85 Productividad instantánea CAT 390. ....	92
Figura 86 Productividad operativa CAT 374.....	93
Figura 87 Productividad operativa CAT 390.....	93
Figura 88 Productividad efectiva CAT 374.....	94
Figura 89 Productividad efectiva CAT 390.....	94
Figura 90 Hang % flota carguío. ....	95
Figura 91 Hang (min) flota carguío.....	95
Figura 92 Uso % CAT390.....	96
Figura 93 Uso % CAT374.....	96
Figura 94 UoA % CAT390.....	97
Figura 95 UoA % CAT374.....	97
Figura 96 Utilización % CAT390.....	98
Figura 97 Utilización % CAT374.....	98
Figura 98 Queue % flota acarreo.....	99
Figura 99 Queue min flota acarreo.....	99
Figura 100 Uso % Scania 460. ....	100
Figura 101 Uso % Scania 460HT.....	100
Figura 102 UoA % Scania 460.....	101
Figura 103 UoA % Scania 460HT.....	101
Figura 104 Utilización % Scania 460.....	102
Figura 105 Utilización % Scania 460HT.....	102
Figura 106 Productividad t/h Scania 460.....	103
Figura 107 Productividad t/h Scania 460HT.....	103

## RESUMEN

El objetivo de esta tesis fue implementar el sistema ControlSense para mejorar la productividad en el proceso de carguío y acarreo en minera Gold Fields, Cajamarca, 2020. La investigación fue aplicada, explicativa, cuantitativa y experimental, se utilizaron los métodos diagrama de Ishikawa, diagrama de Pareto y la metodología PHVA, los instrumentos utilizados fueron la entrevista y la ficha resumen.

A comparación de otros estudios en el presente se ha considerado la implementación de sensores de combustible, control de fatiga, tonelaje de carga y presión de llantas. La mejora en la productividad del proceso de carguío y acarreo se reflejó en el incremento de los indicadores de la productividad instantánea para CAT 374 se incrementó 352.20 Ton/hora, para CAT390 es 284; la productividad operativa para CAT 374 se incrementó 42.38 y para CAT390 se incrementó 32.59; la productividad efectiva para CAT374 se incrementó 49.25 y para CAT390 54.75; el Hang para CAT374 y CAT390 se redujo 2.63%; el uso para CAT 390 se incrementó 0.95% y para CAT390 es 2.64%; el indicador UoA para CAT390 se incrementó 3.61% y para CAT374 se incrementó 6.49%; la utilización para CAT390 se incrementó 2.73% y para CAT374 se incrementó 6.17%; en cuanto a los indicadores de acarreo el que para la flota de acarreo se redujo 6.87%, el uso para scania460 se redujo 0.08% y para Scania 460HT se redujo 1.34%; UoA para Scania 460 se incrementó 0.82% y para Scania 460HT se incrementó 13.31%; la utilización para Scania 460 se redujo 9.94%, y para Scania 460HT se incrementó 14.14%; la productividad de acarreo de Scania 460 se incrementó 2.56 ton/h y para Scania 460HT se incrementó 5.05 ton/h.



El análisis económico demuestra que el sistema ControlSense en la empresa en minera Gold Fields es viable con un TIR 136.42%, VAN de \$ 6 845 819.11 y relación B/C de \$ 2.63.

**Palabras clave:** carguío y acarreo, ControlSense, productividad, rendimiento, disponibilidad.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Perú es uno de los países con mayor cantidad de recursos minerales ricos en oro, plata, cobre, plomo, zinc, estaño, molibdeno, hierro y uranio, sin embargo, la minería es una inversión incierta y requiere de grandes cantidades de dinero para su puesta en marcha. Dentro de la minera superficial una de las actividades más costosas es el carguío y acarreo que representa el 45% del costo de minado e incluye gastos de combustible, llantas y repuestos (Gómez, 2017).

Actualmente, gran parte de las empresas mineras dedicadas a la explotación a cielo abierto presentan problemas generadas por demoras, los cuales se traducen en paradas del proceso y afectan negativamente en la productividad de la empresa.

Sin embargo, hoy en día de la mano con el avance tecnológico se presentan distintos softwares en carguío y acarreo, dentro de los cuales los más conocidos y aplicados son Zon control pro, Jigsaw y ControlSense, con ellos se busca la mejora mediante la reducción de tiempos muertos y mejorar la productividad (Poblete, 2013).

Se tiene conocimiento según Soto (2016) que uno de los sistemas más usados en gran minería para mejorar el proceso de carguío y acarreo es el sistema ControlSense que brinda datos de tiempo que se demora en cargar, el tiempo de traslado de un punto a otro, el tiempo de demora por mantenimiento, el tiempo de demora por cargar combustible, el tiempo de demora por cambio de neumáticos, asimismo el software basado en un monitoreo GPS dan como resultado las distancias que recorren dentro de mina y la velocidad de los equipos, y con esto se incrementa la productividad.

Los trabajos que respaldan la mejora de la productividad en los procesos de carguío y acarreo en el ámbito internacional son:

Rodríguez (2014), explica que cuando se trata de flotas heterogéneas, se tomaron cien flotas distintas, y se observó que la inclusión aleatoria en la tasa de arribo y también en el procedimiento de carguío, disminuye el rendimiento teórico de las flotas que en promedio es del 12%, con un grado de confianza que varía del 4%, y con confiabilidad del 95%.

Asimismo, en el ámbito nacional podemos mencionar a Vidal, (2014), que realizó el modelamiento para calcular los equipos de carguío y acarreo puede utilizarse desde antes que se dé por iniciada su explotación, antes y durante de las operaciones, en las cuales cambiarán los parámetros y se consiguen nuevos resultados.

A su vez, Huamán, (2015), tuvo como objetivo realizar el análisis de las operaciones que permiten la optimización del reparto de equipos de acarreo a cada equipo de carguío de la unidad minera Corihuarmi a un costo mínimo. La designación de volquetes para la primera excavadora es de 7, para la segunda es de 6 camiones. Se hicieron mejoras en el área de trabajo, de las cuales se rescata la nivelación de la superficie, proceso de avance con cargado de material, verificación potencial para causar incidentes en el área de carguío, mejora de las rutas principales para la apropiada salida de los camiones en el área de cargado.

Además, Lima (2016), tuvo como objetivo dimensionar y seleccionar la cantidad de equipos implicados en el cargado y transporte apropiado para las operaciones mineras superficiales, se dio seguimiento a los métodos propuestos y a las teorías fundamentales de elección de equipos y cálculo de la cantidad de equipos.

Por otra parte, en el ámbito local, Silva (2017), tuvo como objetivo determinar los costos para mecanizar la extracción de la cantera Tres Pirámides que es de \$144 384.00 Dólares.

Asimismo, Jacobo (2018), tuvo como objetivo reducir las pérdidas en equipos en el sobre dimensionamiento o sub dimensionamiento de los volquetes. Ya que el minado es muy dinámico, al tener rutas, frentes de minado y descargas muy variables.

En cuanto a la aplicación de Controlsense se cuenta con el estudio de Buiza y Urrutia (2019) en su investigación titulada “Evaluación de la eficiencia operacional de equipos de carguío y acarreo aplicando el software control sense en la empresa San Martin dentro de la unidad minera Shougang Hierro Perú”, determinaron que el OEE de la pala CH06 CAT 6040 se incrementó en 42%, de la pala CH-07 CAT6040 se incrementó 28%, de la pala CAT6050 e incrementó 18%, de los camiones CAT785 se incrementó 35%, de los camiones Komatsu HD1500 se incrementó 31% y de la excavadora se incrementó en 42%; todos los equipos se encuentran en una clasificación aceptable.

En minera Gold Fields, el proceso de carguío y acarreo presenta contantes retrasos, debido a la falta de control de tiempos. La disponibilidad, utilización, rendimiento operativo y rendimiento efectivo no supera el 60% según los reportes de dispatch del año 2019. Asimismo, en la empresa en estudio se encontraron altos tiempos en cola, retrocesos, sobretiempos de carguío y acarreo, demoras en descarga y altos tiempos de viajes vacío siendo comparados con los targets establecidos por la empresa; con la finalidad de reducir estos tiempos y evitar demoras, siendo estos los problemas principales que se presentan en minera GoldFields, que conlleva a pérdidas económicas considerables hasta en un 10%, por lo cual se pretende implementar el sistema ControlSense para incrementar los indicadores anteriormente descritos a un 90% y mejorar la productividad de la empresa.

Es preciso indicar que la presente investigación es diferente a las demás ya que ControlSense utiliza un servidor centralizado único al que todos los equipos de flota

replican sus datos en tiempo real aproximadamente cada 5 segundos que captura el estado actual de toda la operación de carguío y acarreo.

## **1.2. Formulación del problema**

¿La implementación del sistema ControlSense mejorará de la productividad en el proceso de carguío y acarreo en minera Gold Fields, Cajamarca, 2020?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Implementar el sistema ControlSense para mejorar la productividad en el proceso de carguío y acarreo en minera Gold Fields, Cajamarca, 2020.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Realizar el diagnóstico actual del proceso y productividad de carguío y acarreo de la empresa en minera Gold Fields.
- Diseño a implementar el sistema ControlSense en la empresa en minera Gold Fields para mejorar la productividad en carguío y acarreo.
- Evaluar las mejoras en la productividad del proceso de carguío y acarreo después de la implementación del sistema ControlSense.
- Realizar el análisis económico del sistema ControlSense en la empresa en minera Gold Fields para mejorar la productividad en carguío y acarreo.

## **1.4. Hipótesis**

La implementación del sistema ControlSense mejorará la productividad en el proceso de carguío y acarreo en minera Gold Fields, Cajamarca, 2020.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

**Según su propósito:** el sistema Control Sense, el carguío y acarreo son teorías ya conocidas, por lo tanto, la investigación fue aplicada (Oblitas, 2018).

**Según su profundidad:** se analizó el grado de influencia entre las dos variables que fueron Control Sense y productividad en carguío y acarreo, por lo tanto, la investigación fue explicativa (Oblitas, 2018).

**Según la naturaleza de datos:** se realizó la medición de tiempos, velocidades, tonelaje y distancias para mejorar la productividad, por lo tanto, la investigación es cuantitativa (Oblitas, 2018).

**Según su manipulación de la variable:** en esta investigación se analizaron las variables tal como están, sin manipularlas, por lo tanto, la investigación es no experimental (Oblitas, 2018).

### 2.2. Materiales, instrumentos y métodos

#### 2.2.1. Materiales

Dentro de los materiales se utilizarán:

- Antenas y repetidoras del sistema controlsense

Figura 1  
*Repetidoras.*



En la figura 1, se muestra la antena repetidora móvil ubicada en minera Gold Fields, la cual se encarga de enviar información a dispatch de los equipos en lugares donde las antenas fijas no tienen cobertura.

Figura 2  
*Antenas ControlSense.*



En la figura 2, se muestra la antena principal fija, encargada de enviar información de los equipos dentro de su rango de cobertura.

– Monitores del control

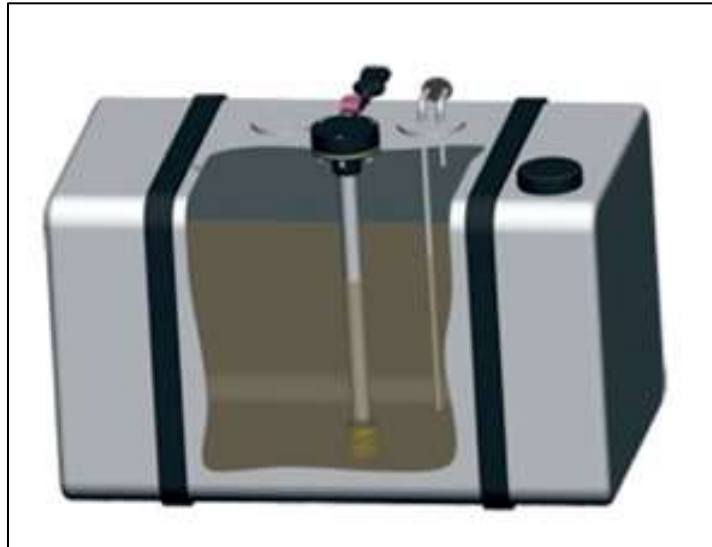
Figura 3  
*Monitores de ControlSense.*



En la figura 3, se muestran los monitores ubicados en dispatch en donde se presenta toda la información que reporta el sistema ControlSense de los equipos de carguío y acarreo.

- Sensor de combustible

Figura 4  
*Sensor de combustible ControlSense.*



En la figura 4, se muestra el sensor de combustible insertado en los tanques y brindan información del estado de combustible.

- Sensor de fatiga

Figura 5  
*Sensor de control de fatiga ControlSense.*





En la figura 5, se muestra el sensor de control de fatiga ubicado en las cabinas de los equipos y brinda información del estado del operador.

- GPS del volquete

Figura 6  
*GPS de volquete ControlSense.*



En la figura 6, se muestra el GPS instalado en la parte superior de la cabina del volquete, el cual brinda información acerca de la ubicación de los equipos, asimismo reporta si está en movimiento, en cola, en cargado o en espera.

### 2.2.2. Instrumentos

En la tabla 1, se muestra los instrumentos de investigación, de acuerdo a cada objetivo específico planteado, en ella también se evidencia los indicadores, técnicas y fuente bibliográfica.

**Tabla 1**  
*Instrumentos de investigación.*

Objetivo específico	Indicador	Técnica	Instrumento	Fuente bibliográfica de la técnica
Realizar el diagnóstico actual del proceso de carguío y acarreo de la empresa en minera Gold Fields.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso</li> <li>- Utilización</li> <li>- UoA</li> <li>- Productividad (instantánea, efectiva operativa)</li> <li>- Hang</li> <li>- Queue</li> </ul>	Revisión documental y entrevista	Ficha resumen y guía de entrevista.	(Castillo, 2016), (Rodríguez M., 2013)
Diseñar e implementar el sistema ControlSense en la empresa en minera Gold Fields para mejorar la productividad en el de carguío y acarreo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planificar</li> <li>- Hacer</li> <li>- Actuar</li> <li>- Verificar</li> </ul>	Revisión documental	Ficha resumen.	(Bahamóndez, 2017)
Evaluar las mejoras en la productividad del proceso de carguío y acarreo obtenida con el sistema Control Sense.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso</li> <li>- Utilización</li> <li>- UoA</li> <li>- Productividad (instantánea, efectiva y operativa)</li> <li>- Hang</li> <li>- Queue</li> </ul>	Revisión documental	Ficha resumen.	(Castillo, 2016)
Realizar el análisis económico del sistema ControlSense en la empresa en minera Gold Fields para mejorar la productividad en carguío y acarreo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- VAN</li> <li>- TIR</li> <li>- B/C</li> </ul>	Revisión documental	Ficha resumen.	(Castillo, 2016)

En la Tabla 2, se muestra la lista de verificación de los instrumentos que se van a utilizar, de acuerdo a los permisos solicitados por la empresa.

**Tabla 2**

*Lista de verificación de técnicas e instrumentos.*

Preguntas Generales	Si / No	Acciones por tomar
¿Se cuenta con acceso a todos los reportes de carguío y acarreo que se necesitan para la elaboración de la tesis?	Sí	-
¿Se cuenta con el permiso para implementar el sistema Control Sense?	No	Se solicitará al gerente de mina el permiso necesario, dando a conocer los posibles beneficios que se van a obtener.
¿Se cuenta con el permiso para ingresar a las operaciones mineras?	Sí	-

### 2.2.3. Método

- Para el **objetivo específico 1**: Realizar el diagnóstico actual del proceso de carguío y acarreo de la empresa en minera Gold Fields.

#### Ishikawa

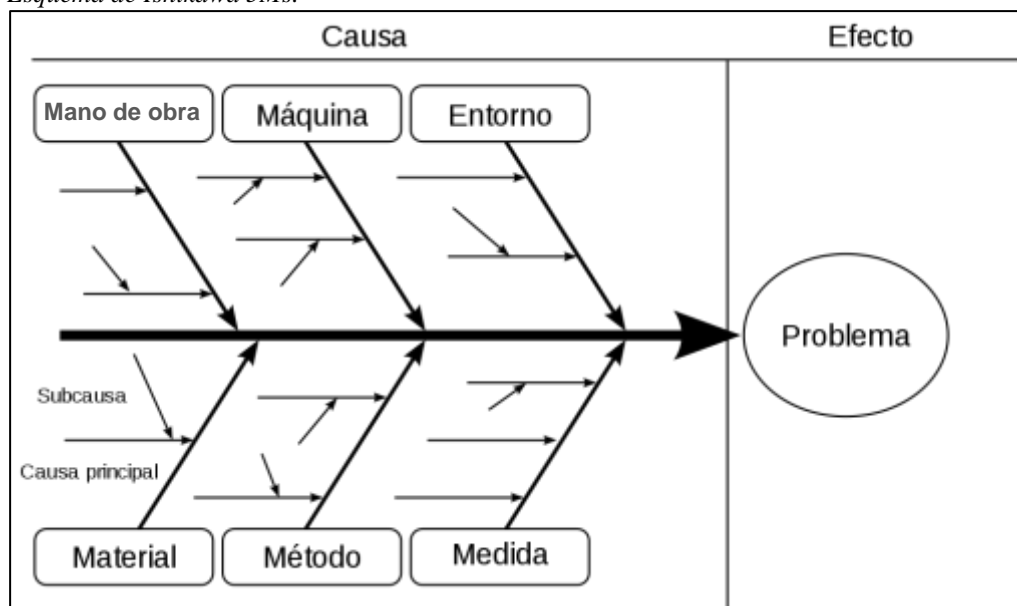
Este instrumento se ha utilizado para determinar las causas potenciales de las demoras operativas en la empresa Gold Fields. Para ello se ha utilizado el método 6Ms, en donde se fijan cinco pilares fundamentales alrededor de los cuales giran las posibles causas de un problema (Ishikawa, 1977). Estas cinco “M” son las siguientes:

- Máquina: analizó entradas y salidas de cada máquina que interviene en el proceso de carguío y acarreo.
- Método: evalúa la forma en la que se hacen el carguío y acarreo de mineral. Así pues, al evaluar los métodos se busca la falla al hacer las cosas que ocasionan las demoras operativas.
- Mano de obra: se consideran todos los aspectos asociados al personal. Las interrogantes asociadas que se tuvieron en cuenta fueron: ¿Está capacitada la mano de obra? ¿Esta seleccionado el personal idóneo para ese trabajo? ¿El personal se siente motivado y trabaja con deseo? ¿El trabajador muestra habilidad en su trabajo?

- Medio ambiente: se consideraron las condiciones del entorno en el que se trabaja. Se tienen en cuenta los aspectos del medio ambiente.
- Materia prima: Los materiales empleados en el proceso de carguío y acarreo es otro de los posibles focos en los que puede surgir la causa raíz de un problema.
- Medida: se tienen en cuenta los siguientes factores para obtener resultados correctos: calibre de la medición, método de medición, calibración, fatiga del medidor y legibilidad de los resultados.

Considerando estos aspectos, se utilizó el esquema mostrado en la figura 7.

**Figura 7**  
*Esquema de Ishikawa 5Ms.*



Fuente: Aguilar, (2017).

En la figura 7, se muestra el esquema del diagrama de Ishikawa, considerando las 5Ms. Las causas definidas en el diagrama de Ishikawa han sido ponderadas para determinar las que tienen mayor impacto, utilizando el diagrama de Pareto.

### **Diagrama de Pareto:**

Este instrumento permite separar los problemas más relevantes de aquellos que no tienen importancia, mediante la aplicación del principio 80-20 o principio de

Pareto, que quiere decir que el 20% de las causas genera el 80% de las consecuencias (Sales, 2017).

Para la elaboración de este diagrama se recogieron los datos en la tabla 2, en donde se detalla la causa que origina al problema principal, cantidad de ocurrencia identificadas, la frecuencia de las causas y su frecuencia acumulada.

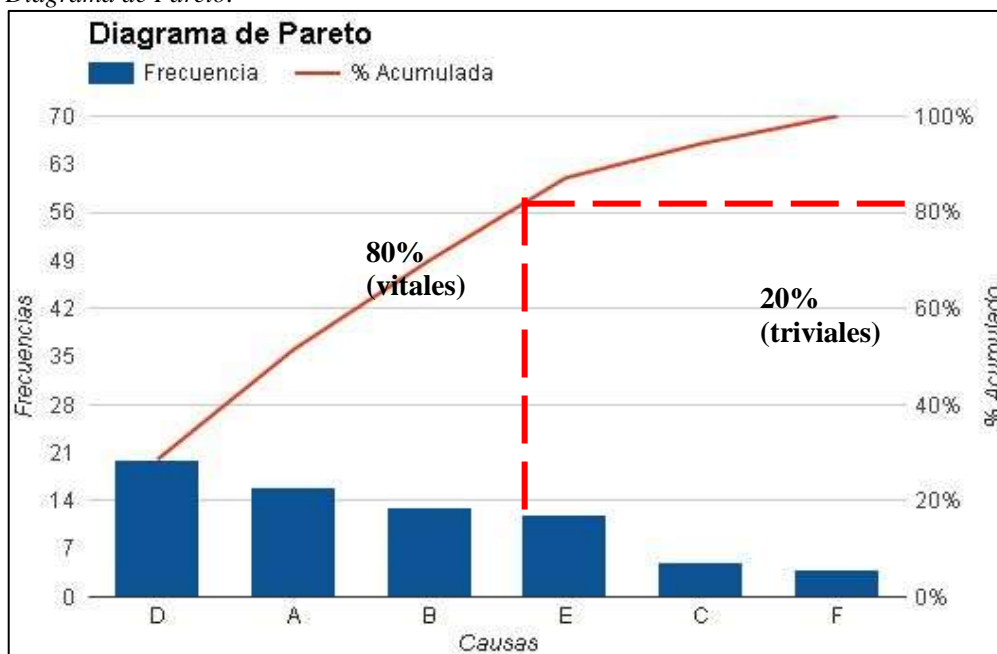
**Tabla 2**  
*Determinación de frecuencia de las causas.*

Causa	Cantidad de ocurrencia	Frecuencia	Frecuencia acumulada

**Fuente:** Elaboración propia, (2020).

Luego de determinar la frecuencia y frecuencia acumulada de las causas se elaboró el gráfico de Pareto, considerando el siguiente esquema.

**Figura 8**  
*Diagrama de Pareto.*



**Fuente:** Echevarría, (2013).

En la figura 8, se muestra el esquema del diagrama de Pareto identificando al 80% como las causas principales y al 20% como las causas triviales.

## **Análisis de indicadores de carguío y acarreo**

### **- Uso**

El uso es uno de los Kpi's que se monitorea seguido ya que se puede notar su variación fácilmente al ver los tiempos en Demoras. Esto se debe a que este Kpi depende de estos tiempos. Para ello colocaremos cómo se calcula este Kpi.

$$Uso = \frac{RT}{RT + DT}$$

Donde:

RT = Ready time.

DT = Delay time.

### **- Uso de la disponibilidad (UoA)**

Este Kpi también depende del Stand By time, por lo que realizaremos un análisis similar al del usage. Para ello primero detallaremos el cálculo de este Kpi.

$$UoA = \frac{RT + DT}{RT + DT + SbT}$$

Donde:

- RT = Ready time

- DT = Delay time

- SbT = Stand By time

### **- Utilización**

Es el porcentaje que el equipo estuvo operativo con respecto al tiempo de vida útil del equipo.

$$Utilización = \frac{HO}{HT}$$

Donde:

- HO = Horas operativas

- HT = Horas Totales

- **Para el objetivo específico 2:** Aplicar el sistema Control Sense en los equipos de carguío y acarreo de mina. Se analizará el método de programación lineal para circuitos optimizados.

La programación lineal utiliza un algoritmo del método “Simplex” que resuelve un conjunto de ecuaciones lineales de restricciones para minimizar las necesidades de camiones de extracción, sujeto a una función de prioridades y exigencias. La información emitida por el sistema será la siguiente:

- Continuidad de excavadora y puntos de descarga.
  - Tasa de excavación máxima de cada equipo de carguío.
  - Capacidad máxima de vaciado en los puntos de descarga.
  - Equipos disponibles.
  - Tipo de material.
- **Para el objetivo específico 3:** Implementar el sistema Control Sense en el proceso de carguío y acarreo.

Para este objetivo se utilizará la metodología PHVA:

**Figura 9**  
*Ciclo PHVA.*



**Fuente:** Echevarría, (2013).

En la figura 9, se muestra el ciclo PHVA que ayudó en la programación de actividades a implementar del sistema ControlSense.

- **Para el objetivo específico 3: Evaluar la mejora en la productividad obtenida con el diseño de la mejora del proceso de carguío y acarreo mediante Control Sense.**

En la tabla 3, se muestra el comparativo de los indicadores de carguío y acarreo antes y después de la mejora.

**Tabla 3**  
*Mejora de implementación.*

Indicador	Indicador antes de la mejora	Indicador después de la mejora	% mejorado
Uso			
Utilización			
UoA			
Productividad (instantánea, efectiva y operativa)			
Hang			
Queue			

### 2.3. Procedimiento

#### Para entrevista:

##### Preparación de la entrevista:

- Los investigadores determinaron a quienes entrevistar teniendo en cuenta el cargo que ocupa cada uno de ellos en la empresa, indicando sus funciones.
- La entrevista duró 20 minutos.
- El lugar donde se realizó la entrevista fue en el auditorio de la empresa.

##### Secuencia de la entrevista

- Elaboración: se diseñaron las preguntas que se van a realizar.
- Documentación: se escribió los resultados.
- Verificación: se indicó al entrevistado las respuestas que nos darán.
- Documentación: se archivaron los resultados de las entrevistas para su análisis posterior.



**Para entrevista:**

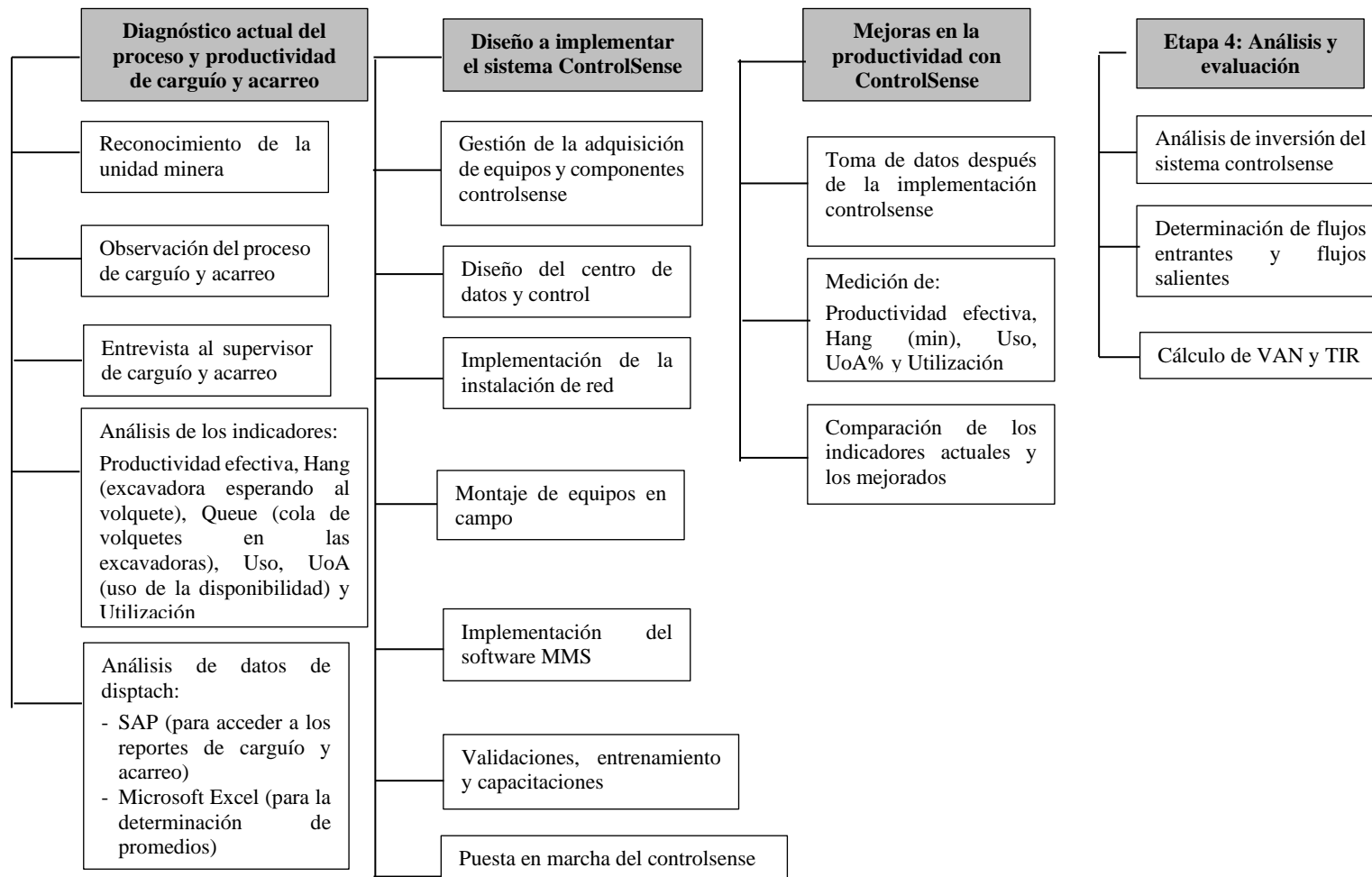
Preparación de la ficha resumen:

- Los investigadores determinaron a los indicadores a medir en el proceso de carguío y acarreo.
- Se solicitó el reporte de carguío y acarreo.
- Se analizaron los reportes del año 2019 y 2020.
- El lugar donde se realizó el análisis de los reportes fue en gabinete.

Secuencia de la ficha resumen:

- Elaboración: se calcularon los indicadores mensualmente y luego se obtuvo un global anual.
- Documentación: se escribieron los indicadores.
- Verificación: se colocaron los resultados en una tabla resumen.
- Documentación: se archivaron los resultados para su análisis posterior.

Asimismo, el procedimiento de la tesis se ha realizado tomando en cuenta los objetivos específicos, tal como lo muestra la figura siguiente:



## 2.4. Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Unidades
<b>Independiente:</b> Sistema ControlSense	Es la gestión de vigilancia y monitoreo, mediante un software que brinda información completa de las actividades que realizan los equipos de carguío y acarreo (Gómez, 2017).	Uso del software	Porcentaje de uso del software	%
			Cantidad de equipos monitoreados	Unidades
			Monitoreo de productividad	%
<b>Dependiente:</b> Productividad en el carguío y acarreo	Productividad es la relación entre la producción obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción o también definida como la relación entre los resultados y el tiempo utilizado para obtenerlos: cuanto menor sea el tiempo que lleve obtener el resultado deseado, más productivo es el sistema (Argus Mine, 2017).	Productividad en equipos de carguío	Productividad de carguío	Productividad instantánea T/h
			Hang (min)	Productividad operativa T/h
			Uso	Productividad efectiva T/h
			UoA%	%
			Utilización	Min
			Queue (min)	%
		Productividad en equipos de acarreo	Uso	Min
			UoA	%
			Utilización	%
			Productividad de acarreo	T/h

## 2.5. Aspectos éticos

- Confidencialidad: Los datos otorgados por la empresa Gold Fields no será revelada utilizada para otro fin que no sea académico.
- Consentimiento informado: se solicitó la autorización al supervisor del area de carguío y acarreo, para la realización del estudio y lograr su participación de manera voluntaria.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1. Diagnóstico estado actual del proceso de carguío y acarreo

#### 3.1.1. Aspectos generales

Compañía Minera Gold Fields la Cima (GFLC), con su Unidad Minera Cerro Corona, se ubica en el norte del Perú, en la vertiente oriental de la cordillera occidental de los Andes. En la región Cajamarca, provincia de Hualgayoc, distrito de Hualgayoc, entre los 3600 y 4000msnm.

Departamento: Cajamarca

Provincia: Hualgayoc

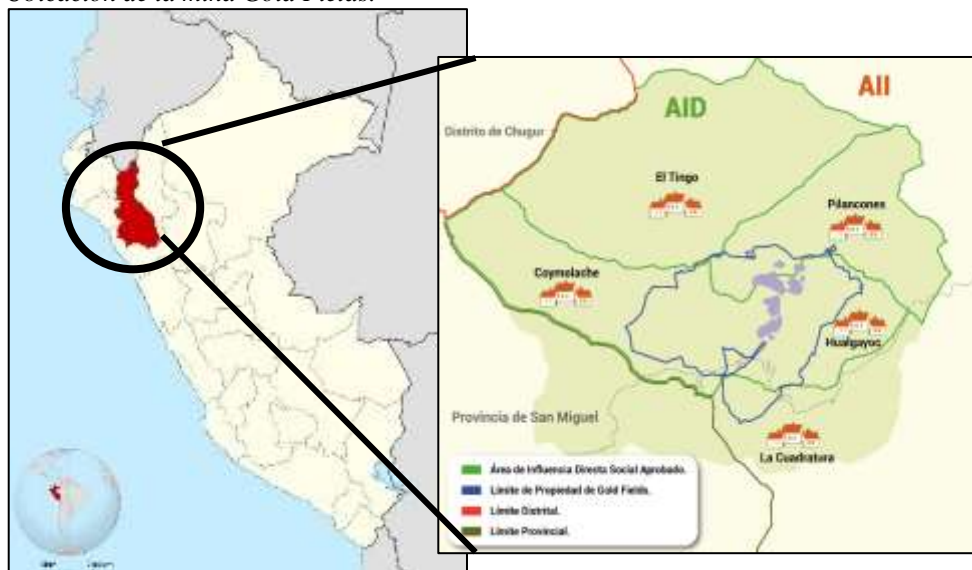
Distrito: Hualgayoc

Latitud: 06°45'45" N

Longitud: 78°37'22" E

80 km de Cajamarca vía terrestre.

**Figura 10**  
*Ubicación de la mina Gold Fields.*



En la figura 10, se muestra la ubicación de la mina en estudio Gold Fields, desde la vista nacional y regional. Los componentes de mina se muestran en la figura siguiente:

**Figura 11**

*Componentes de mina Gold Fields.*

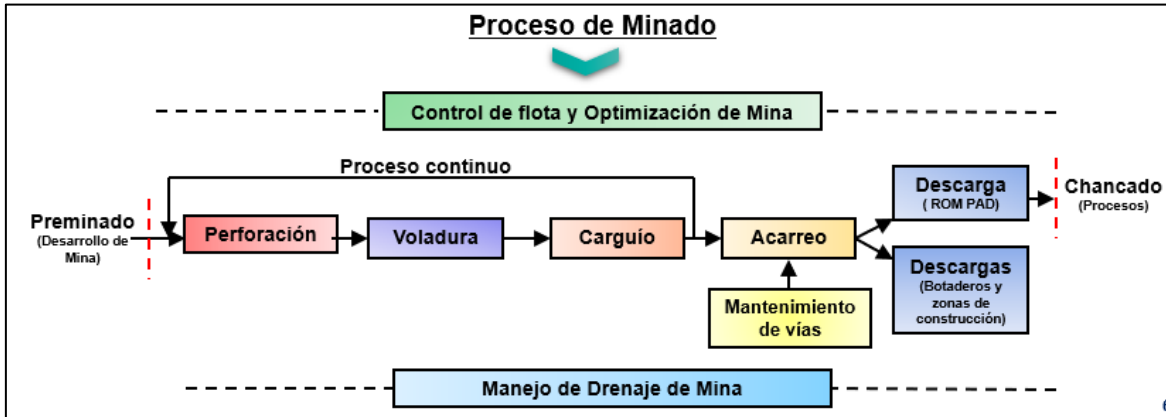


En la figura 11, se muestran los componentes principales de la mina GoldFields, donde se aprecia el tajo, campamento, vías de acarreo, frentes de explotación y relavera.

### **Actividades de minado**

El minado es un proceso sistematizado que consiste en fragmentar, extraer y transportar el material con contenido valioso de oro, cobre del yacimiento mineralizado y desmonte de las zonas inertes y material inerte de la cantera, y transportarlo a las zonas de descarga Rom Pad, depósitos de desmonte y zonas de construcción.

**Figura 12**  
*Proceso de minado.*



En la figura 12, se muestra el proceso de minado en minera GoldFields, que inicia con el preminado y finaliza con el manejo de drenaje de mina.

- Perforación: Es el primer paso para fragmentar la dura roca natural, en esta actividad las perforadoras (maquinas) hacen agujeros (taladros) de 77/8” – 55/8” de diámetro y 10 a 11 metros de profundidad. En el área de perforación se hacen varios taladros uniformemente espaciados que conforman la malla de perforación.

**Figura 13**  
*Perforación de mina Gold Fields.*



En la figura 13, se muestra el equipo de perforación, para el cargado de taladros de voladura.



- Voladura: En esta etapa se llenan los taladros vacíos con material explosivo Emulsión gasificable y accesorios de voladura (electrónicos y pirotécnicos) los cuales son detonados (explosión) generando una gran energía que logra fragmentar la roca. En el momento de la voladura todos las personas y equipos son evacuados del área a distancias seguras DS EM 024 - 2016.

**Figura 14**

*Voladura en mina Gold Fields.*



En la figura 14, se muestra la actividad de voladura por talud en la mina Gold Fields.

- Control de flota: Actualmente se realiza el control de flota con el sistema Jigsaw, la cual presenta serias deficiencias para la distribución de volquetes.
- Mantenimiento de Vías: Actividad de soporte a la operación cuya función principal es mantener en condiciones óptimas las superficies de rodadura de las vías (Haulroads) y accesos.
- Carguío: En esta etapa los equipos de carguío (Excavadoras y Cargadores) cargan sucesivamente sus cucharones con el material fragmentado por la

voladura poniéndolos en la tolva de los volquetes hasta llenarlos adecuadamente.

**Figura 15**

*Excavadora en mina Gold Fields.*



En la figura 15, se muestra el equipo de carguío en minera GoldFields, el cual es una excavadora CAT374.

- Acarreo: En esta etapa los volquetes de mina llevan el material de la mina a las zonas de descarga transitando por las vías de acarreo “Haulroads”, las distancias recorridas generalmente son de varios kilómetros (3 a 4Km)

**Figura 16**

*Acarreo en mina Gold Fields.*





En la figura 16, se muestra el equipo de acarreo, el cual es Scania 460 de capacidad de 40 Ton.

- Descarga: Proceso en el que finalmente los camiones descargan el desmonte en las zonas de descarga.

**Figura 17**

*Descarga en mina Gold Fields.*

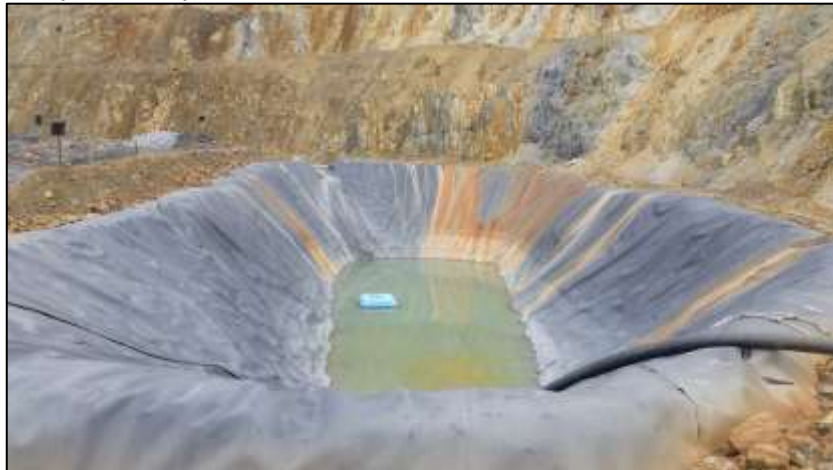


En la figura 17, se muestra la descarga de desmonte, en el frente de desmonte, para su posterior compactación.

- Manejo de Drenaje de Mina: Consiste en Planificar, supervisar y administrar recursos para atender el manejo de agua.

**Figura 18**

*Manejo de drenaje de mina en Gold Fields.*



En la figura 18, se muestra la poza de tratamiento de aguas de lluvia que han sido acidificadas por la presencia de rocas sulfurosas.

### 3.1.2. Equipos de carguío y acarreo

#### - 2 Excavadoras CAT 374

**Figura 19**

*Equipo de carguío CAT 374.*



En la figura 19, se muestra la excavadora CAT374, estos equipos tienen capacidad de 3.8 m<sup>3</sup>,

Modelo de motor Cat® C15 ACERT® (ATAAC)

Potencia: ISO 9249 (sistema métrico) 355 kW (483 hp)

Potencia: ISO 14396 (sistema métrico) 378 kW (514 hp)

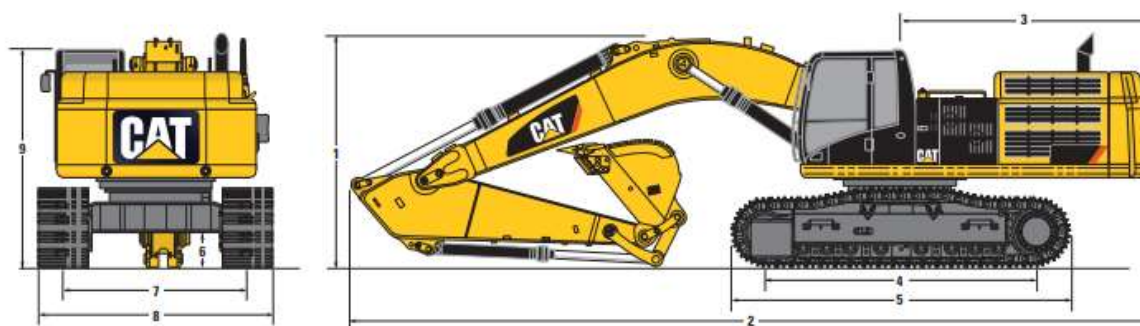
Velocidad de desplazamiento máxima 4,1 km/h

Máxima fuerza de tracción: tren de rodaje largo 492,5 kN

Rendimiento: Un alto nivel de producción sostenida, mayor rendimiento en trabajos de canteras, construcción pesada, demolición y zanjas/tendido de tuberías. Su fiabilidad y durabilidad mejoradas aumentan la productividad y reducen los costes de operación.

**Figura 20**

*Dimensiones de la excavadora CAT 374.*



<b>Balancín</b>	<b>R4,67 m</b>
<b>Cucharón</b>	<b>GD (3,8 m<sup>3</sup>)</b>
<b>1</b> Profundidad máxima de excavación	9660 mm
<b>2</b> Alcance máximo a nivel del suelo	14 230 mm
<b>3</b> Altura máxima de carga	8990 mm
<b>4</b> Altura mínima de carga	2230 mm
<b>5</b> Profundidad máxima de corte para excavación horizontal de 2240 mm	9550 mm
<b>6</b> Profundidad máxima de excavación en un frente vertical	8450 mm
Fuerza de excavación del cucharón (SAE)*	297,5 kN
Fuerza de excavación del cucharón (ISO)*	339,4 kN
Fuerza de excavación del balancín (SAE)	227,1 kN
Fuerza de excavación del balancín (ISO)	234 kN

En la figura 20, se muestra las especificaciones técnicas de la excavadora CAT374, equipos empleados en la empresa en estudio.

#### - 4 Excavadoras CAT 390

Este modelo utilizado en la actividad de carguío tiene la capacidad de 6 m<sup>3</sup>, estos equipos abastecen a los volquetes de mineral o desmonte para ser trasladados a planta o a botadero.

**Figura 21**  
*Excavadora CAT 390.*



En la figura 21, se muestra el equipo de carguío CAT390 que tiene las siguientes características:

Potencia neta: ISO 9249 391 kW

Modelo de motor Cat C18

Potencia nominal del motor: ISO 14396 405 kW

Calibre 145 mm

Carrera 183 mm

Potencia nominal del motor: ISO 14396 405 kW (543 hp/551 PS)

Potencia neta: SAE J1349/ISO 9249 391 kW (524 hp/532 PS)

Sistema principal: caudal máximo 952 l/min (251 gal/min)

Presión máxima: equipo 35 kPa

Presión máxima: desplazamiento 35 kPa

Presión máxima: giro 35 kPa

Pluma Alcance de 10 m (32'10")

Balancín R4.4m (14'5")

Cucharón 3,9 m<sup>3</sup> (5,1 yd<sup>3</sup>)

Altura de embarque: parte superior de la cabina 4.89 mm

Longitud de embarque	13.69 mm
Radio de giro de la cola	4.7 mm
Altura libre desde el contrapeso	1.64 mm
Altura libre sobre el suelo	900 mm
Longitud de la cadena	6.358 mm
Longitud de la cadena al centro de los rodillos	5.12 mm
Ancho de vía	2.75 mm
Anchura de transporte	4.41 mm

- **6 Volquetes Scania 460**

Este modelo utilizado en la actividad de acarreo tiene la capacidad de 40 toneladas, estos equipos abastecen trasladando el mineral o desmonte a planta o al botadero (ver figura 22).

**Figura 22**  
*Volquete Scania 460.*



Marca Scania

Modelo G 460 A6X4

Dimensiones generales:



- Voladizo delantero 1.460 mm
- Anchura del chasis 2.600 mm
- Distancia entre ejes 3.500 mm
- Largo Total 7.090 mm
- Altura 3.410 mm

Pesos:

- Peso del eje delantero 5.556 kg
- Peso del eje trasero 4.085 kg
- Caja de cambios GRS905R

Motor

- Cilindro 6 Cilindrada 12.740
- Valores de emisiones Euro 3 Potencia máxima (hp) 460 (a 1900 r/min)
- Potencia máxima (kW) 338 (a 1900 r/min)
- Par máximo (Nm) 2.250 (a 1000-1350 r/min)

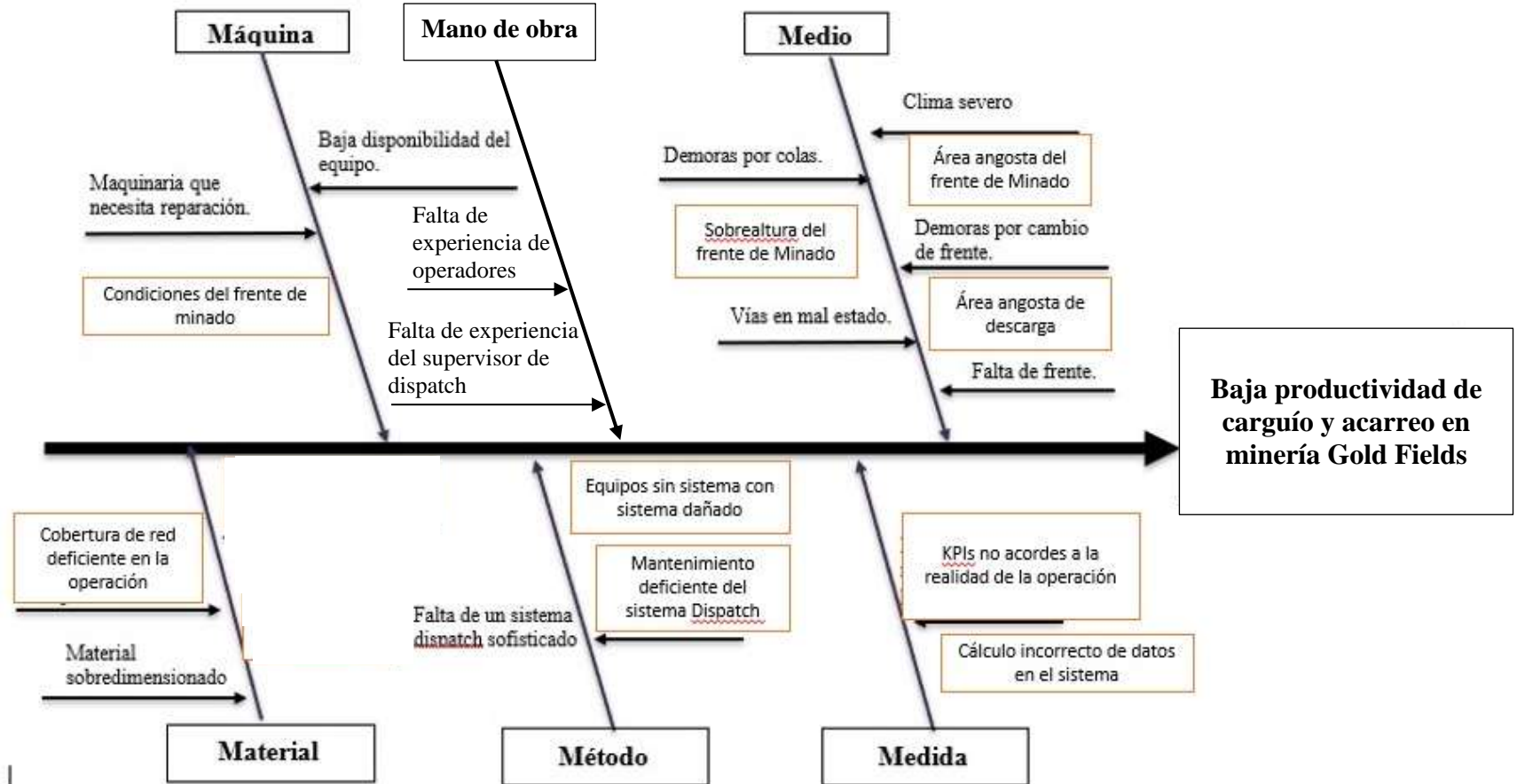
- **32 Volquetes Scania 460 HT**

**Figura 23**  
*Volquete Scania 460.*



En la figura 23, se muestra el volquete Scania 460HT, de capacidad 45 Ton. Este equipo se encarga de acarrear el mineral y desmonte del tajo.

**3.1.3. Análisis del problema principal**



De acuerdo a lo presentado en el punto anterior, se entrega a continuación un diagnóstico de la posición actual del proceso de carguío y acarreo de mina, analizando las causas 5Ms.

- **Máquina:**

*Maquinaria que necesita reparación:* cuando las fallas de los volquetes no atendidas a tiempo, se convierten en fallas de componentes mayores, por lo tanto, los equipos necesitan reparación.

**Figura 24**

*Volquete en taller de mantenimiento que necesita reparación.*



La figura 24, muestra el volquete Scania 460 en mantenimiento para su posterior reparación.

*Condiciones adversas del frente de minado:* se refiere a las características propias del frente tales como material con alta resistencia y voladura sobredimensionada.

**Figura 25**

*Material ígneo con alta resistencia en el frente de explotación.*



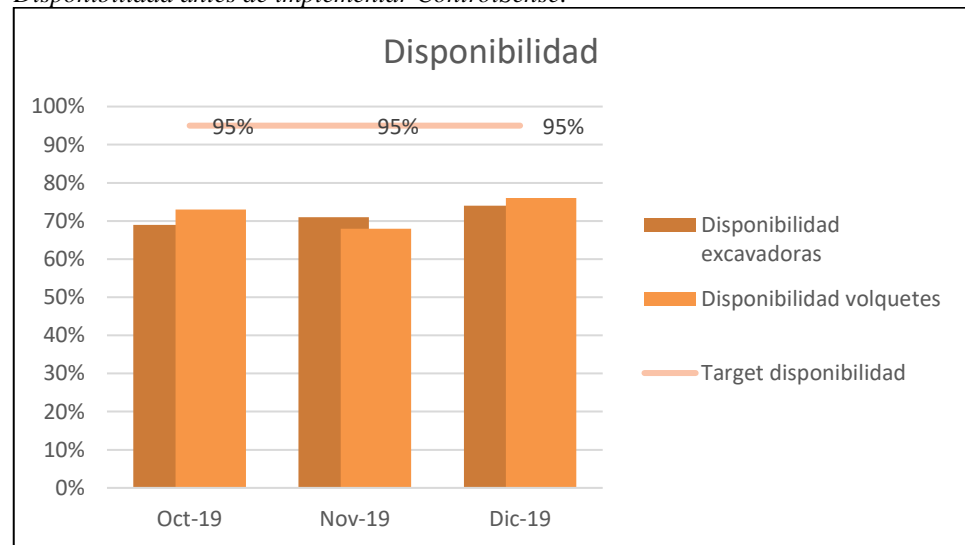


En la figura 25, se muestra el tipo de roca ígnea en el tajo, esta roca presenta resistencias mayores a 250 MPa.

*Baja disponibilidad del equipo:* se ha tomado el reporte de los tres últimos meses antes de implementar el sistema controlsense y tal como se evidencia en la figura siguiente no se llega al target esperado.

**Figura 26**

*Disponibilidad antes de implementar ControlSense.*



En la figura 26, se muestra el cuadro comparativo de disponibilidad de los meses de octubre, noviembre y diciembre del año 2016, tanto lo volquetes como las excavadoras no llegan al 95% esperado.

- **Medio**

*Demoras por colas:* Se presentan demoras por baja productividad de cargado y descargue.

**Figura 27**

*Volquetes en espera para cargado.*



En la figura 27, se muestra tres volquetes esperando ser cargados de material por la excavadora, estos tiempos muertos afectan la productividad del proceso.

*Clima severo:* la mina Gold Fields se encuentra ubicada en la sierra norte del Perú, por lo tanto, se presentan constantes lluvias en invierno.

**Figura 28**

*Presencia de charcos en las vías de acarreo de mineral.*



En la figura 28, se puede apreciar los charcos en el suelo, producto de las lluvias propias de la serranía peruana y el tránsito de equipos pesados.

*Sobrealtura del frente de minado:* esta causa afecta el trabajo de la excavadora, ya que la distancia del brazo no le permite acceder a las zonas de extracción.

**Figura 29**

*Talud con sobrealtura.*



En la figura 29, se puede apreciar que el talud del tajo está sobredimensionado al compararlo con los equipos circundantes, lo cual no permite a las excavadoras trabajar adecuadamente.

- **Material**

*Cobertura de red deficiente en la operación:* con el sistema actual no se cubre toda el área de operaciones para monitorear.

*Falta de experiencia de los operadores:* de los 38 operadores de volquetes sólo 35 han recibido las charlas de capacitación completas.

*Falta de experiencia del supervisor de dispatch:* Las operaciones de carguío y acarreo requieren de conocimientos estadísticos, sin embargo,

en la empresa algunos de los supervisores no tienen la experiencia apropiada.

- **Método**

*Equipos sin sistema o con sistema dañado:* el equipo del sistema de monitoreo se daña constantemente, en la figura siguiente se muestra la pantalla de monitoreo en mal estado, el cual impide su funcionamiento.

**Figura 30**

*Pantalla de monitoreo en mal estado.*



En la figura 30, se muestra el monitor del volquete en mal estado y no funciona, por lo tanto, es difícil monitorear a este equipo.

*Mantenimiento deficiente del sistema dispatch:* los equipos que componen el sistema Jigsaw no reciben el mantenimiento adecuado y las computadoras no funcionan adecuadamente.

- **Mano de obra**

*Falta de experiencia de operadores:* algunos operadores desconocen el manejo de sistemas integrales en carguío y acarreo, ya que su experiencia ha sido en minas con sistemas convencionales de carguío y acarreo.

*Falta de experiencia del supervisor de dispatch:* El supervisor de dispatch por desconocimiento no informa de manera oportuna algunos retrasos que se tengan en el ciclo de carguío y acarreo.

- **Medida**

*KPIs no acordes a la realidad de la operación:* El área de mantenimiento de la empresa Gold Fields ha establecido los indicadores de acuerdo al manual de cada equipo.

Indicadores de carguío:

- Productividad operativa de Carguío (t/h): Relación entre las toneladas nominales y el tiempo total productivo (incluye tiempo de carguío, tiempo de cuadrado y espera de camiones).

- Para CAT 374

800 t/h

- CAT 390

1000 t/h

- Productividad efectiva de Carguío (t/h): Es la relación entre las toneladas nominales cargadas y el tiempo efectivo de carga (incluyendo el tiempo de cuadrado)

- CAT 374

1700 t/h

- CAT 390

1800 t/h

- Tasa de Excavación(t/h): Relación entre las toneladas nominales cargadas y el tiempo de carguío.

- CAT 374

3000 t/h

- CAT 390

3 200 t/h

- Espera del equipo de carguío (Hang – Min): Indica el tiempo de espera de los equipos de carguío por la llegada de un equipo de acarreo.

1.2 min.

Indicadores de acarreo

- Cola de camiones (Queue – min): Parámetro que indica el tiempo de espera de los equipos de acarreo en el frente de carguío)

0.8 min

- Productividad de Acarreo (t/h): Tonelaje que transporta el camion dividido entre el ciclo de acarreo para un viaje.

110 t/h

*Calculo incorrecto de datos en el sistema:* por no ser un sistema basado en el monitoreo GPS, los datos son tomados en una base de datos simple, los datos son ingresados por un técnico.

### 3.1.4. Análisis de las causas relevantes del problema principal

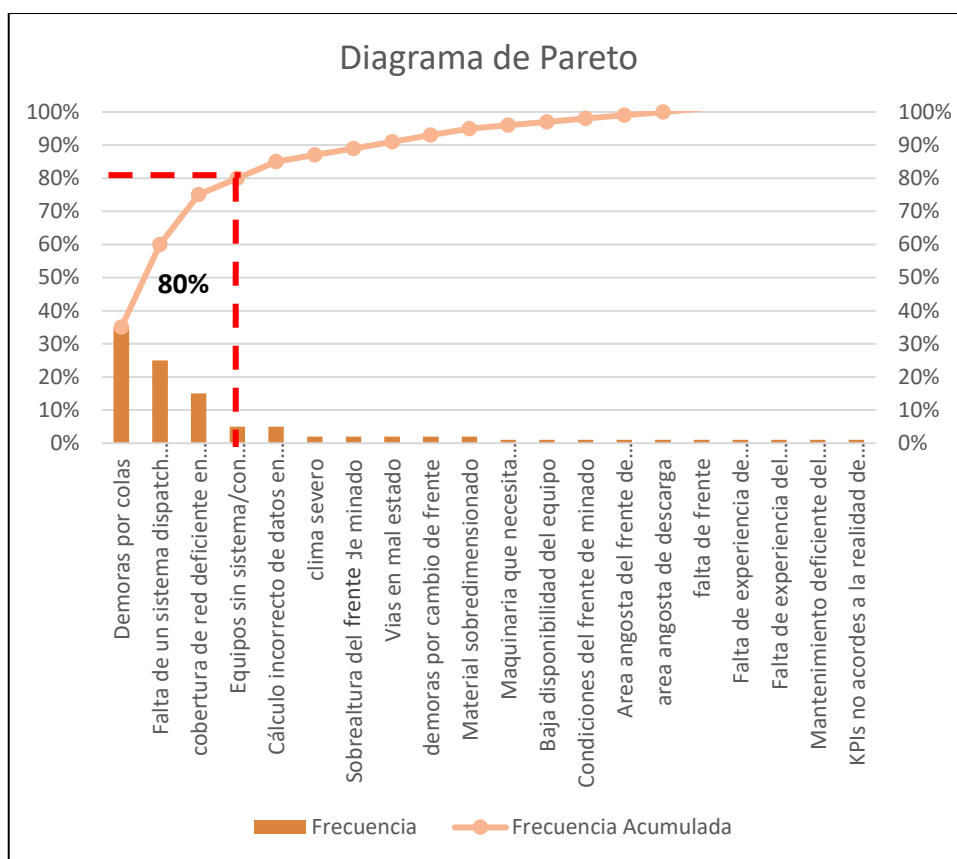


Figura 31. Diagrama de Pareto.

De acuerdo a la figura 31, las causas principales son demoras por colas, falta de un sistema dispatch sofisticado, cobertura de red deficiente y equipos sin sistemas. Todas estas causas se van a solucionar con la implementación de ControlSense.

### 3.1.5. Indicadores actuales de carguío

#### a) Productividad Instantánea (t/h)

##### CAT374

Para el año 2019 el parámetro tuvo un target de 3,000 t/h; después de realizarse el análisis de los datos de la flota se propone utilizar el promedio óptimo de 3,001 t/h como target de productividad instantánea para la flota CAT374 para el 2020, debido a que este valor expresa mayor proximidad a la producción mensual obtenida en función a los valores óptimos



logrados por la flota durante el 2019. A continuación, se presenta el gráfico y el cuadro respectivo.

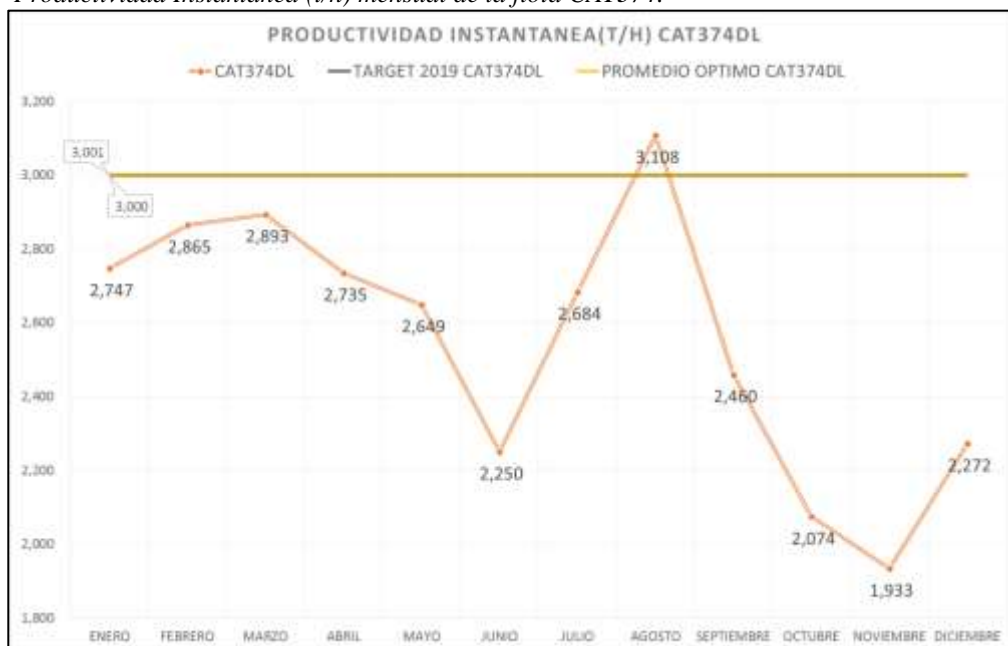
**Tabla 4**

*Valores máximos y mínimos mensuales de la flota CAT374.*

ANÁLISIS MENSUAL				
	1° y 2° MEJOR VALOR	1° y 2° MENOR VALOR	PROMEDIO OPTIMO	TARGET 2020
CAT374DL	3,108	1,933	3,001	3,001
	Agosto	Noviembre		
	2,893	2,074		
	Marzo	Octubre		

**Figura 32**

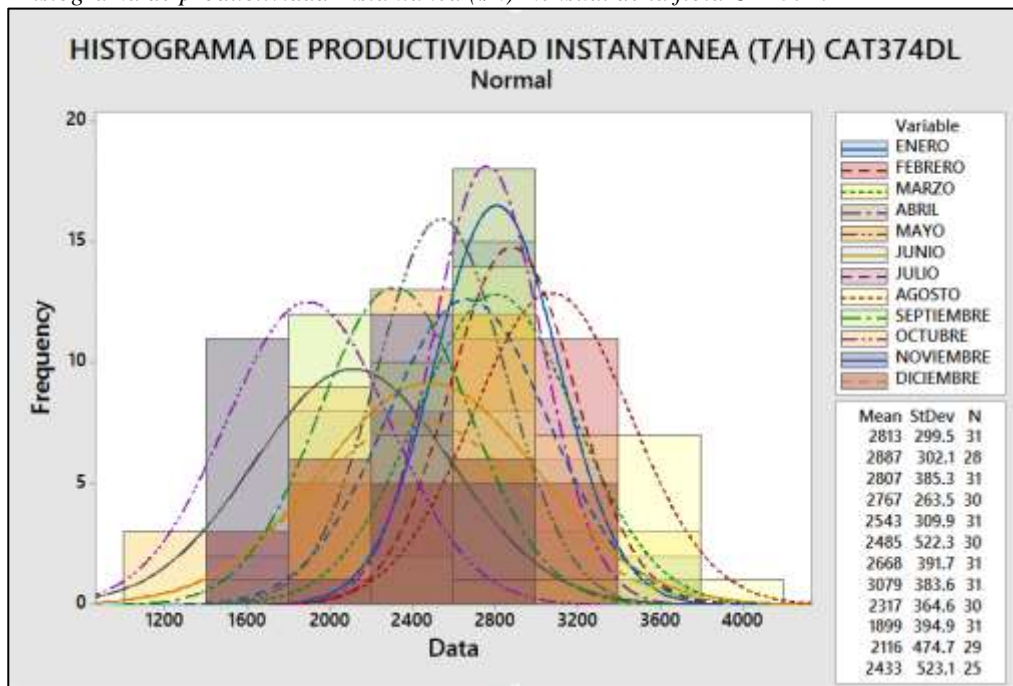
*Productividad Instantánea (t/h) mensual de la flota CAT374.*



En la figura 32, se muestra la productividad Instantánea (t/h) mensual de la flota CAT374, desde enero hasta diciembre del 2019, el cual varía desde 1933 t/h hasta 3108 t/h.

**Figura 33**

*Histograma de productividad Instantánea (t/h) mensual de la flota CAT374.*



En la figura 33, se muestra el histograma de la productividad Instantánea (t/h) mensual de la flota CAT374, considerando los promedios mensuales, y la frecuencia por día.

### **CAT390**

Para el año 2019 el parámetro tuvo un target de 3,750 t/h; después de realizarse el análisis de los datos de la flota se propone utilizar el promedio óptimo de 3,229 t/h como target de productividad instantánea para la flota CAT390 para el 2020, debido a que este valor expresa mayor proximidad a la producción mensual obtenida en función a los valores óptimos logrados por la flota durante el 2019. A continuación, se presenta el gráfico y el cuadro respectivo.

**Tabla 5**

Valores máximos y mínimos mensuales de la flota CAT390FL.

ANÁLISIS MENSUAL				
	1° y 2° MEJOR VALOR	1° y 2° MENOR VALOR	PROMEDIO OPTIMO	TARGET 2020
CAT390FL	3,263	2,442	3,229	3,229
	Febrero	Octubre		
	3,194	2,454		
	Enero	Noviembre		

**Figura 34**

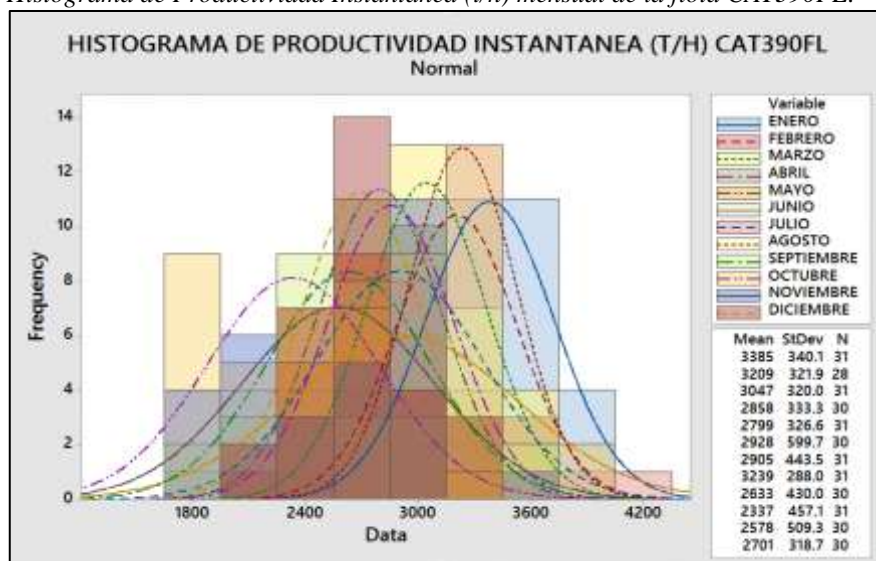
Productividad Instantánea (t/h) mensual de la flota CAT390FL.



En la figura 34, se muestra la productividad Instantánea (t/h) mensual de la flota CAT390FL, desde enero hasta diciembre del 2019, el cual varía desde 2442 t/h hasta 3263 t/h.

**Figura 35**

Histograma de Productividad Instantánea (t/h) mensual de la flota CAT390FL.



En la figura 35, se muestra el histograma de la productividad Instantánea (t/h) mensual de la flota CAT390FL, considerando los promedios mensuales, y la frecuencia por día.

**b) Productividad operativa (t/h)  
CAT374**

Para el año 2019 el parámetro tuvo un target de 725 t/h; después de realizarse el análisis de los datos de la flota se propone utilizar el promedio óptimo de 713 t/h como target de productividad operativa para la flota CAT374 para el 2020, debido a que este valor expresa mayor proximidad a la producción mensual obtenida en función a los valores óptimos logrados por la flota durante el 2019. A continuación, se presenta el gráfico y el cuadro respectivo.

**Tabla 6**

*Valores máximos y mínimos mensuales de la flota CAT374.*

ANALISIS MENSUAL				
	1° y 2° MEJOR VALOR	1° y 2° MENOR VALOR	PROMEDIO OPTIMO	TARGET 2020
CAT374DL	715	589	713	713
	Septiembre	Diciembre		
	711	622		
	Julio	Abril		

**Figura 36**

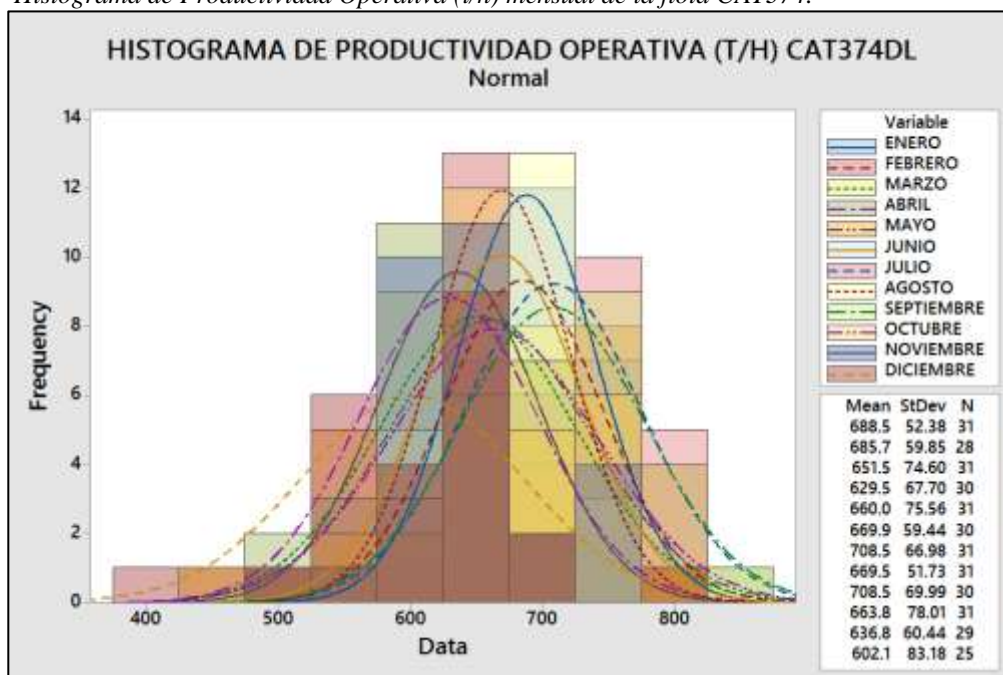
*Productividad Operativa (t/h) mensual de la flota CAT374.*



En la figura 36, se muestra la productividad operativa (t/h) mensual de la flota CAT374, desde enero hasta diciembre del 2019, el cual varía desde 589 t/h hasta 715 t/h.

**Figura 37**

*Histograma de Productividad Operativa (t/h) mensual de la flota CAT374.*



En la figura 37, se muestra el histograma de la productividad operativa (t/h) mensual de la flota CAT374, considerando los promedios mensuales, y la frecuencia por día.

### **CAT390FL**

Para el año 2019 el parámetro tuvo un target de 850 t/h; después de realizarse el análisis de los datos de la flota se propone utilizar el promedio óptimo de 828 t/h como target de productividad operativa para la flota CAT390 para el 2020, debido a que este valor expresa mayor proximidad a la producción mensual obtenida en función a los valores óptimos logrados por la flota durante el 2019. A continuación, se presenta el gráfico y el cuadro respectivo.

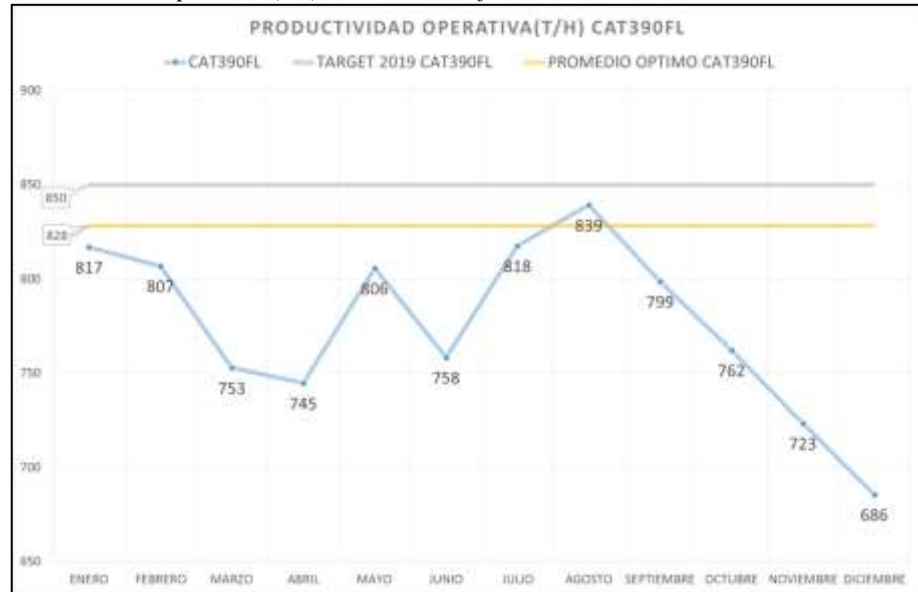
**Tabla 7**

Valores máximos y mínimos mensuales de la flota CAT390FL.

ANÁLISIS MENSUAL				
	1° y 2° MEJOR VALOR	1° y 2° MENOR VALOR	PROMEDIO OPTIMO	TARGET 2020
CAT390FL	839	686	828	828
	Agosto	Diciembre		
	818	723		
	Julio	Noviembre		

**Figura 38**

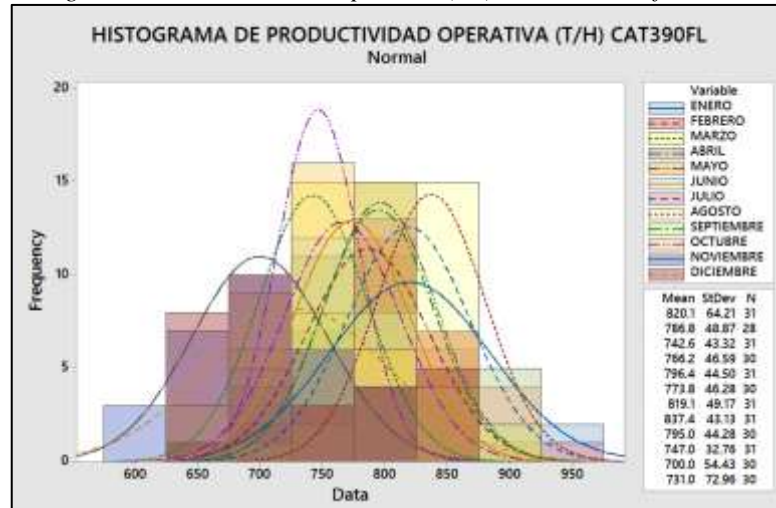
Productividad Operativa (t/h) mensual de la flota CAT390FL.



En la figura 38, se muestra la productividad operativa (t/h) mensual de la flota CAT390FL, desde enero hasta diciembre del 2019, el cual varía desde 686 t/h hasta 839 t/h.

**Figura 39**

Histograma de Productividad Operativa (t/h) mensual de la flota CAT390FL.





En la figura 39, se muestra el histograma de la productividad operativa (t/h) mensual de la flota CAT390FL, considerando los promedios mensuales, y la frecuencia por día.

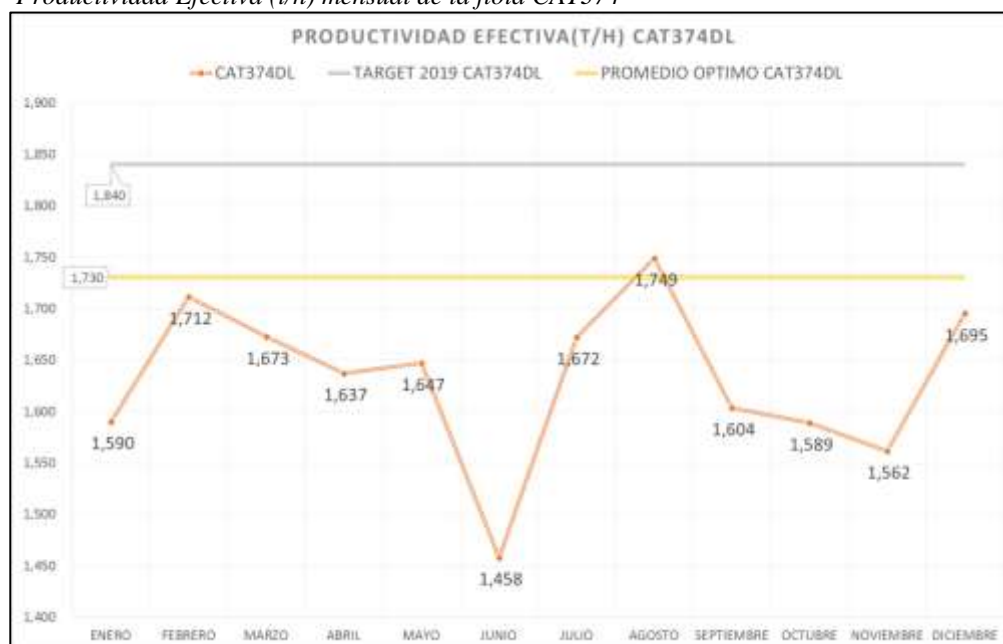
**c) Productividad efectiva (t/h)  
CAT374**

Para el año 2019 el parámetro tuvo un target de 1,840 t/h; después de realizarse el análisis de los datos de la flota se propone utilizar el promedio óptimo de 1,730 t/h como target de productividad efectiva para la flota CAT374 para el 2020, debido a que este valor expresa mayor proximidad a la producción mensual obtenida en función a los valores óptimos logrados por la flota durante el 2019. A continuación, se presenta el gráfico y el cuadro respectivo.

**Tabla 8**  
*Valores máximos y mínimos mensuales de la flota CAT374.*

ANÁLISIS MENSUAL				
	1° y 2° MEJOR VALOR	1° y 2° MENOR VALOR	PROMEDIO OPTIMO	TARGET 2020
CAT374DL	1,749	1,458	1,730	1,730
	Agosto	Junio		
	1,712	1,562		
	Febrero	Noviembre		

**Figura 40**  
*Productividad Efectiva (t/h) mensual de la flota CAT374*

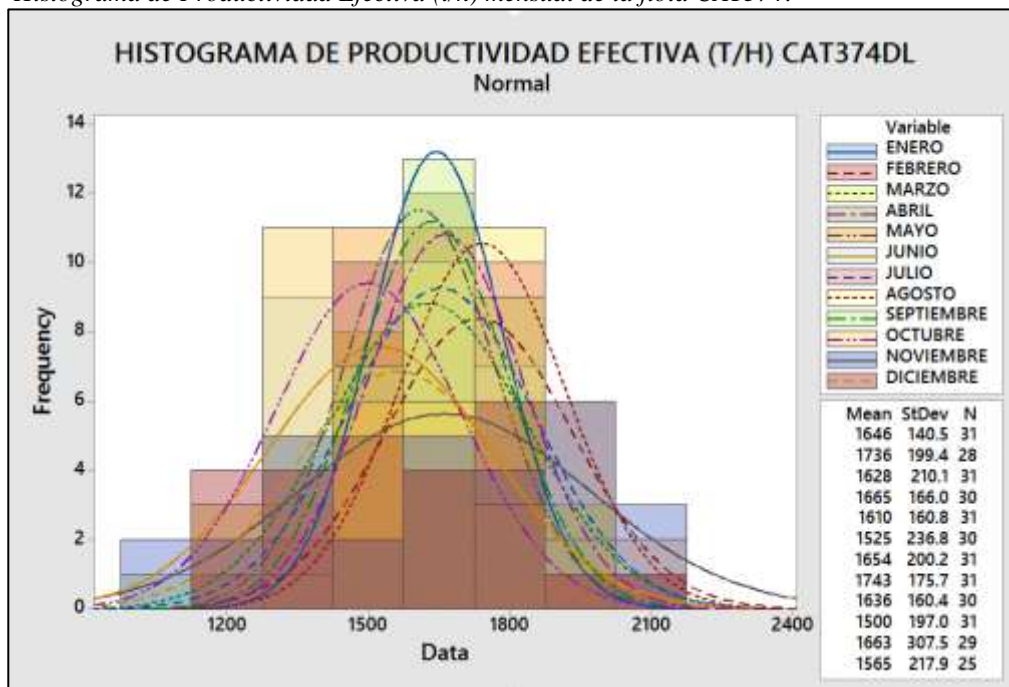




En la figura 40, se muestra la productividad efectiva (t/h) mensual de la flota CAT374, desde enero hasta diciembre del 2019, el cual varía desde 1458 t/h hasta 1749 t/h.

**Figura 41**

*Histograma de Productividad Efectiva (t/h) mensual de la flota CAT374.*



En la figura 41, se muestra el histograma de la productividad efectiva (t/h) mensual de la flota CAT374, considerando los promedios mensuales, y la frecuencia por día.

### **CAT3390FL**

Para el año 2019 el parámetro tuvo un target de 1,940 t/h; después de realizarse el análisis de los datos de la flota se propone utilizar el promedio óptimo de 1,858 t/h como target de productividad efectiva para la flota CAT390 para el 2020, debido a que este valor expresa mayor proximidad a la producción mensual obtenida en función a los valores óptimos logrados por la flota durante el 2019. A continuación, se presenta el gráfico y el cuadro respectivo.

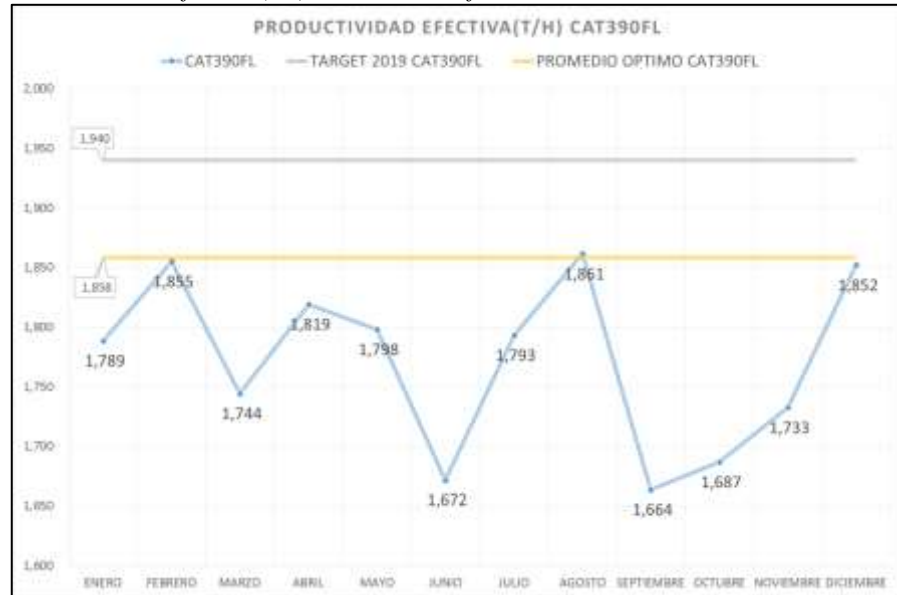
**Tabla 9**

Valores máximos y mínimos mensuales de la flota CAT390FL.

ANÁLISIS MENSUAL				
	1° y 2° MEJOR VALOR	1° y 2° MENOR VALOR	PROMEDIO OPTIMO	TARGET 2020
CAT390FL	1,861	1,664	1,858	1,858
	Agosto	Septiembre		
	1,855	1,672		
	Febrero	Junio		

**Figura 42**

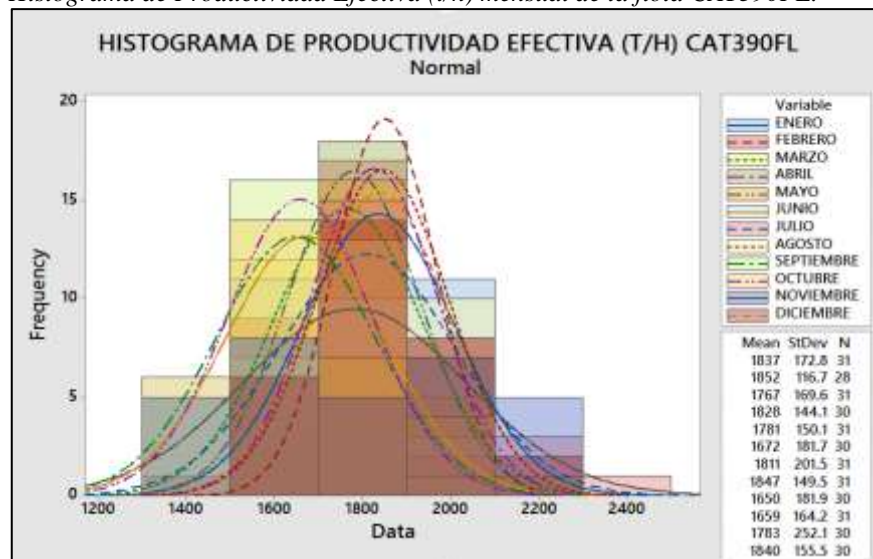
Productividad Efectiva (t/h) mensual de la flota CAT390FL.



En la figura 42, se muestra la productividad efectiva (t/h) mensual de la flota CAT390, desde enero hasta diciembre del 2019, el cual varía desde 1664 t/h hasta 1855 t/h.

**Figura 43**

Histograma de Productividad Efectiva (t/h) mensual de la flota CAT390FL.



En la figura 43, se muestra el histograma de la productividad efectiva (t/h) mensual de la flota CAT390FL, considerando los promedios mensuales, y la frecuencia por día.

**d) Hang%**

Para el año 2019 el parámetro tuvo un target de 42%; después de realizarse el análisis de los datos de las flotas se propone utilizar el promedio óptimo de 50% como target de Hang% para la flota de carguío para el 2020, debido a que este valor expresa mayor proximidad al Hang% mensual obtenida en función a los valores óptimos logrados por ambas flotas (CAT390 y CAT374) durante el 2019, mencionando que los datos más óptimos son los meses de Enero y Junio, debido a que en los meses de Noviembre y Diciembre se había alcanzado el cumplimiento de producción. A continuación, se presenta el gráfico y el cuadro respectivo.

**Tabla 10**

*Valores máximos y mínimos mensuales de la flota de carguío.*

ANALISIS MENSUAL					
	MAYOR VALOR	MENOR VALOR	PROMEDIO FLOTA	PROMEDIO OPTIMO	TARGET 2020
FLOTA DE CARGUIO	58%	49%	53%	50%	50%
	Diciembre	Junio			
	55%	50%			
	Noviembre	Enero			

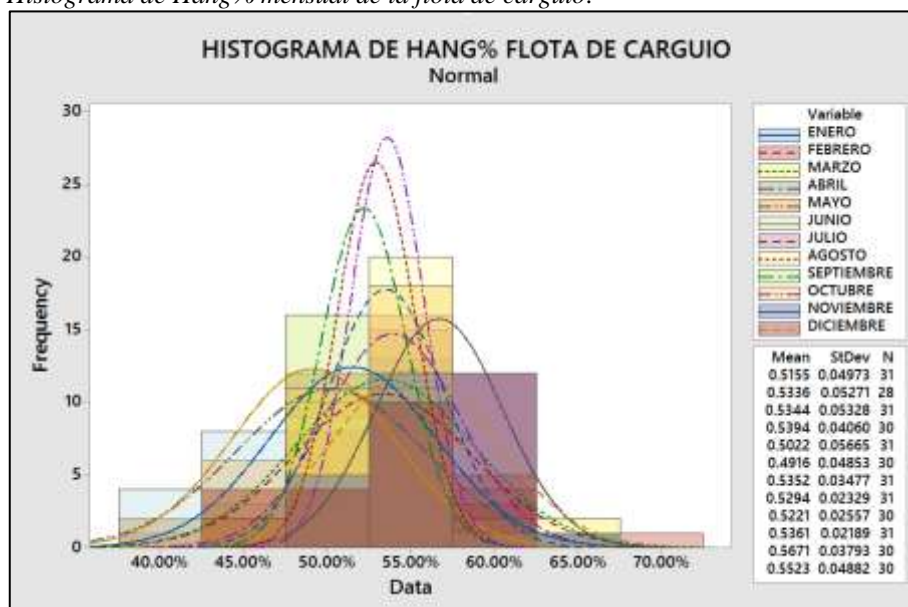
**Figura 44**

*Hang% mensual de la flota de carguío.*



En la figura 44, se muestra el Hang (%) mensual de la flota de carguío, desde enero hasta diciembre del 2019, el cual varía desde 49.1% hasta 58.3%.

**Figura 45**  
*Histograma de Hang% mensual de la flota de carguío.*



En la figura 45, se muestra el histograma del hang en % de la flota de carguío, considerando los promedios mensuales, y la frecuencia por día.

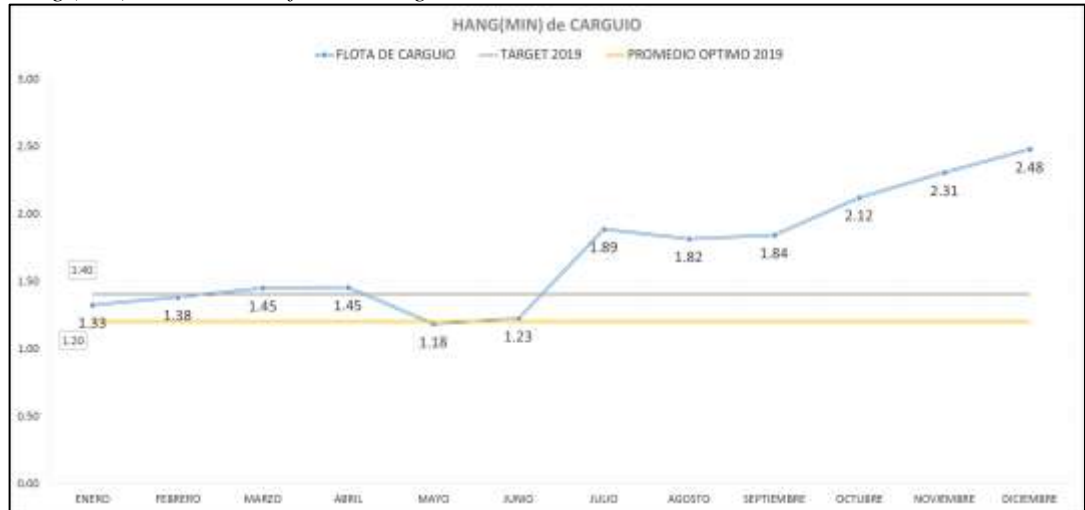
**e) Hang(min)**

Para el año 2019 el parámetro tuvo un target de 1.4 min; después de realizarse el análisis de los datos de las flotas se propone utilizar el promedio óptimo de 1.2 min como target de Hang (min) para la flota de carguío para el 2020, debido a que este valor expresa mayor proximidad al Hang (min) mensual obtenida en función a los valores óptimos logrados por ambas flotas (CAT390 y CAT374) durante el 2019, mencionando que los datos más óptimos son los meses de Mayo y Junio, debido a que en los meses de Noviembre y Diciembre se había alcanzado el cumplimiento de producción. A continuación, se presenta el gráfico y el cuadro respectivo.

**Tabla 11**  
Valores máximos y mínimos mensuales de la flota de carguío.

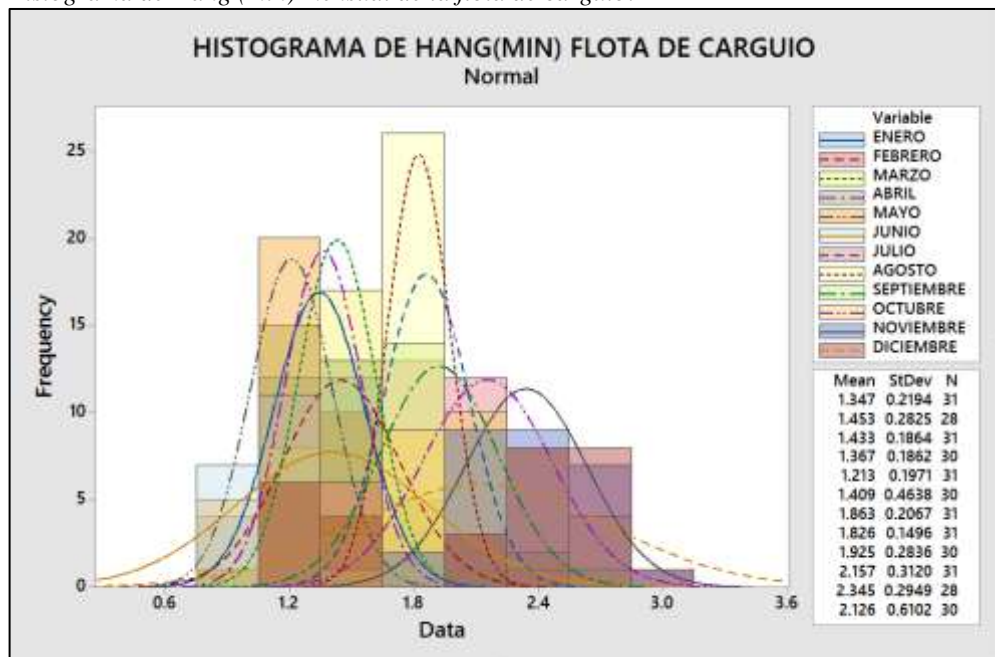
ANÁLISIS MENSUAL					
	MAYOR VALOR	MENOR VALOR	PROMEDIO FLOTA	PROMEDIO OPTIMO	TARGET 2020
FLOTA DE CARGUIO	2.48	1.18	1.71	1.20	1.20
	Diciembre	Mayo			
	2.31	1.23			
	Noviembre	Junio			

**Figura 46**  
Hang (min) mensual de la flota de carguío.



En la figura 46, se muestra el Hang en minutos mensual de la flota de carguío, desde enero hasta diciembre del 2019, el cual varía desde 1.18 min hasta 2.48 min.

**Figura 47**  
Histograma de Hang (min) mensual de la flota de carguío.



En la figura 47, se muestra el histograma del hang en min de la flota de carguío, considerando los promedios mensuales, y la frecuencia por día.

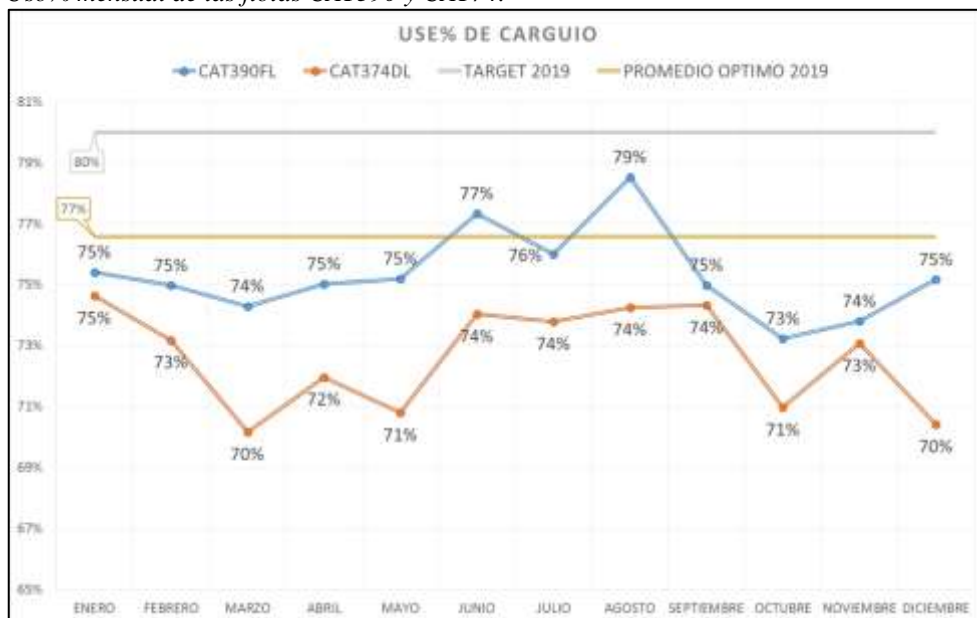
**f) Uso%**

Para el año 2019 el parámetro tuvo un target de 80%; después de realizarse el análisis de los datos de las flotas se propone utilizar el promedio óptimo de 77% como target de Uso% para la flota de carguío para el 2020, debido a que este valor expresa mayor proximidad al Uso% mensual obtenida en función a los valores óptimos logrados por ambas flotas (CAT390 y CAT374) durante el 2019. A continuación, se presenta el gráfico y el cuadro respectivo.

**Tabla 12**  
Valores máximos y mínimos mensuales de la flota de carguío.

ANALISIS MENSUAL					
	MEJOR VALOR	MENOR VALOR	PROMEDIO FLOTA	PROMEDIO OPTIMO	TARGET 2020
CAT374DL	75%	70%	73%	77%	77%
	Enero	Marzo			
CAT390FL	79%	73%	75%	77%	77%
	Agosto	Octubre			

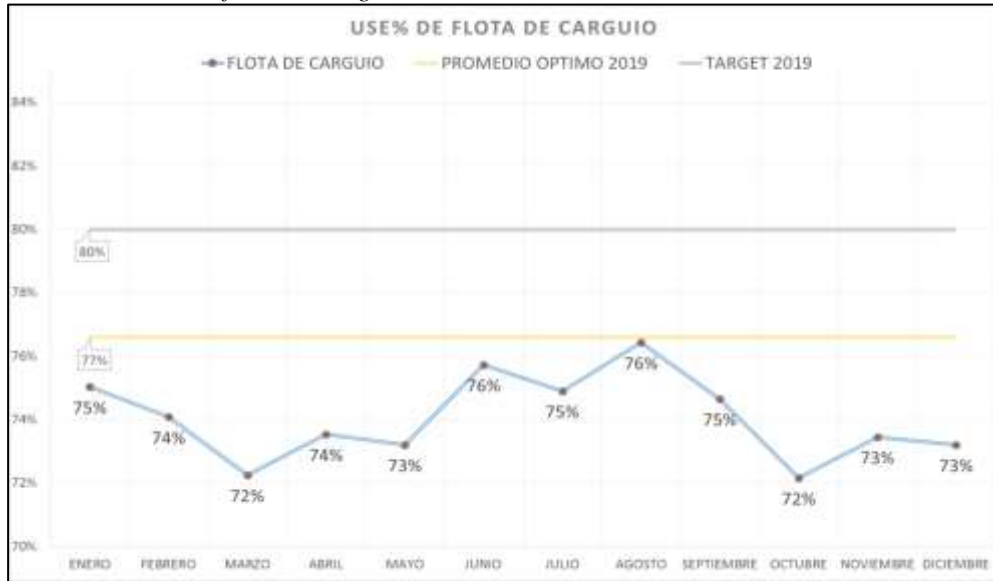
**Figura 48**  
Uso% mensual de las flotas CAT390 y CAT74.



En la figura 48, se muestra el uso en % mensual de la flota de carguío, desde enero hasta diciembre del 2019, el cual varía desde 70% hasta 75% para CAT 374 y desde 73% hasta 79% para CAT390FL.

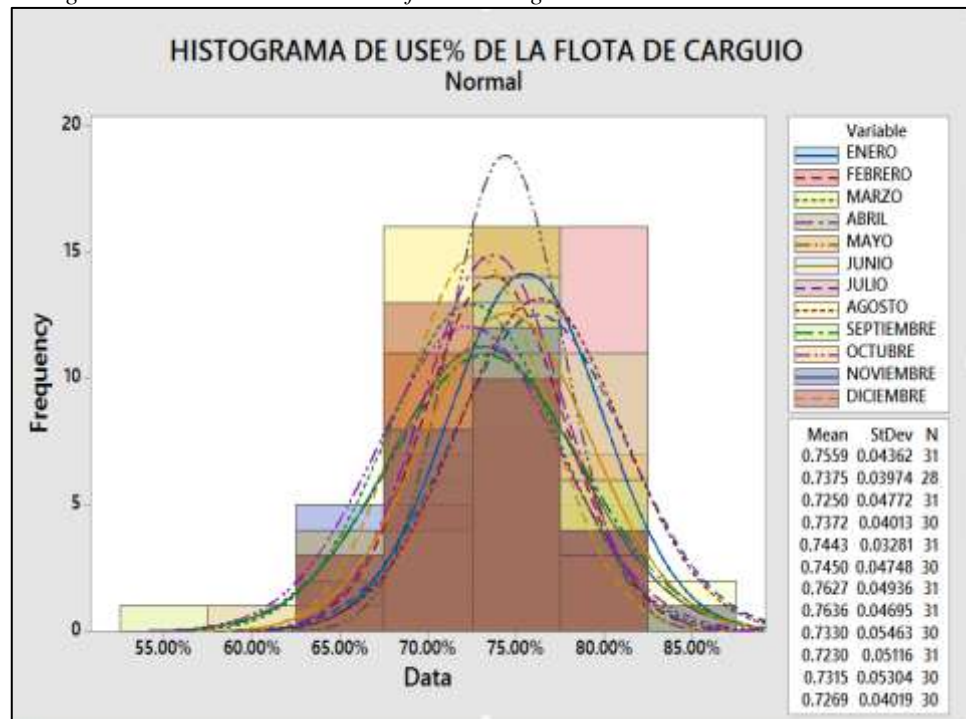


**Figura 49**  
*Uso% mensual de las flotas de carguío.*



En la figura 49, se muestra el uso en % mensual de la flota de carguío, desde enero hasta diciembre del 2019, el cual varía en promedio desde 72% hasta 76%.

**Figura 50**  
*Histograma de Uso% mensual de la flota de carguío*



En la figura 50, se muestra el histograma del uso en % de la flota de carguío, considerando los promedios mensuales, y la frecuencia por día.



g) UoA %

Para el año 2019 el parámetro tuvo un target de 83%; después de realizarse el análisis de los datos de las flotas se propone utilizar el promedio óptimo de 93% como target de UoA% para la flota de carguío para el 2020, debido a que este valor expresa mayor proximidad a la UoA% mensual obtenida en función a los valores óptimos logrados por ambas flotas (CAT390 y CAT374) durante el 2019. A continuación, se presenta el gráfico y el cuadro respectivo.

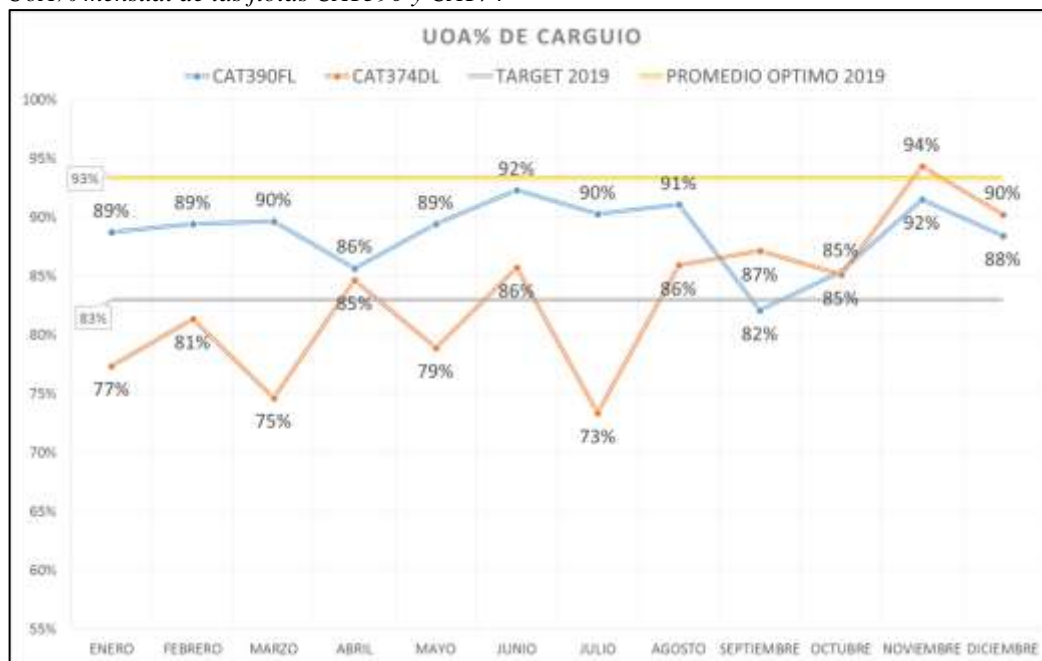
**Tabla 13**

*Valores máximos y mínimos mensuales de la flota de carguío.*

ANALISIS MENSUAL					
	MEJOR VALOR	MENOR VALOR	PROMEDIO FLOTA	PROMEDIO OPTIMO	TARGET 2020
CAT374DL	94%	73%	83%	93%	93%
	Noviembre	Julio			
CAT390FL	92%	82%	89%	93%	93%
	Junio	Septiembre			

**Figura 51**

*UoA% mensual de las flotas CAT390 y CAT74*



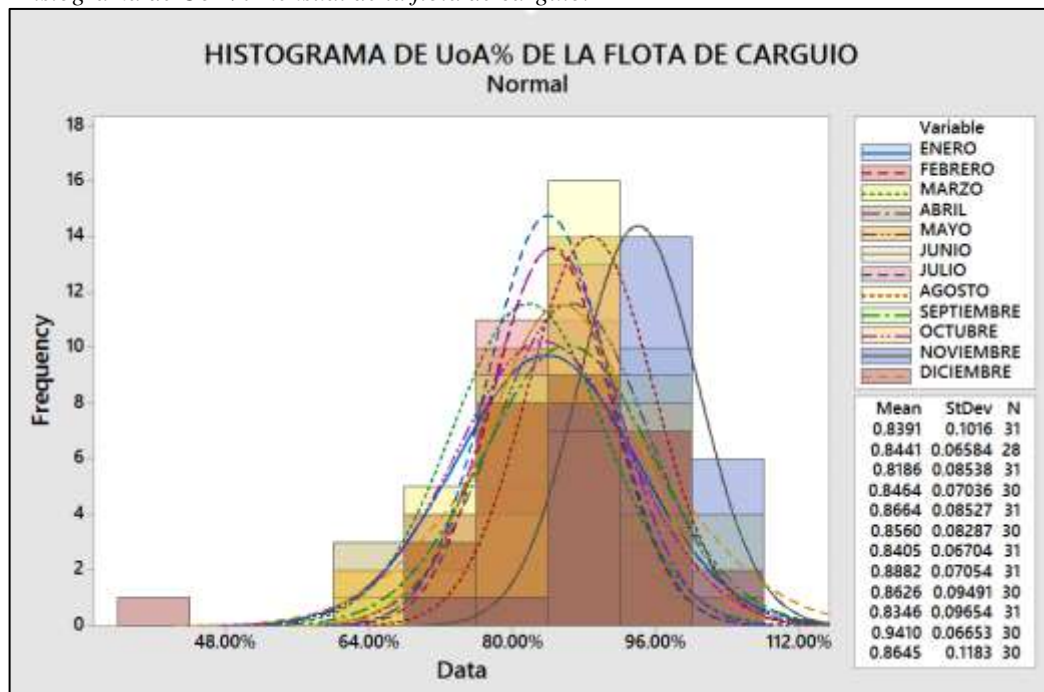
En la figura 51, se muestra el UoA en % mensual de la flota de carguío, desde enero hasta diciembre del 2019, el cual varía desde 73% hasta 94% para CAT 374 y desde 82% hasta 92% para CAT390FL.

**Figura 52**  
*UoA% mensual de las flotas de carguío.*



En la figura 52, se muestra el UoA en % mensual de la flota de carguío, desde enero hasta diciembre del 2019, el cual varía en promedio desde 81.8% hasta 92.9%.

**Figura 53**  
*Histograma de UoA% mensual de la flota de carguío.*



En la figura 50, se muestra el histograma del UoA en % de la flota de carguío, considerando los promedios mensuales, y la frecuencia por día.

#### h) Utilización %

Para el año 2019 el parámetro tuvo un target de 60%; después de realizarse el análisis de los datos de las flotas se propone utilizar el promedio óptimo de 67% como target de Utilización% para la flota de carguío para el 2020, debido a que este valor expresa mayor proximidad a la Utilización% mensual obtenida en función a los valores óptimos logrados por ambas flotas (CAT390 y CAT374) durante el 2019. A continuación, se presenta el gráfico y el cuadro respectivo.

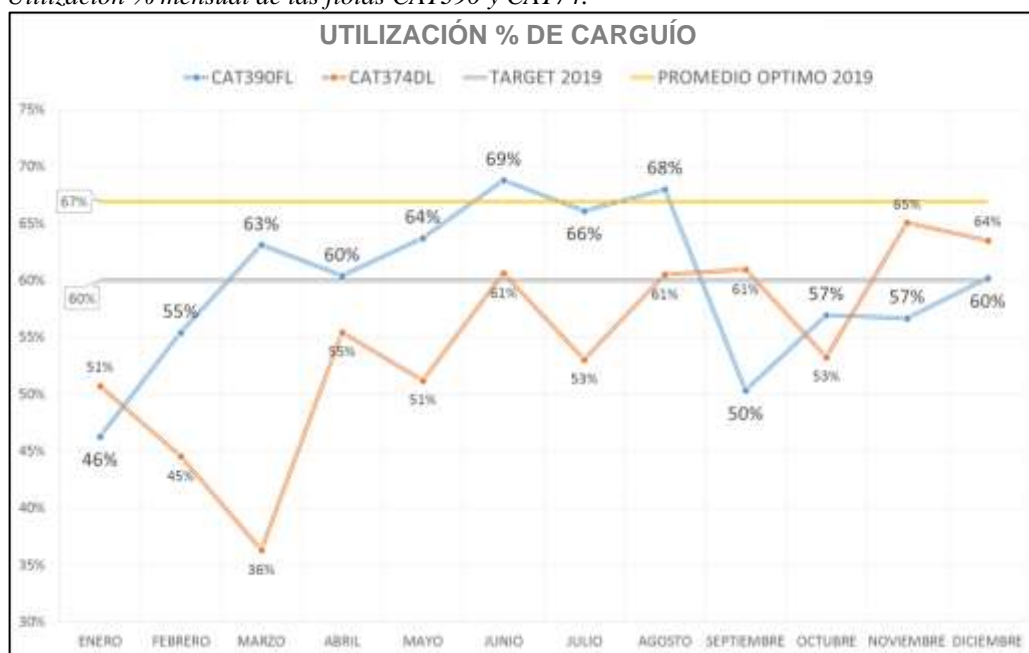
**Tabla 14**

*Valores máximos y mínimos mensuales de la flota de carguío.*

ANÁLISIS MENSUAL					
	MEJOR VALOR	MENOR VALOR	PROMEDIO FLOTA	PROMEDIO OPTIMO	TARGET 2020
CAT374DL	65%	36%	55%	67%	67%
	Noviembre	Marzo			
CAT390FL	69%	46%	60%	67%	67%
	Junio	Enero			

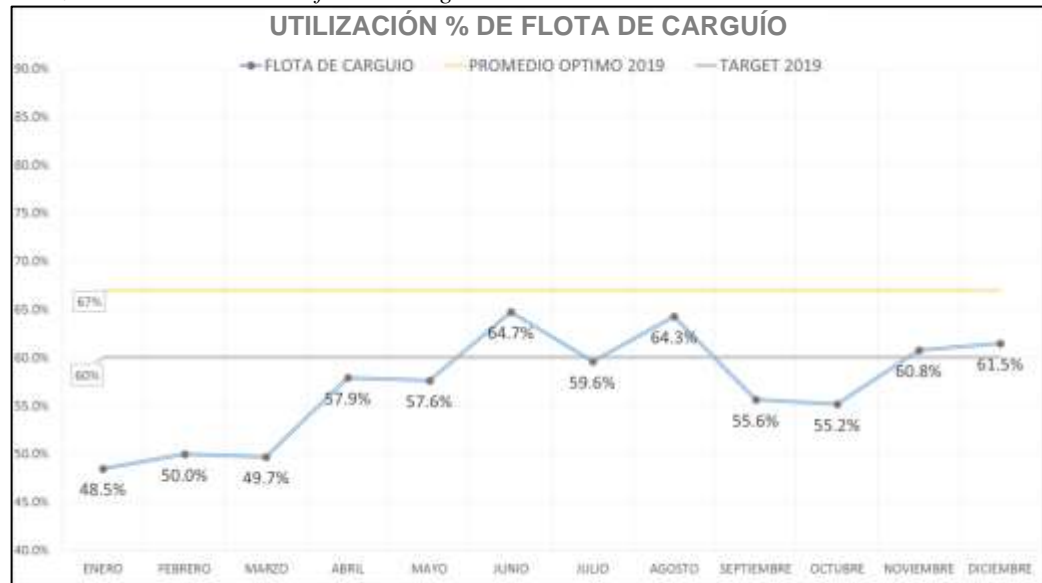
**Figura 54**

*Utilización % mensual de las flotas CAT390 y CAT74.*



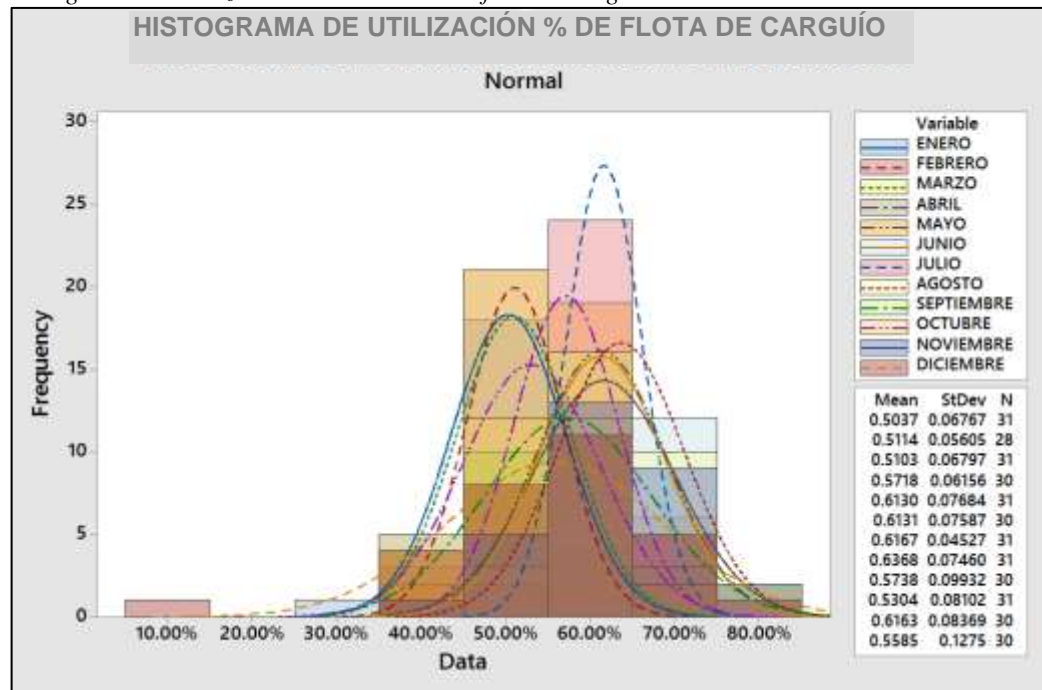
En la figura 54, se muestra la utilización en % mensual de la flota de carguío, desde enero hasta diciembre del 2019, el cual varía desde 36% hasta 69% para CAT 390FL y desde 36% hasta 65% para CAT 374DL.

**Figura 55**  
*Utilización % mensual de la flota de carguío.*



En la figura 55, se muestra la utilización en % mensual de la flota de carguío, desde enero hasta diciembre del 2019, el cual varía en promedio desde 48.5% hasta 64.7%.

**Figura 56**  
*Histograma de Utilización % mensual de la flota de carguío*



### 3.1.6. Indicadores actuales de acarreo

#### a. Productividad de acarreo (t/h)

##### SCANIA 460

Para el año 2019 el parámetro tuvo un target de 94 t/h; después de realizarse el análisis de los datos de la flota se propone utilizar el promedio óptimo de 87 t/h como target de productividad de acarreo para la flota SCANIA 460 para el 2020, debido a que este valor expresa mayor proximidad a la producción mensual obtenida en función a los valores óptimos logrados por la flota durante el 2019. A continuación, se presenta el gráfico y el cuadro respectivo.

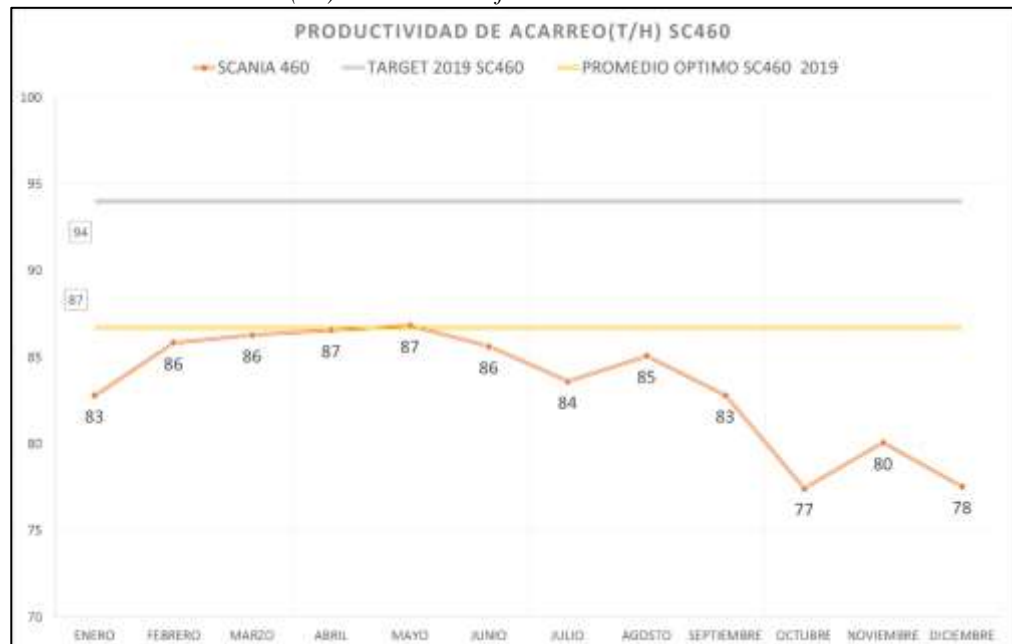
**Tabla 15**

*Valores máximos y mínimos mensuales de la flota SCANIA460.*

ANALISIS MENSUAL				
	1° y 2° MEJOR VALOR	1° y 2° MENOR VALOR	PROMEDIO OPTIMO	TARGET 2020
SCANIA460	87	77	87	87
	Mayo	Octubre		
	87	78		
	Abril	Diciembre		

**Figura 57**

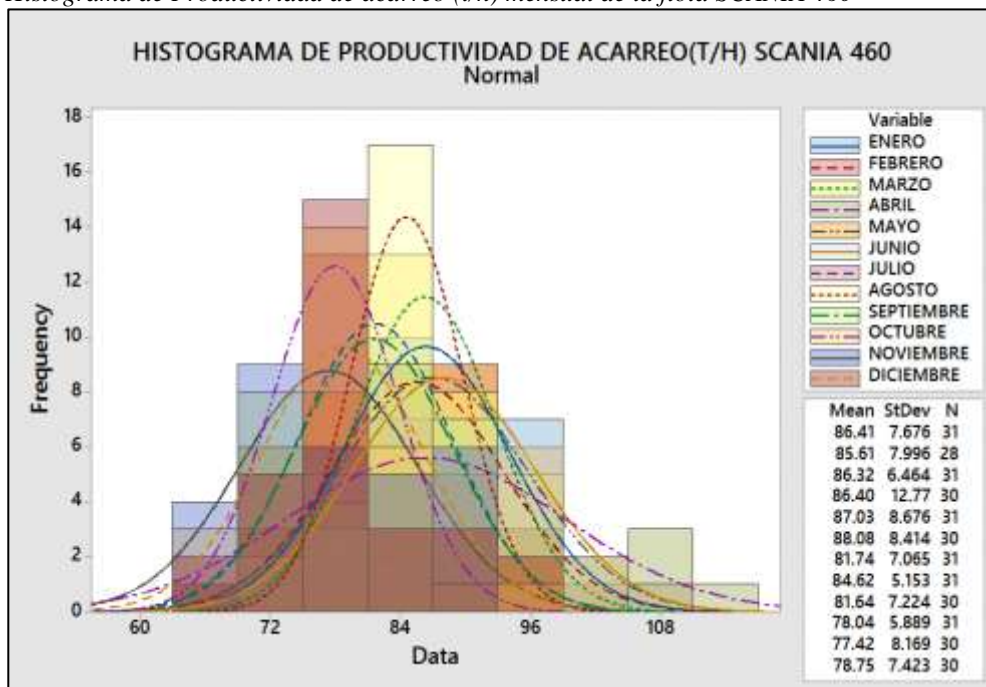
*Productividad de acarreo (t/h) mensual de la flota SCANIA 460*



En la figura 57, se muestra la productividad (t/h) mensual de la flota Scania 460, desde enero hasta diciembre del 2019, el cual varía desde 77 t/h hasta 87 t/h.

**Figura 58**

*Histograma de Productividad de acarreo (t/h) mensual de la flota SCANIA 460*



En la figura 58, se muestra el histograma de la productividad de acarreo (t/h) mensual de la flota Scania 460, considerando los promedios mensuales, y la frecuencia por día.

### SCANIA 460 HT

Para el año 2019 el parámetro tuvo un target de 110 t/h; después de realizarse el análisis de los datos de la flota se propone utilizar el promedio óptimo de 111 t/h como target de productividad de acarreo para la flota SCANIA 460 para el 2020, debido a que este valor expresa mayor proximidad a la producción mensual obtenida en función a los valores óptimos logrados por la flota durante el 2019. A continuación, se presenta el gráfico y el cuadro respectivo.



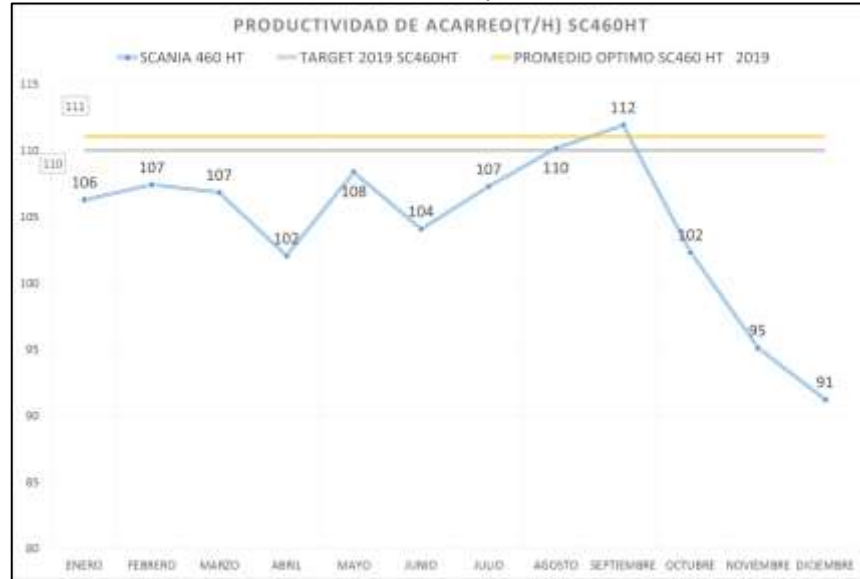
**Tabla 16**

Valores máximos y mínimos mensuales de la flota SCANIA460.

ANÁLISIS MENSUAL				
	1° y 2° MEJOR VALOR	1° y 2° MENOR VALOR	PROMEDIO OPTIMO	TARGET 2020
SCANIA460 HT	112	91	111	111
	Septiembre	Diciembre		
	110	95		
	Agosto	Noviembre		

**Figura 59**

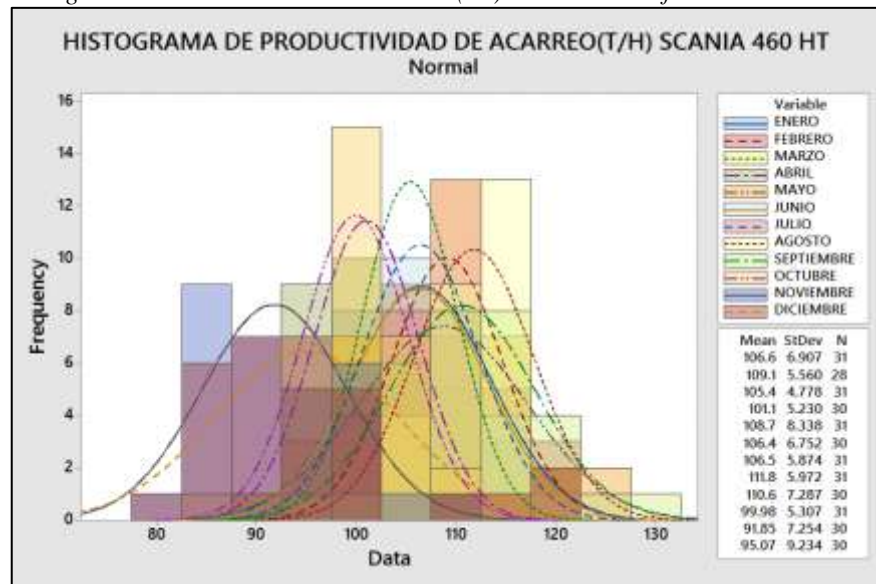
Productividad de acarreo (t/h) mensual de la flota SCANIA 460 HT.



En la figura 59, se muestra la productividad (t/h) mensual de la flota Scania 460HT, desde enero hasta diciembre del 2019, el cual varía desde 91 t/h hasta 112 t/h.

**Figura 60**

Histograma de Productividad de acarreo (t/h) mensual de la flota SCANIA 460 HT





En la figura 60, se muestra el histograma de la productividad de acarreo (t/h) mensual de la flota Scania 460HT, considerando los promedios mensuales, y la frecuencia por día.

**b. Queue%**

Para el año 2019 el parámetro tuvo un target de 5%; después de realizarse el análisis de los datos de las flotas (filtrando los datos atípicos de los equipos que no contaron con sistema de la flota SCANIA 460), se propone utilizar el promedio óptimo de 3.6% como target de Queue% para la flota de acarreo para el 2020, debido a que este valor expresa mayor proximidad al Queue% mensual obtenida en función a los valores óptimos logrados por ambas flotas (SCANIA 460 y SCANIA 460 HT) durante el 2019. A continuación, se presenta el gráfico y el cuadro respectivo.

**Tabla 17**  
*Valores máximos y mínimos mensuales de la flota de acarreo.*

ANÁLISIS MENSUAL					
	MAYOR VALOR	MENOR VALOR	PROMEDIO FLOTA	PROMEDIO OPTIMO	TARGET 2020
FLOTA DE CARGUIO	23%	3%	11%	3.6%	3.6%
	Julio	Diciembre			
	22%	4%			
	Septiembre	Enero			

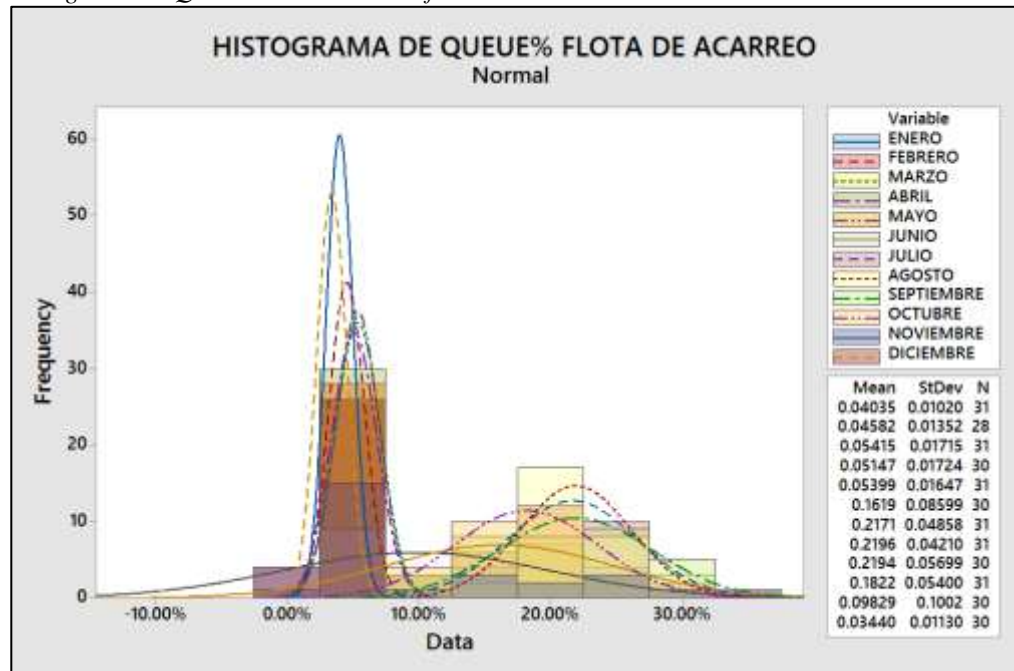
**Figura 61**  
*Queue% mensual de la flota de acarreo.*



En la figura 61, se muestra el Queue (%) mensual de la flota de acarreo, desde enero hasta diciembre del 2019, el cual varía desde 3% hasta 23.1%.

**Figura 62**

*Histograma de Queue% mensual de la flota de acarreo.*



En la figura 62, se muestra el histograma de queue (%) mensual de la flota de acarreo, considerando los promedios mensuales, y la frecuencia por día.

**c. Queue (min)**

Para el año 2019 el parámetro tuvo un target de 1 min; después de realizarse el análisis de los datos de las flotas (filtrando los datos atípicos de los equipos que no contaron con sistema de la flota SCANIA 460), se propone utilizar el promedio óptimo de 0.8 min como target de Queue (min) para la flota de acarreo para el 2020, debido a que este valor expresa mayor proximidad al Queue (min) mensual obtenida en función a los valores óptimos logrados por ambas flotas (SCANIA 460 y SCANIA 460 HT) durante el 2019. A continuación, se presenta el gráfico y el cuadro respectivo.

**Tabla 18**

Valores máximos y mínimos mensuales de la flota de acarreo.

ANÁLISIS MENSUAL					
	MAYOR VALOR	MENOR VALOR	PROMEDIO FLOTA	PROMEDIO OPTIMO	TARGET 2020
FLOTA DE CARGUIO	4.80	0.67	2.41	0.8	0.8
	Julio	Diciembre			
	4.40	0.95			
	Agosto	Febrero			

**Figura 63**

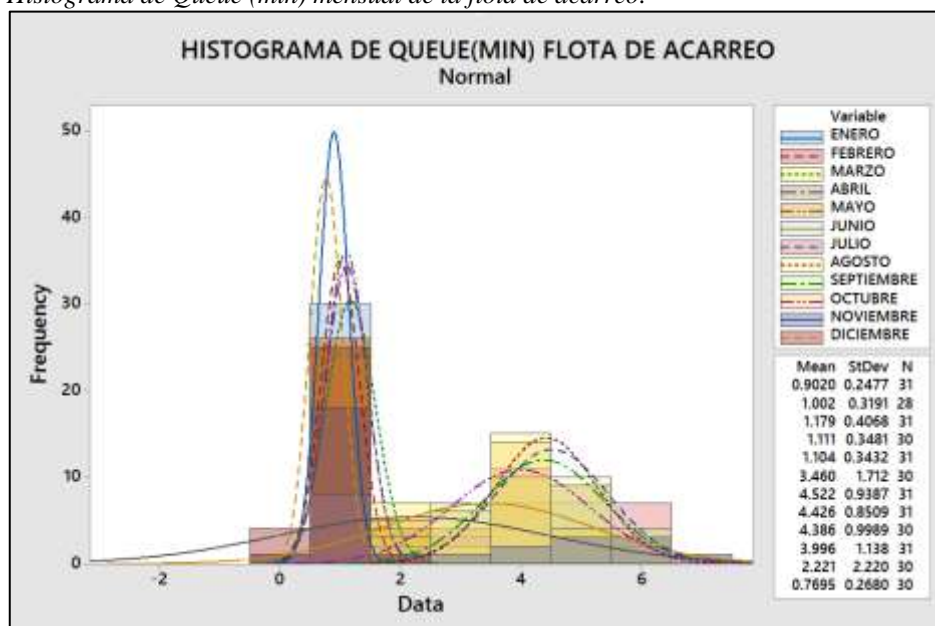
Queue (min) mensual de la flota de acarreo.



En la figura 61, se muestra el Queue (min) mensual de la flota de acarreo, desde enero hasta diciembre del 2019, el cual varía desde 0.9 hasta 4.8.

**Figura 64**

Histograma de Queue (min) mensual de la flota de acarreo.



En la figura 64, se muestra el histograma de queue (min) mensual de la flota de acarreo, considerando los promedios mensuales, y la frecuencia por día.

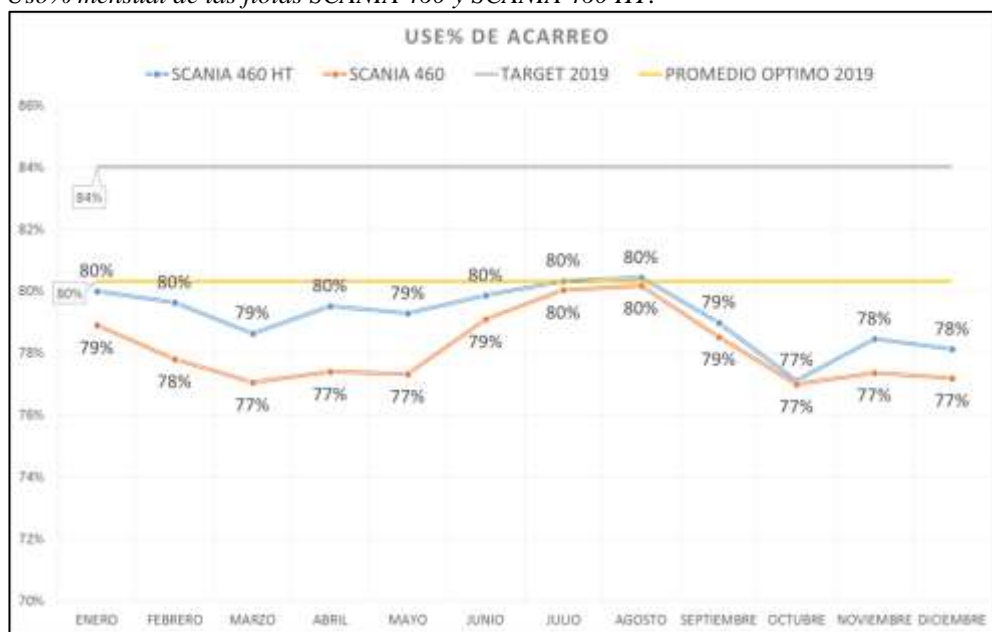
**d. Uso%**

Para el año 2019 el parámetro tuvo un target de 84%; después de realizarse el análisis de los datos de las flotas se propone utilizar el promedio óptimo de 80% como target de Uso% para la flota de acarreo para el 2020, debido a que este valor expresa mayor proximidad al Uso% mensual obtenida en función a los valores óptimos logrados por ambas flotas (SCANIA 460 y SCANIA 460 HT) durante el 2019. A continuación, se presenta el gráfico y el cuadro respectivo.

**Tabla 19**  
*Valores máximos y mínimos mensuales de la flota de acarreo.*

ANALISIS MENSUAL					
	MEJOR VALOR	MENOR VALOR	PROMEDIO FLOTA	PROMEDIO OPTIMO	TARGET 2020
SCANIA460	80%	77%	78%	80%	80%
	Agosto	Octubre			
SCANIA460HT	80%	77%	79%		
	Agosto	Octubre			

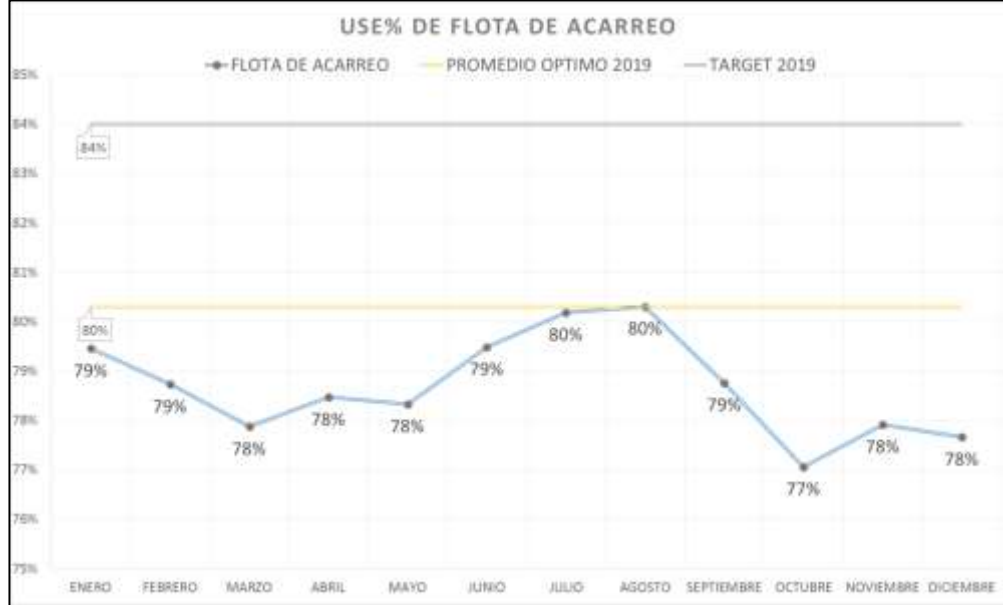
**Figura 65**  
*Uso% mensual de las flotas SCANIA 460 y SCANIA 460 HT.*



En la figura 65, se muestra el Uso (%) mensual de la flota de acarreo, desde enero hasta diciembre del 2019, el cual varía desde 77% hasta 80% para Scania 460 y desde 77% hasta 80% para Scania 460HT.

**Figura 66**

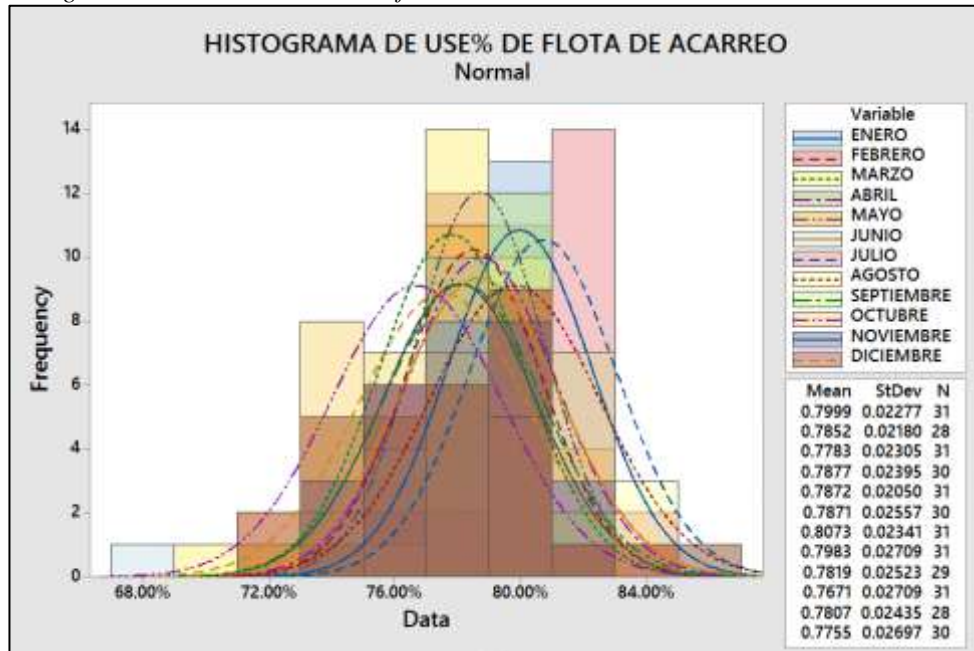
*Uso% mensual de la flota de acarreo.*



En la figura 66, se muestra el Uso (%) mensual de la flota de acarreo, desde enero hasta diciembre del 2019, el cual varía en promedio desde 77% hasta 80%.

**Figura 67**

*Histograma de Uso% mensual de la flota de acarreo.*



En la figura 67, se muestra el histograma de uso (%) mensual de la flota de acarreo, considerando los promedios mensuales, y la frecuencia por día.

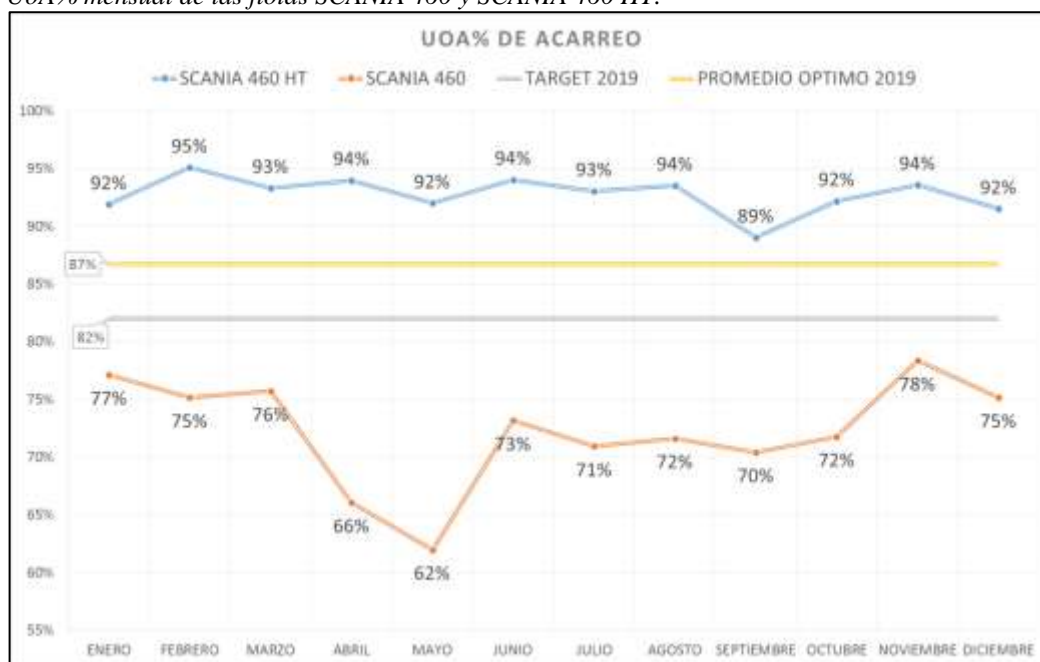
**e. UoA**

Para el año 2019 el parámetro tuvo un target de 82%; después de realizarse el análisis de los datos de las flotas se propone utilizar el promedio óptimo de 87% como target de UoA% para la flota de acarreo para el 2020, debido a que este valor expresa mayor proximidad al UoA% mensual obtenida en función a los valores óptimos logrados por ambas flotas (SCANIA 460 y SCANIA 460 HT) durante el 2019. A continuación, se presenta el gráfico y el cuadro respectivo.

**Tabla 20**  
*Valores máximos y mínimos mensuales de la flota de acarreo.*

ANÁLISIS MENSUAL					
	MEJOR VALOR	MENOR VALOR	PROMEDIO FLOTA	PROMEDIO OPTIMO	TARGET 2020
SCANIA460	78%	62%	72%	87%	87%
	Noviembre	Mayo			
SCANIA460HT	95%	89%	93%		
	Febrero	Septiembre			

**Figura 68**  
*UoA% mensual de las flotas SCANIA 460 y SCANIA 460 HT.*

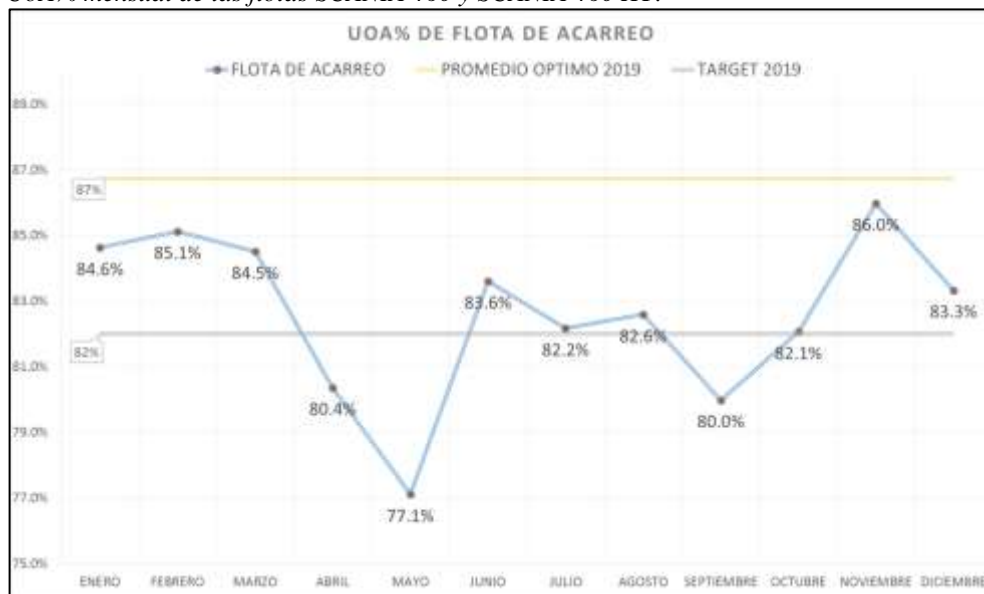




En la figura 68, se muestra el UoA (%) mensual de la flota de acarreo, desde enero hasta diciembre del 2019, el cual varía desde 62% hasta 78% para Scania 460 y desde 89% hasta 95% para Scania 40HT.

**Figura 69**

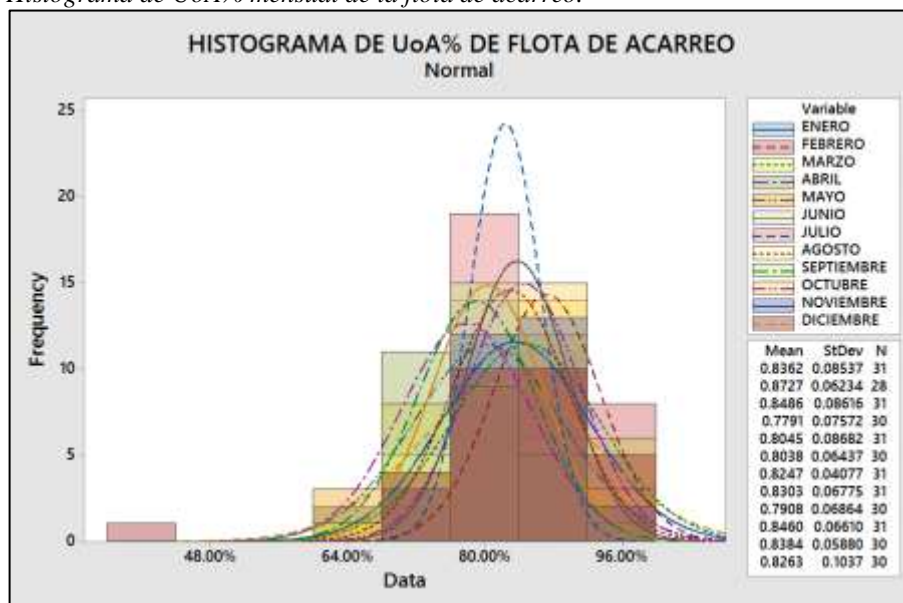
*UoA% mensual de las flotas SCANIA 460 y SCANIA 460 HT.*



En la figura 69, se muestra el UoA (%) mensual de la flota de acarreo, desde enero hasta diciembre del 2019, el cual varía en promedio desde 77.1% hasta 86%.

**Figura 70**

*Histograma de UoA% mensual de la flota de acarreo.*





En la figura 70, se muestra el histograma de UoA (%) mensual de la flota de acarreo, considerando los promedios mensuales, y la frecuencia por día.

#### f. Utilización%

Para el año 2019 el parámetro tuvo un target de 67%; después de realizarse el análisis de los datos de las flotas se propone utilizar el promedio óptimo de 61% como target de Utilización% para la flota de acarreo para el 2020, debido a que este valor expresa mayor proximidad a la Utilización% mensual obtenida en función a los valores óptimos logrados por ambas flotas (SCANIA 460 y SCANIA 460 HT) durante el 2019. A continuación, se presenta el gráfico y el cuadro respectivo.

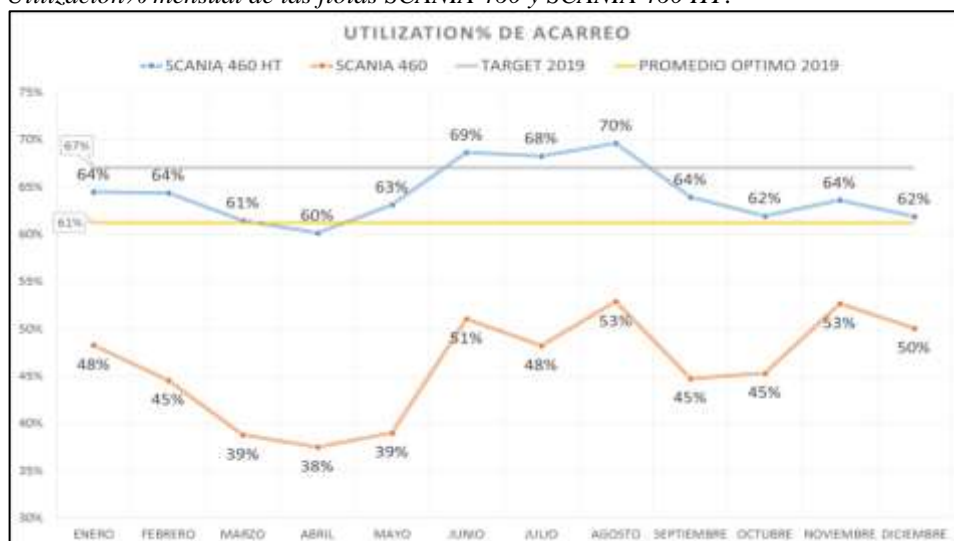
**Tabla 21**

*Valores máximos y mínimos mensuales de la flota de acarreo.*

ANÁLISIS MENSUAL					
	MEJOR VALOR	MENOR VALOR	PROMEDIO FLOTA	PROMEDIO OPTIMO	TARGET 2020
SCANIA460	53% Agosto	38% Abril	46%	61%	61%
SCANIA460HT	70% Agosto	60% Abril	64%		

**Figura 71**

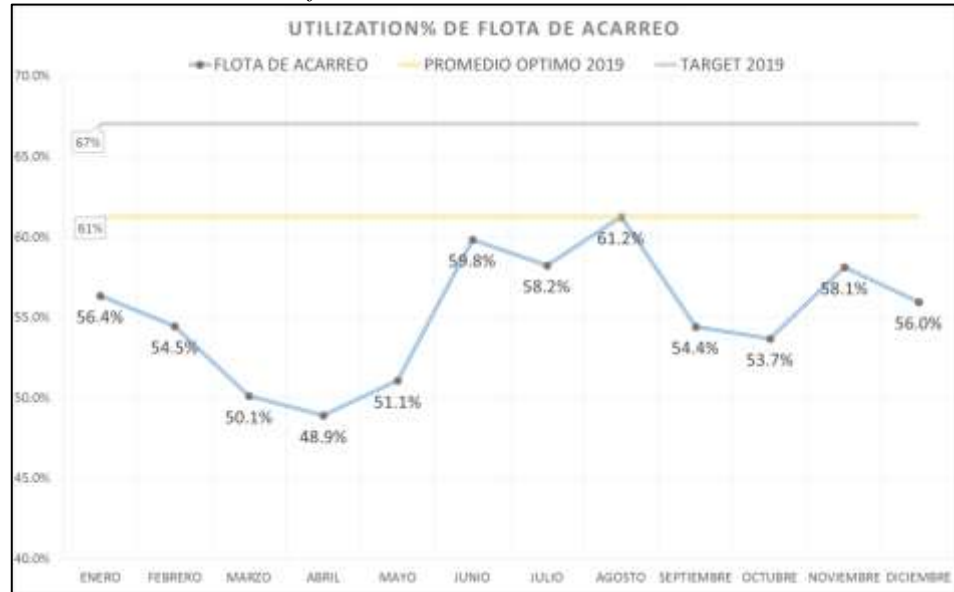
*Utilización% mensual de las flotas SCANIA 460 y SCANIA 460 HT.*



En la figura 71, se muestra la utilización (%) mensual de la flota de acarreo, desde enero hasta diciembre del 2019, el cual varía desde 38% hasta 54% para Scania 460 y desde 60% hasta 70% para Scania 40HT.

**Figura 72**

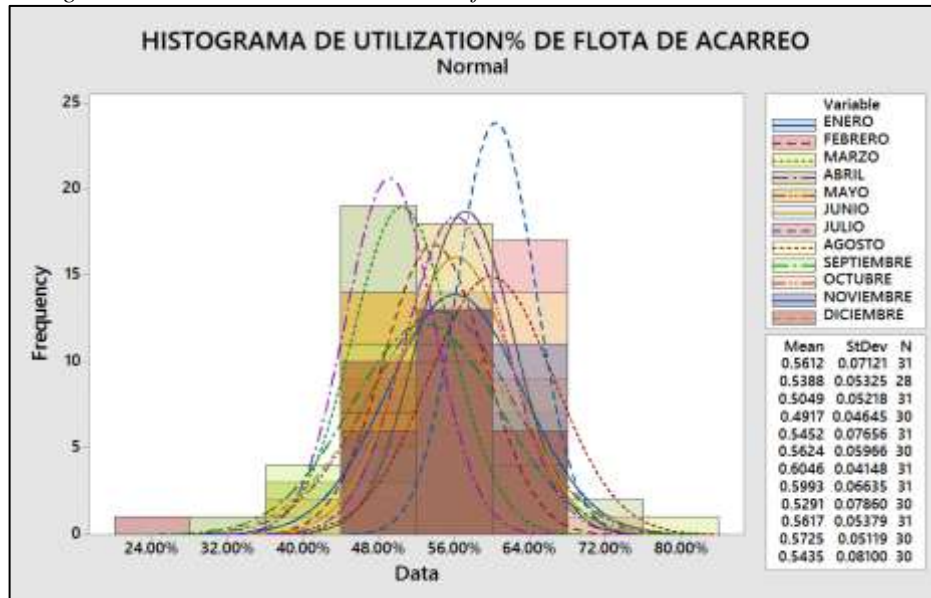
*Utilización% mensual de la flota de acarreo.*



En la figura 72, se muestra la utilización (%) mensual de la flota de acarreo, desde enero hasta diciembre del 2019, el cual varía en promedio desde 48.9% hasta 61.2%.

**Figura 73**

*Histograma de Utilización% mensual de la flota de acarreo.*



En la figura 73, se muestra el histograma de utilización (%) mensual de la flota de acarreo, considerando los promedios mensuales, y la frecuencia por día.

### 3.1.7. Resumen de los indicadores actuales

**Tabla 22**

*Operacionalización de las variables de investigación.*

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	Unidades	Equipo	Valor actual	Target	
<b>Independiente:</b> Sistema ControlSense	Uso del software	Porcentaje de uso del software	%		No se realiza	100%	
		Cantidad de equipos monitoreados	Unidades		No se realiza	44	
		Monitoreo de productividad	%		No se realiza	100%	
<b>Dependiente:</b> Productividad en el proceso de carguío y acarreo	Productividad de carguío	Productividad instantánea T/h		CAT 374	2540.80	3001	
				CAT390	2872.58	3229	
		Productividad operativa T/h		CAT 374	665.42	713	
				CAT390	776.08	828	
				CAT 374	1656.83	1730	
		Productividad efectiva T/h		CAT390	1772.25	1858	
	Hang (min)			%	CAT 374 y CAT 390	53.16	50
					Min	1.71	1.20
	Uso			%	CAT390	75.25	77
		CAT 374	72.58		77		
	UoA%	%	CAT390	89	93		
			CAT374	83.17	93		
			CAT390	59.58	67		
CAT374			54.67	67			
Productividad en equipos de acarreo	Queue (min)	%	SCANIA 460 y	11.38	3.6		
			SCANIA 460HT	2.41	0.8		
	Uso	%	SCANIA 460	79.17	80		

		SCANIA 460HT	78.08	80
UoA	%	SCANIA 460	92.83	87
		SCANIA 460HT	72.25	87
Utilización	%	SCANIA 460	64.25	61
		SCANIA 460HT	46.16	62
Productividad de acarreo	T/h	SCANIA 460	83.5	87
		SCANIA 460HT	104.25	111

### 3.2. Implementación del Sistema ControlSense en los equipos de carguío y acarreo

#### 3.2.1. Descripción del sistema en mina Gold Fields

##### a. Objetivos de controlsense en GoldFields:

- Identificar los componentes más importantes que ayudan a optimizar el ciclo de carguío y acarreo.
- Analizar los beneficios del Sistema ControlSense.
- Conocer la correcta operación del Sistema ControlSense.

##### b. Identificación de las actividades de carguío y acarreo en GoldFields:

En minera GoldFields tratándose de una mina superficial, se identificaron las actividades mostradas en la figura 74 y 75.

**Figura 74**  
*Ciclo de carguío.*



En la figura 74 se muestran las 3 actividades básicas en carguío que son esperando, acomodo y cargando. Y sus equipos principales son excavadoras CAT 374 y CAT390.

**Figura 75**  
Ciclo de acarreo



En la figura 75 se muestran las 11 actividades básicas en carguío que son viajando vacío, llegada, listo para cuadrar, cuadrando, cuadrado, cargado, acarreo, en cola de descarga, retrocediendo, listo en descarga y descargando. Y sus equipos principales son volquetes Scania 460 y Scania 460HT.

**c. Estados que reporta ControlSense:**

En la figura 76, se muestran los estados del equipo que se muestran en la pantalla del operador.



**Figura 76**

Estados que muestra Controlsense en pantalla del operador.



**d. Elementos del menú principal ControlSense:**

**Figura 77**

Elementos del menú principal.





En la figura 77, se muestra los elementos que muestra la pantalla del operador, de acuerdo a todos los componentes instalados en los equipos.

### e. Dashboards

Esta opción se activa al deslizar la pantalla de derecha a izquierda, lo cual desplegará una ventana encima de la pantalla principal. Esta pantalla muestra los indicadores críticos de rendimiento, los cuales tienen targets (objetivos) con los cuales se puede clasificar el rendimiento del operador.

**Figura 78**

*Dashboard de la pantalla del operador.*



- Total de tonelada: Es la sumatoria de toneladas por viaje hasta ese momento.
- Uso: su valor en minutos es el tiempo Delay. Su valor en porcentaje es la división de la sumatoria del tiempo Ready del turno entre la sumatoria del tiempo Ready del turno más la sumatoria del tiempo Delay del turno todo por 100.
- Velocidad de cargado: Muestra la velocidad promedio de los equipos en la actividad de acarreo.

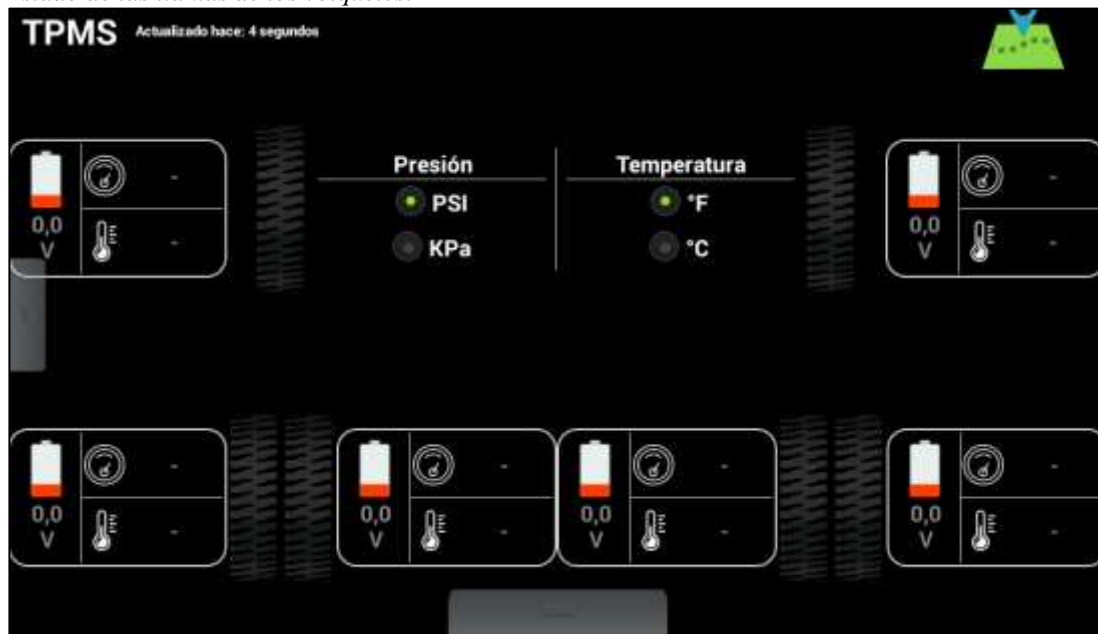
- Velocidad de vacío: Muestra la velocidad promedio de los equipos en la actividad viajando vacío.
- Payload: Muestra el promedio de toneladas cargas por los equipos de acarreo.
- Toneladas kilómetro por hora: Muestra la sumatoria de las toneladas cargadas por la distancia recorrida entre el tiempo ready.
- Cola: Muestra su valor en minutos y en porcentaje; su valor en minutos es el tiempo cola. Su valor en porcentaje es la división de la sumatoria del tiempo ready del turno entre la sumatoria del tiempo ready del turno más la sumatoria del tiempo en cola del turno todo por 100.
- Descarga: Muestra su valor en minutos y en porcentaje; su valor en minutos es el tiempo descarga. Su valor en porcentaje es la división de la sumatoria del tiempo ready del turno entre la sumatoria del tiempo ready del turno más la sumatoria del tiempo descargando del turno todo por 100.
- Cuadrando: Muestra su valor en minutos y en porcentaje; su valor en minutos es el tiempo cuadrando. Su valor en porcentaje es la división de la sumatoria del tiempo ready del turno entre la sumatoria del tiempo ready del turno más la sumatoria del tiempo cuadrando del turno todo por 100.

**f. Monitoreo de presión de llantas (TPMS)**

Para verificar el estado de las llantas, se ingresa al Menú contextual, ingresar a la opción TPMS. Se mostrarán los gráficos correspondientes al monitoreo.

**Figura 79**

*Estado de las llantas de los volquetes.*



En la figura 78, se muestra pantalla del operador brindando datos de presión y temperatura de las llantas delanteras y posteriores.

### 3.2.2. Monitoreo de parámetros

En el sistema se establecieron parámetros operativos los cuales se muestran en la figura 80.

**Figura 80**

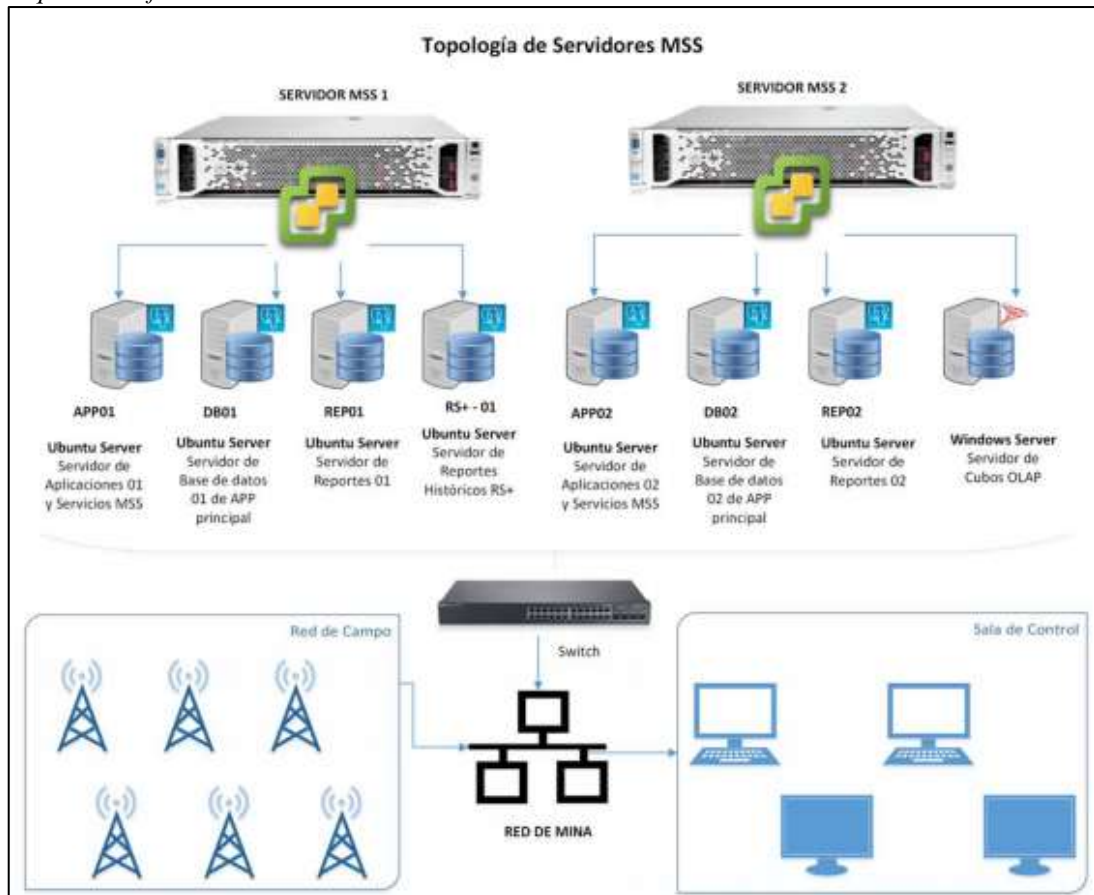
*Parámetros operativos del volquete.*



### 3.2.3. Centro de control

El centro de control funciona en las oficinas de operaciones mina de GoldFields, se encuentran 3 computadoras enlazadas siguiendo el esquema mostrado en la figura 81.

**Figura 81**  
*Esquema del funcionamiento controlsense.*



**Figura 82**  
*Monitoreo controlsense.*

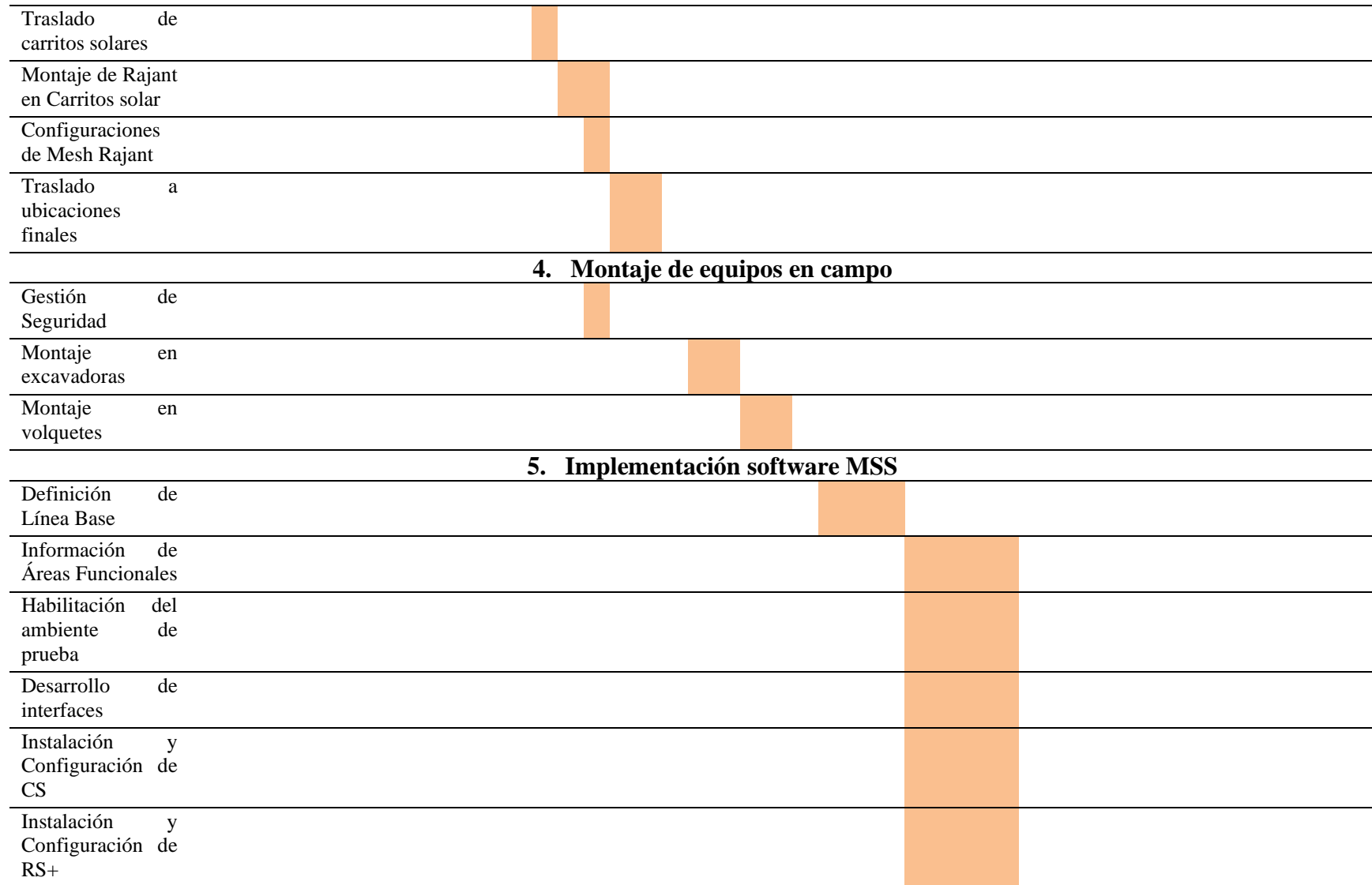


### 3.2.4. Cronograma de implementación

**Tabla 23**

*Cronograma de implementación 2020.*

Actividades	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre
<b>1. Gestión</b>											
Servidores, Switches, PCs, TVs, computadoras, sensores, GPS											
Antenas e Infraestructura de red											
Componentes de Control MSS											
Instalación de antenas móviles											
<b>2. Centro de datos y control</b>											
Proceso de transporte desde el puerto marítimo											
Traslado de Componentes de antenas											
Implementación de antenas											
Instalación de Componentes											
<b>3. Infraestructura de red</b>											
Montaje de torres de comunicación											
Montaje de equipos en torres											



Instalación y  
Configuración de  
HS

**6. Validaciones y entrenamiento**

Entrenamiento a  
Administradores

Entrenamiento a  
Optimizadores

Entrenamiento a  
Operadores

Validaciones  
Unitarias

Ejecución de  
UATs

Sistema Manual  
Listo

Sistema  
Automático Listo

**7. Puesta en marcha**



### 3.2.5. Beneficios de controlsense

El sistema de control de flota maximiza la productividad e incrementa la eficiencia y la optimización total de la flota, proporcionando asignaciones optimizadas de equipos de carguío y acarreo, posiciones de equipos basados en GPS, monitoreo del estado de los equipos, rastreo de mantenimiento, mezclas, producción, reportes y más.

Facilitar un seguimiento de cada una de las actividades que se vienen desarrollando y buscar así las mejoras en tiempo real en cada actividad de campo, dando el soporte correspondiente a la supervisión en campo.

Buscar que la aplicación de este sistema no sea únicamente para el área de mina, sino encaminar las opciones de optimización que podamos identificar y replicarlas bajo las necesidades de otras áreas, logrando así una sinergia operativa y obtener el máximo provecho posible en cada proceso de Cerro Corona.

Rastrear el estado de cada equipo principal y auxiliares. Monitorear el desempeño de mantenimiento, planificar operaciones y requisitos de flotas, e identificar las áreas con problemas para mejorar la productividad.

Este sistema nos permite mirar más allá, y no solo considerarla una aplicación para la optimización operativa, sino también buscar aquellas mejoras que puedan incentivar al ahorro de recursos.

El sistema almacena toda la información registrada en una base de datos a la cual se tiene acceso en tiempo real y de forma histórica, para la elaboración de los reportes y análisis de modo tal que nos pueda servir para identificar oportunidades de mejora enfocándonos en las deficiencias que se hayan tenido y poder corregirlas en lo sucesivo.

Proyecto iniciado con el equipo multidisciplinario de “Stockpile Management” el cual dará soporte en el proceso de identificación de tipo de mineral de baja ley que ingresa a los stocks correspondientes y además podrá ser de gran ayuda al momento de realizar el minado de este material stockeado (almacenado) y optimizar así las secuencias de reclamo de este tipo de material cuando sea requerido.

Identificar los indicadores de rendimiento operativo desde las perspectivas de cada actividad unitaria como carguío, acarreo, perforación y metas de producción.

### 3.2.6. Instalación de red de cobertura

**Figura 83**

*Red de cobertura ControlSense.*

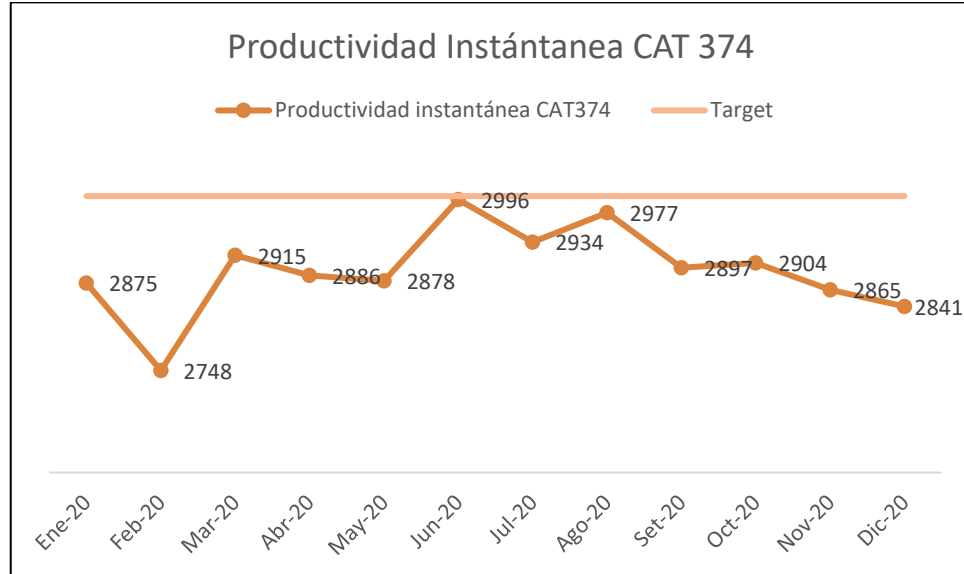


### 3.3. Mejora en los tiempos de carguío y acarreo después de la implementación ControlSense

#### 3.3.1. Productividad instantánea

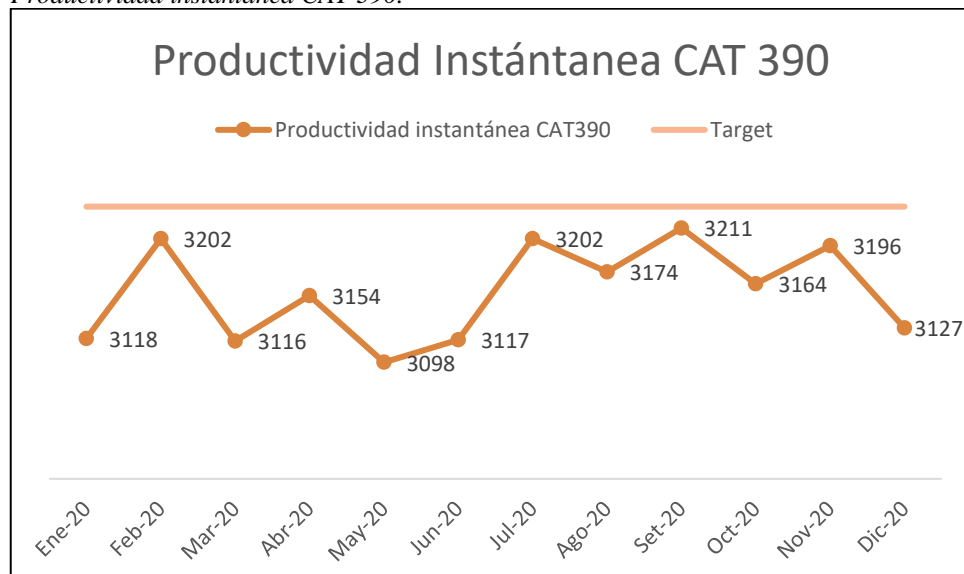
Al implementar Controlsense se han mejorado los indicadores de carguío y acarreo, tal es el caso de la productividad instantánea de los equipos.

**Figura 84**  
*Productividad instantánea CAT 374.*



En la figura 84, se muestra la que la productividad instantánea mejorada del equipo CAT374, varía de 2748 a 2996, en promedio se obtuvo 2893 toneladas por hora, acercándose más al target 3001.

**Figura 85**  
*Productividad instantánea CAT 390.*

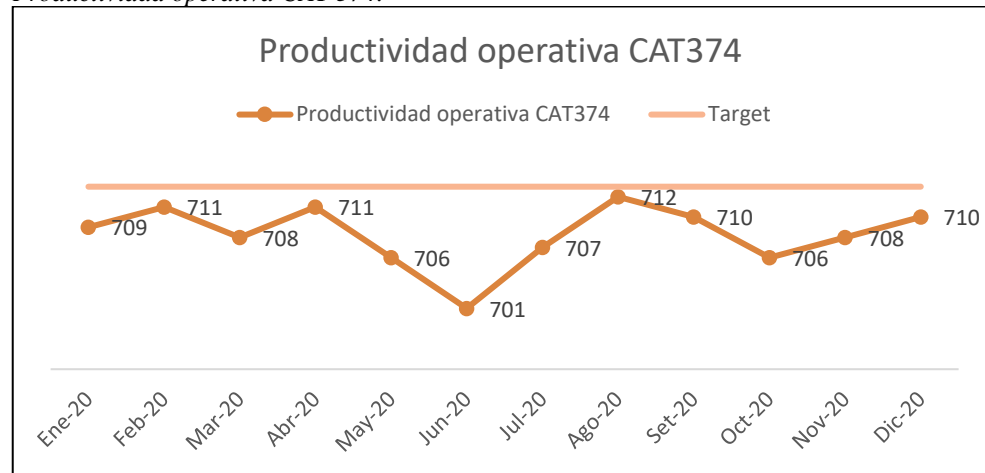


En la figura 85, se muestra la que la productividad instantánea mejorada del equipo CAT390, varía de 3098 a 3211, en promedio se obtuvo 3156.58 toneladas por hora, acercándose más al target 3229.

### 3.3.2. Productividad operativa

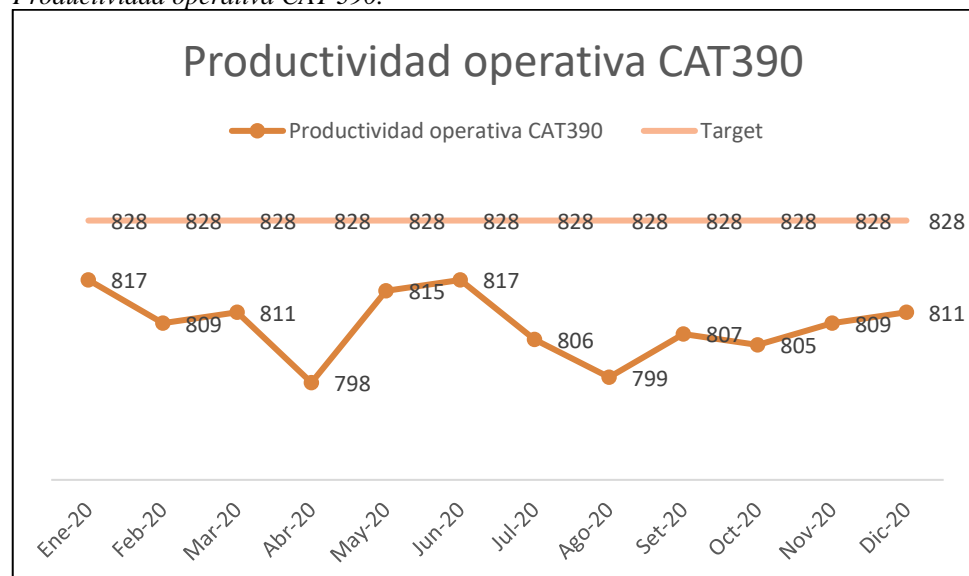
El target para la productividad operativa se ha determinado 713 t/h para CAT 378 y 828 t/h para CAT 390 para los años siguientes al 2020.

**Figura 86**  
*Productividad operativa CAT 374.*



En la figura 86, se muestra la productividad operativa del equipo CAT374, la cual varía de 701 a 712, obteniendo un promedio anual de 708.25 toneladas por hora, acercándose al target establecido por producción.

**Figura 87**  
*Productividad operativa CAT 390.*

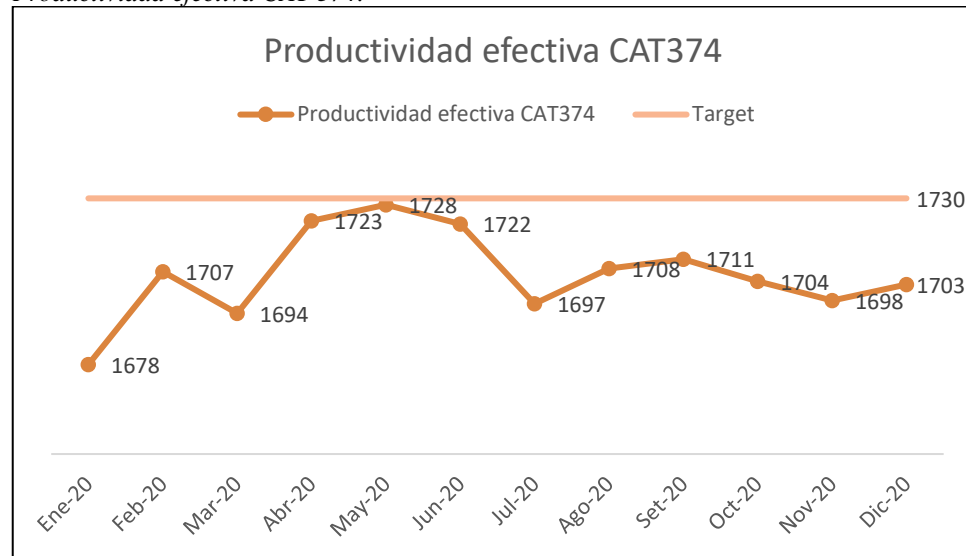


En la figura 87, se muestra la productividad operativa del equipo CAT390, la cual varía de 798 a 817, obteniendo un promedio anual de 808.67 toneladas por hora, acercándose al target establecido por producción.

### 3.3.3. Productividad efectiva

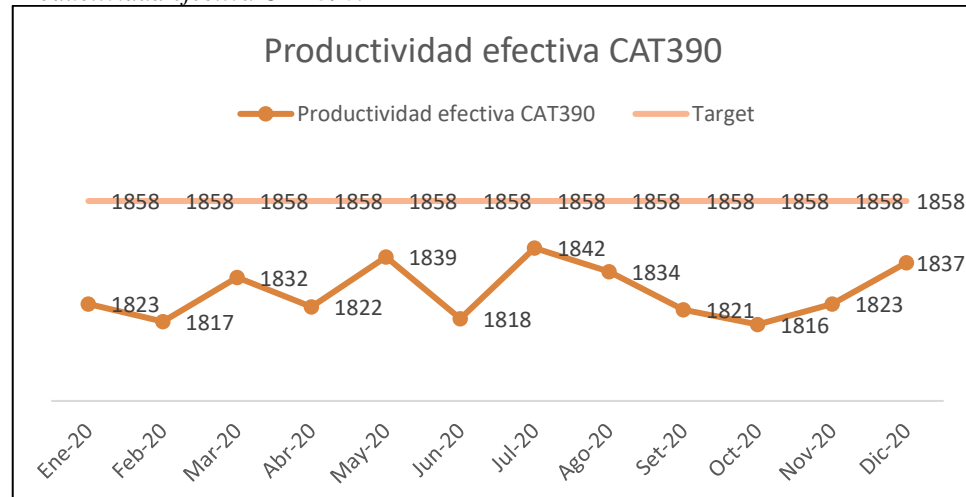
El target establecido para la productividad efectiva para CAT374 es 1730 t/h y para CAT390 es 1858 t/h.

**Figura 88**  
*Productividad efectiva CAT 374.*



En la figura 88, se muestra la productividad efectiva del equipo CAT374, la cual varía de 1678 a 1728, obteniendo un promedio anual de 1706.08 toneladas por hora, acercándose al target establecido por producción.

**Figura 89**  
*Productividad efectiva CAT 390.*



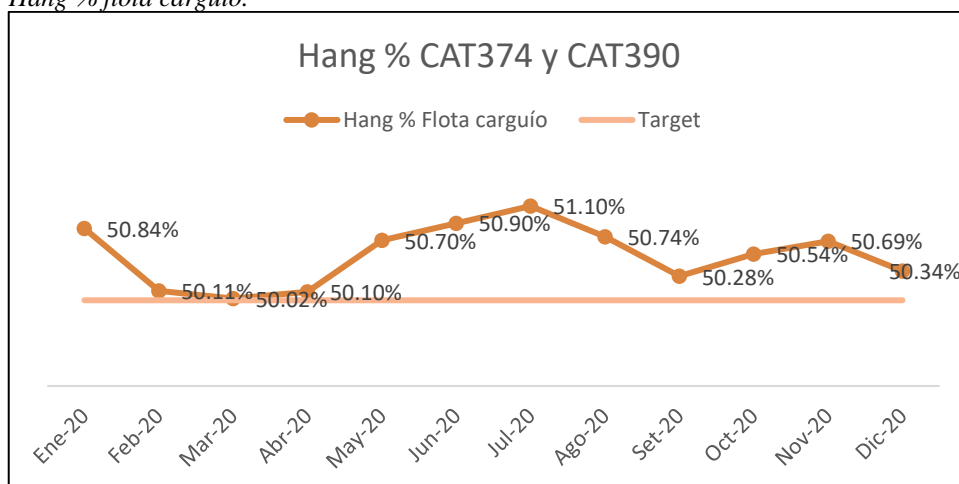


En la figura 89, se muestra la productividad efectiva del equipo CAT390, la cual varía de 1816 a 1842, obteniendo un promedio anual de 1827 toneladas por hora, acercándose al target establecido por producción.

### 3.3.4. Hang (%)

El target establecido para Hang % para CAT374 y para CAT390 es 50%.

**Figura 90**  
*Hang % flota carguío.*

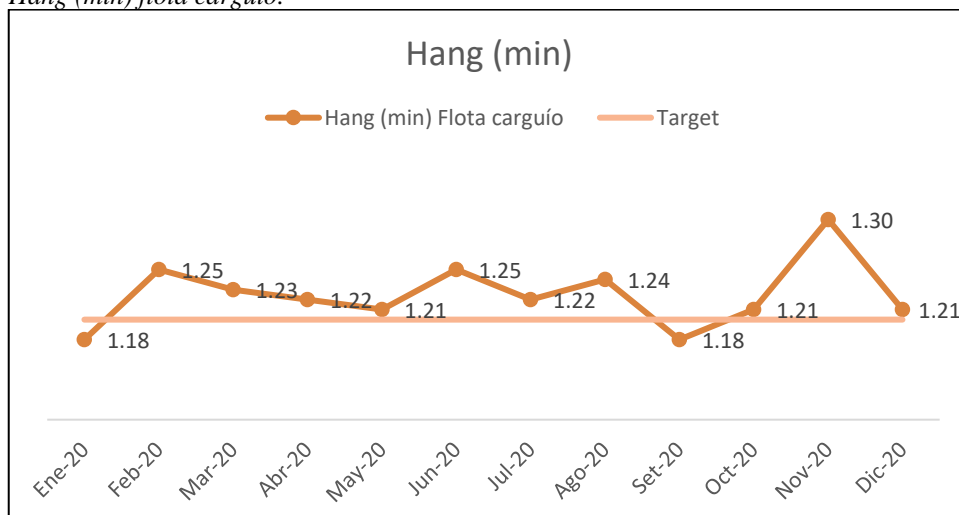


En la figura 90, se muestra el hang de los equipos CAT390 y CAT374, la cual varía de 50.10% a 51.10%, obteniendo un promedio anual de 50.53% por hora, acercándose al target establecido por producción.

### 3.3.5. Hang (min)

El target establecido para Hang (min) para CAT374 y para CAT390 es 1.20.

**Figura 91**  
*Hang (min) flota carguío.*



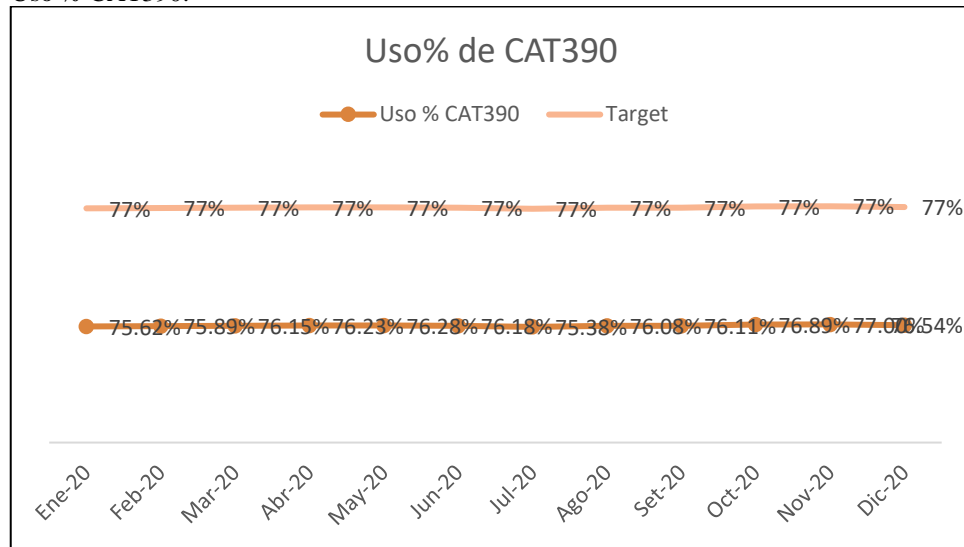


En la figura 91, se muestra el hang en minutos de los equipos CAT390 y CAT374, la cual varía de 1.18 a 1.30, obteniendo un promedio anual de 1.23 por hora, acercándose al target establecido por producción.

### 3.3.6. Uso %

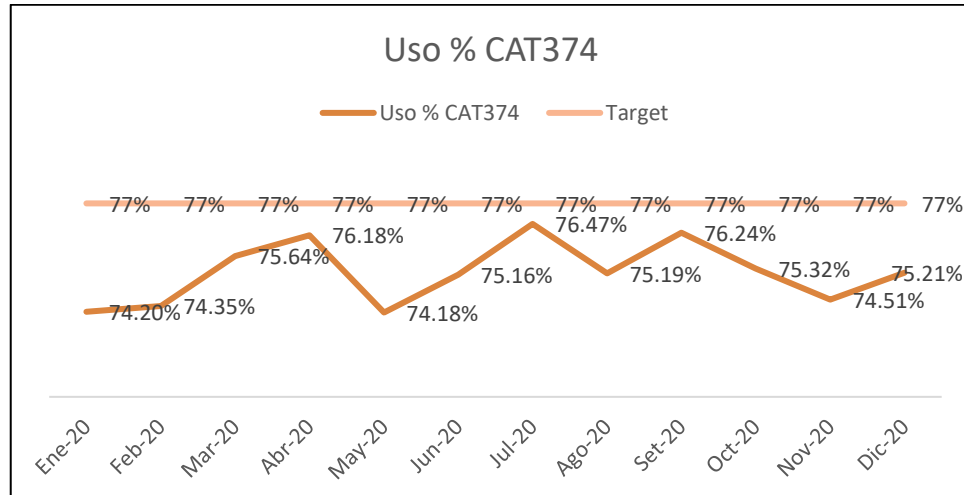
El target para el uso se ha determinado 77% para CAT 390 y para CAT374 para los años siguientes al 2020.

**Figura 92**  
Uso % CAT390.



En la figura 92, se muestra el uso del equipo CAT390, la cual varía de 75.62 a 77, obteniendo un promedio anual de 76.20%, acercándose al target establecido por producción.

**Figura 93**  
Uso % CAT374.

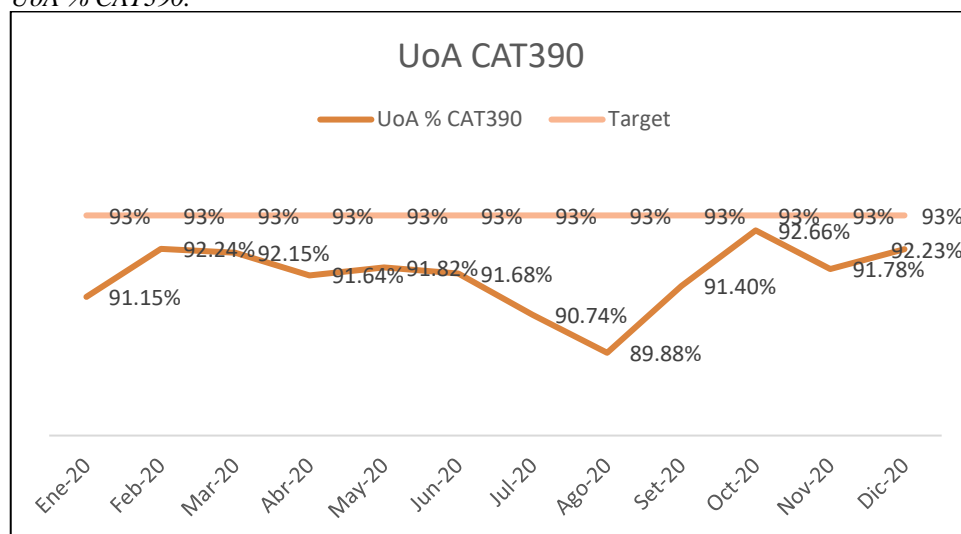


En la figura 93, se muestra el uso del equipo CAT374, la cual varía de 74.18 a 76.47, obteniendo un promedio anual de 75.22%, acercándose al target establecido por producción.

### 3.3.7. UoA %

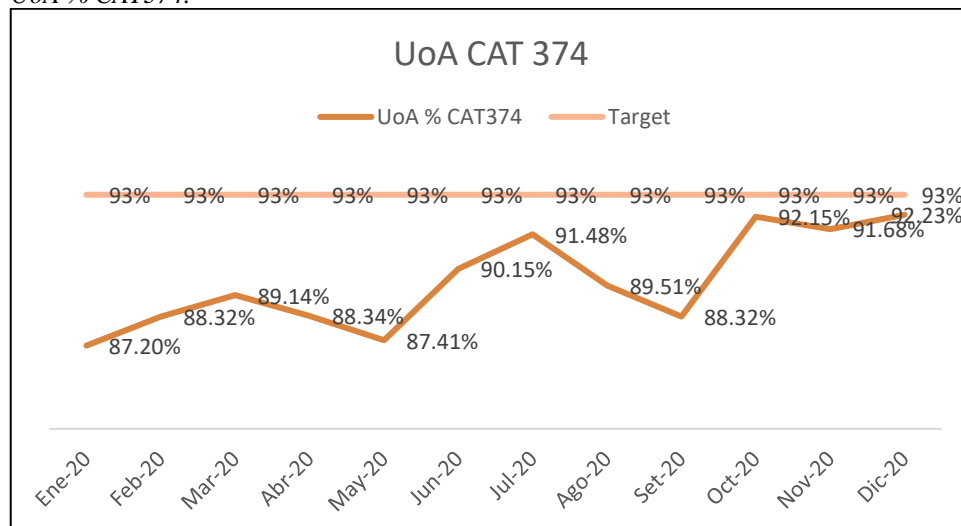
El target para el UoA se ha determinado 93% para CAT 390 y para CAT374 para los años siguientes al 2020.

**Figura 94**  
UoA % CAT390.



En la figura 94, se muestra el uso del equipo CAT390, la cual varía de 89.88 a 92.66, obteniendo un promedio anual de 91.61%, acercándose al target establecido por producción.

**Figura 95**  
UoA % CAT374.

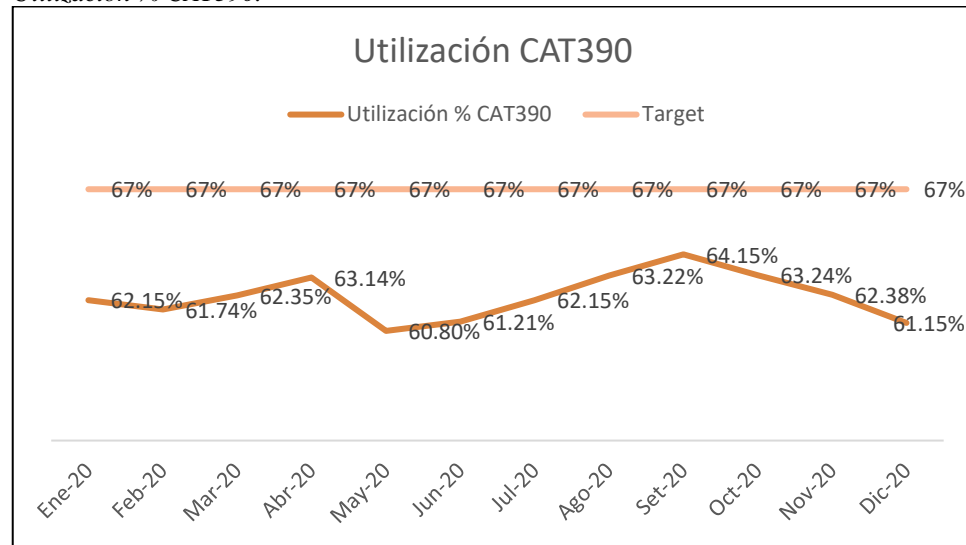


En la figura 95, se muestra el UoA del equipo CAT374, la cual varía de 87.20 a 92.23, obteniendo un promedio anual de 89.66%, acercándose al target establecido por producción.

### 3.3.8. Utilización %

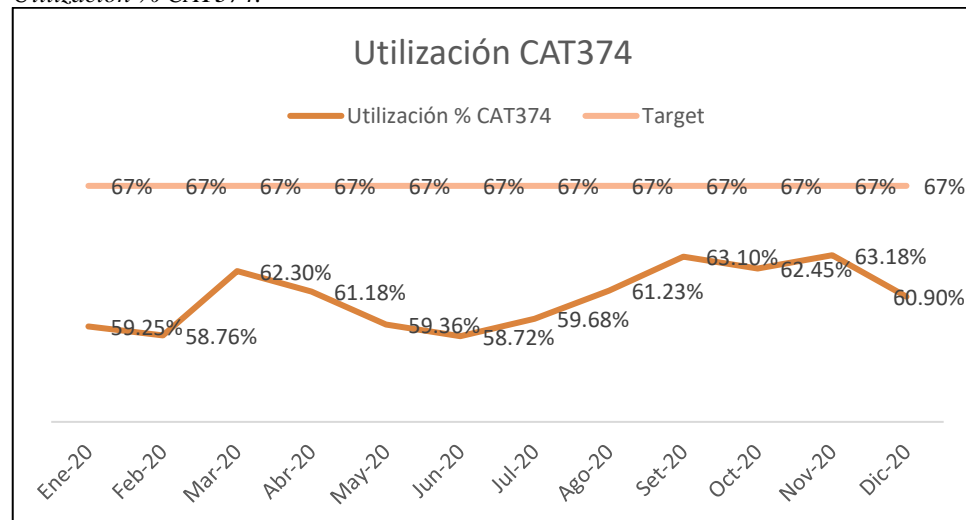
El target para el Utilización se ha determinado 67% para CAT 390 y para CAT374 para los años siguientes al 2020.

**Figura 96**  
*Utilización % CAT390.*



En la figura 96, se muestra el Utilización del equipo CAT390, la cual varía de 64.15 a 60.80, obteniendo un promedio anual de 62.31%, acercándose al target establecido por producción.

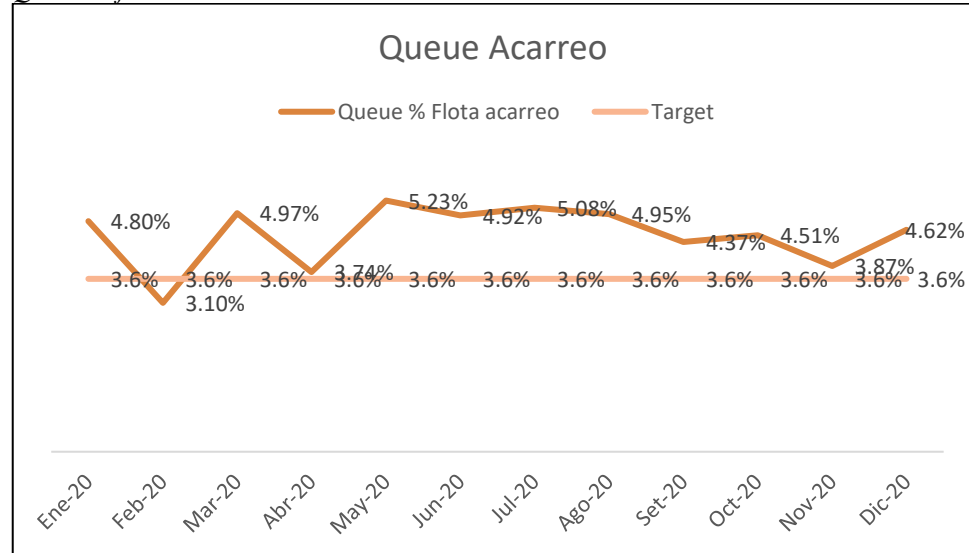
**Figura 97**  
*Utilización % CAT374.*



### 3.3.9. Queue %

El target para Queue se ha determinado 3.6% para SCANIA460 y para SCANIA460HT para los años siguientes al 2020.

**Figura 98**  
Queue % flota acarreo.

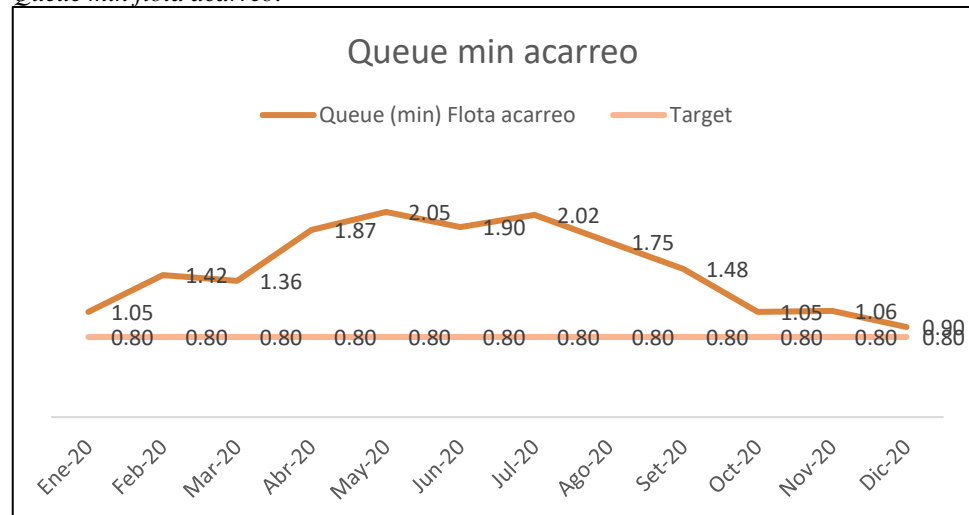


En la figura 98, se muestra el Queue del equipo SCANIA460 y SCANIA460HT, la cual varía de 3.10 a 5.23, obteniendo un promedio anual de 4.51%, acercándose al target establecido por producción.

### 3.3.10. Queue (min)

El target para Queue se ha determinado 0.80 mini para SCANIA460 y para SCANIA460HT para los años siguientes al 2020.

**Figura 99**  
Queue min flota acarreo.



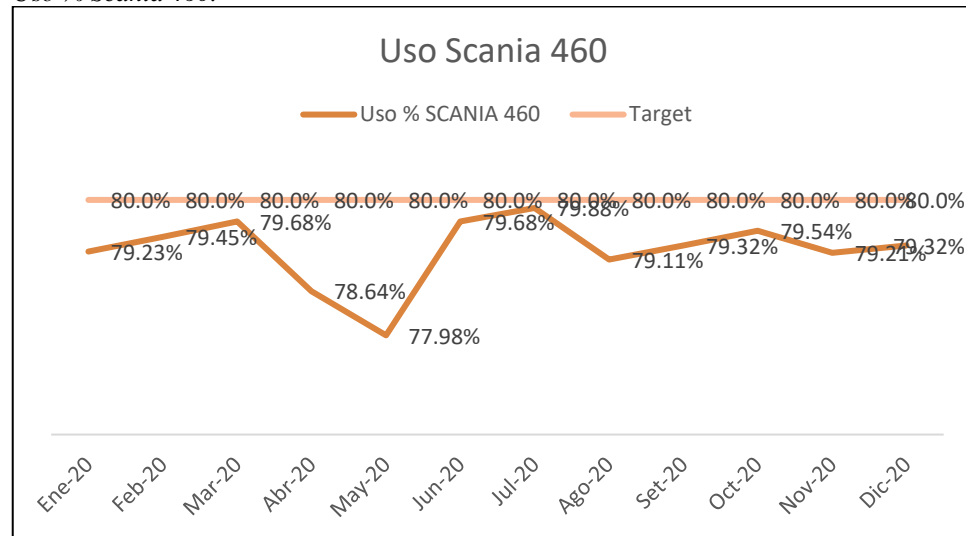
En la figura 99, se muestra el Queue del equipo SCANIA460 y SCANIA460HT, la cual varía de 1.05 a 2.05, obteniendo un promedio anual de 1.49 min, acercándose al target establecido por producción.

### 3.3.11. Uso %

El target para uso se ha determinado 80% SCANIA460 y SCANIA460HT para los años siguientes al 2020.

**Figura 100**

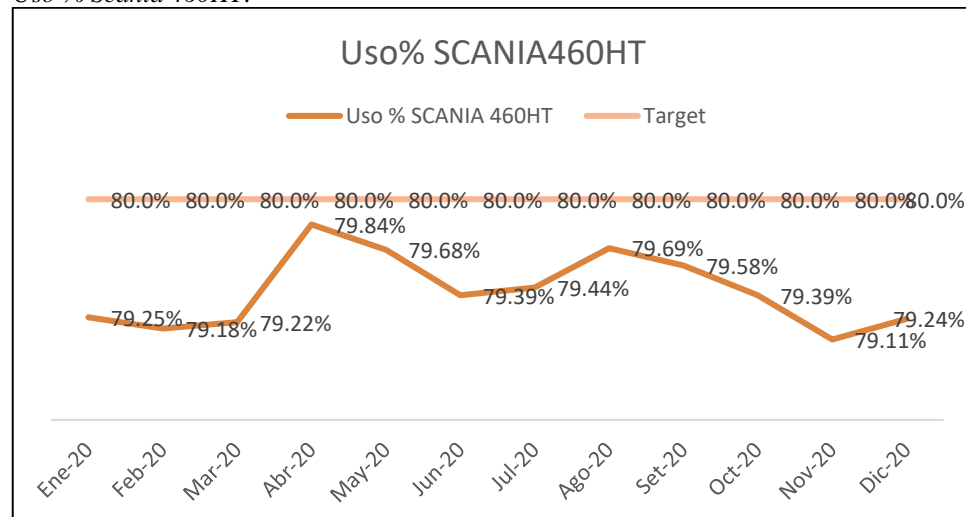
*Uso % Scania 460.*



En la figura 100, se muestra el uso del equipo SCANIA460, la cual varía de 77.98 a 79.68, obteniendo un promedio anual de 79.25%, acercándose al target establecido por producción.

**Figura 101**

*Uso % Scania 460HT.*



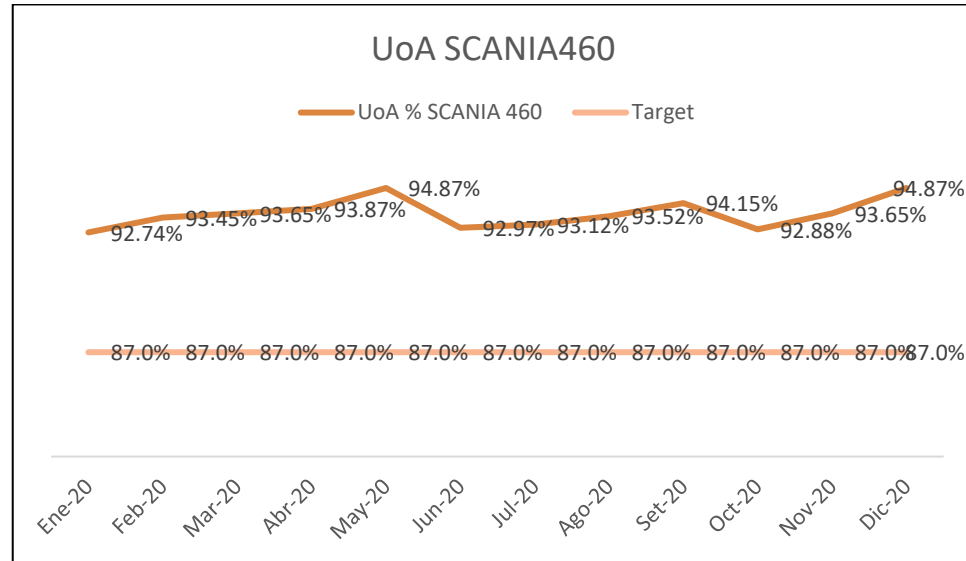
En la figura 101, se muestra el uso del equipo SCANIA460HT, la cual varia de 79.11 a 79.84, obteniendo un promedio anual de 79.42%, acercándose al target establecido por producción.

### 3.3.12. UoA %

El target para uso se ha determinado 87% SCANIA460 y SCANIA460HT para los años siguientes al 2020.

**Figura 102**

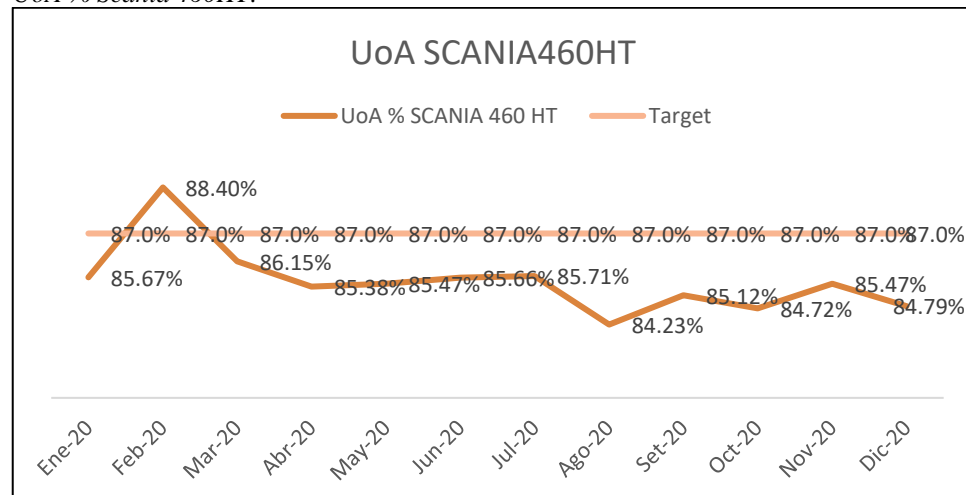
*UoA % Scania 460.*



En la figura 102, se muestra el UoA del equipo SCANIA460, la cual varia de 92.74 a 94.87, obteniendo un promedio anual de 93.65%, superando al target establecido por producción.

**Figura 103**

*UoA % Scania 460HT.*



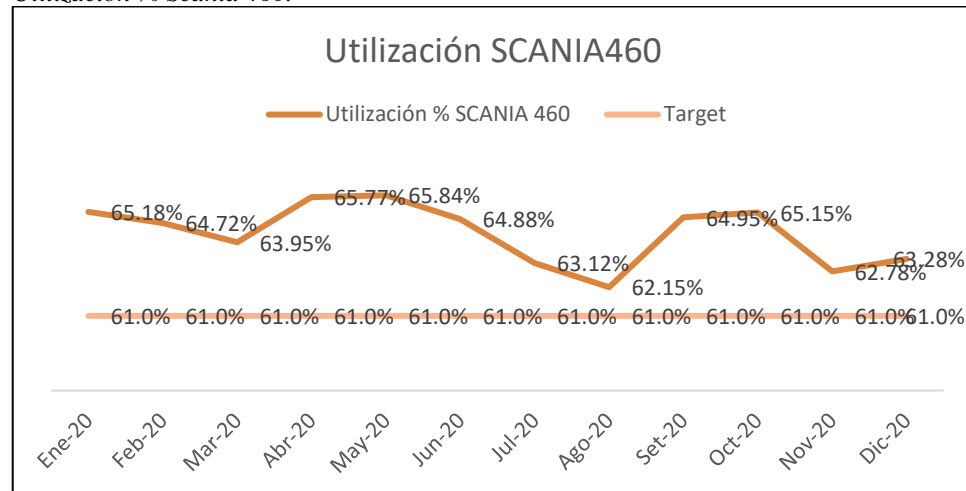
En la figura 103, se muestra el UoA del equipo SCANIA460HT, la cual varia de 84.23 a 88.40, obteniendo un promedio anual de 85.56%, acercándose al target establecido por producción.

### 3.3.13. Utilización %

El target para uso se ha determinado 61% SCANIA460 y 62% para SCANIA460HT para los años siguientes al 2020.

**Figura 104**

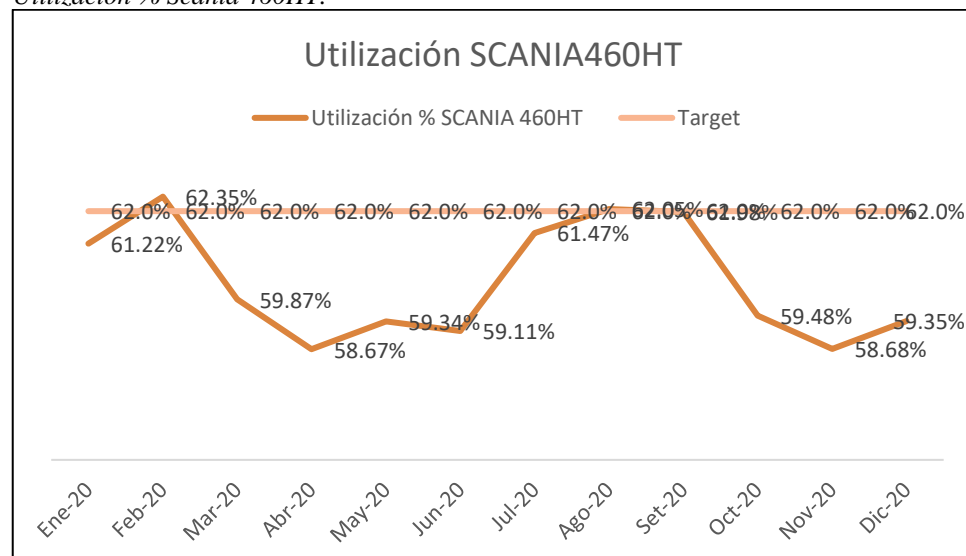
*Utilización % Scania 460.*



En la figura 104, se muestra la utilización del equipo SCANIA460, la cual varia de 62.15 a 65.84, obteniendo un promedio anual de 64.31%, superando al target establecido por producción.

**Figura 105**

*Utilización % Scania 460HT.*



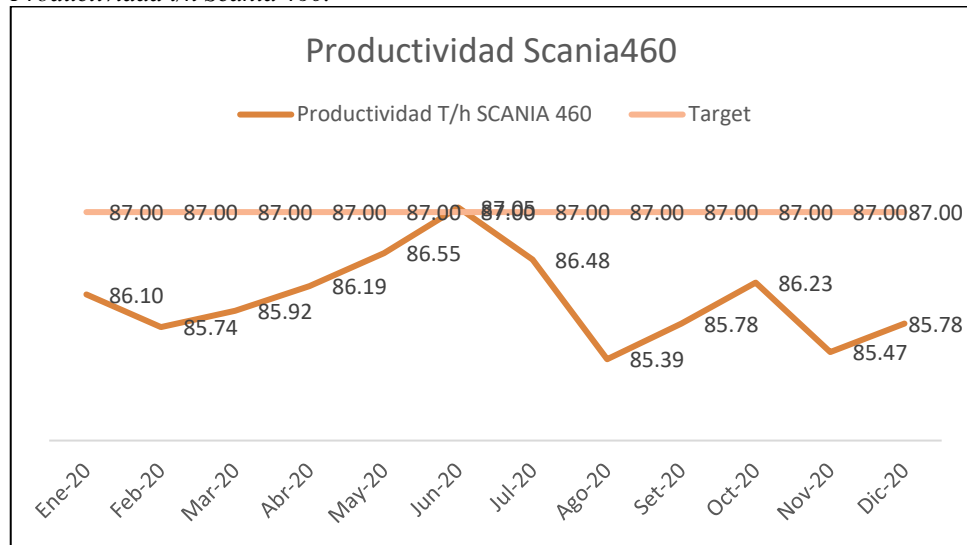


En la figura 105, se muestra la utilización del equipo SCANIA460HT, la cual varia de 58.67 a 62.35, obteniendo un promedio anual de 60.30%, acercándose al target establecido por producción.

### 3.3.14. Productividad T/h

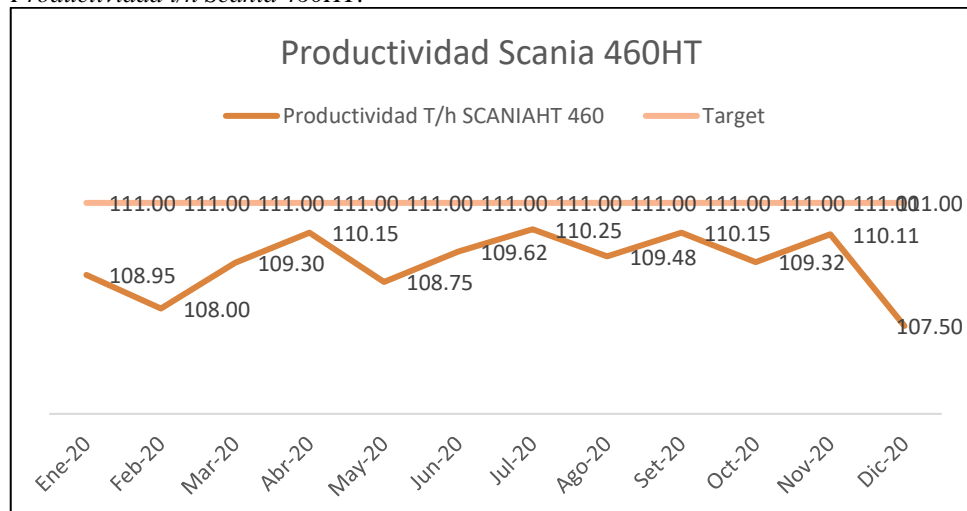
El target para uso se ha determinado 87 t/h SCANIA460 y 111 t/h para SCANIA460HT para los años siguientes al 2020.

**Figura 106**  
*Productividad t/h Scania 460.*



En la figura 106, se muestra la productividad del equipo SCANIA460, la cual varia de 85.39 a 87.05, obteniendo un promedio anual de 86.06 t/h, acercándose al target establecido por producción.

**Figura 107**  
*Productividad t/h Scania 460HT.*



En la figura 107, se muestra la productividad del equipo SCANIA460HT, la cual varia de 107.50 a 110.25, obteniendo un promedio anual de 109.30 t/h, acercándose al target establecido por producción.

### 3.3.15. Resumen de indicadores mejorados

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	Unidades	Equipo	Valor actual	Valor mejorado	Unidades incrementadas	Target	
<b>Independiente:</b> Sistema ControlSense	Uso del software	Porcentaje de uso del software	%	ConstrolSense	-	100% (el software reporta las 24 horas del día)		100%	
		Cantidad de equipos monitoreados	Unidades	Excavadoras y volquetes	0	44		44	
		Monitoreo de productividad	%	Excavadoras y volquetes	0	100 % (se monitorea la productividad las 24 horas del día)		100%	
<b>Dependiente:</b> Productividad de carguío y acarreo	Productividad en equipos de carguío	Productividad instantánea T/h		CAT 374	2540.80	2893	352.2	3001	
				CAT390	2872.58	3156.58	284	3229	
		Productividad operativa T/h		CAT 374	665.42	708.25	42.83	713	
				CAT390	776.08	808.67	32.59	828	
		Productividad efectiva T/h		CAT 374	1656.83	1706.08	49.25	1730	
				CAT390	1772.25	1827	54.75	1858	
		Hang (min)	%	Min	CAT 374 y	53.16	50.53	-2.63	50
					CAT 390	1.71	1.23	-0.48	1.20
		Uso	%		CAT390	75.25	76.20	0.95	77
					CAT 374	72.58	75.22	2.64	77
UoA%	%		CAT390	89	92.61	3.61	93		
			CAT374	83.17	89.66	6.49	93		
Utilización	%		CAT390	59.58	62.31	2.73	67		

			CAT374	54.67	60.84	6.17	67
Productividad en equipos de acarreo	Queue (min)	%	SCANIA 460	11.38	4.51	-6.87	3.6
		Min	y SCANIA 460HT	2.41	1.49	-0.92	0.8
	Uso	%	SCANIA 460	79.17	79.25	0.08	80
			SCANIA 460HT	78.08	79.42	1.34	80
	UoA	%	SCANIA 460	92.83	93.65	0.82	87
			SCANIA 460HT	72.25	85.56	13.31	87
	Utilización	%	SCANIA 460	64.25	54.31	-9.94	61
			SCANIA 460HT	46.16	60.30	14.14	62
	Productividad de acarreo	T/h	SCANIA 460	460: 83.5	86.06	2.56	87
			SCANIA 460HT	104.25	109.30	5.05	111

### 3.4. Análisis económico de la implementación ControlSense

En la tabla 24, se muestra el flujo de caja para seis años, la inversión asciende a \$ 1,017,180.00, un flujo saliente anual de \$ 195,000.00, considerando un TMAR de 15% para entidades privadas, se calculó VAN de \$ 6 845 819.11, TIR 136.42% y B/C \$ 2.63.

Tabla 24

*Flujo de caja de la implementación del sistema ControlSense.*

FLUJO DE CAJA	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	TOTAL
<b>EGRESOS</b>								
Compra de sensores	\$ 134,780.00							\$ 134,780.00
Compra de repetidoras	\$ 297,000.00							\$ 297,000.00
Compra de computadoras para dispatch	\$ 133,000.00							\$ 133,000.00
Compra de accesorios	\$ 167,400.00							\$ 167,400.00
Costo de instalación	\$ 285,000.00							\$ 285,000.00
Costo por personal		\$ 126,000.00	\$ 126,000.00	\$ 126,000.00	\$ 126,000.00	\$ 126,000.00	\$ 126,000.00	\$ 756,000.00
Costo de mantenimiento		\$ 69,000.00	\$ 69,000.00	\$ 69,000.00	\$ 69,000.00	\$ 69,000.00	\$ 69,000.00	\$ 414,000.00
<b>TOTAL EGRESOS</b>	\$ 1,017,180.00	\$ 195,000.00	\$ 195,000.00	\$ 195,000.00	\$ 195,000.00	\$ 195,000.00	\$ 195,000.00	\$ 2,187,180.00
FLUJO ENTRANTE	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	TOTAL
Incremento de producción a		\$ 1,620,000.00	\$ 1,620,000.00	\$ 1,620,000.00	\$ 1,620,000.00	\$ 1,620,000.00	\$ 1,620,000.00	\$ 9,720,000.00
<b>TOTAL BENEFICIOS</b>	\$ -	\$ 1,620,000.00	\$ 1,620,000.00	\$ 1,620,000.00	\$ 1,620,000.00	\$ 40,670.00	\$ 1,620,000.00	\$ 8,140,670.00
<b>FLUJO ANUAL DE CAJA</b>	\$ -1,017,180.00	\$ 1,425,000.00	\$ 1,425,000.00	\$ 1,425,000.00	\$ 1,425,000.00	\$ -154,330.00	\$ 1,425,000.00	\$ 5,953,490.00
<b>TMAR</b>	<b>15.00%</b>							
<b>TIR</b>	<b>136.42%</b>							
<b>VAN</b>	<b>\$ 6 845 819.11</b>							
<b>B/C</b>	<b>\$ 2.63</b>							

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

En esta tesis se evidencia que con la implementación del controlsense incrementa la productividad del área, y además se controla el consumo del combustible, y se reducen notablemente las horas de demoras o tiempos muertos. Sin embargo, Soto, (2016), explica que el sistema Dispatch influye directamente en los KPI's claves de la operación y que reduce el costo de mantenimiento en 5% y se ha incrementado la disponibilidad de los equipos en un 3%, ha minimizado las fallas catastróficas, mejorado en los mantenimientos no planificados y ha contribuido en la reducción del inventariado de repuestos y las demoras logísticas. Tanto el autor Soto como los tesisistas, afirmamos que con la implementación del disptach se reducen costos en el carguío y acarreo.

Salazar (2016) aplicó el mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado, y mantenimiento de calidad, para incrementar la productividad de carguío y acarreo en 4%, en esta tesis no se aplicó mantenimiento para mejorar la productividad sino se hizo mediante manejo de dispatch.

El mismo autor identificó que se deben aplicar planes de entrenamiento y capacitación, salud y seguridad y medio ambiente, para obtener mejor rendimiento por parte de los operarios, además afirma que el mantenimiento de los equipos se debe trabajar conjuntamente con en las áreas de apoyo como logística, compras de repuestos y almacén de repuestos. Sin embargo, en esta tesis se incluyó el área de planeamiento para analizar la producción de los equipos de carguío y acarreo; por otra parte, las capacitaciones se darán respecto al software controlsense.

Como en esta tesis Bahamóndez (2017), aplica el sistema ControlSense optimizar el funcionamiento de las perforadoras, se diferencian por la aplicación de los equipos,

sin embargo en ambos casos se obtuvo mayor disponibilidad del equipo. Al igual que en esta investigación, se han mejorado los indicadores de carguío y acarreo.

Castillo (2016), aplica un sistema diferente al ControlSense llamado Zon Control Pro, si bien es cierto se obtienen mejoras, pero no son tan considerables como las obtenidas con ControlSense obtenidos en esta investigación.

#### 4.2. Conclusiones

- El diagnóstico realizado arrojó que el problema principal es la baja productividad en el proceso de carguío y acarreo, dentro de las causas principales se tuvo a la falta de un sistema dispatch sofisticado, cobertura de red deficiente y equipos sin sistemas. La productividad instantánea para CAT390 es 2872.58; la productividad operativa para CAT390 es 776.08; la productividad efectiva para CAT390 es de 1772.25; el Hang para CAT390 es 53.16%; el uso para CAT390 es 89%; el indicador UoA para CAT390 es 89%; la utilización para CAT390 es 59.58%. en cuanto a los indicadores de acarreo actuales se obtuvo el que para la flota de acarreo en 11.38%, el uso para Scania 460 es 79.17%; UoA para Scania 460 es 92.83%; la utilización para Scania 460 es de 64.25; productividad de acarreo para Scania Scania 460 es 83.5 ton/h.
- La implementación del sistema controlSense para equipos de carguío y acarreo consistió en la implementación de un software que nos brinda la ubicación del volquete, el monitoreo del estado del equipo (encendido, apagado, movimiento), la velocidad del volquete, el monitoreo de combustible, el monitoreo del mantenimiento, la conducción del volquete y la obtención de informes de producción.
- La productividad luego de la implementación del ControlSense mejoró en el incremento de los indicadores la productividad instantánea para CAT390 se incrementó 284; la productividad operativa se incrementó para CAT390 32.59; la



productividad efectiva para CAT390 se incrementó 54.75%; el Hang se redujo 2.63%; el uso para CAT 390 se incrementó 0.95%; el indicador UoA para CAT390 se incrementó 3.61%; la utilización para CAT390 se incrementó 2.73%; en cuanto a los indicadores de acarreo el queue para la flota de acarreo se redujo 6.87%, el uso para scania460 se redujo 0.08%; UoA para Scania 460 se incrementó 0.82%; la utilización para Scania 460 se redujo 9.94%.

- El análisis económico demuestra que el sistema ControlSense en la empresa en minera Gold Fields es viable con un TIR 136.42%, VAN de \$ 6 845 819.11 y relación B/C de \$ 2.63.

## REFERENCIAS

- Argus Mine. (2017). Sistema de monitoreo avanzado de gestión del carguío de camiones y el cumplimiento del plan minera para palas de cable e hidráulicas. (*Artículo científico*). New York , EE.UU: MineWare. Obtenido de <https://static1.squarespace.com/static>
- Bahamóndez, M. (2017). Implementación Sistema de Gestión para Reducción de Costos Optimizando el Desempeño por Componente en Equipos Mineros. (*Tesis de pregrado*). Santiago, Chile: Universidad de Chile. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/146289/Implementaci%C3%B3>
- Bonzi, J. (2016). Propuestas de Mejora de la Utilización Efectiva en Base a Disponibilidad de la Flota de Carguío y Transporte en Minera Los Pelambres. (*Tesis de pregrado*). Santiago, Chile: Universidad de Chile. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/139829>.
- Calderón, N. (2014). Mejora del Tiempo de Operatividad de Camiones Volquetes en Proyectos de Mantenimiento Vial, utilizando Teoría de Confiabilidad en un Sistema Simulado. (*Tesis de pregrado*). Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Obtenido de <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/4241>
- Castillo, F. (2016). Optimización de la producción en carguío y acarreo mediante la utilización del sistema Jigsaw – Leica en minera Toquepala S.R.L. (*Tesis de pregrado*). Moquegua, Perú: Universidad César Vallejo. Obtenido de <repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/11035>
- Chau, L. (2013). Gestión del Mantenimiento de Equipos en Proyectos de Movimiento de Tierras de una empresa Cajamarquina dedicada a la Minería. (*Tesis de maestría*).

Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/813/1/chau\\_lj.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/813/1/chau_lj.pdf)

Córdova, G. (2017). Mejoramiento de prácticas operacionales para el aumento de horas efectivas camiones de extracción gerencia mina, división ministro Hales Codelco Chile. (*Tesis de maestría*). Santiago, Chile: Universidad de Chile. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/145967/Mejoramiento>

Escamilla, M. (2014). Estudio de Productividad del Equipo de Carga en una Mina de Mineral de Hierro a Cielo Abierto. (*Artículo científico*). D.F., México: Instituto Tecnológico de Colima. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es>

Gómez, G. (2017). Disponibilidad de Equipos Auxiliares para Optimizar la Productividad en el Carguío y Acarreo de las Fases 01,03 y 07 del Tajo Constancia Empresa Especializada Stracon Gym S.A. (*Tesis de pregrado*). Chumbivilcas, Cusco, Perú: Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. Obtenido de [repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3252](http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3252)

Maldonado, H., & Sigüenza, L. (2013). Propuesta de un plan de mantenimiento para maquinaria Pesada de la Empresa Minera Dynasty Mining del cantón Portovelo. (*Tesis de pregrado*). Cuenca, Ecuador: Universidad Salesiana Politécnica. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1759/12/UPS-CT002328.pdf>

Marca, C. (2014). Análisis de la Disponibilidad y Rendimiento de los Equipos de Carguío y Transporte en la Empresa Contratista SMCGSA, Mina Colquijirca de SMBSA. (*Tesis de pregrado*). Tacna, Perú: Universidad Nacional Jorge Basadre. Obtenido de <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/567>

Marín, C. (2015). Incremento de la Productividad en el Carguío y Acarreo en Frentes que Presentan Altos Contenidos de Arcillas al Utilizar un Diseño de Lastre Adecuado,

- Minera Yanacocha, Perú, 2015. (*Tesis de pregrado*). Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle>
- Martínez, A. (2015). Proponer una gestión de mantenimiento para todos los equipos de línea amarilla de una empresa que brinda servicio en alquiler de maquinaria a Minera Yanacocha. (*Tesis de pregrado*). Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Obtenido de <http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/bitstream>
- Paredes, C. (2013). Eficiencia en Tiempo de Vida de Neumáticos con Relación a Rotación de Posiciones uno y dos en Volquetes Komatsu 930 E-3. (*Tesis de pregrado*). Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/859>
- Poblete, C. (2013). Costo de oportunidad en la utilización de los sistemas de despacho en minería a cielo abierto. (*Tesis de pregrado*). Santiago, Chile: Universidad de Chile. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/103796/cf-poblete>
- Rodríguez, D. (2013). Modelo Analítico para el Dimensionamiento de Flota de Transporte en Minería a Cielo Abierto: Análisis de Prioridades de Atención Según Rendimiento. (*Tesis de pregrado*). Santiago, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile. Obtenido de <https://repositorio.uc.cl/bitstream/handle/11534/1788/608607.pdf>
- Rodríguez, M. (2013). Propuesta de Mejora de la Gestión de Mantenimiento Basado en la Mantenibilidad de Equipos de Acarreo de una Empresa Minera de Cajamarca. *Tesis de pregrado*. Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte. Obtenido de [repositorio.upn.edu.pe/.../Rodriguez%20del%20Aguila%2CMiguel%20Angel.pdf](http://repositorio.upn.edu.pe/.../Rodriguez%20del%20Aguila%2CMiguel%20Angel.pdf)
- Silvestre, R. (2015). Optimización de Flota de Camiones Aplicando Programación Dinámica - Mina Corihuarmi. *Tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas*.

Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/2175/1/huaman\\_sr.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/2175/1/huaman_sr.pdf)

Soto, C. (2016). Diseño, Validación e Implementación de una Aplicación de Acarreo en Minería Superficial. *Tesis para Optar el Grado de Ingeniero de Minas*. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de [tesis.pucp.edu.pe/.../SOTO\\_VILCA\\_TARAZONA\\_NÉSTOR\\_DISEÑO](http://tesis.pucp.edu.pe/.../SOTO_VILCA_TARAZONA_NÉSTOR_DISEÑO)

Vargas, E., & Hermoza, A. (2014). Sistema de Información para Monitoreo de neumáticos del área de despacho (Dispatch), en una Compañía Minera. (*Artículo científico*). Lima, Perú: Universidad Inca Garcilaso de la Vega. Obtenido de <http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/694/COMTEL>.

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de consistencia

**Tabla 25**

*Matriz de consistencia.*

Título	Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables y = f(x)	Indicadores
Implementación del sistema ControlSense para mejorar la productividad en el proceso de carguío y acarreo en minera Gold Fields, Cajamarca, 2020	¿La implementación del sistema ControlSense mejorará de la productividad en el proceso de carguío y acarreo en minera Gold Fields, Cajamarca, 2020?	<p>Implementar el sistema ControlSense para mejorar la productividad en el proceso de carguío y acarreo en minera Gold Fields, Cajamarca, 2020.</p> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar el diagnóstico actual del proceso de carguío y acarreo.</li> <li>- Diseñar e implementar el sistema ControlSense en la empresa para mejorar la productividad en el de carguío y acarreo.</li> <li>- Evaluar las mejoras en la productividad del proceso de carguío y acarreo obtenida con la propuesta de mejora mediante el sistema ControlSense.</li> <li>- Realizar el análisis económico del sistema ControlSense en la empresa para mejorar la productividad en carguío y acarreo.</li> </ul>	La implementación del sistema ControlSense mejorará la productividad en el proceso de carguío y acarreo en minera Gold Fields, Cajamarca, 2020.	<p>Variable dependiente (y):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Productividad de carguío</li> <li>- Productividad efectiva</li> <li>- Hang (min)</li> <li>- Uso de carguío y acarreo.</li> <li>- UoA%</li> <li>- Utilización</li> <li>- Queue (min)</li> <li>- Productividad de acarreo</li> </ul> <hr/> <p>Variable independiente (x): control sense.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Porcentaje de uso del software</li> <li>- Cantidad de equipos monitoreados</li> <li>- Monitoreo de productividad</li> </ul>	

## Anexo 2. Check list de entrega de sistema de control de flotas

### 1. DATOS DEL EQUIPO

EQUIPO / CÓDIGO	VL367
PLACA DE EQUIPO	AXJ-808
MARCA	SCANIA
MODELO	G460XT
FECHA DE INSTALACIÓN	20/11/2020
FECHA DE INICIO DE GARANTÍA*	20/11/2020

### 2. DATOS DE LOS COMPONENTES INSTALADOS

#### Volquete VL367

COMPONENTE	CANT	N° SERIE	MARCA	MODELO
Antena 2.4 GHz	01	N/A	Mikrotik	RBMetalG-52SHPacn
Antena GPS	01	3401907230021	TALLYSMAN	TW5340
ControlScreen	01	MSSCS260706358125	MS4M	MSSCS07V2.6
Inclinómetro	01	MSSIBJ199	MS4M	INCLINOMETRO DE BAJA PRESICION
Access Point	01	B7D90ABA4C4E	Mikrotik	RBMetalG-52SHPacn

#### Direcciones IP de Volquete VL367


COMPONENTE	DIRECCIÓN IP	Gateway	MAC
ControlScreen	10.112.86.67	10.112.84.1	
Access Point	10.112.84.67	10.112.84.1	74:4D:28:E7:DC:A7

### 3. LISTA DE VERIFICACIÓN

DESCRIPCIÓN	OPERATIVO		FECHA DE INSTALACIÓN	OBSERVACIÓN
	SI	NO		
<b>COMPONENTES INSTALADOS</b>				
Antena 2.4GHz	✓		NOVIEMBRE 2020	
Antena GPS Tallysman	✓		NOVIEMBRE 2020	
ControlScreen	✓		NOVIEMBRE 2020	
Inclinómetro	✓		NOVIEMBRE 2020	
Access Point	✓		NOVIEMBRE 2020	
<b>VERIFICACIÓN REMOTA</b>				
Comunicación a Radio MESH	✓		NOVIEMBRE 2020	

*\*La garantía inicia a partir de la fecha en que se firma el presente documento, es válida por 12 meses y la cobertura es para todos los componentes que figuran en el punto "2. DATOS DE LOS COMPONENTES".*



	CHECK LIST DE ENTREGA DE EQUIPOS SISTEMA CONTROL SENSE BAJA PRECISIÓN	
	Dirección: Área de Control Mina	
	Versión: 1.0. Documento de Mine Sense for Miners.	Fecha: 8 junio 2020

Ubicación GPS del equipo	✓		NOVIEMBRE 2020	
Comunicación a Access Point	✓		NOVIEMBRE 2020	
Calibración de inclinómetro	✓		NOVIEMBRE 2020	

4. ANEXO:

A) HARDWARE

Se adjunta imágenes de hardware instalado.



*Ilustración 1: Ubicación de Control Screen*



*Ilustración 2. Ubicación de GPS y Mikrotik*


	CHECK LIST DE ENTREGA DE EQUIPOS SISTEMA CONTROL SENSE BAJA PRECISIÓN	
	Dirección: Área de Control Mina	
	Versión: 1.0. Documento de Mine Sense for Miners.	Fecha: 8 junio 2020



Ilustración 3: Ubicación de Inclinómetro en Volquete

B) SOFTWARE

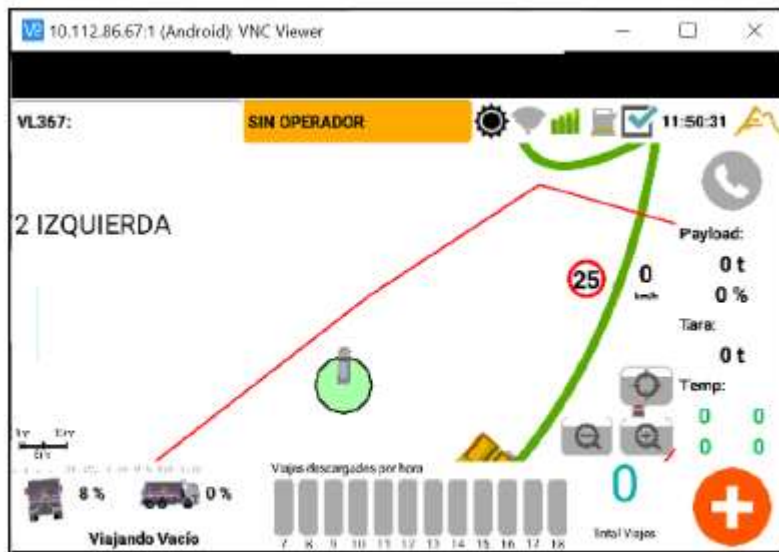



Ilustración 4: Visualización Remota de Control Screen por VNC Viewer

	<b>CHECK LIST DE ENTREGA DE EQUIPOS SISTEMA CONTROL SENSE BAJA PRECISIÓN</b>	
	Dirección: Área de Control Mina	
	Versión: 1.0. Documento de Mine Sense for Miners.	Fecha: 8 junio 2020

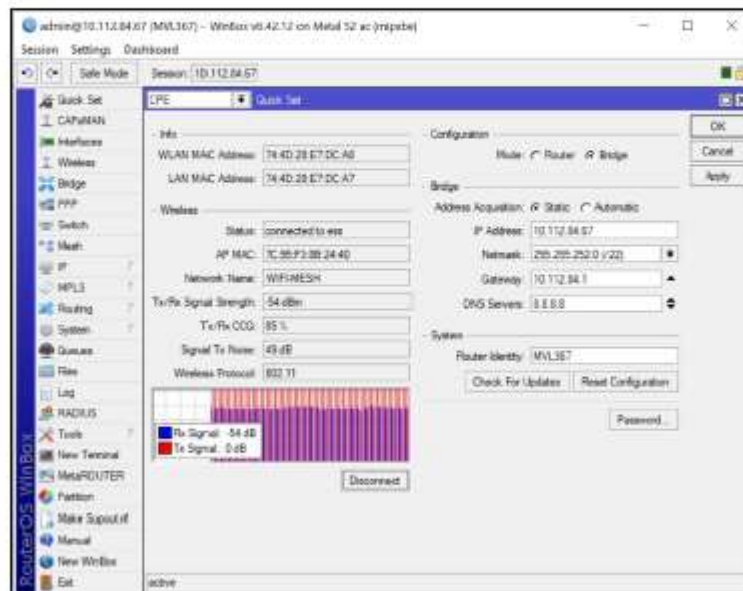


Ilustración 5: Visualización Remota por Winbox a Mikrotik en Volquete

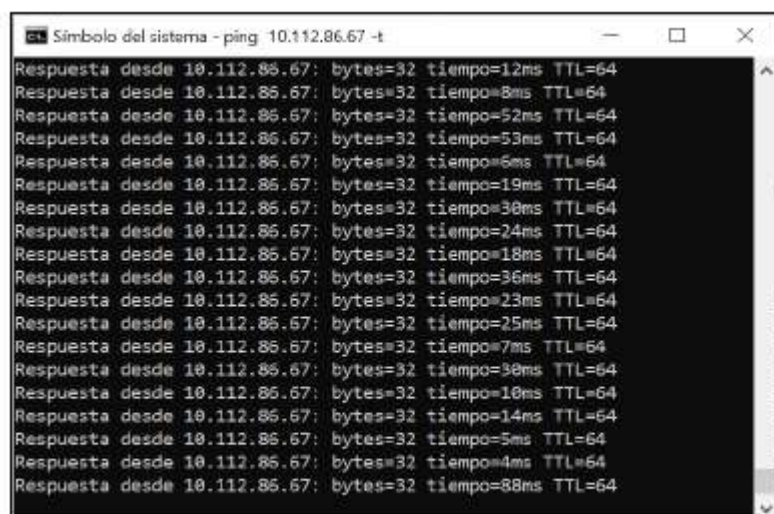



Ilustración 6: Conexión Remota con Control Screen

	<b>CHECK LIST DE ENTREGA DE EQUIPOS SISTEMA CONTROL SENSE BAJA PRECISIÓN</b>	
	Dirección: Área de Control Mina	
	Versión: 1.0. Documento de Mine Sense for Miners.	Fecha: 8 junio 2020

```

Símbolo del sistema - ping 10.112.84.67 -t

Haciendo ping a 10.112.84.67 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 10.112.84.67: bytes=32 tiempo=15ms TTL=64
Respuesta desde 10.112.84.67: bytes=32 tiempo=26ms TTL=64
Respuesta desde 10.112.84.67: bytes=32 tiempo=17ms TTL=64
Respuesta desde 10.112.84.67: bytes=32 tiempo=11ms TTL=64
Respuesta desde 10.112.84.67: bytes=32 tiempo=25ms TTL=64
Respuesta desde 10.112.84.67: bytes=32 tiempo=7ms TTL=64
Respuesta desde 10.112.84.67: bytes=32 tiempo=10ms TTL=64
Respuesta desde 10.112.84.67: bytes=32 tiempo=9ms TTL=64
Respuesta desde 10.112.84.67: bytes=32 tiempo=17ms TTL=64
Respuesta desde 10.112.84.67: bytes=32 tiempo=10ms TTL=64
Respuesta desde 10.112.84.67: bytes=32 tiempo=30ms TTL=64
Respuesta desde 10.112.84.67: bytes=32 tiempo=6ms TTL=64
Respuesta desde 10.112.84.67: bytes=32 tiempo=13ms TTL=64
Respuesta desde 10.112.84.67: bytes=32 tiempo=9ms TTL=64
Respuesta desde 10.112.84.67: bytes=32 tiempo=18ms TTL=64
Respuesta desde 10.112.84.67: bytes=32 tiempo=11ms TTL=64
Respuesta desde 10.112.84.67: bytes=32 tiempo=26ms TTL=64
  
```

Ilustración 7: Conexión Remota con Mikrotik

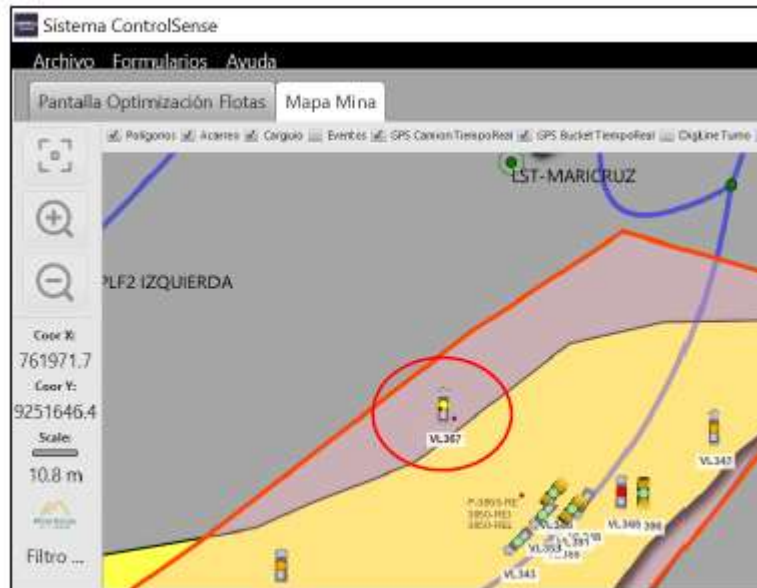



Ilustración 8: Sistema Control Sense - Volquete VL367




### Anexo 3. Manual de instalación SCANIA G500XT

	MANUAL DE INSTALACIÓN SCANIA G500XT	
	Versión 1.0	Fecha: 2020


#### Tabla de Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. OBJETIVO .....	4
3. INSTALACIÓN DE ANTENA.....	5
3.1. Retiro de Tapas.....	5
3.2. Asegurar la base de la antena.....	5
3.3. Guía de Cables de alimentación y comunicación.....	6
4. DESMONTAJE EN CABINA.....	6
4.1. Tapas Laterales.....	6
5. CONECCIÓN DE PORTAFUSIBLE.....	9
6. CONEXIÓN DE TELEMETRÍA.....	11
7. INSTALACIÓN DE INCLINÓMETRO.....	12
8. INSTALACION DE CONTROL SCREEN V2.....	13
9. ANEXOS.....	15

	MANUAL DE INSTALACIÓN SICKWA M800T	
	Versión: 1.0	Fecha: 2020

### Tabla de Ilustraciones

EILSTRACIÓN 1: RETIRO DE TAPASOL	3
EILSTRACIÓN 2: AJUSTE DE ANTENA	3
EILSTRACIÓN 3: GUÍA DE CABLES DE ALIMENTACIÓN Y COMUNICACIÓN	6
EILSTRACIÓN 4: TAPA LATERAL	7
EILSTRACIÓN 5: GRAPA DE ASEGURAMIENTO	8
EILSTRACIÓN 6: RETIRO DE ASEGURAMIENTO DE PANEL ALTO LATERAL DERECHO	8
EILSTRACIÓN 7: RETIRAR PERNO Y TAPA DEL LADO DERECHO DE COPILOTO	8
EILSTRACIÓN 8: DESMONTAJE DE PORTA FUSIBLES	9
EILSTRACIÓN 9: POSICIÓN DE LOS FUSIBLES DE IGNICIÓN Y CORRIENTE CONSTANTE	10
EILSTRACIÓN 10: CONEXIÓN DE FUSIBLES	10
EILSTRACIÓN 11: CONEXIÓN PARA TELEMETRÍA	11
EILSTRACIÓN 12: CONEXIÓN DE PINES DE TELEMETRÍA	11
EILSTRACIÓN 13: CONEXIÓN DE TIERRA O NEGATIVO	11
EILSTRACIÓN 14: INCLINÓMETRO	12
EILSTRACIÓN 15: INSTALACIÓN DE BASE RAM	12
EILSTRACIÓN 16: CONEXIÓN DE CONECTOR MILITAR	12
EILSTRACIÓN 17: CONTROL SCREEN EN VOLQUETE	14
EILSTRACIÓN 18: CONECTOR OMS	15
EILSTRACIÓN 19: PIN DE TELEMETRÍA	16
EILSTRACIÓN 20: PORTA FUSIBLE	16
EILSTRACIÓN 21: DISEÑO DE BASE PARA GPS Y MIKROTK	17
EILSTRACIÓN 22: DIMENSIONES DE BASE	18

	MANUAL DE INSTALACIÓN SCAWA G500XT	
	Versión 1.0	Fecha: 2020


## 1. INTRODUCCIÓN

El manual de instalación de los volquetes Scania G500XT, tiene como propósito estandarizar el proceso de instalación de los componentes físicos para el correcto funcionamiento del sistema Control Sense dentro de dicho equipo.

## 2. OBJETIVO

Servir como un instrumento de apoyo, que defina los procedimientos correctos para la instalación de los componentes físicos dentro de los volquetes Scania G500XT.



	MANUAL DE INSTALACIÓN SENSORA 000007	
	Versión: 1.0	Fecha: 2020

### 3. INSTALACIÓN DE ANTENA

#### 3.1. Retiro de Tapesol

En primer momento retiramos el tapesol de la unidad, presionando los seguros que muestra la imagen.




Ilustración 1: Retiro de Tapesol

#### 3.2. Asegurar la base de la antena

Retirar los 2 pernos para ajustar el soporte, generalmente es con un dado de 13mm.



Ilustración 2: Ajuste de antena

 <b>Mine Sense</b> CON MINERS	MANUAL DE INSTALACIÓN SACUBA CONTROL	
	Versión 1.0	Fecha: 2020

### 3.3. Guía de Cables de alimentación y comunicación



Ilustración 3: Guía de cables de alimentación y comunicación

## 4. DESMONTAJE EN CABINA

- Esta parte ayuda a identificar los compartimientos en donde se hará las conexiones dentro de la cabina.

### 4.1. Tapas Laterales

- Ubicamos la tapa lateral en el asiento del copiloto, la cual se jala suavemente y se desprende.


	MANUAL DE INSTALACIÓN SACAWA 85002T	
	Versión: 1.0	Fecha: 2020



Ilustración 4: Tapa Lateral

- Apoyarse del agujero de la parte baja para jalar la tapa.
- Girar grapa de aseguramiento de la tapa frontal, para desmontar.


	MANUAL DE INSTALACIÓN SENSORA ERODIT	
	Versión: 1.0	Fecha: 2020




Ilustración 5: Grapas de aseguramiento

- Retirar Tapa y perno del panel lateral superior, por donde llega la conexión de comunicación de la antena.



Ilustración 6: Retiro de aseguramiento de panel side lateral derecho



	MANUAL DE INSTRUCCIÓN SICOMSA 030027	
	Versión: 1.0	Fecha: 2020

- Retirar tapa y perno ubicado en el lado derecho del asiento de copiloto.




Ilustración 7: Retirar perno y tapa del lado derecho de copiloto

## 5. CONECCIÓN DE PORTAFUSIBLE.

- Retirar pernos de porta fusibles para desmontar.



Ilustración 8: Desmontaje de Porta Fusibles

	MANUAL DE INSTALACIÓN SACUBA 15000T	
	Versión: 1.0	Fecha: 2020

- Se conecta los fusibles de energía constante que alimentará al control box y Microtú, de igual manera el fusible de ignición para la pantalla.




Ilustración 9: Posición de los fusibles de ignición y corriente constante

- A continuación, se muestra la parte trasera de la forma de la conexión.



Ilustración 10: Conexión de Auxiliares

 <b>Mine Sense</b> POR MINERÍA	MANUAL DE INSTALACIÓN SACKWA RIBD02T	
	Versión: 3.0	Fecha: 2020

## 6. CONEXIÓN DE TELEMETRÍA.

- Se procede a conectar la telemetría en el CAN asignado.




Ilustración 11: Conexión para telemetría

- Se muestra la conexión de los pines para la conexión de telemetría.



Ilustración 12: Conexión de pines de telemetría



	MANUAL DE INSTALACIÓN SACHWA 030007	
	Versión: 1.0	Fecha: 2020

- Finalmente conectamos el negativo.



Ilustración 13: Conexión de tierra o negativo

## 7. INSTALACIÓN DE INCLINÓMETRO


Se procede a instalar el inclinómetro en la parte izquierda metálica del sistema eléctrico del volante.



Ilustración 14:  
Inclinómetro



Ilustración 15: Instalación de inclinómetro

	MANUAL DE INSTALACIÓN SCREEN V2002T	
	Revisión: 1.0	Fecha: 2020

## 8. INSTALACION DE CONTROL SCREEN V2

- Se procede a instalar base RAM en una parte plana del tablero del volquete.




Ilustración 13: Instalación de base RAM

- Se procede a instalar los cables de energía, telemetría y microk en el tablero del volquete.
- Al costado de la cigarrera hay una tapa de un orificio del tablero, se retira la tapa y se ingresan los cables del control Screen, que van hacia el tablero de tarjetas.



Ilustración 14: Conexión de Conector M8

	MANUAL DE INSTALACIÓN SICANA (SICOT)	
	Versión 1.0	Fecha: 2020

- Instalación de Control Screen en base RAM y brazo.



Ilustración 17: Control Screen en Volquete