

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



**Optimización del rendimiento y mejora del sistema de ventilación de un
scooptram R1300G de la flota CIS en CMH**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO

AUTOR:

Bach. Fuentes Chafloque, Armando Jarry

ASESOR:

Msc. Risco Ojeda, Rusber Alberto

COD. ORCID. 0000-0003-0194-169X

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ

2024

HOJA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

El presente informe de tesis titulado:

“OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO Y MEJORA DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN DE UN SCOOPTRAM R1300G DE LA FLOTA CIS EN CMH”, elaborado por el bachiller **FUENTES CHAFLOQUE, ARMANDO JARRY**, para optar por el Título Profesional de Ingeniero Mecánico.

Ha contado con el asesoramiento de quien deja constancia de su aprobación. Por tal motivo, firmo el presente trabajo en calidad de asesor.




Msc. Risto Ojeda, Rusber Alberto
COD. ORCID. 0000-0003-0194-169X
DNI: 32903454
ASESOR

HOJA DE CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR

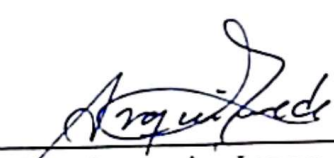
El presente informe de tesis titulado:

“OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO Y MEJORA DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN DE UN SCOOPTRAM R1300G DE LA FLOTA CIS EN CMH”,
elaborado por el bachiller **FUENTES CHAFLOQUE, ARMANDO JARRY**, para optar por el Título Profesional de Ingeniero Mecánico.


Fue revisado y aprobado por el siguiente Jurado Evaluador.



Msc. Escalante Espinoza, Nelder Javier
COD. ORCID. 000-0001-8586-3021
DNI: 32763819
PRESIDENTE



Msc. Iparraguirre Lozano, Arquimedes
COD. ORCID. 0000-0002-1132-7688
DNI: 32766219
SECRETARIO



Msc. Risco Ojeda, Rusber Alberto
COD. ORCID. 0000-0003-0194-169X
DNI: 32903454
INTEGRANTE

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

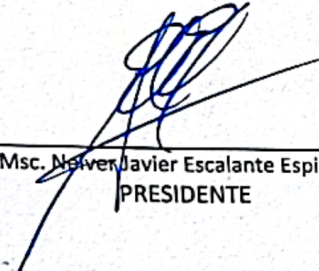
A los treinta días del mes de setiembre del año dos mil veinticuatro, siendo las 12:00 p.m., En el Laboratorio de Uso Múltiple de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica-FI-UNS, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante Resolución N° 325-2024-UNS- CFI, y de expedito según Resolución Decanal N° 590-2024-UNS-FI integrado por los docentes: Msc. Nelver Javier Escalante Espinoza (presidente), Msc. Arquímedes Iparraguirre Lozano (secretario) y el Msc. Rusber Alberto Risco Ojeda (Integrante), para dar inicio a la sustentación de la Tesis titulada: "OPTIMIZACION DEL RENDIMIENTO Y MEJORA DEL SISTEMA DE VENTILACION DE UN SCOOPTRAM R1300G DE LA FLOTA CIS EN CMH", perteneciente al bachiller: FUENTES CHAFLOQUE ARMANDO JARRY con código de matrícula N° 0201116006, quien fue asesorado por el Msc. Rusber Alberto Risco Ojeda, según Resolución Decanal N.º 349-2020-UNS-FI.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General de Grados y Títulos, vigente, declaran aprobar:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
FUENTES CHAFLOQUE ARMANDO JARRY	17	BUENO

Siendo las 12:30 p.m del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, setiembre 30 de 2024


Msc. Nelver Javier Escalante Espinoza
PRESIDENTE


Msc. Arquímedes Iparraguirre Lozano
SECRETARIO


Msc. Rusber Alberto Risco Ojeda
INTEGRANTE

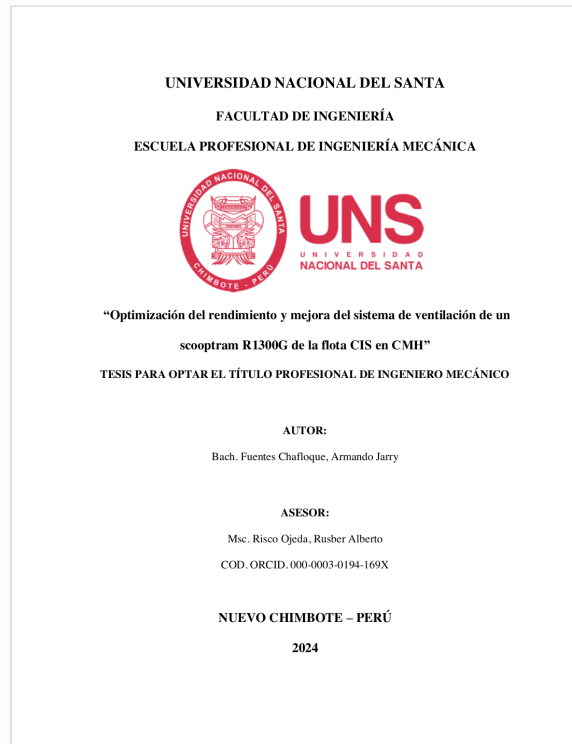


Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Armando Jarry FUENTES CHAFLOQUE
Título del ejercicio: INFORME
Título de la entrega: Optimización del rendimiento y mejora del sistema de ventil...
Nombre del archivo: TESIS_UNNS_-_AFCH_FINAL.pdf
Tamaño del archivo: 3.94M
Total páginas: 121
Total de palabras: 18,584
Total de caracteres: 103,402
Fecha de entrega: 04-oct.-2024 08:34a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega... 2296654694



Optimización del rendimiento y mejora del sistema de ventilación de un scooptram R1300G de la flota CIS en CMH

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	4%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
3	repositorio.unamba.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	1%
6	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.umsa.bo Fuente de Internet	<1%
8	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1%

DEDICATORIA

A Dios, por haber guardado cada uno de mis pasos en cada etapa de mi vida y haberme preparado cognitivamente para cooperar con Su deseo.

A mis padres, Walter Fuentes y Zoyla Chafloque, por ser el soporte de toda mi vida, quienes me han cuidado con amor, me han educado con valores y me han sustentado.

AGRADECIMIENTOS

A mis hermanos: Roberto, por todo su apoyo y motivación durante mi formación profesional. David y Juan por su guiar y consejos. A ellos por ser modelos de esfuerzo y dedicación.

A mi compañera de milicia, mi esposa Patricia, por su apoyo incondicional, la fuerza y el empuje brindados para el desarrollo de la presente tesis de grado.

A la Universidad Nacional del Santa, Escuela Académico profesional de Ingeniería Mecánica, por brindarme los conocimientos necesarios para ejercer esta maravillosa profesión.

A mi asesor MSc. Ing. Rusber por su apoyo para desarrollar y llevar a cabo este trabajo de investigación, de importancia para la industria minera y la ingeniería.

ÍNDICE

RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES	2
1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA.....	6
1.3. OBJETIVOS	6
1.3.1. Objetivo general	6
1.3.2. Objetivos específicos.....	6
1.4. HIPÓTESIS.....	7
1.5. JUSTIFICACIÓN	7
1.5.1. Justificación teórica	7
1.5.2. Justificación tecnológica.....	7
1.5.3. Justificación económica.....	8
1.5.4. Justificación ambiental	8
II. MARCO TEÓRICO	9
2.1. BASES TEORICAS.....	9
2.1.1. Sistema de ventilación	9
2.1.2. Transmisión por fajas	11
2.1.3. Rendimiento.....	13
2.1.4. Indicadores claves de Rendimiento (KPI's).....	13
2.1.5. D.M – disponibilidad mecánica.....	14
2.1.6. U.E – Utilización Efectiva.....	15
2.1.7. D.O - disponibilidad operativa	15
2.1.8. Utilización neta del scooptram	15
2.1.9. Disponibilidad de recursos	16
2.1.10. Actividades operativas	16
2.1.11. Uso del equipo	17
2.1.12. Scooptram (LHD)	17
2.2. MARCO CONCEPTUAL	19

2.2.1.	Eficiencia.....	19
2.2.2.	Eficacia - Productividad	19
2.2.3.	Mineral.....	19
2.2.4.	Yacimiento.....	19
2.2.5.	Tiempo.....	19
2.2.6.	Costo – beneficio	20
2.2.7.	Reducción.....	20
2.2.8.	Optimización	20
2.2.9.	R1300G.....	20
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
3.1.	METODO DE LA INVESTIGACION.....	23
3.2.	TIPO Y ENFOQUE DE LA INVESTIGACION	23
3.3.	NIVEL DE LA INVESTIGACION.....	24
3.4.	DISEÑO DE INVESTIGACION	24
3.5.	IDENTIFICACION DE VARIABLES.....	25
3.5.1.	Operacionalización de variables.....	25
3.6.	POBLACION Y MUESTRA.....	26
3.6.1.	Población	26
3.6.2.	Muestra.....	26
3.7.	TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS.....	26
3.8.	METODOS DE ANALISIS DE DATOS	27
3.9.	ASPECTOS ETICOS.....	27
IV.	CALCULOS.....	28
4.1.	DIAGNOSTICO DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL EQUIPO SCOOPTRAM R1300G en CMH	28
4.1.1.	Características técnicas de los equipos.....	28
4.1.2.	Cálculo de Disponibilidad mecánica (DM) y Utilización efectiva (UE).....	29
4.2.	IMPLEMENTACIÓN DE MEJORA DEL SISTEMA DE VENTILACION DEL EQUIPO SCOOPTRAM R1300G.....	37
4.2.1.	Datos técnicos del sistema de ventilación	37
4.2.2.	Cálculo de la relación de transmisión (i)	39
4.2.3.	Cálculo de revoluciones de la polea conducida “B”	40

4.2.4.	Potencia Calculada (PB)	40
4.2.5.	Cálculo de la distancia entre centros de poleas “A” y “B”	43
4.2.6.	Cálculo de desarrollo de correa	44
4.2.7.	Distancia entre centros corregida	45
4.2.8.	Cálculo del ángulo de contacto de la polea motriz (α_1)	46
4.2.9.	Cálculo del ángulo de contacto de la polea conducida (α_2)	46
4.2.10.	Selección Factor de ángulo (C1)	46
4.2.11.	Factor de desarrollo (C3)	47
4.2.12.	Factor de corrección (C4)	47
4.2.13.	Potencia Nominal (PN)	48
4.2.14.	Determinación de número de correas trapeciales dentadas XPB	51
4.2.15.	Cálculo de la velocidad de la banda (V)	51
4.2.16.	Cálculo de ciclos por segundos IF	52
4.3.	IMPACTO DEL CAUDAL DE AIRE MODIFICADO EN EL RENDIMIENTO DEL EQUIPO	53
4.3.1.	Cálculo de caudal de aire que proporciona el ventilador	53
4.3.2.	Cálculo del nuevo rendimiento y disponibilidad mecánica	58
4.4.	COMPARACION DE PRODUCCION EN LOS EQUIPOS ANTES Y DESPUES DE LA MEJORA DEL SISTEMA DE VENTILACION	61
4.4.1.	Cálculo de la producción antes de la mejora	61
4.4.2.	Cálculo de la producción después de la mejora	64
V.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	67
5.1.	RESULTADOS	67
5.1.1.	Del Diagnóstico Del Equipo Scooptram R1300g	67
5.1.2.	Del cálculo correspondiente para la mejora del sistema de ventilación	68
5.1.3.	Del impacto producido por la mejora del sistema de ventilación	69
5.1.4.	De la comparación en la producción de los equipos, antes y después de la mejora del sistema de ventilación	73
5.2.	DISCUSION DE RESULTADOS	76
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	79
6.1.	CONCLUSIONES	79
6.2.	RECOMENDACIONES	81

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
VIII. ANEXOS.....	86

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	25
TABLA 2 CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE LOS SCOOPTRAM R1300G	28
TABLA 3 PARÁMETROS INICIALES PARA CADA EQUIPO	29
TABLA 4 RESUMEN DE TIEMPOS OPERATIVOS E INOPERATIVOS DEL SCOOPTRAM R1300G: SCA-180.....	29
TABLA 5 RESUMEN DE TIEMPOS OPERATIVOS E INOPERATIVOS DEL SCOOPTRAM R1300G: SCA-181.....	32
TABLA 6 RESUMEN DE TIEMPOS OPERATIVOS E INOPERATIVOS DEL SCOOPTRAM R1300G: SCA-182.....	35
TABLA 7 MEDIDAS DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN INICIALMENTE	38
TABLA 8 VALORES PARA HALLAR P _N - INTERPOLACIÓN EN BASE A LA POLEA MENOR.....	49
TABLA 9 VALORES PARA HALLAR P _N - INTERPOLACIÓN EN BASE A RPM'S	50
TABLA 10 MEDIDAS DEL ÁREA A VENTILAR.....	54
TABLA 11 MEDIDAS DE LAS POLEAS SIN MODIFICAR.....	55
TABLA 12 MEDIDAS DE LA NUEVA POLEA	57
TABLA 13 RESUMEN DE TIEMPOS OPERATIVOS E INOPERATIVOS LUEGO DE LA MEJORA DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN DEL SCOOPTRAM R1300G: SCA-182.....	58
TABLA 14 PRODUCCIÓN DE TONELADAS DIARIA DE MINERAL.....	62
TABLA 15 PRODUCCIÓN DE ORO EN GRAMO POR DÍA	62
TABLA 16 PRECIO DE ORO POR GRAMO	63
TABLA 17 INGRESO ECONÓMICO DIARIO	63
TABLA 18 RESUMEN DE PARÁMETROS.....	64
TABLA 19 PRODUCCIÓN DE TONELADAS DIARIA DE MINERAL DESPUÉS DE LA MEJORA.....	64
TABLA 20 PRODUCCIÓN DE ORO DIARIO	65
TABLA 21 INGRESO ECONÓMICO MENSUAL	65
TABLA 22 RESUMEN DE PARÁMETROS DESPUÉS DE LA MEJORA	66
TABLA 23 RESUMEN COMPARATIVO DE LA DISPONIBILIDAD MECÁNICA DE LOS SCOOPTRAM	67
TABLA 24 RESUMEN COMPARATIVO DEL CAUDAL DE AIRE.....	69
TABLA 25 RESUMEN COMPARATIVO DE LA UE Y DM	71
TABLA 26 RESUMEN FINAL DE LOS TRES EQUIPOS SCOOPTRAM.....	72
TABLA 27 COMPARACIÓN DE LA MEJORA	73

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 PARTES DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN (REF. AUTOMOTRIZ)	9
FIGURA 2 COMPONENTES BÁSICOS DE UN RADIADOR	10
FIGURA 3 VENTILADOR INSTALADO EN RADIADOR	11
FIGURA 4 GEOMETRÍA BÁSICA DE LA TRANSMISIÓN POR BANDAS	11
FIGURA 5 TRANSMISIÓN POR FAJAS	12
FIGURA 6 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS Y MEDICIONES EN BASE AL TIEMPO CALENDARIO	17
FIGURA 7 SCOOPTRAM MODELO CAT R1300G Y SUS PARTES	21
FIGURA 8 MOTOR SCOOPTRAM R1300G – SISTEMA DE VENTILACIÓN	38
FIGURA 9 NUEVO BOCETO DE LA POLEA DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN	39
FIGURA 10 FACTOR DE CARGA PARA EL CÁLCULO DE POTENCIA CALCULADA	41
FIGURA 11 CORREAS MÉTRICAS EUROPEAS	42
FIGURA 12 PERFIL DE CORREAS TRAPECIALES ESTRECHAS DENTADAS - OPTIBELT SUPER X- POWER M=S	44
FIGURA 13 FACTOR DE ÁNGULO C1	46
FIGURA 14 FACTOR DE DESARROLLO C3	47
FIGURA 15 VALOR DE LA CONSTANTE C4	48
FIGURA 16 CUADRO DE VALORES DE POTENCIA NOMINAL PN PARA PERFILES XPB	48
FIGURA 17 RADIADOR SCOOPTRAM R1300G	54
FIGURA 18 RESUMEN DE LA DISPONIBILIDAD MECÁNICA Y UTILIZACIÓN EFECTIVA DE LOS SCOOPTRAM	67
FIGURA 19 COMPARACIÓN DEL CAUDAL DE AIRE	70
FIGURA 20 COMPARACIÓN – UTILIZACIÓN EFECTIVA Y DISPONIBILIDAD MECÁNICA	71
FIGURA 21 RESUMEN FINAL DE LOS SCOOPTRAM EVALUADOS	72
FIGURA 22 COMPARACIÓN DE HORAS POR TURNO	73
FIGURA 23 COMPARACIÓN DE TONELADAS DE MATERIAL	74
FIGURA 24 COMPARACIÓN DE EXTRACCIÓN DE CANTIDAD DE ORO	75
FIGURA 25 COMPARACIÓN DE INGRESOS ECONÓMICOS DIARIOS	75

RESUMEN

En el presente trabajo se realizó las mejoras al sistema de ventilación de un cargador frontal de bajo perfil SCOOPTRAM R1300G de la flota CIS para así poder optimizar su rendimiento, durante su operación en Consorcio Minero Horizonte – CMH. Se aplicó un estudio de enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, de nivel descriptivo - explicativo y diseño cuasi-experimental de corte longitudinal. La recolección de datos fue por observación directa y análisis documental, aplicando fichas de control de campo como instrumentos. El estudio se realizó sobre los cargadores de bajo perfil de la empresa CIS que laboran en CMH (minería subterránea), donde la muestra está consignada por el equipo Scooptram R1300G de codificación SCA-182.

Los resultados determinaron que al reducir la de polea del ventilador, de 11 pulgadas a 7 pulgadas (un antes y después), se produjo un aumento en el caudal de aire de 113 m³/s a 182 m³/s, logrando una utilización efectiva (UE) del 73 % y una disponibilidad mecánica (DM) del 89 %, lo cual representó un incremento mayor al 40% en estos indicadores. Esta reducción resultó en una mejora del sistema de ventilación que optimizó el rendimiento del equipo, logrando un incremento de 4 horas efectivas por turno y un significativo aumento de 640 toneladas de material por día, generando mayor extracción de oro con un aproximado de 2 016 gramos de oro por día. Por lo tanto, esta mejora permitió que la empresa CIS tenga una mejor disponibilidad en sus equipos Scoop.

Palabras claves: Sistema de ventilación, scooptram R1300G, utilización efectiva, disponibilidad mecánica, rendimiento.

ABSTRACT

In the present work, improvements were made to the ventilation system of a SCOOPTRAM R1300G low-profile front loader of the CIS fleet in order to optimize its performance, during its operation at Consorcio Minero Horizonte – CMH. A study with a quantitative approach was applied, of an applied type, with a descriptive-explanatory level and a longitudinal quasi-experimental design. Data collection was through direct observation and documentary analysis, applying field control sheets as instruments. The study was carried out on the low-profile loaders of the CIS company that work in CMH (underground mining), where the sample is recorded by the Scooptram R1300G equipment with SCA-182 coding.

The results determined that by reducing the fan pulley, from 11 inches to 7 inches (a before and after), there was an increase in the air flow from 113 m³/s to 182 m³/s, achieving effective utilization (EU) of 73% and a mechanical availability (MD) of 89%, which represented an increase of more than 40% in these indicators. This reduction resulted in an improvement of the ventilation system that optimized the performance of the equipment, achieving an increase of 4 effective hours per shift and a significant increase of 640 tons of material per day, generating greater gold extraction with an approximate of 2,016 grams. gold per day. Therefore, this improvement allowed the CIS company to have better availability on its Scoop equipment.

Keywords: Ventilation system, scooptram R1300G, effective use, mechanical availability, performance.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la industria minera es la fuente clave del desarrollo económico en el Perú, y representa alrededor del 10% del PIB del país. La extracción y exportación de minerales, así como la inversión extranjera, han impulsado el desarrollo de diversas industrias y sectores en el Perú (Acapucho, 2022). En tal sentido, la empresa Consorcio Minero Horizonte – CMH, que forma parte de esta importante industria, es una entidad que se encuentra bien posicionada en lo que respecta al mercado aurífero en el Perú (LOAYZA SUSANIBAR, 2020).

El CMH opera en la localidad de Retamas, distrito de Parcoy, provincia de Pataz, departamento de La Libertad, entre los 2000 y los 3000 m s. n. m. Hoy en día, es una empresa dinámica cuyos métodos de explotación están en permanente evolución con nuevas tecnologías de minado. Además, cuenta con importantes certificaciones internacionales como OHSAS 18001, ISO 14001 e ISO 9001, que afianzan su actual posición como la primera empresa productora de oro en minería subterránea o de socavón en el país (Jáuregui Machuca, 2017). Como parte de sus métodos de explotación, el CMH contrata servicios de Empresas terceras especializadas en explotación de yacimientos mineros, en donde interviene la empresa a la cual pertenece nuestro objeto de estudio, Canchanya Ingenieros – CIS.

Canchanya Ingenieros SRL. - CIS, es una empresa peruana especializada en trabajos mineros integrales, los servicios que ofrece, cubren las etapas de exploración, desarrollo, preparación y explotación de minerales, así como de servicios de sostenimiento y complementarios. Opera con certificaciones internacionales bajo las normas ISO 14001 (Sistema de Gestión Ambiental), ISO 45001 (Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional), ISO 9001 (Sistema de gestión de Calidad), los cuales garantizan que el desarrollo

de las actividades cumpla los estándares internacionales y normas nacionales (Canchanya ingenieros, 2023).

Los servicios ofrecidos por la empresa Canchanya Ingenieros S.A. - CIS (Servicios de terceros) a la empresa Consorcio Minero Horizonte – CMH (Minera Local), fueron de explotación, acarreo y extracción de minerales. Por la necesidad de mejorar la producción ofrecida, la empresa CIS incorporó 3 Scooptrams en su flota operativa, destinando uno de estos equipos a la zona más compleja de extracción (en interior mina) por sus condiciones ambientales críticas (temperatura sobre 40°C), operar en tales condiciones produjo deficiencias en un Scooptram incorporado: el equipo recalentaba y perdía fuerza, reduciendo sus horas operativas hasta en un 54.5%.

El presente trabajo tiene el propósito de presentar una solución viable y económica, frente al recalentamiento que presentan los equipos Scooptram Caterpillar, al trabajar en condiciones ambientales críticas de sobre temperatura, para lo cual se estableció el objetivo de Optimizar el rendimiento y mejorar el sistema de ventilación de un SCOOPTRAM R1300G de la flota CIS en CMH.

1.1. ANTECEDENTES

La presente investigación no cuenta con antecedente directamente relacionados por la magnitud y especificación de su problemática, el cual presenta detalles muy específicos por la zona donde se realiza el trabajo de investigación, por ello se tomarán trabajos de investigación que presenten alguna semejanza no directamente con la problemática sino con una de las variables presentes en el título o que tengan un desarrollo similar en búsqueda de la resolución de la realidad problemática.

Ámbito internacional se tiene la siguiente literatura.

El autor (Sariego Pastén, 2018) en su tesis titulada “Rediseño conceptual e ingeniería de detalle de cargador frontal de bajo perfil para la mina subterránea” tuvo por objetivo principal el análisis de las condiciones de trabajo más críticos del LHD, realizando una investigación descriptiva simple y correlacional. Este trabajo presenta un rediseño conceptual y de detalle de un LHD, obteniendo los siguientes resultados: primera fase, la especificación técnica del equipo, en la segunda fase, el diseño tridimensional del equipo con el software Wilfire 2.0 y los módulos de modelamiento, ensamble, explosión y animación. Se realizó los análisis por elemento finitos con la ayuda del software y su módulo de mecánica, donde se obtuvieron esfuerzos y desplazamientos de todos los elementos del equipo, a su vez como conclusión se tienen que se detectaron debilidades o falencias dentro del equipo, en los ámbitos de seguridad y ergonomía, con las modificaciones de rediseño no se encuentran grandes diferencias significativas por lo que el producto es potencialmente competitivo.

Los autores (Uribe Neira & Zanlungo Matsuhira, 2014) en su investigación titulada “Análisis de la funcionalidad y desempeño de la operación semiautónoma en equipos de carga; acarreo y descarga en minería subterránea” tuvieron como objetivo realizar el análisis de funcionamiento y desempeño de los equipos LHD en un modo semi automatizados (sin operador a bordo), siendo una investigación descriptiva propositiva. La operación minera semiautónoma es pilar fundamental ya que la etapa de conceptualización y optimización en el proceso de extracción por medio de equipos LHD reducirá considerablemente las condiciones de seguridad y salud ocupacional de la operación, y así también el incremento de la producción laboral y de activos, esto conllevando al incremento de la disponibilidad de estos equipos para los laboreos mineros. El autor recomienda avanzar en la automatización para satisfacer los proyectos estructurales subterráneos en los procesos de producción.

En el ámbito nacional se tiene la siguiente literatura.

El autor (Paucar Soto, 2019a) en su investigación titulada “Eficiencia de equipos scoop en el carguío y transporte en la unidad minera Yauricocha de la sociedad minera Corona S.A.” tuvo como objetivo incrementar la eficiencia de los equipos scoop en el carguío y transporte en la Unidad Minera Yauricocha con la finalidad de incrementar la productividad de los scoops y reducir el costo directamente de extracción. Para ello realizó: un diagnóstico de los equipos mineros y un programa de mantenimiento aplicado a la flota, plan de trabajo sobre la zona de trabajo y el rendimiento de equipo a diferentes escenarios. Los resultados evidenciaron la reducción de 2.02 (US\$/TM) a 1.80 (US\$/TM), es decir, el 10% en los costos de extracción. En conclusión, se alcanzó una productividad en los equipos carguíos de 926,75 TM por día, aumentándose el coeficiente de correlación en 0.9441, demostrándose su efectividad

Los autores (Ventura Romero & Caveró Cuaresma, 2019) en su investigación titulada “Gestión de tiempos en las operaciones de acarreo con equipo LHD para la evaluación de costos unitarios en explotación de la UEA San Cristóbal de Minera Bateas, Caylloma - Arequipa 2017” tuvieron como objetivo determinar la efectividad en los tiempos de acarreo con equipo Caterpillar scoop. La metodología del estudio tuvo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, con un diseño no experimental transversal, las técnicas de recolección empleada fueron; la observación y el análisis documental, asimismo para el diagnóstico se utilizó el Análisis de Pareto que permitió determinar el 15% que tiene la actividad del ciclo de acarreo en la producción total y como herramientas para el procesamiento el SPSS y Excel. Los resultados evidenciaron una serie de pérdidas operacionales en el 2014 como: velocidades de 1.8 km/h en viaje vacío, rendimiento de equipos en 8.52 TM/h, exceso de tiempo en transferencia de desmonte y demora de actividades del scoop por demoras no operativas (6.73 horas de 24.73 horas). En

conclusión, con las mejoras presentadas se disminuyó el estado de demora de 217 horas en el 2014 a 171.7 horas en el 2017 lo cual mejoro la efectividad en el uso de los equipos mineros.

Los autores (Chávez Vásquez & Huamaní Rodríguez, 2018) en su investigación titulada “Optimización de los tiempos operativos de los equipos trackless para el logro de la productividad en la compañía minera Volcán, Unidad Chungar - 2017” tuvieron como objetivo optimizar los tiempos operativos en los equipos mineros para aumentar la productividad. La investigación fue de nivel aplicativo, con un diseño no experimental, la muestra estuvo conformada por los 7 scooptram, 2 jumbo emperador y 3 jumbo frontonero, las técnicas de recolección empleadas fueron; la observación y el análisis documental, que permitieron el diagnóstico en la deficiencia del control de equipos, tiempos de trabajo y la codificación de tareas. Los resultados permitieron mejora en los indicadores como: en el programa de avance de 700 m de 446.4 (74.4%) a 697.2m (99.6%), en el programa de producción de 28,000 toneladas de un 17,247.4 toneladas (67%) a 27,862.26 (99.5%), en el programa de 8795 piezas de 4005 piezas (34.1%) a 8557 piezas (102%). En conclusión, se mejoró los tiempos operativos en el proceso de operación de la mina.

Los autores (Reyes Pezo & Sánchez Vásquez, 2020) en su investigación titulada “Mejora de la eficiencia global de la máquina devanadora mediante la aplicación del TPM en una empresa de fabricación de hilo”, tuvieron como objetivo determinar el mejoramiento de la eficiencia global de la máquina devanadora mediante la aplicación del TPM en una empresa de fabricación de hilo, debido a la existencia de fallas y averías constantes en la máquina que producían baja eficiencia, desarrollaron su estudio aplicado con la siguiente estructura: de nivel descriptivo, explicativo con un enfoque cuantitativo y un diseño cuasi-experimental. La propuesta se aplicó en el área de devanado. Recolectaron datos de 4 máquinas durante un

periodo de 12 semanas antes y después. Los instrumentos para recolección de datos fueron; fichas de registro, reportes diarios y análisis de datos. En conclusión, mediante la aplicación del TPM se logró el aumento de la eficiencia global de la máquina de un 48.99% a un 68.91%. En consecuencia, el nivel de la disponibilidad aumento de 65.30% a 83.26%, el rendimiento aumento de 79.97% a 84.04% y la calidad tuvo un aumento del 93.85% al 98.50%.

1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Al mejorar el sistema de ventilación del Scooptram R1300G, se logrará optimizar su rendimiento e incrementar su disponibilidad en CMH?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Optimizar el rendimiento y mejorar el sistema de ventilación de un SCOOPTRAM R1300G de la flota CIS EN CMH.

1.3.2. Objetivos específicos

- a) Diagnosticar las condiciones de operación del equipo SCOOPTRAM R1300G en CMH.
- b) Implementar la mejora del sistema de ventilación en el equipo SCOOPTRAM R1300G.
- c) Calcular el rendimiento del equipo SCOOPTRAM R1300G después de haber realizado la mejora en el sistema de ventilación.
- d) Realizar una comparación de la producción del equipo SCOOPTRAM R1300G, antes y después de su mejora.

1.4. HIPÓTESIS

La mejora del sistema de ventilación permite la optimización del rendimiento del Scooptram R1300G, la cual incrementa su disponibilidad de tiempo para laboreos en CMH.

Variable independiente: Sistema de ventilación

Variable dependiente: Rendimiento del Scooptram R1300G

1.5. JUSTIFICACIÓN

La minería ha contribuido al crecimiento económico del país y ya que el Perú viene ocupando un lugar importante en Latinoamérica y el mundo por su potencial minero, el presente trabajo de tesis adquiere relevancia que permitirá:

1.5.1. Justificación teórica

Presentar una metodología de cálculo que mejora el sistema de ventilación de un Scooptram R1300G y optimiza su rendimiento. La mejora del sistema de ventilación del equipo, contará con los sustentos analíticos necesarios para garantizar una solución óptima a la problemática que presentan los equipos CAT (Scooptram R1300G - cuando trabajan en condiciones ambientales de sobre temperatura), los cuales podrán servir como referencia mecánica para problemáticas similares en el sector minero.

1.5.2. Justificación tecnológica

Contribuir al conocimiento y a soluciones prácticas, al implementar un rediseño y al realizar mejoras en equipos dentro de sus unidades mineras, evitando desmovilización y/o reemplazos de unidades. Resalta que esta solución es replicable, escalable y sostenible.

1.5.3. Justificación económica

Incrementar el rendimiento de equipos R1300G que laboren en condiciones críticas de sobre temperatura, lo cual permitirá que logren incrementar su producción diaria y por ende la mensual, además de evitar gastos de desmovilización de equipos y/o el reemplazo de los mismos. Todo esto es de suma importancia para las empresas y Unidades mineras.

1.5.4. Justificación ambiental

Incrementar la productividad de equipos R1300G, mejorando la eficiencia energética, además de promover una aplicación de mantenimientos programados más amigables con el medio ambiente al evitar el exceso consumo de combustibles y filtros requeridos en cada mantenimiento.

II. MARCO TEÓRICO.

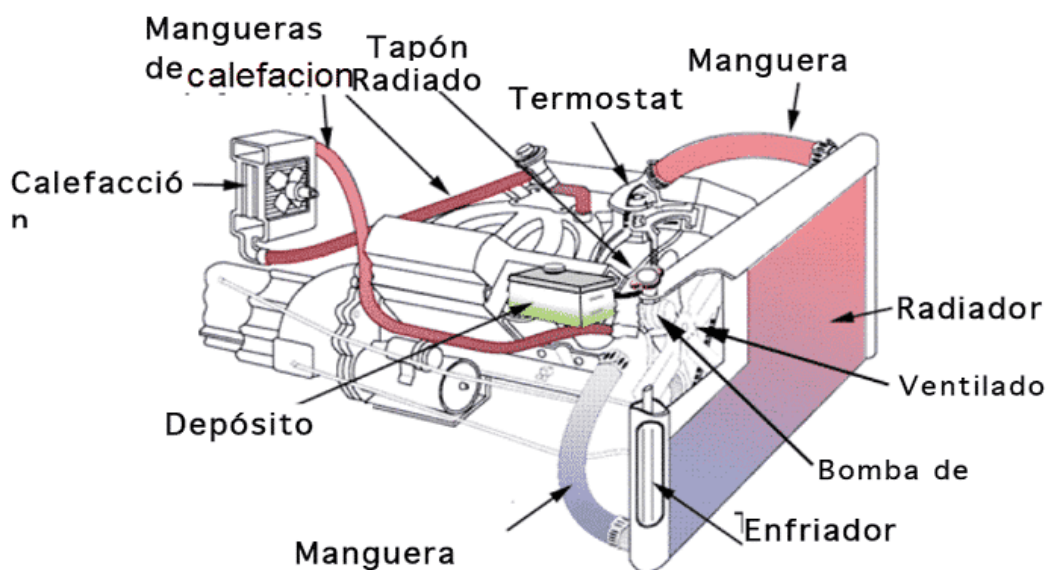
2.1. BASES TEORICAS

2.1.1. Sistema de ventilación

Subsistema del sistema de refrigeración, el cual cumple dos funciones; primera, elimina el calor del motor y segunda, mantiene el motor a la temperatura ideal para que los lubricantes no pierdan sus características, todo esto a través del intercambio de calor generado por los líquidos refrigerantes que circulan del motor al radiador. El sistema de ventilación proporciona un flujo constante de aire eficiente que optimiza el intercambio de calor en el radiador. (CEA Bogotá, 2019)

Figura 1

Partes del Sistema de Refrigeración (ref. automotriz)



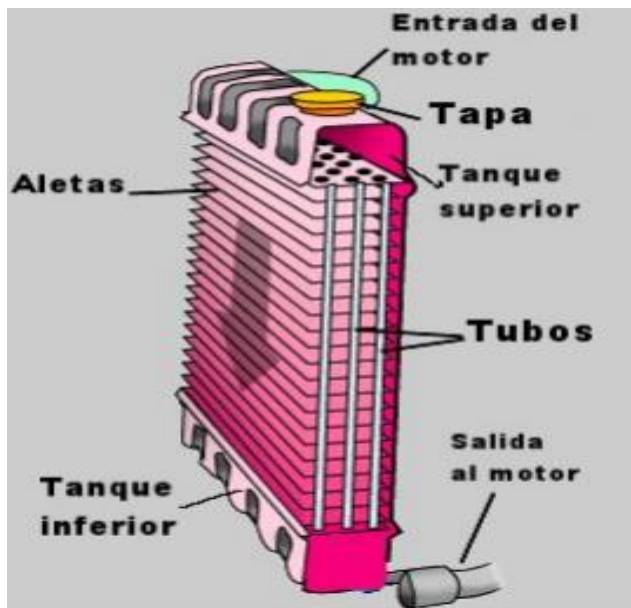
Nota. Sistema de Refrigeración incluye al sistema de ventilación. Componentes principales del sistema de ventilación: radiador y ventilador. Tomado de (Mundo del motor, 2015)

2.1.1.1. Radiador

Elemento dentro del sistema de refrigeración que utiliza **aire y líquidos refrigerantes para controlar las elevadas temperaturas que se generan en el motor** por causa de la combustión. Es un contenedor de líquido formado por dos tanques o depósitos (superior e inferior), unidos entre sí. Existen varios tipos de radiadores, los más comunes están conformados por un conjunto de tubos de cobre, situados espaciadamente y en paralelo, los cuales cuentan también con un sistema de aletas que amplían la superficie a través de la cual se disipa el calor. Ver figura 2. (Mundo del motor, 2015)

Figura 2

Componentes Básicos de un Radiador



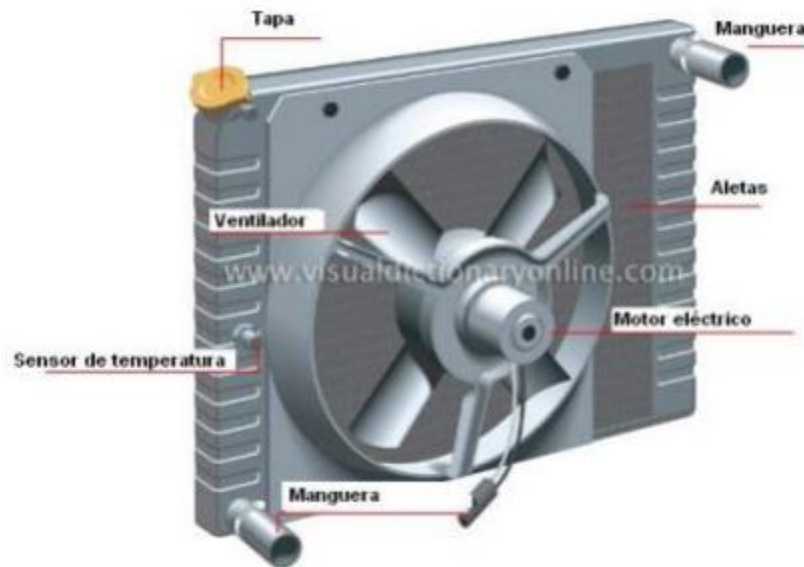
Nota. La figura muestra las partes básicas de un Radiador convencional. Tomado de (CEA Bogotá, 2019)

2.1.1.2. Ventilador

Componente que se instala en el sistema de enfriamiento para crear un flujo forzado de aire que permita la transferencia de calor entre el líquido enfriador y el radiador, a través de sus paredes de este último.

Figura 3

Ventilador Instalado en Radiador



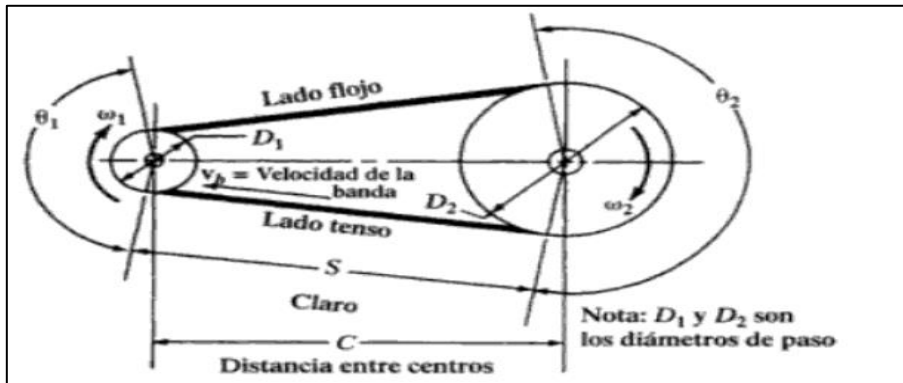
Nota. Ventilador convencional. Tomado de (CEA Bogotá, 2019)

2.1.2. Transmisión por fajas

La transmisión por bandas o fajas se aplica para altas velocidades y trabajan con poleas. Este tipo de transmisión es de elementos flexibles para la transmisión de potencias. En la figura 4 muestra los componentes y dimensiones que presenta una transmisión por bandas.

Figura 4

Geometría Básica de la Transmisión por Bandas



Nota. Descripción de magnitudes presentes en una transmisión por bandas. Tomado de (Mott, 2006)

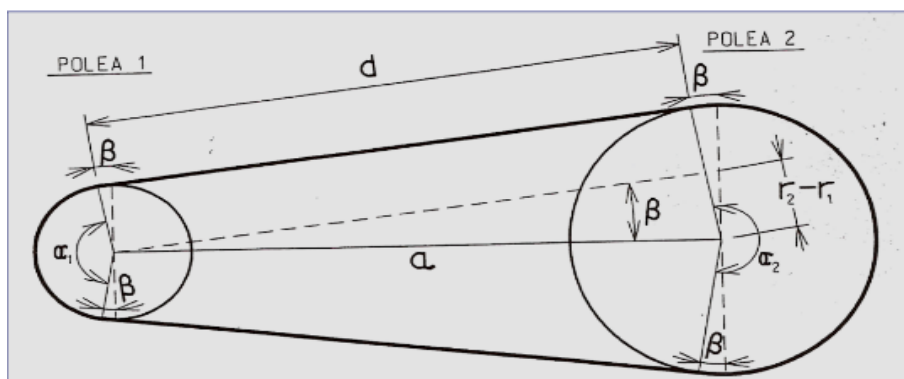
Existen varios tipos de fajas o bandas como las planas, acanaladas o dentadas, bandas V normales, bandas V en ángulo doble y más.

Bandas V normales: Tipo de bandas más usadas en las aplicaciones vehicular e industriales, ya que la forma ayuda a que se acúñe firmemente en la ranura y por ello se incrementa la fricción y permita la transmisión de grandes pares torsionales sin que presente deslizamientos. Gran parte de este tipo de faja presenta lonas de alta resistencia las que se colocan en el diámetro de paso para incrementar la resistencia a la tensión de dicha banda.

Para poder calcular la longitud de una correa se utiliza la siguiente fórmula, que también sale de la figura 5.

Figura 5

Transmisión por Fajas.



Nota. Magnitudes para el cálculo de correas (fajas). Tomado de (Rubio Alonso, 2021)

Longitud de faja:

$$L_p = \frac{\pi(D_1+D_2)}{2} + \frac{(D_2-D_1)^2}{2} + 2a \quad (1)$$

Distancia entre centros:

$$a = \frac{L_p}{4} - \frac{\pi(D_1+D_2)}{8} + \frac{(D_2-D_1)^2}{8} \quad (2)$$

Velocidad tangencial:

$$V = \frac{D_2 \times \pi \times n}{60000} \quad (3)$$

Relación de transmisión:

$$i = \frac{D_2}{d_1} = \frac{n_1}{n_2} \quad (4)$$

2.1.3. Rendimiento

Es correspondiente al peso o volumen de producción por unidad de tiempo de algún equipo determinado. Por lo general se expresan con términos de producción por hora, pero también se podrían utilizar por tasa por turno o día. (Vega Farfán, 2019)

2.1.4. Indicadores claves de Rendimiento (KPI's)

Los KPI's (Key performance Indicators), son indicadores claves que miden desempeño, indicando el rendimiento de los procesos para alcanzar un objetivo fijado.

Son métricas utilizadas para cuantificar el rendimiento. (Vega Farfán, 2019)

El cálculo de indicadores claves de rendimiento (KPI's), se determina mediante el índice minero tales como:

- ✓ Disponibilidad mecánica
- ✓ Utilización efectiva

- ✓ Rendimiento efectivo
- ✓ Rendimiento operativo

2.1.5. D.M – disponibilidad mecánica

Métrica que indica la disponibilidad del equipo para su utilización efectiva dentro de las labores mineras.

La fórmula de la disponibilidad mecánica que se toma de (Paucar Soto, 2019b) es la siguiente:

$$DM = \left(\frac{HD}{HP} \right) * 100 \quad (5)$$

- HP : Horas Programadas.

Horas totales del equipo requerida por las operaciones de acuerdo al planeamiento.

Es preciso definir las Horas/Turno, Turno/Dia requeridos para el mes o periodo de trabajo del equipo.

- HD : Horas Disponibles

$$HD = HP - (HMP + HMC) \quad (6)$$

- HMP : Horas de mantenimiento preventivo.

Horas programadas de acuerdo a las especificaciones del equipo y recomendaciones del fabricante.

- HMC : Horas de mantenimiento correctivo.

Horas para corregir fallas imprevistas (fallas mecánicas, eléctricas, roturas de manguera, sistemas de frenos, etc).

2.1.6. U.E – Utilización Efectiva

Porcentaje de uso del equipo en actividades de producción.

La fórmula de la utilización efectiva que se toma de (Paucar Soto, 2019b) es la siguiente:

$$UE = \left(\frac{HT}{HP} \right) * 100 \quad (7)$$

➤ HT : Horas Trabajadas.

$$HT = HD - (DO + DFO) \quad (8)$$

➤ DO : Demoras operativas.

* Movilización ida y vuelta del personal al lugar o frente de trabajo.

* Suministro de combustible.

* Chequeo del equipo por el operador.

* Traslado del equipo.

* Parada del equipo por accidente (Choques, derrumbes, siniestros).

➤ DFO : Demoras fijas y otros.

* Cambio de guardia.

* Corte de agua, energía, aire, etc.

* Charlas de capacitación / seguridad.

2.1.7. D.O - disponibilidad operativa

Está representa la cantidad porcentual de tiempo en que el equipo quedo a disponibilidad para operar y así poder desempeñar su función en un periodo de tiempo.

2.1.8. Utilización neta del scooptram

Tiempo efectivo de carga más el tiempo correspondiente a la preparación no productivas que son parte de la operación del equipo y no pueden ser excluidas.(Paucar Soto, 2019b)

2.1.9. Disponibilidad de recursos

Factor la cual altera la optimización de un proceso de la organización, se corresponde con la estructura de los ingresos disponibles, que no solo corresponde a la cantidad, diversidad y calidad de este, sino al proceso productivo con metas de optimizar.

2.1.10. Actividades operativas

Se define al conjunto de tareas, retrasos y problemas, que se presenta en un tiempo determinado, ya sea programado y no programado.

Actividades operativas Scooptram: Realiza el carguío donde carga el mineral y desmante juntos, llevándolos a los volquetes mineros, así también realiza la colocación de diques para rellenos hidráulicos, también realizan limpieza de voladuras, mantenimientos de vías, rellenar con desmante labores de producción ya explotadas.

Demoras operativas: Tiempos de retraso por motivo de tareas realizadas por operadores, descoordinaciones con el supervisor, falta de recursos, condiciones subestándares, charlas de seguridad, inspección del equipo, tiempo de ingreso del personal al lugar de la actividad, turnos de los operarios, refrigerios, abastecimiento de combustibles, accidentes con equipo, cambio de orden de trabajo, espera de orden de trabajo y frente de trabajo, espera de percutado de frentes, espera del volquete, falta de ventilación, limpieza de equipo, tráfico en labores.

Demoras no operativas: Tiempos dedicados a los mantenimientos correctivos o preventivos de los equipos durante el proceso operativo de mina y tenemos las fallas mecánicas, fallas eléctricas, mantenimientos preventivos, correctivos y predictivos. (Chávez Vásquez & Huamaní Rodríguez, 2018)

Figura 6

Definición de Términos y Mediciones en Base al Tiempo Calendario

Tiempo Total Programado (TTP)				
Tiempo Disponible (TD)			Tiempo de Mantenimiento (TM)	
Tiempo de Operación (TO)		Tiempo en Espera de Operación (TEO)	Mantenimiento Programado (MP)	Mantenimiento No Programado (MNP)
Tiempo Neto de Operación (TNO)	Demora en Operación (DO)			

Nota. Términos usados para el cálculo de indicadores (Canchanya ingenieros, 2023).

2.1.11. Uso del equipo

Es el tiempo que el equipo produce respecto al total del tiempo disponible mecánicamente, es la medida de eficiencia del aprovechamiento de los recursos en relación a las operaciones que realiza.

2.1.12. Scooptram (LHD)

Pertenecen a los equipos trackless, equipos de bajo perfil cuyo objetivo es la extracción y transporte del mineral. Equipo que desarrolla actividades en minas subterráneas, también se le puede denominar como volquete articulado diseñado para laboreos en vetas angostas, ofreciendo alta maniobrabilidad en lugares estrechos y confinados. Posee una alta relación potencia/peso permite poder acceder a lugar con rampas empinadas.

El significado de las siglas LHD es Load Haul Dump, q traducido al español es carga, acarreo y descarga de material.

Estos equipos tienen características como:

- Equipos que presentan tracción en las cuatro ruedas.
- Son bajos y angostos lo cual les permiten trabajar en vetas angostas.
- Poseen una articulación central de 42°, con dirección hidráulica, lo cual facilita conducción y la maniobrabilidad en lugares con limitado espacio.
- Presentan orientación bidireccional, poseen las mismas cantidades de cambios tanto para el avance como de reversa, permitiéndoles poseer la misma velocidad en ambos sentidos.
- El operador cuenta con una posición lateral, la cual le permite comodidad y buena visibilidad en ambos sentidos.
- Poseen componentes de construcción robusta.
- Pueden ser conducidos de manera remota hasta cierta distancia dependiendo de la visibilidad.
- Entre las características técnicas principales son un peso aproximado de 21,150 kg (46,600lb), longitud máxima de 9,095mm (358 pulgada) y un ancho de 2,200mm (86.6 pulgadas).
- Podemos encontrar diferentes tipos de modelos con dos marcas sobresalientes la SANDVIK (modelos LH-410 Y LH-307) y CATERPILLAR (R1300G y R1600G).
- Posee una gran velocidad de desplazamiento y gran facilidad en carga y descarga de camiones. (Chávez Vásquez & Huamaní Rodríguez, 2018)

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. Eficiencia

Parte de producción generada durante un determinado proceso, en comparación con respecto a algún parámetro, midiéndose en ganancia o pérdida del proceso. (Paucar Soto, 2019a)

2.2.2. Eficacia - Productividad

Indicador normativo que refleja el logro de resultados en capacidad de la satisfacción de alguna necesidad mediante los productos proporcionados. (Paucar Soto, 2019a)

2.2.3. Mineral

Material que presenta un valor económico y que es enviado a planta para procesarlo. La diferencia del material de baja ley es que no se envía para ser procesado. La calidad del mineral se expresa de acuerdo a la concentración del metal buscado. (Paucar Soto, 2019a)

2.2.4. Yacimiento

Deposito natural de mineral o roca mineralizada rentable, donde por lo general se abre una mina. (Paucar Soto, 2019a)

2.2.5. Tiempo

Magnitud física con la que se mide la duración o separación de algún acontecimiento, sujeto a algún cambio, de un sistema en observación. A su vez permite ordenar sucesos y secuencias, estableciendo un pasado, futuro y un conjunto de eventos ni pasados ni futuros respecto a otros.

2.2.6. Costo – beneficio

Considerado como una técnica para la mejora eficaz, enfocada en la producción para determinar la ratio del beneficio del proyecto determinado en relación con los costos de este. Esta técnica se aplica también para encontrar la alternativa con menor costos para lograr el mismo objetivo, posee una relación directa con el análisis y medición de la productividad.

2.2.7. Reducción

La disminución conlleva a la utilización de algo en menor grado, disminuyendo la intensidad, el volumen o el valor indicado. En particular, la disminución de costos se realiza cuando una empresa observa que sus ingresos son constantes, por lo que para incrementar su rentabilidad reduce costos.

2.2.8. Optimización

Técnica que pretende maximizar o minimizar la respuesta del sistema, siendo el objetivo que se puede medir con un indicador como podría ser costos, producción o ganancias.

El proceso de optimización debe incluir el poder de decisión limitada a la disponibilidad de recurso o también denominadas restricciones, lo cual reduce el abanico de posibilidades, a solo un espacio que se le consideraría como factible.(Paucar Soto, 2019a)

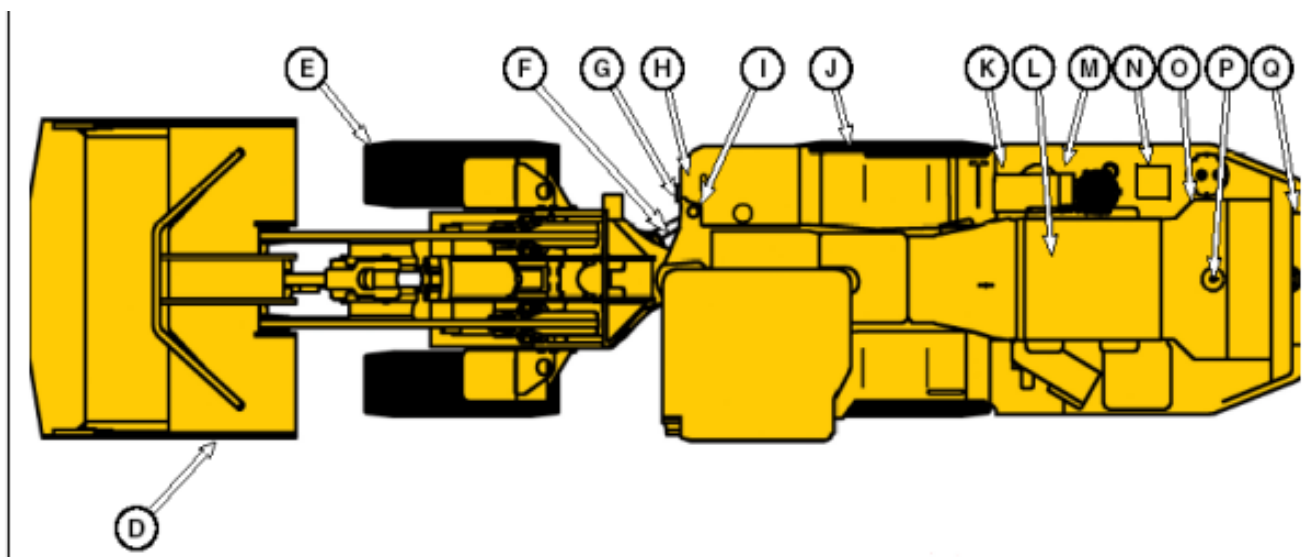
2.2.9. R1300G

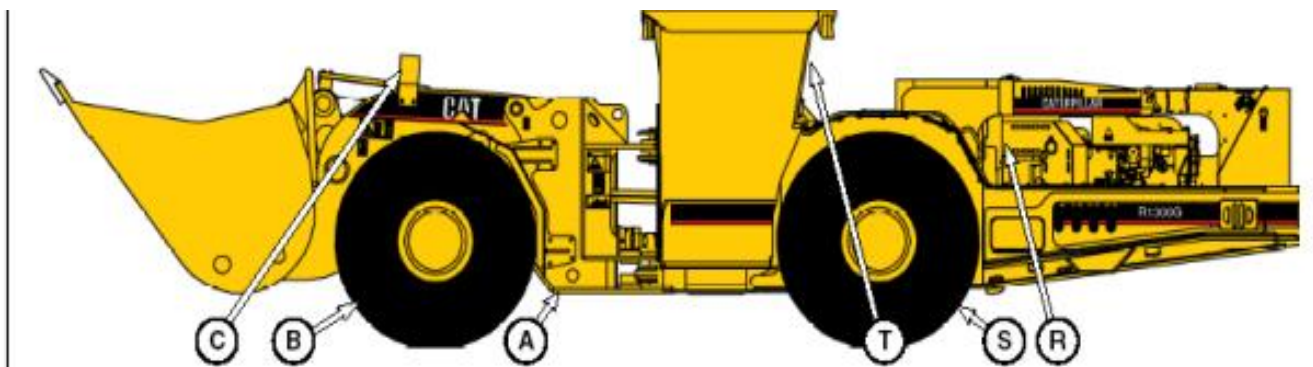
Cargador subterráneo o cargador de bajo perfil, que está diseñada para lograr una alta producción, acarreo y empuje de bajo costo por tonelada, en trabajos de minería subterránea. El diseño compacto y de alto rendimiento, construcción sólida y con un mantenimiento simple asegura una producción excelente, duración larga y bajo costo de operación. Este equipo ha sido

desarrollado para ofrecer alto rendimiento, diseñado para proporcionar gran comodidad fabricado para durar.(Paucar Soto, 2019a)

Figura 7

Scooptram Modelo CAT R1300G y sus Partes





ITEM	ELEMENTO	ESTADO	ITEM	ELEMENTO	ESTADO
A	Bastidor		K	Filtro de aire	
B	Neumático delantero izquierdo		L	Motor	
C	Luces delanteras		M	Tanque de combustible	
D	Cucharón y varillaje		N	Depósito de lubricación automática	
E	Neumático delantero derecho		O	Controles a nivel del suelo	
F	Cilindro de la dirección		P	Radiador	
G	Botella del lava parabrisas		Q	Luces traseras	
H	Tanque hidráulico		R	Tren de fuerza	
I	Traba del bastidor de la dirección		S	Neumático trasero izquierdo	
J	Neumático trasero derecho		T	Ventanas	

Nota. Equipo operativo en interior mina (foto propia) – Partes del Equipo CAT R1300G tomado de (Gorriti Rey, 2005)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. METODO DE LA INVESTIGACION

Según el estudio realizado por (Maldonado Pinto, 2018), el método de una investigación, está determinado por el conjunto de procedimientos que se emplean de forma organizada y sistematizada, para llegar a desarrollar de manera adecuada y correcta la totalidad de las etapas concernientes a este estudio. En el desarrollo de la investigación, se tomó en consideración los siguientes métodos: Método inductivo, con el fin de articularlas por medio de relaciones de causa – efecto, y posteriormente llegar a crear proposiciones de validez general; y Método deductivo, está definido por los enunciados o características acerca de la realidad, es decir, el contenido de las proposiciones en alusión a una investigación, inicia con lo general a un caso particular, que en su mayoría se encuentran contemplados por una ley científica.

3.2. TIPO Y ENFOQUE DE LA INVESTIGACION

Esta investigación cuenta con un **enfoque cuantitativo** de tipo aplicada, debido a que se buscó generar conocimientos nuevos que pueda aplicarse a la solución de problemas identificados en un determinado contexto, ya que la prioridad en esta investigación es mejorar el sistema de ventilación para obtener un mejor rendimiento de la maquinaria, lo cual según (Azüero Azüero, 2019), este tipo de análisis se fundamenta en un análisis detallado para ejecutar la medición de las variables, además tendrá el uso de instrumentos de recolección de datos, lo que de alguna manera proporcionó una representación numérica; es decir, para el desarrollo de este proyecto se recolectaron datos reales cuantificables de los tiempos productivos e improductivos y tolerables, así como también demoras operativas, lo cual son parámetros fundamentales para el desarrollo de los resultados de esta investigación.

3.3. NIVEL DE LA INVESTIGACION

Esta investigación es de nivel propositivo – **explicativo**, puesto que se identifica generalidades significativas de situaciones y hechos, los cuales contribuyen al conocimiento, luego de registrar, describir, analizar, examinar e interpretar las actividades que se lleven a cabo en el equipo Scooptram R1300G con la finalidad de mejorar su rendimiento y disponibilidad.

3.4. DISEÑO DE INVESTIGACION

Esta investigación tiene un **diseño experimental**, de tipo cuasi-experimental y de corte Longitudinal, puesto que se tomarán pruebas en distintos periodos. Así mismo según (Ñaupas Paitan et al., 2014), en una investigación cuasi experimental, se realiza el estudio del comportamiento de una variable, de modo parcial, en un determinado tiempo y contexto, de modo que, produce un resultado (causa – efecto). En la presente investigación se evalúa un antes y un después, alterando parcialmente una de las variables.

3.5. IDENTIFICACION DE VARIABLES

3.5.1. Operacionalización de variables.

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
Variable independiente Mejora del sistema de ventilación	<p>El sistema de ventilación es el conjunto de elementos que son empleados para ventilar un espacio cerrado.</p> <p>Comúnmente la ventilación en un espacio cerrado ha consistido en colocar un extractor y algo más.</p> <p>En la actualidad el sistema de ventilación a sustituido los extractores.</p>	<p>La misión es de mantener un flujo de aire permanente y necesario para el habitáculo del vehículo, donde sus entradas y salidas permiten que en el interior se renueve el aire y así mantener una temperatura adecuada para evitar el recalentamiento de algún elemento.</p>	<p>Temperatura de trabajo.</p> <p>Tiempo de trabajo.</p> <p>Dimensión de ventilador.</p> <p>Volumen de aire.</p>	Razón.
Variable dependiente Optimización del rendimiento	<p>Toda mejora que permita que el rendimiento de algún elemento incremente y trabaje de manera que no tenga paralizaciones.</p>	<p>Consiste en el incremento de la disponibilidad de los equipos para su laboreo minero, el cual permita el incremento de la productividad.</p>	<p>Tiempo de labor.</p> <p>Disponibilidad del equipo.</p> <p>Producción.</p>	Razón.

Nota: Elaboración propia.

3.6. POBLACION Y MUESTRA

3.6.1. Población

(Ñaupas Paitan et al., 2014), lo define como el conjunto de elementos o individuos que muestran rasgos comunes que lo asocian como el conjunto de unidades de estudio. Sin embargo, para el siguiente trabajo de investigación estará conformada **por 3 scooptram de la empresa CIS** que laboran en la minería subterránea. Tiempo de observación: 30 días antes y 30 días después de que de hiciera la mejora.

3.6.2. Muestra

(Ñaupas Paitan et al., 2014), define como un fragmento de la población, donde está conformada por el universo en estudio, lo cual se realizó instrumentos de recopilación de información, esta puede estar constituida, por individuos, cosas, elementos o procesos, lo cuales tuvieron que cumplir con las características necesarias para llevar a cabo el cumplimiento de los objetivos del estudio. Al ser el tamaño de la población pequeño, se tomó una muestra simple por conveniencia, esta **muestra** está consignada por el **equipo Scooptram R1300G** de codificación **SCA-182**.

3.7. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

Las técnicas utilizadas son de fuentes primarias; la observación de campo (visitas in situ en todas las vetas, para analizar las condiciones de trabajo de las maquinas) y recopilación documental (para analizar el estado de las maquinas), la cual nos ha permitido la obtención de datos según su registro por la empresa. Todo esto nos va a permitir ver el estado de producción y rendimiento de la máquina. Los **instrumentos** utilizados fueron **fichas de control de campo – check list**.

3.8. METODOS DE ANALISIS DE DATOS

Se consiguió la información necesaria gracias a la observación y registros de las tareas realizadas por los responsables de cada área. Su análisis se desarrollará mediante tablas donde estarán presentes los datos documentados a los que aplicando formulas básicas nos permitirá obtener rendimientos y mediciones de indicadores, que se podrán analizar. Se usará diagrama de Pareto que facilitará el análisis de las causas del problema de investigación, así como el estado en el que se encuentra las máquinas.

3.9. ASPECTOS ETICOS

El proyecto de investigación tendrá principios en base a los valores como la perseverancia, responsabilidad y honestidad, estando basados en un documento fundamental que es el Código de Ética del Colegio de Ingenieros (CIP, 1999).

Código De Ética Del Colegio De Ingeniero Del Perú (CIP) Aprobado En La III Sección Ordinaria Del Congreso Nacional De Consejos Departamentales Del Periodo 19998 – 1999 En La Ciudad De Tacna 22,23 Y 24 De abril 1999

Art. 4 – Los ingenieros reconocerán que la seguridad de la vida, la salud, los bienes y el bienestar de la población y del público en general, así como el desarrollo tecnológico del país dependen de los juicios, decisiones incorporadas por ellos o por su consejo, en dispositivos, edificaciones, estructuras, maquinas, productos y procesos. Por ninguna razón pondrán sus conocimientos al servicio de todo aquello que afecta la paz y la salud.

Art. 12 – Los ingenieros expresaran opiniones en temas de ingeniería solamente cuando ellas se basen en un adecuado análisis y conocimiento de los hechos, en competencia técnica suficiente y convicción sincera.

IV. CALCULOS

4.1. DIAGNOSTICO DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL EQUIPO SCOOPTRAM R1300G en CMH

Para el desarrollo de este capítulo se tendrá que identificar las condiciones de operación de los tres equipos Caterpillar R1300G (antes de la mejora) incorporados en el proceso de carga y transporte de mineral.

El diagnóstico de los equipos se realizará de acuerdo a su Rendimiento, el cual mediremos por su **disponibilidad mecánica (DM)** y su **utilización efectiva (UE)**.

4.1.1. Características técnicas de los equipos

Estos equipos están conformados por 3 Scooptram R1300G, donde a continuación se muestran sus principales características.

Tabla 2

Características específicas de los Scooptram R1300G

EQUIPO	CÓDIGO	EQUIPO			MOTOR			CAP. UTIL
		MARCA	MODELO	CAPACIDAD	MARCA	MODELO	POT.	
Scooptram	SCA-180	CATER PILLAR	R 1300 G	4 Yd3	CAT	3306B DITA	117 kW	6800 kg
Scooptram	SCA-181	CATER PILLAR	R 1300 G	4 Yd3	CAT	3306B DITA	117 kW	6800 kg
Scooptram	SCA-182	CATER PILLAR	R 1300 G	4 Yd3	CAT	3306B DITA	117 kW	6800 kg

Nota. Extraído de (Caterpillar, 2022).

Esta flota de Scooptram cuenta con una capacidad de 4 yd³, estos equipos tienen motores diésel lo que facilita su mantenimiento permanente, debido a que estos están sometidos a esforzados trabajos en régimen minero.

4.1.2. Cálculo de Disponibilidad mecánica (DM) y Utilización efectiva (UE)

Para el cálculo de “DM” y “UE” de cada equipo, se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones iniciales.

Tabla 3

Parámetros iniciales para cada equipo

HORAS DE TRABAJO (SCOOPTRAM R1300G)	
Horas programadas por guardia	12
Horas programadas por día	24
Días programadas por mes	30
Horas programadas (HP)	720

Nota. Elaboración propia

En los siguientes apartados se mostrarán cuadros resumen de todos los tiempos de actividad y parada, así como también el tiempo de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos Scooptram R1300G con sus respectivos cálculos de DM y UE para cada equipo (base temporal 30 días).

4.1.2.1. Cálculos para el primer Scooptram SCA-180

Tiempos operativos e inoperativos del SCA-180 (ANEXO N°03)

Tabla 4

Resumen de tiempos operativos e inoperativos del Scooptram R1300G: SCA-180

OTROS TIEMPOS PRODUCTIVOS (OTP)	min/gdia	hrs/gdía	min/día	hrs/día	hrs/mes
TOTAL	60	1	120	2	60
DEMORAS OPERATIVAS (DO):	min/gdia	hrs/gdía	min/día	Hrs/día	Hrs/mes
TOTAL	98	1,63	196,00	3,27	98,00
TIEMPO IMPRODUCTIVO (TI)	min/gdia	Hrs/gdía	min/día	Hrs/día	Hrs/mes
TOTAL	10	0,17	20	0,33	10,00
TIEMPO TOLERABLE (TT)	min/gdia	Hrs/gdía	min/día	Hrs/día	Hrs/mes

TOTAL	90	1,5	180	3	90
DEMORAS FIJAS Y OTROS (DFO)	min/gdia	Hrs/gdía	min/día	Hrs/día	Hrs/mes
TOTAL	20	0,33	40	0,67	20
FALLA MECÁNICA Y ELÉCTRICA - MTTO. CORRECTIVO	min/gdia	Hrs/gdía	min/día	Hrs/día	Hrs/mes
TOTAL	50	0,83	100	1,67	50,00
MTTO. MECÁNICO Y ELÉCTRICO PROGRAMADO - PREVENTIVO	min/gdia	Hrs/gdía	min/día	Hrs/día	Hrs/mes
TOTAL	35	0,58	70	1,17	35,00

Nota. Elaboración propia.

a) Calculando Disponibilidad Mecánica

Usando la ecuación (5):

$$DM = \left(\frac{HD}{HP} \right) * 100$$

Donde:

HP: Horas Programadas.

HD: Horas Disponibles

Primero se calcula las horas disponibles (HD) con la ecuación (6):

$$HD = HP - (HMP + HMC)$$

Donde:

HMP: Horas de mantenimiento preventivo.

HMC: Horas de mantenimiento correctivo.

Usando datos de las tablas 3 y 4 tenemos:

$$HD = HP - (HMP + HMC)$$

$$HD = 720 - (35 + 50)$$

$$HD = 635$$

Segundo hallamos la disponibilidad mecánica:

$$DM = \left(\frac{HD}{HP}\right) \times 100$$

$$DM = \left(\frac{635}{720}\right) \times 100$$

$$DM = 88\%$$

b) Calculando Utilización efectiva

Usando la ecuación (7):

$$UE = \left(\frac{HT}{HP}\right) * 100$$

Donde:

HP: Horas Programadas.

HT: Horas Trabajadas.

Primero se calcula las horas trabajadas (HT) con la ecuación (8):

$$HT = HD - (DO + DFO)$$

Donde:

HD: Horas disponibles.

DO: Demoras operativas.

DFO: Demoras fijas y otros.

Usando datos de las tablas 3 y 4 tenemos:

$$HT = HD - (DO + DFO)$$

$$HT = 635 - (98 + 20)$$

$$HT = 517$$

Segundo hallamos la utilización efectiva:

$$UE = \left(\frac{HT}{HP} \right) * 100$$

$$UE = \left(\frac{517}{720} \right) * 100$$

$$UE = 72\%$$

4.1.2.2. Cálculos para el segundo Scooptram SCA-181

Tiempos operativos e inoperativos del SCA-181 (ANEXO N°04)

Tabla 5

Resumen de tiempos operativos e inoperativos del Scooptram R1300G: SCA-181

OTROS TIEMPOS PRODUCTIVOS (OTP)	min/gdia	Hrs/gdía	min/día	Hrs/día	Hrs/mes
TOTAL	55	0,92	110	1,83	55,00
DEMORAS OPERATIVAS (DO):	min/gdia	Hrs/gdía	min/día	Hrs/día	Hrs/mes
TOTAL	95	1,58	190,00	3,17	95,00
TIEMPO IMPRODUCTIVO (TI)	min/gdia	Hrs/gdía	min/día	Hrs/día	Hrs/mes
TOTAL	8	0,13	16	0,27	8,00
TIEMPO TOLERABLE (TT)	min/gdia	Hrs/gdía	min/día	Hrs/día	Hrs/mes
TOTAL	85	1,42	170	2,83	85,00
DEMORAS FIJAS Y OTROS (DFO)	min/gdia	Hrs/gdía	min/día	Hrs/día	Hrs/mes
TOTAL	20	0,33	40	0,67	20,00
TIEMPO IMPRODUCTIVO (TI)	min/gdia	Hrs/gdía	min/día	Hrs/día	Hrs/mes
Falla Mecánica y Electrica - Mtto. Correctivo	40,00	0,67	80	1,33	40,00

TIEMPO TOLERABLE (TT)	min/gdia	Hrs/gdía	min/día	Hrs/día	Hrs/mes
Mtto. Mecánico y Eléctrico Programado - Preventivo	25	0,42	50	0,83	25,00

Nota. Elaboración propia.

a) Calculando Disponibilidad Mecánica

Usando la ecuación (5):

$$DM = \left(\frac{HD}{HP} \right) * 100$$

Donde:

HP: Horas Programadas.

HD: Horas Disponibles

Primero se calcula las horas disponibles (HD) con la ecuación (6):

$$HD = HP - (HMP + HMC)$$

Donde:

HMP: Horas de mantenimiento preventivo.

HMC: Horas de mantenimiento correctivo.

Usando datos de las tablas 3 y 5 tenemos:

$$HD = HP - (HMP + HMC)$$

$$HD = 720 - (25 + 40)$$

$$HD = 655$$

Segundo hallamos la disponibilidad mecánica:

$$DM = \left(\frac{HD}{HP} \right) * 100$$

$$DM = \left(\frac{655}{720} \right) * 100$$

$$DM = 91\%$$

b) Calculando Utilización efectiva

Usando la ecuación (7):

$$UE = \left(\frac{HT}{HP} \right) * 100$$

Donde:

HP: Horas Programadas.

HT: Horas Trabajadas.

Primero se calcula las horas trabajadas (HT) con la ecuación (8):

$$HT = HD - (DO + DFO)$$

Donde:

HD: Horas disponibles.

DO: Demoras operativas.

DFO: Demoras fijas y otros.

Usando datos de las tablas 3 y 5 tenemos:

$$HT = HD - (DO + DFO)$$

$$HT = 655 - (95 + 20)$$

$$HT = 540$$

Segundo hallamos la utilización efectiva:

$$UE = \left(\frac{HT}{HP} \right) * 100$$

$$UE = \left(\frac{540}{720} \right) * 100$$

$$UE = 75\%$$

4.1.2.3. Cálculos para el tercer Scooptram SCA-182

Tiempos operativos e inoperativos del SCA-182 (ANEXO N°05)

Tabla 6

Resumen de tiempos operativos e inoperativos del Scooptram R1300G: SCA-182

OTROS TIEMPOS PRODUCTIVOS (OTP)	min/gdia	Hrs/gdía	min/día	Hrs/día	Hrs/mes
TOTAL	60	1	120	2	0
DEMORAS OPERATIVAS (DO):	min/gdia	Hrs/gdía	min/día	Hrs/día	Hrs/mes
TOTAL	98	1,63	196,00	3,27	98,00
TIEMPO IMPRODUCTIVO (TI)	min/gdia	Hrs/gdía	min/día	Hrs/día	Hrs/mes
TOTAL	10	1,50	20	0,33	10,00
TIEMPO TOLERABLE (TT)	min/gdia	Hrs/gdía	min/día	Hrs/día	Hrs/mes
TOTAL	90	1,5	180	3	90
DEMORAS FIJAS Y OTROS (DFO)	min/gdia	Hrs/gdía	min/día	Hrs/día	Hrs/mes
TOTAL	20	0,33	40	0,67	20,00
TIEMPO IMPRODUCTIVO (TI)	min/gdia	Hrs/gdía	min/día	Hrs/día	Hrs/mes
Falla Mecánica y Electrica - Mtto. Correctivo	300	5,00	600	10,00	300,00
TIEMPO TOLERABLE (TT)	min/gdia	Hrs/gdía	min/día	Hrs/día	Hrs/mes
Mtto. Mecánico y Electrico Programado - Preventivo	30	0,50	60	1,00	30,00

Nota. Elaboración propia.

a) Calculando Disponibilidad Mecánica

Usando la ecuación (5):

$$DM = \left(\frac{HD}{HP} \right) * 100$$

Donde:

HP: Horas Programadas.

HD: Horas Disponibles

Primero se calcula las horas disponibles (HD) con la ecuación (6):

$$HD = HP - (HMP + HMC)$$

Donde:

HMP: Horas de mantenimiento preventivo.

HMC: Horas de mantenimiento correctivo.

Usando datos de las tablas 3 y 6 tenemos:

$$HD = HP - (HMP + HMC)$$

$$HD = 720 - (30 + 300)$$

$$HD = 390$$

Segundo hallamos la disponibilidad mecánica:

$$DM = \left(\frac{HD}{HP} \right) \times 100$$

$$DM = \left(\frac{390}{720} \right) \times 100$$

$$DM = 54\%$$

b) Calculando Utilización efectiva

Usando la ecuación (7):

$$UE = \left(\frac{HT}{HP} \right) * 100$$

Donde:

HP: Horas Programadas.

HT: Horas Trabajadas.

Primero se calcula las horas trabajadas (HT) con la ecuación (8):

$$HT = HD - (DO + DFO)$$

Donde:

HD: Horas disponibles.

DO: Demoras operativas.

DFO: Demoras fijas y otros.

Usando datos de las tablas 3 y 6 tenemos:

$$HT = HD - (DO + DFO)$$

$$HT = 390 - (98 + 20)$$

$$HT = 272$$

Segundo hallamos la utilización efectiva:

$$UE = \left(\frac{HT}{HP} \right) * 100$$

$$UE = \left(\frac{272}{720} \right) * 100$$

$$UE = 38\%$$

4.2. IMPLEMENTACIÓN DE MEJORA DEL SISTEMA DE VENTILACION DEL EQUIPO SCOOPTRAM R1300G

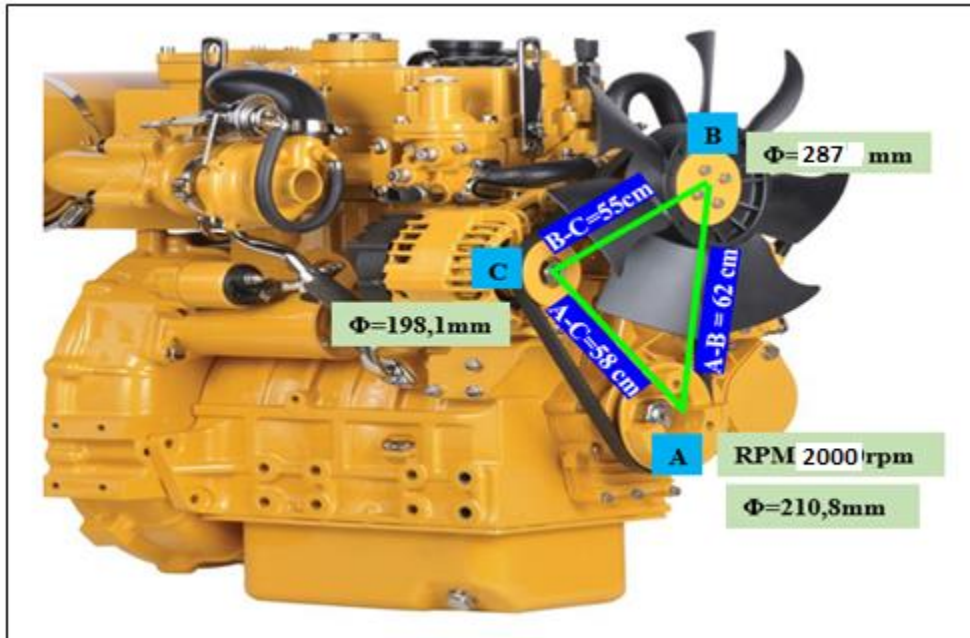
Frente al diagnóstico realizado, se vio conveniente realizar un aumento en el flujo de aire de ventilación para el equipo, para esto, se realizó un cambio en el dimensionamiento de la polea del ventilador (se disminuyó su diámetro) con la finalidad de aumentar el caudal de aire y permita ventilar mejor todos los sistemas del motor presentes en este equipo. Por lo tanto, se presenta el diseño alternativo según Manual técnico Optibelt (Optibelt, s/f), para las correas trapeciales adecuadas al nuevo sistema de polea reducida. Estos cálculos justificativos se desarrollarán a continuación.

4.2.1. Datos técnicos del sistema de ventilación

Medidas iniciales del sistema de ventilación del Scooptram R1300G.

Figura 8

Motor Scooptram R1300G – Sistema de Ventilación



Nota. Medidas iniciales del sistema de ventilación medido en interior mina. Elaboración propia.

De la figura 8 extraemos los datos necesarios del sistema de ventilación para los respectivos cálculos.

Tabla 7

Medidas de los componentes del sistema de ventilación inicialmente

POLEAS	Diámetro (cm)	Sección	Distancia (cm)
A = 210,8 mm	21,08	A-B	62
B = 287 mm	28,70	B-C	55
C = 198,1 mm	19,81	C-A	58

Nota: Elaboración propia.

Cabe recalcar que la polea motriz es la “A” (Polea del cigüeñal), la cual está impulsada por un motor de capacidad de 117 kW y de 2 000 RPM. Sin embargo, al estar en un ambiente

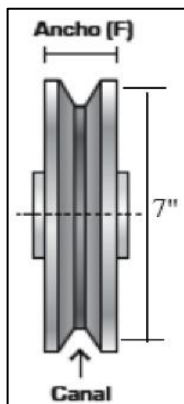
agresivo, en altura y bajo condiciones que superaban las restricciones de diseño del equipo, la configuración del sistema de ventilación (modo fabrica) no enfriaba de manera eficiente el motor, motivo por el cual se reconfiguro la relación de transmisión del sistema, reduciendo el diámetro de la polea conducida "B" (polea del ventilador), de 11 pulgadas a 7 pulgadas, para obtener un mayor flujo o caudal de aire, controlar la temperatura del motor y así mejorar el rendimiento del Scooptram R1300G: SCA-182.

4.2.2. Cálculo de la relación de transmisión (i)

Para desarrollar los cálculos siguientes se le consideró a la polea "A" como polea motriz, a la polea "B" como polea conducida y a la polea "C" se le consideró como un rodillo tensor, ya que esta polea se puede graduar dependiendo la longitud de la correa. Cabe recalcar que la polea "B" se cambió por una más pequeña con un diámetro de 7 pulgadas, como se aprecia en la figura 9.

Figura 9

Nuevo Boceto de la Polea del Sistema de Ventilación



Nota. Diámetro de la polea "B" medido en interior mina. Referencia de diámetro. Elaboración propia.

Diámetros de poleas considerados para los cálculos de relación de transmisión:

- Diámetro mayor = Diámetro polea A = polea motriz = 210.8 mm.

➤ Diámetro menor = Diámetro nueva polea B = polea conducida = 177.8 mm.

La relación de transmisión está en función de los diámetros primitivos, así como también con las revoluciones de la polea motriz y polea conducida (Rubio Alonso, 2021).

Utilizando la ecuación (4)

$$i = \frac{D_A}{d_B} = \frac{n_B}{n_A}$$

Donde:

i = Relación de transmisión

D_A = Diámetro primitivo de la polea A (mm)

d_B = Diámetro primitivo de la polea B (mm)

n_B = Revoluciones de la polea B

n_A = Revoluciones de la polea A

$$i = \frac{210.8mm}{177.8mm} = 1.186$$

$$i = 1.186$$

4.2.3. Cálculo de revoluciones de la polea conducida “B”

$$i = \frac{n_B}{n_A}$$

$$1.186 = \frac{n_B}{2000Rpm}$$

$$n_B = 2372 Rpm$$

Por lo tanto, las revoluciones de la polea menor, polea “B”, será de 2372 RPM

4.2.4. Potencia Calculada (P_B)

$$P_B = P * C_2 \tag{9}$$

Donde:

P_B = Potencia Calculada (kW)

P = Potencia (kW)

C_2 = Factor de carga

El factor de servicio está definido de acuerdo al tipo de servicio o tipo de máquina, esto se observa en la figura 10, lo cual para este análisis se toma un valor de $C_2 = 1,4$ ya que se considera que opera más de 16 horas con revoluciones $n > 600 \text{ min}^{-1}$. (Optibelt, s/f).

Figura 10

Factor de Carga Para el Cálculo de Potencia Calculada

Ejemplos de máquinas de trabajo	Ejemplos de máquinas motrices					
	Factor de carga c_2 para funcionamiento diario (horas)			Factor de carga c_2 para funcionamiento diario (horas)		
	hasta 10	más de 10 hasta 16	más de 16	hasta 10	más de 10 hasta 16	más de 16
Transmisiones ligeras Bombas centrífugas y compresores, cintas transportadoras (para material ligero), ventiladores y bombas hasta 7,5 kW	1,1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
Transmisiones medias Cizallas, prensas, transportadoras de cadenas y de cinta (para material pesado), tamices vibratorios, generadores y dinamos, amasadoras, máquinas herramienta (tornos y esmeriladoras), lavadoras, impresoras, ventiladores y bombas de más de 7,5 kW.	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4
Transmisiones pesadas Molinos, compresores de pistón, transportadoras de carga pesada, expulsores (transportadoras helicoidales, de placas, de cangilones, de palas), ascensores, prensas de ladrillos, maquinaria textil, maquinaria de elaboración de papel, bombas de pistones, bombas draga, sierras alternativas, molinos de martillos.	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
Transmisiones muy pesadas Molinos de carga pesada, trituradoras de piedra, calandrias, mezcladoras, tornos, grúas, dragas, maquinaria pesada para la madera.	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,8

Nota. Tomado de (Optibelt, s/f).

Por lo tanto, utilizando la ecuación (9), la potencia calculada será:

$$P_B = P * C_2$$

$$P_B = 117 \text{ kW} * 1,4$$

$$P_B = 163.8 \text{ kW}$$

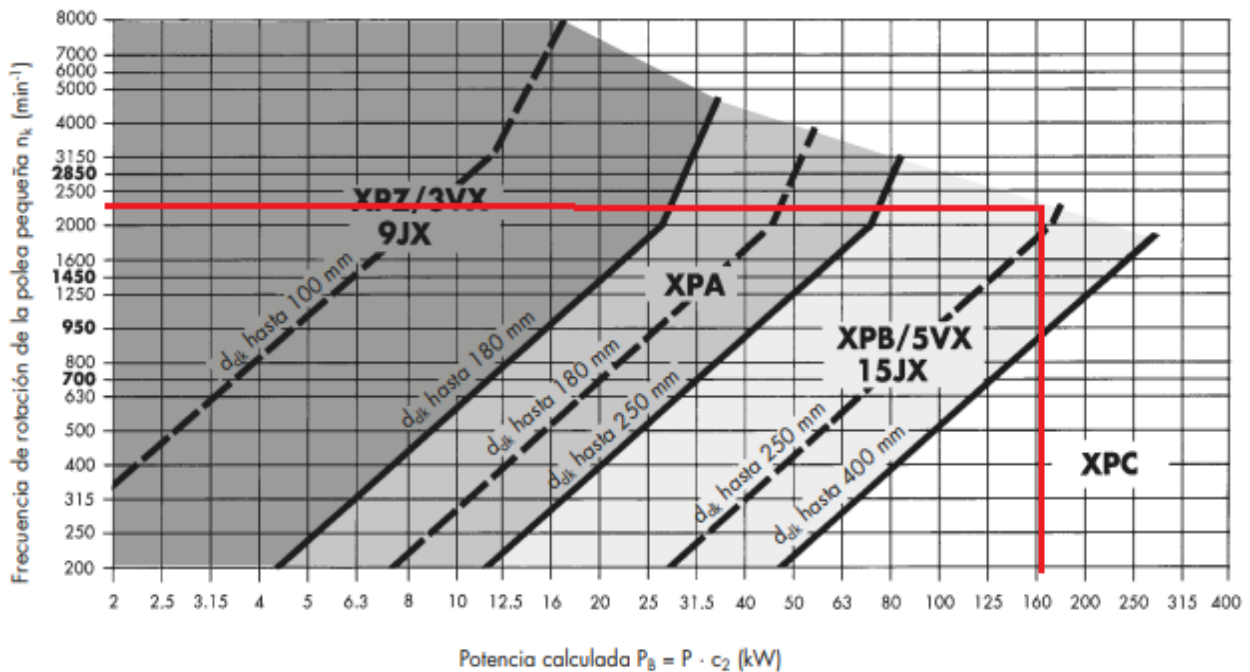
Con esta potencia calculada (163.8 kW) y las revoluciones con la que es impulsada la polea menor, polea conducida (2372 RPM) se elige el tipo de correa para el sistema de ventilación del Scooptram R1300G: SCA-182.

Considerando que las bandas originales usadas en estos equipos son dentadas de alta resistencia, para esta nueva configuración se usaran correas dentadas **Super X-POWER M=S** del manual Técnico Optibelt. Ver Figura 11.

Figura 11

Correas Métricas Europeas

Diagrama 4: Correas trapeciales estrechas Optibelt Super X-POWER M=S



Nota. Tomado de (Optibelt, s/f)

Al entrar en la tabla con los datos respectivos de velocidad y potencia se elige la faja Optibelt5 Super X-POWER M=S – DIN/ISO de perfil “XPB”

4.2.5. Cálculo de la distancia entre centros de poleas “A” y “B”

De acuerdo a la experiencia de las empresas fabricantes, y con el objetivo de optimizar el rendimiento de la transmisión, la distancia entre centros de poleas (E) mínima se puede obtener a partir de las siguientes expresiones.

Si la relación de transmisión (i) está comprendida entre 1 y 3 se aplica la siguiente ecuación:

$$E \geq \frac{(i+1)*d}{2} + D \quad (10)$$

Donde:

E: es la distancia entre centros de poleas

i : es la relación de transmisión

d: es el diámetro de la polea menor

D: es el diámetro de la polea mayor

Sustituyendo:

$$E \geq \frac{(1.186 + 1) * 177.8mm}{2} + 210.8mm$$

$$E \geq 405.135 \text{ mm}$$

La distancia mínima es de 405.135 mm, por ende, la distancia entre centros que se tiene originalmente (A – B) está bien dimensionado, por lo tanto, tenemos:

$$E = 620 \text{ mm}$$

4.2.6. Cálculo de desarrollo de correa

4.2.6.1. Desarrollo de referencia (L_d)

El desarrollo de referencia L_d de una correa de transmisión se calcula directamente a partir de la siguiente expresión:

$$L_d = 2E + \frac{\pi}{2}(d + D) + \left(\frac{(d-D)^2}{4E}\right) \quad (11)$$

Donde:

E : es la distancia entre centros de poleas

d : es el diámetro de la polea menor

D : es el diámetro de la polea mayor

La distancia entre poleas es la sumatoria de las distancias entre centro de cada polea incluyendo el tensor, quedando como un total de 1750mm

Sustituyendo:

$$L_d = 2(1750mm) + \frac{\pi}{2}(177.8mm + 210.8mm) + \left(\frac{(177.8mm - 210.8mm)^2}{4 * 1750mm}\right)$$

$$L_d = 4110.567 \text{ mm}$$

Con el valor de la longitud de la correa se procede a seleccionar una correa comercial del siguiente catalogo:

Figura 12

Perfil de Correas Trapeciales Estrechadas Dentadas - optibelt Super X-POWER

Perfil XPZ			Perfil XPA		Perfil XPB	Perfil XPC
Desarrollo de referencia ISO L_d (mm)			Desarrollo de referencia ISO L_d (mm)		Desarrollo de referencia ISO L_d (mm)	Desarrollo de referencia ISO L_d (mm)
587	1187	2690	732	1500	1250	2000
612	1202	2800	757	1507	1320	2120
630	1212	2840	782	1532	1400	2240
637	1237	3000	800	1557	1500	2360
662	1250	3150	807	1582	1600	2500
670	1262	3350	832	1600	1700	2650
687	1287	3550	850	1607	1800	2800
710	1312		857	1632	1900	3000
730	1320		882	1700	2000	3150
737	1337		900	1757	2120	3350
750	1362		907	1800	2240	3550
762	1387		932	1882	2360	
772	1400		950	1900	2500	
787	1412		957	2000	2650	
800	1437		982	2120	2800	
812	1462		1000	2240	3000	
825	1487		1007	2360	3150	
837	1500		1030	2500	3350	
850	1512		1060	2650	3550	
862	1537		1082	2800		

Nota. Tomado de (Optibelt, s/f).

4.2.6.2. Desarrollo seleccionado (L_s)

De la figura 12 seleccionamos una correa trapecial dentada de perfil XPB:

$$L_s = 3550 \text{ mm}$$

4.2.7. Distancia entre centros corregida

Con la nueva longitud se determina la nueva distancia entre centros, de la ecuación (11):

$$3550 \text{ mm} = 2(E) + \frac{\pi}{2}(177.8\text{mm} + 210.8\text{mm}) + \left(\frac{(177.8\text{mm} - 210.8\text{mm})^2}{4 * E} \right)$$

$$3550 \text{ mm} = 2(E) + 610.411\text{mm} + \frac{272.25}{E}$$

$$2(E^2) - 2939.589E + 272.25 = 0$$

$$E = 1469.7$$

La distancia entre centro de la Polea B Y A debe mantenerse a 620mm mientras que la distancia entre BC y CA puede modificarse debido a que es un tensor.

4.2.8. Cálculo del ángulo de contacto de la polea motriz (α_1)

$$\alpha_1 = 180 - 57 \frac{(D-d)}{C_c} \geq 160^\circ \quad (12)$$

Donde:

D : Diámetro de polea mayor

d : diámetro de polea menor

C_c : distancia entre centros

$$\alpha_1 = 180 - 57 \frac{(210.8\text{mm} - 177.8\text{mm})}{620\text{mm}}$$

$$\alpha_1 = 176.96^\circ$$

4.2.9. Cálculo del ángulo de contacto de la polea conducida (α_2)

Utilizando ecuación (12)

$$\alpha_2 = 180 - 57 \frac{(D - d)}{C_c} \geq 160^\circ$$

$$\alpha_2 = 180 - 57 \frac{(210.8\text{mm} - 198.1\text{mm})}{580\text{mm}}$$

$$\alpha_2 = 178.75^\circ$$

4.2.10. Selección Factor de ángulo (C_1)

Figura 13

Factor de Ángulo C_1

$\frac{d_{dg} - d_{dk}}{a_{nom}}$	$\beta \approx$	C_1
0	180°	1,00
0,05	177°	1,00
0,10	174°	1,00
0,15	171°	1,00
0,20	168°	0,99
0,25	165°	0,99
0,30	162°	0,99
0,35	160°	0,99
0,40	156°	0,99
0,45	153°	0,98
0,50	150°	0,98
0,55	147°	0,98
0,60	144°	0,98
0,65	141°	0,97
0,70	139°	0,97

Nota: Extraído de (Optibelt, s/f)

De la figura anterior se concluye que el valor de C_1 es 1,00.

4.2.11. Factor de desarrollo (C_3)

Para seleccionar el valor de C_3 se tomará el valor de $L_s = 3550 \text{ mm}$

Figura 14

Factor de Desarrollo C_3

Perfil SPZ, XPZ		Perfil SPA, XPA		Perfil SPB, XPB	
Desarrollo de referencia (mm)	C_3	Desarrollo de referencia (mm)	C_3	Desarrollo de referencia (mm)	C_3
630	0,83	800	0,81	1250	0,83
670	0,84	850	0,82	1320	0,84
710	0,85	900	0,83	1400	0,85
750	0,86	950	0,84	1500	0,86
800	0,87	1000	0,85	1600	0,87
850	0,88	1060	0,86	1700	0,88
900	0,89	1120	0,86	1800	0,89
950	0,90	1180	0,87	1900	0,90
1000	0,91	1250	0,88	2000	0,91
1060	0,92	1320	0,89	2120	0,92
1120	0,93	1400	0,90	2240	0,93
1180	0,94	1500	0,91	2360	0,93
1250	0,95	1600	0,92	2500	0,94
1320	0,96	1700	0,93	2650	0,95
1400	0,98	1800	0,94	2800	0,96
1500	0,99	1900	0,95	3000	0,97
1600	1,00	2000	0,96	3150	0,98
1700	1,01	2120	0,97	3350	0,99
1800	1,02	2240	0,98	3550	1,00
1900	1,03	2360	0,99	3750	1,01

Nota: Extraído de (Optibelt, s/f)

Por lo tanto, el valor de C_3 es de 1,00.

4.2.12. Factor de corrección (C_4)

Para calcular el valor de C_4 se tomará el valor de la figura siguiente, teniendo en cuenta el número de rodillos, cabe recalcar que la polea “C” se comporta como un rodillo tensor.

Figura 15

Valor de la Constante C4

Número de rodillos	C4
0	1,00
1	0,91
2	0,86
3	0,81

Nota: Extraído de (Optibelt, s/f)

Por lo tanto, se determina que el valor de C₄ es 0,91.

4.2.13. Potencia Nominal (P_N)

Para calcular el valor de P_N se ingresa con las RPM del ventilador (2372 Rpm) y el diámetro primitivo de la polea pequeña (177.8 mm) en la figura 16.

Figura 16

Cuadro de Valores de Potencia Nominal PN para Perfiles XPB

Valores de potencia

optibelt Super X-POWER M=5 Perfiles XPB, 5VX

Potencia nominal PN (kW) para β = 180° y L_d = 3550 mm



Poleas v [m/s]	n ₂ [min ⁻¹]	Diámetro de referencia de la polea pequeña d _d (mm)												Incremento por multiplicación (kW) por correa para				
		112	118	125	140	150	160	180	200	224	250	280	315	400	1.01 hasta	1.06 hasta	1.27 hasta	> 1.57
5	700	3.32	3.76	4.27	5.36	6.09	6.81	8.26	9.69	11.40	13.24	15.34	17.77	23.56	0.04	0.29	0.41	0.50
	950	4.38	4.97	5.66	7.12	8.09	9.06	10.98	12.89	15.16	17.59	20.36	23.54	31.02	0.06	0.39	0.55	0.68
	1450	6.41	7.29	8.31	10.49	11.92	13.35	16.18	18.96	22.25	25.73	29.65	34.07	44.02	0.09	0.59	0.84	1.03
	2850	11.36	12.96	14.80	18.67	21.18	23.64	28.40	32.90	37.94	42.92	47.97	52.80		0.18	1.17	1.65	2.03
	100	0.55	0.61	0.69	0.86	0.97	1.08	1.30	1.52	1.78	2.07	2.39	2.77	3.69	0.01	0.04	0.06	0.07
	200	1.04	1.17	1.33	1.65	1.87	2.09	2.52	2.95	3.46	4.02	4.65	5.40	7.19	0.01	0.08	0.12	0.14
	300	1.52	1.71	1.94	2.42	2.74	3.06	3.70	4.34	5.10	5.92	6.86	7.96	10.60	0.02	0.12	0.17	0.21
	400	1.98	2.24	2.54	3.17	3.60	4.02	4.87	5.71	6.71	7.79	9.03	10.48	13.94	0.03	0.16	0.23	0.28
	500	2.43	2.75	3.12	3.92	4.44	4.97	6.01	7.05	8.29	9.63	11.17	12.95	17.22	0.03	0.20	0.29	0.36
	600	2.88	3.26	3.70	4.64	5.27	5.90	7.14	8.38	9.86	11.45	13.27	15.38	20.42	0.04	0.25	0.35	0.43
	700	3.32	3.76	4.27	5.36	6.09	6.81	8.26	9.69	11.40	13.24	15.34	17.77	23.56	0.04	0.29	0.41	0.50
	800	3.75	4.25	4.83	6.07	6.90	7.72	9.36	10.98	12.92	15.00	17.37	20.11	26.61	0.05	0.33	0.46	0.57
	900	4.17	4.73	5.39	6.78	7.70	8.62	10.44	12.26	14.42	16.73	19.37	22.41	29.57	0.06	0.37	0.52	0.64
	1000	4.59	5.21	5.93	7.47	8.49	9.50	11.52	13.52	15.89	18.44	21.34	24.66	32.45	0.06	0.41	0.58	0.71
	1100	5.01	5.69	6.47	8.15	9.27	10.38	12.58	14.76	17.35	20.12	23.26	26.85	35.22	0.07	0.45	0.64	0.78
1200	5.42	6.15	7.01	8.83	10.04	11.24	13.62	15.98	18.78	21.76	25.14	28.99	37.88	0.08	0.49	0.70	0.85	
1300	5.82	6.61	7.54	9.50	10.80	12.09	14.66	17.19	20.19	23.38	26.98	31.07	40.43	0.08	0.53	0.75	0.93	
1400	6.22	7.07	8.06	10.16	11.55	12.93	15.67	18.38	21.57	24.96	28.77	33.09	42.86	0.09	0.57	0.81	1.00	
1500	6.61	7.52	8.57	10.81	12.29	13.76	16.67	19.54	22.92	26.50	30.52	35.03	45.15	0.09	0.61	0.87	1.07	
10	1600	7.00	7.96	9.08	11.45	13.02	14.58	17.66	20.69	24.25	28.01	32.21	36.91	47.31	0.10	0.65	0.93	1.14
	1700	7.38	8.40	9.58	12.09	13.74	15.39	18.63	21.81	25.54	29.47	33.85	38.72	49.32	0.11	0.70	0.99	1.21
	1800	7.76	8.83	10.07	12.71	14.45	16.18	19.58	22.91	26.81	30.90	35.43	40.44	51.17	0.11	0.74	1.05	1.28
	1900	8.13	9.25	10.56	13.33	15.15	16.96	20.52	23.99	28.05	32.28	36.96	42.08	52.85	0.12	0.78	1.10	1.35
	2000	8.49	9.67	11.04	13.94	15.84	17.73	21.43	25.05	29.25	33.62	38.42	43.64	54.37	0.13	0.82	1.16	1.42
	2100	8.85	10.08	11.51	14.53	16.52	18.48	22.33	26.08	30.42	34.92	39.82	45.10	55.70	0.13	0.86	1.22	1.50
	2200	9.21	10.49	11.98	15.12	17.18	19.22	23.21	27.08	31.55	36.16	41.15	46.47	56.84	0.14	0.90	1.28	1.57
	2300	9.56	10.89	12.43	15.69	17.83	19.94	24.07	28.06	32.65	37.35	42.41	47.75	57.79	0.15	0.94	1.34	1.64
	2400	9.90	11.28	12.88	16.26	18.47	20.65	24.90	29.00	33.70	38.49	43.60	48.92	58.53	0.15	0.98	1.39	1.71
	2500	10.23	11.67	13.32	16.82	19.10	21.33	25.72	29.92	34.72	39.58	44.71	49.98	59.05	0.16	1.02	1.45	1.78

Equil	2600	2700	2800	2900	3000	3100	3200	3300	3400	3500	3600	3700	3800	3900	4000	4100	4200	4300	4400	4500	4600	4700	4800	4900	5000	5100	5200	5300	5400	5500	5600	5700	5800	5900	6000					v (m/s)
	10.56	12.04	13.76	17.36	19.71	22.02	26.51	30.81	35.70	40.61	45.74	50.93	59.35	0.16	1.06	1.51	1.85																							
	10.89	12.42	14.18	17.89	20.31	22.68	27.28	31.67	36.63	41.58	46.70	51.77		0.17	1.10	1.57	1.92																							
	11.21	12.78	14.59	18.41	20.90	23.33	28.03	32.50	37.52	42.49	47.57	52.49		0.18	1.15	1.63	1.99																							
	11.52	13.13	15.00	18.92	21.47	23.96	28.75	33.29	38.36	43.34	48.35	53.09		0.18	1.19	1.68	2.06																							
	11.82	13.48	15.40	19.42	22.02	24.56	29.45	34.05	39.16	44.12	49.04	53.56		0.19	1.23	1.74	2.14																							
	12.12	13.82	15.79	19.90	22.56	25.15	30.12	34.78	39.91	44.84	49.64	53.89		0.20	1.27	1.80	2.21																							
	12.41	14.15	16.17	20.37	23.08	25.72	30.77	35.47	40.60	45.49	50.14	54.09		0.20	1.31	1.86	2.28																							
	12.69	14.48	16.53	20.83	23.59	26.28	31.39	36.12	41.25	46.06	50.54	54.16		0.21	1.35	1.92	2.35																							
	12.96	14.79	16.89	21.27	24.08	26.81	31.98	36.73	41.85	46.57	50.85			0.22	1.39	1.97	2.42																							
	13.23	15.10	17.24	21.70	24.56	27.32	32.54	37.31	42.39	47	51.04			0.22	1.43	2.03	2.49																							
	13.49	15.40	17.58	22.11	25.01	27.81	33.07	37.85	42.87	47.35	51.13			0.23	1.47	2.09	2.56																							
	13.74	15.68	17.91	22.51	25.45	28.28	33.57	38.34	43.30	47.62	51.11			0.23	1.51	2.15	2.63																							
	13.99	15.96	18.22	22.90	25.87	28.72	34.04	38.79	43.66	47.81				0.24	1.55	2.21	2.71																							
	14.22	16.23	18.53	23.26	26.27	29.15	34.48	39.20	43.97	47.92				0.25	1.60	2.26	2.78																							
	14.45	16.49	18.82	23.62	26.65	29.55	34.89	39.57	44.22	47.95				0.25	1.64	2.32	2.85																							
	14.67	16.74	19.10	23.96	27.01	29.92	35.26	39.88	44.40	47.88				0.26	1.68	2.38	2.92																							
	14.88	16.98	19.37	24.28	27.36	30.28	35.60	40.16	44.52	47.73				0.27	1.72	2.44	2.99																							
	15.08	17.21	19.63	24.58	27.68	30.60	35.90	40.38	44.57					0.27	1.76	2.50	3.06																							
	15.27	17.43	19.88	24.87	27.98	30.91	36.17	40.56	44.56					0.28	1.80	2.56	3.13																							
	15.45	17.64	20.11	25.14	28.26	31.18	36.40	40.69	44.47					0.28	1.84	2.61	3.20																							
	15.62	17.83	20.33	25.39	28.52	31.44	36.60	40.77	44.32					0.29	1.88	2.67	3.28																							
	15.79	18.02	20.54	25.62	28.75	31.66	36.75	40.79						0.30	1.92	2.73	3.35																							
	15.94	18.19	20.73	25.84	28.96	31.86	36.87	40.76						0.30	1.96	2.79	3.42																							
	16.08	18.36	20.91	26.03	29.15	32.02	36.95	40.68						0.31	2.00	2.85	3.49																							
	16.22	18.51	21.08	26.21	29.32	32.16	36.99	40.55						0.32	2.05	2.90	3.56																							
	16.34	18.65	21.23	26.37	29.46	32.28	36.99	40.36						0.32	2.09	2.96	3.63																							
	16.45	18.77	21.37	26.50	29.58	32.36	36.94	40.11						0.33	2.13	3.02	3.70																							
	16.56	18.89	21.49	26.62	29.67	32.41	36.86							0.34	2.17	3.08	3.77																							
	16.65	18.99	21.60	26.72	29.74	32.43	36.73							0.34	2.21	3.14	3.84																							
	16.73	19.08	21.69	26.79	29.78	32.42	36.55							0.35	2.25	3.19	3.92																							
	16.80	19.15	21.77	26.84	29.80	32.38	36.33							0.35	2.29	3.25	3.99																							
	16.85	19.22	21.83	26.88	29.79	32.30	36.07							0.36	2.33	3.31	4.06																							
	16.90	19.27	21.88	26.89	29.75	32.20	35.76							0.37	2.37	3.37	4.13																							
	16.93	19.30	21.91	26.87	29.68	32.06								0.37	2.41	3.43	4.20																							
	16.96	19.32	21.92	26.84	29.59	31.88								0.38	2.45	3.48	4.27																							

v_{max} ≤ 55 m/s

v > 42 m/s,
Póngase en contacto con
nuestros ingenieros del
Departamento de técnica
aplicada.

Equilibradas dinámicamente [para más detalles ver DIN 2211]

v (m/s)
Poleas

Nota: Extraído de (Optibelt, s/f)

Como no hay valores definidos para $n_k = 2372 \text{ RPM}$ y $d_{dk} = 177.8 \text{ mm}$ se interpolará valores para hallar la potencia nominal P_N correspondiente.

Formula de interpolación Lineal:

$$y = y_0 + \frac{x-x_0}{x_1-x_0} (y_1 - y_0) \tag{13}$$

4.2.13.1. Primera interpolación: Polea menor

Tabla 8

Valores para hallar P_N - interpolación en base a la polea menor

DIAMETRO POLEA MENOR (mm)			
RPM	160	177.8	180
2300	19.94	Y1	24.07
2400	20.65	Y2	24.9

Nota: Extraído del cuadro de valores de potencia figura 16

Hallando Y1 utilizando la ecuación (13):

$$Y1 = 19.94 + \frac{177.8 - 160}{180 - 160} (24.07 - 19.94)$$

$$Y1 = 23.62$$

Hallando Y2 utilizando la ecuación (13):

$$Y2 = 20.65 + \frac{177.8 - 160}{180 - 160} (24.9 - 20.65)$$

$$Y2 = 24.43$$

4.2.13.2. Segunda interpolación: Para RPM's

Tabla 9

Valores para hallar P_N - interpolación en base a RPM's

POLEA MENOR (mm)	
RPM	177.8
2300	Y1 (23.62)
2372	PN
2400	Y2 (24.43)

Nota: Extraído del cuadro de valores de potencia figura 16

Hallando P_N utilizando la ecuación (13):

$$P_N = 23.62 + \frac{2372 - 2300}{2400 - 2300} (24.43 - 23.62)$$

$$P_N = 24.2$$

Por lo tanto, se determina que el valor de P_N es de 24.2

4.2.14. Determinación de número de correas trapeciales dentadas XPB

$$Z = \frac{P * C_2}{P_N * C_1 * C_3 * C_4} \quad (14)$$

Donde:

Z : número de correas trapeciales

P : Potencia del equipo

C_1 : Factor de angulo

C_2 : Factor de carga

C_3 : Factor de desarrollo

C_4 : Factor de corrección

P_N : Potencia nominal

Sustituyendo valores en la ecuación (14):

$$Z = \frac{117 * 1,4}{24.2 * 1 * 1 * 0.91}$$

$$Z = 7.44 \approx 8 \text{ correas}$$

4.2.15. Cálculo de la velocidad de la banda (V)

Este procedimiento se aplicará para comprobar que la correa no supere el límite permisible para el perfil utilizado, el cual es 42 m/s para correas optibelt Super X-POWER M=S Perfiles XPB.

Tomando la ecuación básica de velocidad Tangencial:

$$V = \omega * r \quad (15)$$

$$V = n \frac{rev}{min} * \frac{2\pi}{1rev} * \frac{1min}{60s} * r$$

Reduciendo quedaría la ecuación número (3):

$$V = \frac{n_2 * \pi * D_2}{60\,000}$$

Donde:

V : *Velocidad de la banda (m/s)*

n_2 : *revoluciones de la polea motriz (RPM)*

D_2 : *diametro de la polea motriz (mm)*

Sustituyendo valores en ecuación (3):

$$v = \frac{2000rpm * \pi * 210,8mm}{60000}$$

$$v = 22.1 \frac{m}{s}$$

Por lo tanto $v = 22.1 \text{ m/s}$ cumple la restricción $v \leq 42 \text{ m/s}$

4.2.16. Cálculo de ciclos por segundos IF

$$I_F = 1\,000 * n_p * \frac{V}{L_n} \quad (16)$$

Donde:

I_F : *Ciclos por segundo*

n_p : *Número de poleas*

L_n : Longitud de banda

Sustituyendo valores en ecuación (16):

$$I_F = 1\,000 * 3 * \frac{22,1\text{ m/s}}{1,75\text{ m}}$$

$$I_F = 37885,71\text{ S}^{-1}$$

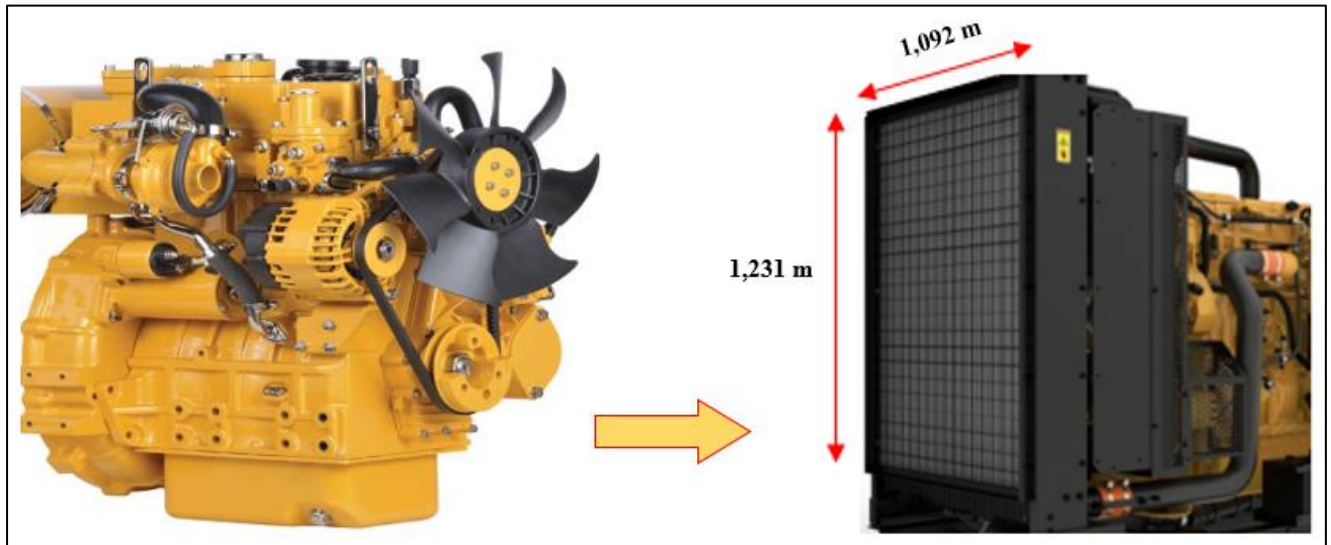
Posteriormente se procede a calcular el caudal de aire con el cambio de polea de 11 pulgadas a 7 pulgadas.

4.3. IMPACTO DEL CAUDAL DE AIRE MODIFICADO EN EL RENDIMIENTO DEL EQUIPO

Para determinar el impacto de la modificación de la polea del ventilador en el rendimiento del equipo Scooptram R1300G con codificación SCA-182, primero se realizó los cálculos de caudal de aire y área a ventilar para posteriormente determinar el rendimiento final, con la mejora propuesta. Estos cálculos se desarrollan en los siguientes ítems.

4.3.1. Cálculo de caudal de aire que proporciona el ventilador

Para este análisis se tomó en cuenta dos panoramas, primero se calculará el caudal sin haber cambiado la polea del ventilador (antes) y en un segundo panorama se calculará el nuevo caudal con la polea modificada (después), con la expectativa de obtener mayor ingreso de flujo de aire. Sin embargo, para determinar el caudal se tiene que tener en cuenta el área a enfriar (el radiador), lo cual se representa en la figura 17.

Figura 17*Radiador Scooptram R1300G*

Nota. Dimensiones del área a enfriar. Elaboración propia.

En la siguiente tabla se representa las dimensiones del área que se necesita ventilar.

Tabla 10*Medidas del área a ventilar*

Medidas del área a ventilar	
Longitud	1,231 m
Ancho	1,092 m
Espesor	0,457 m

Nota: Elaboración propia.

- **NOTA PARA EL AREA EFECTIVA A UTILIZAR**

Considerando que el área del ventilador es un área especial debido al panel de celdas que presenta, para las propiedades térmicas y dimensionamiento principal del radiador, se puede asumir un área efectiva del 75%, cuando no hay datos más exactos o cercanos para el análisis de capacidad térmica. (Romero Piedrahita & Carranza Sánchez, 2007)

4.3.1.1. Cálculo de caudal con polea del ventilador de 11 pulgadas (original)

El caudal necesario, está en función de los datos de la polea del ventilador, que es la polea conducida B.

La polea conductora o motriz A, tuvo un diámetro fijo de 210.8 mm. El diámetro original de la polea del ventilador fue de 11 pulgadas, 287 mm, esto se muestra en la tabla 11.

Tabla 11

Medidas de las poleas sin modificar

POLEAS	FUNCION	RPM
A = 210,8 mm	motriz	2 000
B = 287 mm	conducida	1468,99

Nota: Elaboración propia.

Para determinar las RPM en la polea conducida “B” se calcula con la ecuación (4)

$$\frac{D_B}{d_A} = \frac{n_A}{n_B}$$

$$n_B = \frac{n_A * d_A}{D_B}$$

$$n_B = \frac{2\,000 * 21,08}{28,7}$$

$$n_B = 1468,9 \text{ RPM}$$

Para calcular el flujo de aire que ingresaba inicialmente, usaremos la fórmula de caudal básica conocida:

$$Q = V * A \quad (17)$$

Donde:

Q = Caudal (m^3/s)

V = velocidad (m/s)

A = área (m²)

Cálculo de la velocidad

Diámetro aproximado del ventilador 1,092 m. (tabla 11)

Usando la ecuación (3)

$$V = \frac{n_B * \pi * D_B}{60\ 000}$$

$$V = \frac{1468,99 * \pi * 1092}{60\ 000}$$

$$V = 84\ m/s$$

Cálculo del área a ventilar

$$A = 1,231\ m * 1,092\ m$$

$$A = 1,345\ m^2$$

Considerando el área efectiva al 75%, el área a ventilar será:

$$A = 1,345 * 75\% m^2$$

$$A = 1,009\ m^2$$

Sustituyendo la velocidad y área en la ecuación (16) se obtiene el caudal de aire inicialmente

$$Q = 84\ m/s * 1,009\ m^2$$

$$Q = 85\ m^3/s$$

4.3.1.2. Cálculo del caudal con polea del ventilador de 7 pulgadas (modificado)

Para calcular el flujo de aire de la nueva polea del ventilador, se tiene en cuenta las consideraciones de la siguiente tabla.

Tabla 12

Medidas de la nueva polea

POLEAS	FUNCION	RPM
A = 210,8 mm	motriz	2 000
B = 177,8 mm	conducida	2 371,2

Nota: Elaboración propia.

Para determinar las RPM en la nueva polea conducida “B” se calcula con la ecuación (4).

$$\frac{D_B}{d_A} = \frac{n_A}{n_B}$$

$$n_B = \frac{n_A * d_A}{D_B}$$

$$n_B = \frac{2\ 000 * 21,08}{17,78}$$

$$n_B = 2371,2\ RPM$$

Cálculo de la velocidad

Diámetro aproximado del ventilador 1,092 m. (tabla 11)

Usando la ecuación (3)

$$V = \frac{n_B * \pi * D_B}{60\ 000}$$

$$V = \frac{2\ 371,2 * \pi * 1092}{60\ 000}$$

$$V = 135,58\ m/s$$

Como el área a ventilar efectiva, es la misma, la superficie seguirá siendo la misma (1,009 m²).

Sustituyendo la velocidad y área en ecuación (17) se obtiene el nuevo caudal

$$Q = 135,58 \text{ m/s} * 1,009 \text{ m}^2$$

$$Q = 137 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.3.2. Cálculo del nuevo rendimiento y disponibilidad mecánica

En la siguiente tabla se muestra un resumen de todos los tiempos de activad y parada, así como también el tiempo de mantenimiento preventivo y correctivo para el equipo Scooptram R1300G: SCA-182. Cabe recalcar que estos parámetros son resultados de la mejora que se hizo con el cambio de la polea del ventilador (después). Sin embargo, los parámetros iniciales como horas programadas por guardia, horas por día y días programados por mes siguen siendo las mismas.

Tabla 13

Resumen de tiempos operativos e inoperativos luego de la mejora del sistema de ventilación del Scooptram R1300G: SCA-182

OTROS TIEMPOS PRODUCTIVOS (OTP)	min/gdia	hrs/gdía	min/día	hrs/día	hrs/mes
TOTAL	60	1	120	2	60
DEMORAS OPERATIVAS (DO):	min/gdia	hrs/gdía	min/día	Hrs/día	Hrs/mes
TOTAL	98	1,63	196	3,27	98
TIEMPO IMPRODUCTIVO (TI)	min/gdia	Hrs/gdía	min/día	Hrs/día	Hrs/mes
TOTAL	15	0,25	30	0,50	15
TIEMPO TOLERABLE (TT)	min/gdia	Hrs/gdía	min/día	Hrs/día	Hrs/mes
TOTAL	90	1,5	180	3	90
DEMORAS FIJAS Y OTROS (DFO)	min/gdia	Hrs/gdía	min/día	Hrs/día	Hrs/mes
TOTAL	20	0,33	40	0,67	20

FALLA MECÁNICA Y ELÉCTRICA - MTTO. CORRECTIVO	min/gdía	Hrs/gdía	min/día	Hrs/día	Hrs/mes
TOTAL	50	0,83	100	1,67	50
MTTO. MECÁNICO Y ELÉCTRICO PROGRAMADO - PREVENTIVO	min/gdía	Hrs/gdía	min/día	Hrs/día	Hrs/mes
TOTAL	30	0,50	60	1	30

Nota: Elaboración propia.

Ahora con los resultados de la tabla 15, finalmente se calcula la disponibilidad mecánica (DM) y la utilización efectiva (UE) con la implementación de la nueva propuesta.

a) Calculando Disponibilidad Mecánica

Usando la ecuación (5):

$$DM = \left(\frac{HD}{HP} \right) * 100$$

Donde:

HP: Horas Programadas.

HD: Horas Disponibles

Primero se calcula las horas disponibles (HD) con la ecuación (6):

$$HD = HP - (HMP + HMC)$$

Donde:

HMP: Horas de mantenimiento preventivo.

HMC: Horas de mantenimiento correctivo.

Usando datos de las tablas 3 y 15 tenemos:

$$HD = HP - (HMP + HMC)$$

$$HD = 720 - (30 + 50)$$

$$HD = 640$$

Segundo hallamos la disponibilidad mecánica:

$$DM = \left(\frac{HD}{HP} \right) \times 100$$

$$DM = \left(\frac{640}{720} \right) \times 100$$

$$DM = 89\%$$

b) Calculando Utilización efectiva

Usando la ecuación (7):

$$UE = \left(\frac{HT}{HP} \right) * 100$$

Donde:

HP: Horas Programadas.

HT: Horas Trabajadas.

Primero se calcula las horas trabajadas (HT) con la ecuación (8):

$$HT = HD - (DO + DFO)$$

Donde:

HD: Horas disponibles.

DO: Demoras operativas.

DFO: Demoras fijas y otros.

Usando datos de las tablas 3 y 15 tenemos:

$$HT = HD - (DO + DFO)$$

$$HT = 640 - (98 + 20)$$

$$HT = 522$$

Segundo hallamos la utilización efectiva:

$$UE = \left(\frac{HT}{HP} \right) * 100$$

$$UE = \left(\frac{522}{720} \right) * 100$$

$$UE = 73\%$$

Por lo tanto, con estos resultados se concluye que con el cambio de polea del ventilador de 11 pulgadas a 7 pulgadas el Scooptram trabaja de manera eficiente logrando una utilización efectiva del 73 % y una disponibilidad mecánica del 89 %, valores que permiten un mejor desarrollo del equipo.

4.4.COMPARACION DE PRODUCCION EN LOS EQUIPOS ANTES Y DESPUES DE LA MEJORA DEL SISTEMA DE VENTILACION

Para desarrollar este ítem se debe tener en cuenta algunos aspectos como es las horas efectivas de producción, así como también la cantidad de mineral extraído por tonelada métrica por cada jornada laboral, cabe recalcar que las jornadas laborales por turno están conformadas por 12 horas, lo cual estos parámetros se detallan a continuación.

4.4.1. Cálculo de la producción antes de la mejora

Para un primer análisis se determinó la producción antes de la mejora del sistema de ventilación, es decir, en este panorama el Scooptram R1300G con codificación SCA-182 solo tenía jornadas laborales de 5 horas efectivas por turno, realizando dos viajes de mineral por hora en camiones de 40 toneladas métricas. Obteniendo un aproximado de 20 viajes por día con una producción de 800 toneladas de material. En la siguiente tabla se muestra de manera detalla los parámetros mencionados anteriormente.

Tabla 14*Producción de toneladas diaria de mineral*

Camión de 40 toneladas					
Producción	Viajes/hora	Horas/Turno	Viajes/día	Capacidad camión	Producción día TM
Mineral	2	5	20	40	800

Nota: Elaboración propia.

De la tabla anterior se concluye que la producción diaria de mineral es aproximadamente de 800 toneladas métricas.

Sin embargo, estudios realizados sobre la producción de oro en la miera CMH es aproximadamente de 3,15 gramos por tonelada métrica de material extraído (Pezo Soria, 2015).

En la siguiente tabla se detalla la producción diaria de oro por tonelada de material extraído.

Tabla 15*Producción de oro en gramo por día*

Producción de oro		
TM/día mineral	g oro/TM	g oro/día
800	3,15	2 520

Nota. Elaboración propia

Por lo tanto, en la tabla anterior se muestra que la producción de oro diario es de 2 520 gramos. Sin embargo, el costo por gramo de oro va depender del nivel de pureza que contenga este mineral, en la siguiente figura se aprecia el precio del oro según su calidad (Oro Perú, 2021).

Tabla 16*Precio de oro por gramo*

PRECIO DEL ORO		PRECIO DEL ORO HOY		
Precio del Oro por Gramo		S/ 230.87		
Precio del Oro por Onza		S/ 7 180.06		
Precio del Oro por Kilo		S/ 230 870		
PRECIO ORO HOY 24H PEN/Gr				
Quilates	Pureza	Actual	Máx Mín	Cambio 24H
24k (Oro Puro)	99.90%	230.87	-	0.17
22k (Museos)	92%	212.4	-	0.16
21.6k (Monedas)	90%	207.78	-	0.15
18k (joyeria fina)	75%	173.15	-	0.13
14k (joyeria comercial)	58%	133.9	-	0.1

Nota. Tomado de (Oro Perú, 2021)

Sin embargo, para este estudio se consideró que la pureza del oro extraído de la minera CMH es del 75% lo cual tiene un costo de S/ 173,15 soles por gramo.

Tabla 17*Ingreso económico diario*

INGRESO DIARIO				
Mineral	g oro/día	Costo/g oro	Total diario S/	Total mensual S/
Oro	2 520	S/ 173,15	S/ 436 338,00	S/ 13 090 140,00

Nota. Elaboración propia.

De la tabla anterior se determinó que el ingreso económico diario es de S/ 436 338,00 y un aproximado de S/ 13 090 140,00 mensual.

A continuación, se detalla de manera resumen los parámetros calculados anteriormente.

Tabla 18

Resumen de parámetros

PARÁMETRO	ANTES DE LA MEJORA
Horas por turno	5
Toneladas de Material	800
Cantidad oro (gramos)	2520
Ingresos diarios (S/)	S/ 436,338,00
Ingresos mensuales	S/ 13 090 140,00

Nota. Elaboración propia.

4.4.2. Cálculo de la producción después de la mejora

Para este segundo análisis se determinó la producción con la mejora del sistema de ventilación, es decir, en este panorama el Scooptram R1300G con codificación SCA-182 desarrolló jornadas laborales de 9 horas efectivas por turno, realizando dos viajes de mineral por hora en camiones de 40 toneladas métricas. Obteniendo un aproximado de 36 viajes por día con una producción de 1440 toneladas de material. En la siguiente tabla se muestra de manera detalla los parámetros mencionados anteriormente.

Tabla 19

Producción de toneladas diaria de mineral después de la mejora

Camión de 40 toneladas					
Producción	Viajes/hora	Horas/Turno	Viajes/día	Capacidad camión	Producción día TM
Mineral	2	9	36	40	1 440

Nota. Elaboración propia.

De la tabla anterior se concluye que la producción diaria de mineral con la mejora del sistema de ventilación es aproximadamente de 1 440 toneladas métricas.

Sin embargo, anteriormente se estableció que la cantidad de oro extraído por tonelada métrica de material en el CMH es de 3,15 gramos.

En la siguiente tabla se detalla la producción diaria de oro por tonelada de material extraído después de la mejora en el sistema de ventilación del Scooptram R1300G.

Tabla 20

Producción de oro diario

PRODUCCIÓN DE ORO		
TM/día mineral	g oro/TM	g oro/día
1440	3,15	4536

Nota. Elaboración propia.

Por lo tanto, en la tabla anterior se muestra que la producción de oro diario con la mejora del sistema de ventilación es de 4 536 gramos. Sin embargo, el costo por gramo se estableció en la tabla 16, lo cual asciende a un valor de S/ 173,15 soles por gramo.

Tabla 21

Ingreso económico mensual

INGRESO DIARIO				
Mineral	g oro/día	Costo/g oro	Total diario S/	Total mensual S/
Oro	4 536	S/ 173,15	S/ 785 408,40	S/ 23 562 252,00

Nota. Elaboración propia.

De la tabla anterior se determinó que el ingreso económico diario después de la mejora del sistema de ventilación es de S/ 785 408,40 y un aproximado de S/ 23 562 252,00 mensual.

A continuación, se detalla de manera resumen los parámetros calculados anteriormente.

Tabla 22

Resumen de parámetros después de la mejora

PARÁMETRO	DESPUÉS DE LA MEJORA
Horas por turno	9
Toneladas de Material	1 440
Cantidad oro (gramos)	4 536
Ingreso diario (S/)	S/ 785 408,40

Nota. Elaboración propia.

V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1. RESULTADOS

5.1.1. Del Diagnóstico Del Equipo Scooptram R1300g

En la tabla siguiente se muestra los resultados obtenidos para la utilización efectiva y disponibilidad mecánica de los equipos SCOPTRAM DE LA FLOTA CIS EN CMH.

Tabla 23

Resumen comparativo de la disponibilidad mecánica de los Scooptram

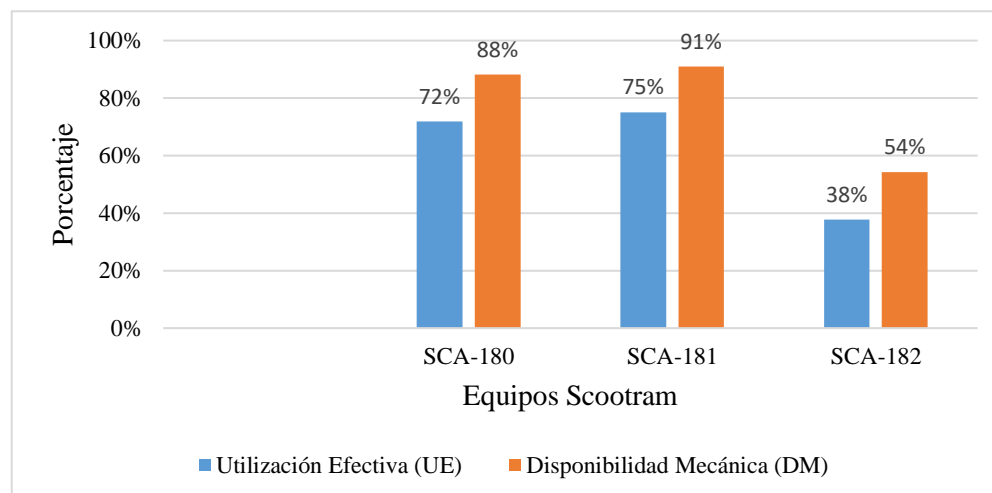
Equipo	Código	Utilización Efectiva (UE)	Disponibilidad Mecánica (DM)
Scooptram	SCA-180	72%	88%
Scooptram	SCA-181	75%	91%
Scooptram	SCA-182	38%	54%

Nota: Elaboración propia.

Así mismo, en la siguiente figura, se muestra de manera gráfica la utilización efectiva y disponibilidad mecánica de los equipos SCOPTRAM DE LA FLOTA CIS EN CMH.

Figura 18

Resumen de la Disponibilidad Mecánica y Utilización Efectiva de los Scooptram



Nota. Elaboración propia.

❖ Diagnóstico del equipo a estudiar:

Como se puede apreciar en la tabla 23 y figura 18 el **Scooptram SCA-182** tiene una utilización efectiva del 38% y una disponibilidad mecánica del 54%, con lo cual se concluye que es **deficiente** en comparación con sus pares.

La deficiencia del equipo SCA-182 es causada por el **exceso de recalentamiento que tiene el motor** y eso ocasiona paradas innecesarias así como también actividades de mantenimiento preventivo y correctivo no programado, generando pérdidas productivas y financieras, motivo por el cual, después de agotar las soluciones técnicas mecánicas protocolares correspondientes, y al no hallar corrección, el área de ingeniería y mantenimiento, decidió hacer las modificaciones pertinentes para aumentar el flujo de ventilación del equipo, estas modificaciones refieren a la propuesta de rediseñar la transmisión del sistema de ventilación al reducir la polea del ventilador de 11 pulgadas a 7 pulgadas, de la cual parte este estudio.

5.1.2. Del cálculo correspondiente para la mejora del sistema de ventilación

La mejora del sistema de ventilación está determinada por un nuevo sistema de transmisión de polea reducida (de 11 Pulgadas a 7 pulgadas). Luego de realizar los cálculos correspondientes se determinó que el sistema de polea reducida requerirá la siguiente configuración de Correas trapeciales y poleas de transmisión.

❖ La transmisión se debe componer de:

- 8 correas trapeciales dentadas optibelt Super X-POWER M=S XPB 3550 L_d, dispuestas en configuración de correas múltiples: 2 unidades de correas múltiples KB 3-XPB 3550 mm L_d (3 cerdas) y 1 unidad de correa múltiple KB 2-XPB 3550 mm L_d (2 cerdas). Disposición en polea: 3/2/3.
- 3 poleas acanaladas dimensionadas de acuerdo a la disposición 3/2/3, teniendo en cuenta las dimensiones de las correas dentadas optibelt Super X-POWER M=S XPB.
 - Polea A: diámetro 210.8 mm
 - Polea B: diámetro 177.8 mm
 - Polea C: diámetro 198.1 mm

5.1.3. Del impacto producido por la mejora del sistema de ventilación

Luego de implementar el sistema de polea reducida (de 11 Pulgadas a 7 pulgadas) al SCA-182, se apreció el impacto en 2 áreas específicas: la mejora de ventilación del equipo (aumento de caudal) y el aumento del rendimiento.

5.1.3.1. Aumento en el Caudal

Tabla 24

Resumen comparativo del caudal de aire

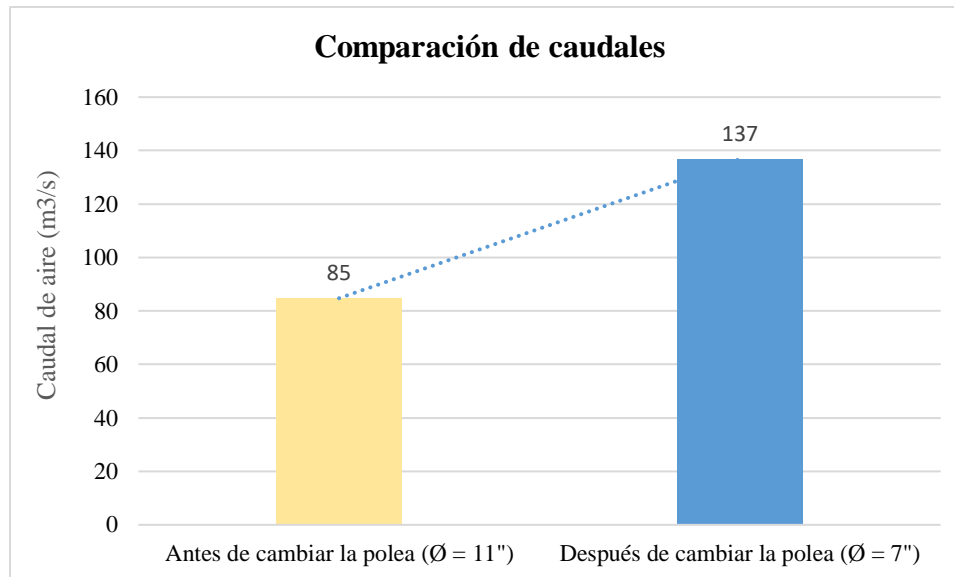
Caudal de aire	
Antes de cambiar la polea del ventilador	$85 \text{ m}^3/\text{s}$
Después de cambiar la polea del ventilador	$137 \text{ m}^3/\text{s}$

Nota: Elaboración propia.

En la siguiente figura se muestra de manera gráfica la diferencia de caudales con la implementación de la nueva polea para el ventilador.

Figura 19

Comparación del caudal de aire



Nota. Elaboración propia.

- ❖ Como se puede observar en la tabla 24 y figura 19, con el cambio de polea del ventilador se produjo un aumento en el caudal de aire de 85 m³/s a 137 m³/s, lo cual esto evita que el motor se sobrecaliente y por ende, no haya paradas innecesarias, así como también disminuye el tiempo de mantenimiento preventivo y correctivo, mejorando así su disponibilidad mecánica, utilización efectiva, lo cual esto conlleva a mejorar su producción y sobre todo el incremento del rendimiento de este equipo Scooptram R1300G

5.1.3.2. *Aumento en el Rendimiento*

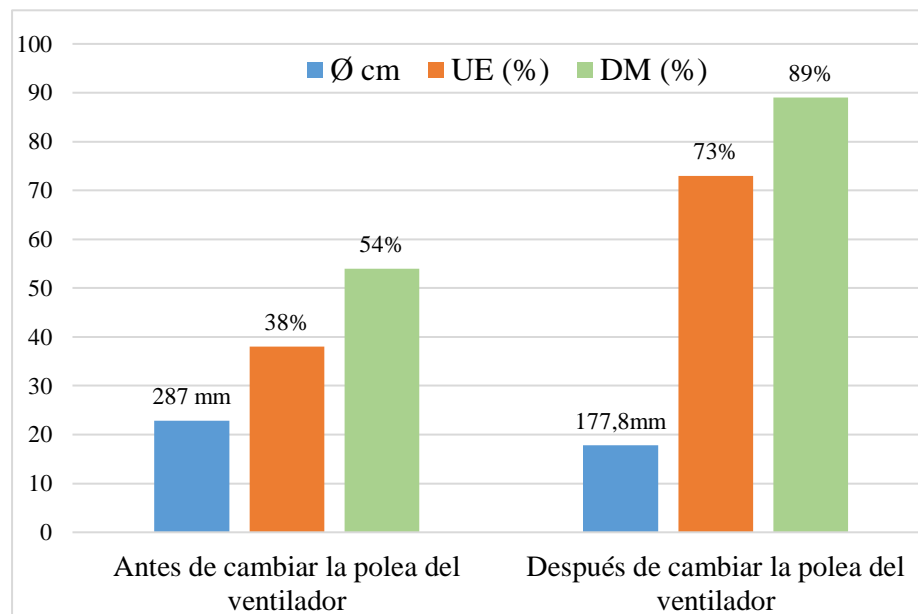
Se pudo medir el aumento del Rendimiento, evaluando el incremento en la nueva utilización efectiva y disponibilidad mecánica. En la siguiente tabla se detalla un resumen comparativo de la UE y la DM, antes y después de cambiar la polea del ventilador.

Tabla 25*Resumen comparativo de la UE y DM*

POLEA	∅ mm	UE (%)	DM (%)
Polea original del ventilador (11 in)	287	38 %	54%
Nueva polea del ventilador (7 in)	177,8	73 %	89 %

Nota: Elaboración propia.

En la siguiente figura se muestra de manera gráfica esta comparación de utilización efectiva y disponibilidad mecánica.

Figura 20*Comparación – Utilización Efectiva y Disponibilidad Mecánica**Nota.* Elaboración propia.

Por lo tanto, de la figura anterior se concluye que con el cambio de polea se obtuvo mejores resultados, incrementando en más del 40% en ambos indicadores.

Finalmente, la utilización efectiva y la disponibilidad mecánica en los 3 equipos Scooptram se resume de la siguiente manera.

Tabla 26

Resumen final de los tres equipos Scooptram

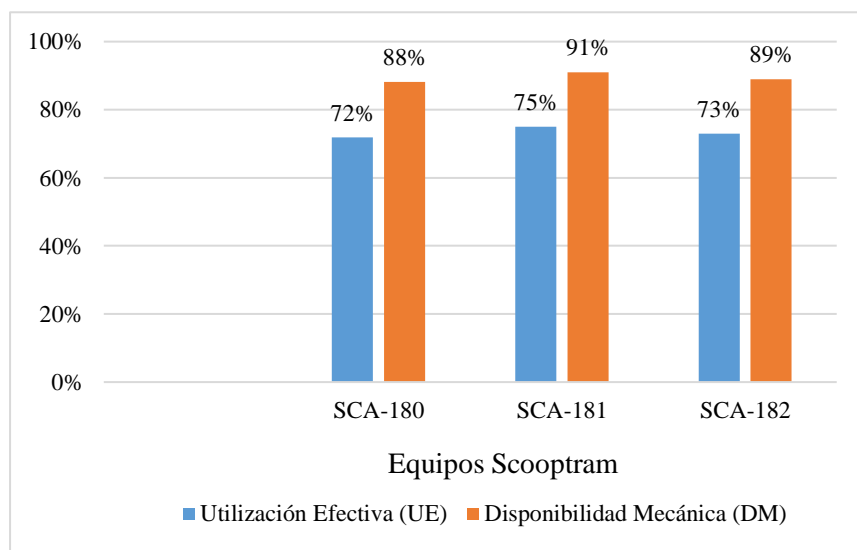
Equipo	Código	Utilización Efectiva (UE)	Disponibilidad Mecánica (DM)
Scooptram	SCA-180	72%	88%
Scooptram	SCA-181	75%	91%
Scooptram	SCA-182	73 %	89 %

Nota: Elaboración propia.

De manera gráfica se demuestra en la siguiente figura el resumen de la tabla anterior.

Figura 21

Resumen Final de los Scooptram Evaluados



Nota. Elaboración propia.

- ❖ Por lo tanto, con la nueva implementación de la polea en el ventilador del Scooptram SCA-182 se tiene una utilización efectiva y la disponibilidad mecánica muy eficiente al igual que los equipos Scooptram SCA-180 y Scooptram SCA-181.

5.1.4. De la comparación en la producción de los equipos, antes y después de la mejora del sistema de ventilación

La comparación realizada fue para los siguientes parámetros: horas efectivas de producción, cantidad de mineral extraído (tonelada métrica) e ingreso económico por día.

La siguiente tabla muestra un resumen comparativo diario antes y después de la mejora del sistema de ventilación del Scooptram R1300G.

Tabla 27

Comparación de la mejora

COMPARACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DIARIA		
PARÁMETRO	Antes de la mejora	Después de la mejora
Horas por turno	5	9
Toneladas de Material	800	1440
Cantidad oro (gramos)	2520	4536
Ingreso diario (S/)	S/ 436 338,00	S/ 785 408,40

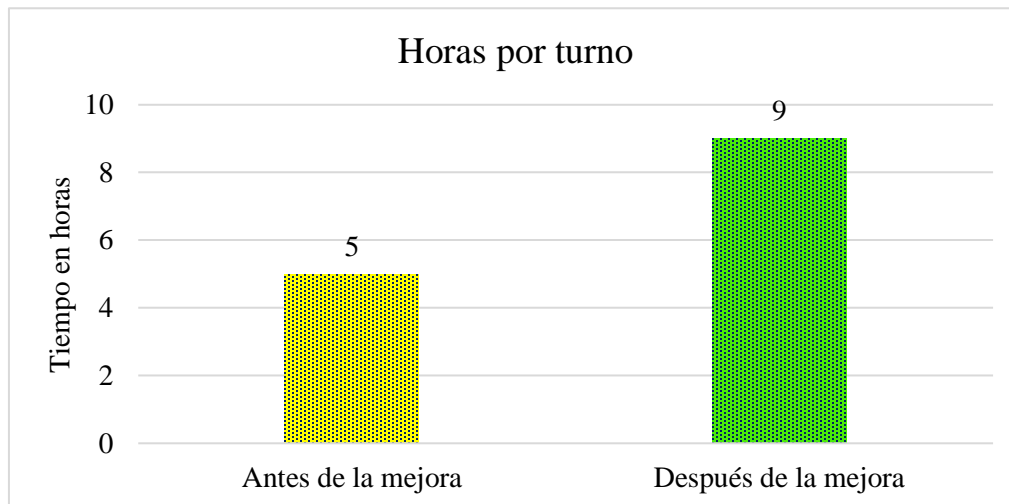
Nota. Elaboración propia.

A continuación, se muestra de manera gráfica la comparación de estos indicadores.

i. Horas por turno

Figura 22

Comparación de Horas por Turno



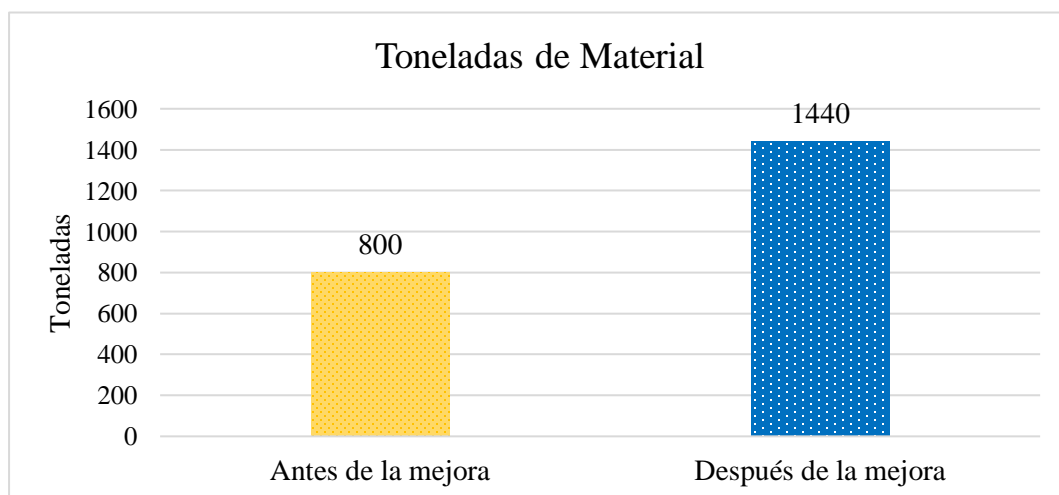
Nota. Elaboración propia.

Como se puede observar de la figura anterior, con la mejora del sistema de ventilación se consiguió un incremento de 4 horas efectivas laborales por turno.

ii. Toneladas de material

Figura 23

Comparación de Toneladas de Material



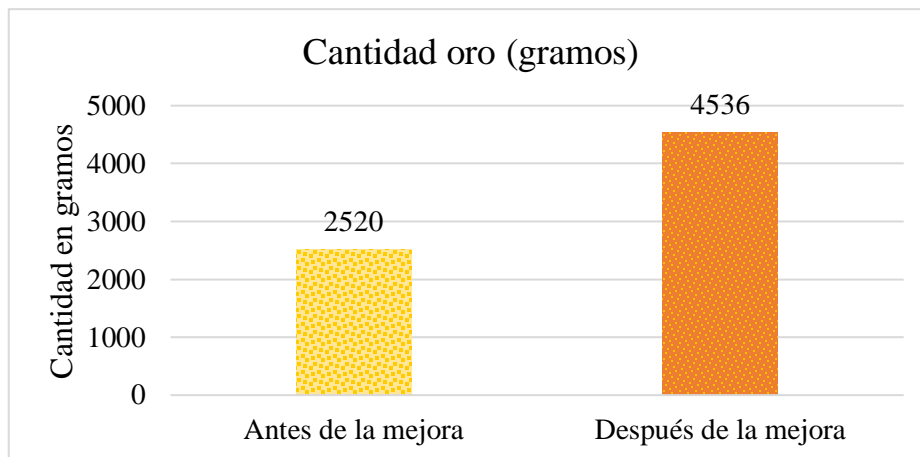
Nota. Elaboración propia.

Como se puede observar de la figura anterior, con la mejora del sistema de ventilación se consiguió un incremento de 640 toneladas de material por día.

iii. Cantidad de gramos de oro por día

Figura 24

Comparación de Extracción de Cantidad de Oro



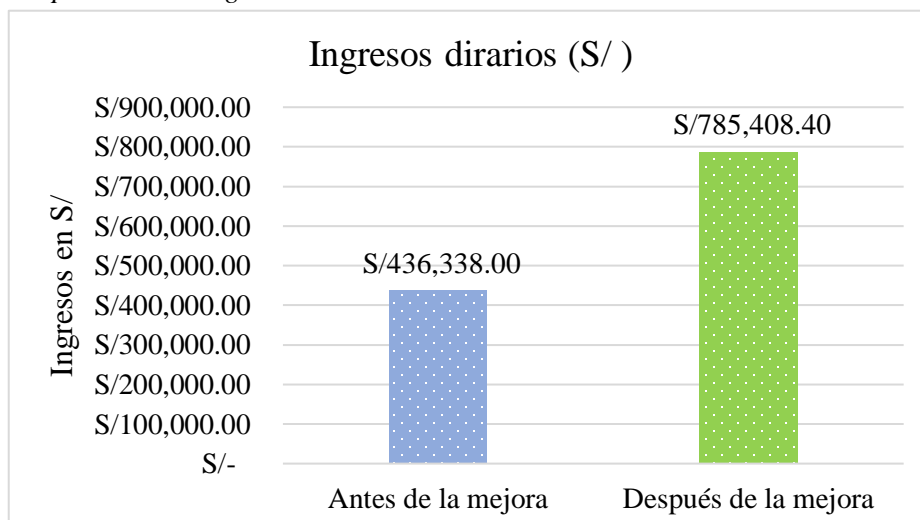
Nota. Elaboración propia.

Como se puede observar de la figura anterior, con la mejora del sistema de ventilación se consiguió un incremento de 2 016 gramos de oro por día.

iv. Ingresos económicos diario

Figura 25

Comparación de Ingresos Económicos Diarios



Nota. Elaboración propia.

Como se puede observar de la figura anterior, con la mejora del sistema de ventilación se consiguió un incremento de S/ 349 070,40 por día.

- ❖ Con la mejora del sistema de ventilación del Scooptram R1300G de codificación SCA-182, se logró un incremento significativo tanto en las horas efectivas por turno, producción de oro, así como también mayor ingreso económico, por lo tanto, esta mejora permitió que la empresa CIS tenga una mayor rentabilidad y mejor disponibilidad de sus equipos Scooptram R1300G.

5.2. DISCUSION DE RESULTADOS

- a) El diagnóstico inicial reveló que; trabajando en condiciones ambientales extremas (de sobre temperatura), el sistema de ventilación original del SCOOPTRAM R1300G era deficiente, afectando directamente el rendimiento general del equipo. Este diagnóstico permitió identificar fallas relacionadas con el sobrecalentamiento del motor, lo cual ocasionaba paradas frecuentes para mantenimiento. El método de diagnosticar fue similar a lo realizado por (Uribe Neira & Zanlungo Matsuhiro, 2014), en su tesis *“Análisis de la funcionalidad y desempeño de la operación semiautónoma en equipos de carga; acarreo y descarga en minería subterránea”*, donde analizaron la funcionalidad de equipos LHD y su relación con la optimización de procesos. Este diagnóstico también mostró que las condiciones operativas del scooptram eran determinantes para la eficiencia general del equipo.

La evaluación de las condiciones operativas confirma que la baja eficiencia se debía a problemas técnicos específicos, lo que refuerza la importancia de un adecuado

diagnóstico previo a la implementación de mejoras, como lo han demostrado investigaciones similares centradas en mejorar la disponibilidad y producción de estos equipos.

- b) La implementación de la mejora, que consistió en la reducción de la polea del ventilador de 11 pulgadas a 7 pulgadas (incluye el rediseño de su sistema de correas), incrementó las revoluciones del ventilador, mejorando la relación de transmisión y el flujo de aire. Este cambio produjo un efecto positivo en el funcionamiento del equipo aumentando su rendimiento y productividad, el cual es uno de los principales indicadores en el área de mantenimiento mecánico. En este sentido se observó en el estudio de (Chávez Vásquez & Huamaní Rodríguez, 2018), titulado *“Optimización de los tiempos operativos de los equipos trackless para el logro de la productividad en la compañía minera Volcan, unidad Chungar”* que se optimizaron tiempos operativos en equipos mineros, la intervención aquí realizada también logró aumentar la productividad y el rendimiento del equipo. Asimismo, (Sariego Pastén, 2018) en su tesis titulada *“Rediseño conceptual e ingeniería de detalle de cargador frontal de bajo perfil para la mina subterránea”*, implementó un rediseño, que, aunque estuvo enfocado en la estructura del equipo, también apunta a que el equipo tuviera buen rendimiento y fuera altamente competitivo. Ambos estudios destacan la importancia de modificaciones técnicas precisas que optimicen el rendimiento del equipo.
- c) Tras la mejora, el cálculo del rendimiento del equipo mostró mejoras significativas en términos de tiempo de operación continua y reducción de fallas. Los resultados reflejan una situación similar a la encontrada por (Reyes Pezo & Sánchez Vásquez,

2020), en su tesis *“Mejora de la eficiencia global de la máquina devanadora mediante la aplicación del TPM en una empresa de fabricación de hilo”* quienes lograron mejorar la eficiencia global de una máquina mediante la implementación de un enfoque técnico. En ambos casos, los resultados evidencian que un cambio técnico puede reducir drásticamente las fallas y aumentar la disponibilidad del equipo. Los resultados obtenidos respaldan la intervención realizada, mostrando que la mejora tuvo un impacto positivo en el rendimiento del equipo.

Este enfoque coincide con otros estudios que han utilizado técnicas de mantenimiento y mejora de sistemas aplicando ajustes técnicos específicos, que optimizan el rendimiento de los equipos.

- d) Al comparar la producción antes y después de la mejora, se observó un incremento significativo en el volumen de material acarreado por ende un aumento en la producción. En este sentido, este estudio se asemeja al estudio de (Paucar Soto, 2019a), *“Eficiencia de equipos scoop en el carguío y transporte en la unidad minera Yauricocha de la Sociedad Minera Corona S.A.”*, en el que una intervención en la eficiencia de los equipos de carga y transporte resultó en una mejora considerable en la productividad y una reducción en los costos.

El aumento de la producción después de la mejora, confirma que el rendimiento de los scooptrams, en estas condiciones extremas de sobre temperatura, depende en gran medida de la efectividad del sistema de ventilación.

La comparación entre los datos pre y post intervención respalda la hipótesis de que la mejora en el sistema de ventilación tuvo un impacto positivo en la capacidad productiva del equipo.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

a) Se diagnosticó las condiciones de operación de los equipos SCOOPTRAM R1300G perteneciente a la flota CIS en la empresa minera CMH, bajo los parámetros de Utilización efectiva (UE) y Disponibilidad Mecánica (DM):

- Scooptram SCA 180: UE 72% y DM 88%
- Scooptram SCA 181: UE 75% y DM 91%
- Scooptram SCA 182: UE 38% y DM 54%

Determinando que el equipo codificado SCA-182 es deficiente en comparación con sus pares. Sin embargo, esto se ocasionó por el exceso de recaliento que tiene el motor debido a las condiciones ambientales de operación, lo que produjo paradas innecesarias, así como también actividades de mantenimiento preventivo y correctivo no programado, lo que generó pérdidas productivas y financieras a dicha empresa minera.

b) Se implementó las mejoras del sistema de ventilación para el equipo SCA-182, realizando el cambio de polea del ventilador de 11 pulgadas a 7 pulgadas, logrando un aumento en el caudal de aire:

- Polea de 11 pulgadas (antes) => Caudal: 85 m³/s
- Polea de 7 pulgadas (después) => Caudal: 137 m³/s

Este aumento en el caudal de aire, mejoró el estado de recalentamiento del motor, (evitando paradas innecesarias) y disminuyó el tiempo de mantenimiento preventivo/correctivo, incrementando su eficiencia.

La mejora de la transmisión, modifiqué el diseño de correas y poleas. El nuevo sistema de transmisión estará compuesto de:

- ✓ 2 unidades de correas múltiples KB 3-XPB 3550 mm L_d (3 cerdas) y 1 unidad de correa múltiple KB 2-XPB 3550 mm L_d (2 cerdas). Disposición en polea: 3/2/3.
- ✓ 3 poleas acanaladas dimensionadas de acuerdo a la disposición 3/2/3, teniendo en cuenta las dimensiones de las correas dentadas optibelt Super X-POWER M=S XPB.

Polea A: diámetro 210.8 mm

Polea B: diámetro 177.8 mm

Polea C: diámetro 198.1 mm

c) Se calculó el rendimiento del Scooptram SCA-182 bajo los parámetros de Utilización efectiva (UE) y Disponibilidad Mecánica (DM), después de haber realizado las mejoras:

- Scooptram SCA 182: UE 73% y DM 89%

Esto representó un incremento en más del 40% de estos indicadores, con respecto al estado anterior, lo cual permitió un mejor desarrollo del equipo, así como también una mayor productividad para la empresa minera CMH.

d) Se realizó una comparación en la producción (un antes y un después), luego de aplicar las mejoras al sistema de ventilación y se concluyó que el equipo Scooptram SCA-182 logró:

- Un incremento de 4 horas efectivas por turno.

- Un aumento en la producción: 640 toneladas de material por día (2 016 gr de oro).
- Mayores ingresos económicos: Diario S/ 785 408,40 y Mensual: S/ 23 562 252,00

Esta mejora permitió que la empresa CIS tenga una mayor rentabilidad y mejor disponibilidad de sus equipos Scooptram R1300G.

6.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar cálculos de transmisión con otros proveedores de correas trapeciales a fin de comparar la configuración desarrollada y evaluar costos – beneficios, del sistema de transmisión de correas a implementar. Además, se recalca que el presente análisis muestra el desarrollo alternativo del sistema de transmisión de correas, según proveedor Optibelt.
- El diagnóstico de los equipos depende principalmente de su entorno. Antes de proponer cualquier cambio o variación, se recomienda realizar una investigación exhaustiva del entorno de trabajo del equipo (altura, temperatura, contaminación, etc.)
- Se recomienda administrar mejor los tiempos de demoras operativas, así como también los tiempos improductivos y demoras fijas. Con la finalidad de incrementar

los indicadores como es la disponibilidad mecánica (DM) y utilización efectiva (UE).

- Para optimizar el rendimiento y el sistema de ventilación se recomienda que los operarios realicen la adecuada inspección y llenado de check list de los equipos Scooptram. Para disminuir el tiempo de mantenimiento correctivo e incrementar la disponibilidad de estos equipos.

- El estudio está enfocado al análisis del flujo de aire y a la mejora que provoca al equipo, desde una perspectiva funcional. Hay muchas opciones de mejora. Se podría considerar: Análisis del alternador al aumentar sus revoluciones, Análisis de ejes y chavetas entre otros componentes de la transmisión, análisis de la eficacia de parte del radiador, etc.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acapucho, S. (2022). *Importancia de la actividad minera en el desarrollo económico de Perú*. <https://fronterasdelasociedad.com/index.php/ferevista/article/view/101/178>
- Azuero Azuero, Á. E. (2019). Significatividad del marco metodológico en el desarrollo de proyectos de investigación. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 4(8), 110. <https://doi.org/10.35381/r.k.v4i8.274>
- Canchanya ingenieros. (2023). *CANCHANYA INGENIEROS - MINERÍA E INFRAESTRUCTURA - BROCHURE 2023*. <https://www.cis.com.pe/>
- CATERPILLAR. (s/f). *Tienda de piezas Cat® | Pedir piezas originales en Caterpillar*. Recuperado el 5 de febrero de 2024, de <https://parts.cat.com/es/catcorp>
- Caterpillar. (2022). *Especificaciones Técnicas - Cargador subterráneo para minería R1300G*. www.cat.com
- CEA Bogotá. (2019). *Mecánica básica automotriz*. https://ceabogota.com.co/manual/mecanica_basica.pdf
- Chávez Vásquez, C. J., & Huamaní Rodríguez, J. C. (2018). *OPTIMIZACIÓN DE LOS TIEMPOS OPERATIVOS DE LOS EQUIPOS TRACKLESS PARA EL LOGRO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA COMPAÑÍA MINERA VOLCAN, UNIDAD CHUNGAR – 2017* [UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC]. https://repositorio.unamba.edu.pe/bitstream/handle/UNAMBA/597/T_0319.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Gorriti Rey, J. (2005). *MANUAL DEL ESTUDIANTE: Cargadores de Bajo Perfil LHD TEMA: Operación de Sistemas, Pruebas y Ajustes*.
- Jáuregui Machuca, Kety. (2017). *Empresa minera, comunidades y empresas comunales : el caso de Consorcio Minero Horizonte*. Universidad ESAN.
- LOAYZA SUSANIBAR, G. F. (2020). *Planeamiento estratégico para el incremento de la productividad de la empresa Consorcio Minero Horizonte, en el año 2020*. 1–134. http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/18480/Loayza_sg.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Maldonado Pinto, J. E. (2018, julio). *Paradigmas: cuantitativo, sociocrítico, cualitativo, complementario*. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION SOCIAL. <https://books.google.com.pe/books?id=FTSjDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Metodolog%C3%ADa+de+la+Investigaci%C3%B3n+Maldonado&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjx6tubwq3uAhXixlkKHTsfAEsQ6AEwAHoECAyQAg#v=onepage&q&f=false>

- Mott, R. L. (2006). Transmisiones por bandas y por cadenas. En P. M. Guerrero Rosas (Ed.), *DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS* (CUARTA EDICION, pp. 1–944). Pearson Educación.
- Mundo del motor. (2015). *Sistema De Refrigeración, Qué Es, Partes Y Cómo Funciona*.
<https://www.mundodelmotor.net/sistema-de-refrigeracion/>
- Ñaupas Paitan, H., Mejía Mejía, E., Novoa Ramírez, E., & Villagómez Paucar, A. (2014). *Metodología de la investigación: Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis, 4ta Edición* (cuarta, Vol. 4). Ediciones de la U.
- Optibelt, A. (s/f). *Manual Técnico - Correas trapeciales · Correas múltiples*. Recuperado el 22 de enero de 2024, de www.optibelt.com
- Paucar Soto, J. W. (2019a). *Eficiencia de equipos scoop en el carguio y transporte en la unidad minera Yauricocha de la Sociedad Minera Corona S.A.* [Universidad Nacional del Centro del Perú].
<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5537/TESIS%20PAUCAR%20SOTO%20Jademier%20Wilson.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Paucar Soto, J. W. (2019b). *Eficiencia de equipos scoop en el carguio y transporte en la unidad minera Yauricocha de la Sociedad Minera Corona S.A.* Universidad Nacional del Centro del Peru.
- Pezo Soria, J. D. (2015). *DETERMINACION DE LA LEY DE CORTE OPERACIONAL PARA LA EXTRACCION DE RESERVAS MINERALES DE LA VETA LOURDES-UNIDAD MINERA PARCOY-CONSORCIO MINERO HORIZONTE*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA.
- Reyes Pezo, F. J., & Sánchez Vásquez, A. (2020). *Mejora de la eficiencia global de la máquina devanadora mediante la aplicación del TPM en una empresa de fabricación de hilo*. Universidad Cesar Vallejo.
- Romero Piedrahita, C. A., & Carranza Sánchez, Y. A. (2007). EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD TÉRMICA DE UN RADIADOR DE CALOR. *Universidad Tecnológica de Pereira*, 1–6.
- Rubio Alonso, H. (2021). *DISEÑO MECÁNICO*.
https://ocw.uc3m.es/pluginfile.php/2559/mod_page/content/18/t8_correas2.pdf
- Sariego Pastén, P. (2018). *REDISEÑO CONCEPTUAL E INGENIERIA DE DETALLE DE CARGADOR FRONTAL DE BAJO PERFIL PARA LA MINERIA SUBTERRÁNEA*.
https://www.aepro.com/files/congresos/2005malaga/ciip05_1317_1334.260.pdf
- Uribe Neira, P. A., & Zanlungo Matsuhira, J. P. (2014). *Análisis de la funcionalidad y desempeño de la operación semiautónoma en equipos de carga; acarreo y descarga en*

minería subterránea [Universidad de Chile].
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/130844>

Vega Farfán, J. L. (2019). *Indicadores de Control de operaciones mineras*.

Ventura Romero, J., & Cavero Cuaresma, H. F. (2019). *GESTIÓN DE TIEMPOS EN LAS OPERACIONES DE ACARREO CON EQUIPO LHD PARA LA EVALUACIÓN DE COSTOS UNITARIOS EN EXPLOTACIÓN DE LA UEA SAN CRISTÓBAL DE MINERA BATEAS, CAYLLOMA - AREQUIPA 2017*. UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC.

VIII. ANEXOS

- ANEXO N°01. Guía de observación
- ANEXO N°02. Ficha de registro
- ANEXO N°03. Tiempos productivos e improductivos para el SCOOP SCA-180
- ANEXO N°04. Tiempos productivos e improductivos para el SCOOP SCA-181
- ANEXO N°05. Tiempos productivos e improductivos para el SCOOP SCA-182
- ANEXO N°06. Acta de conformidad de servicio – opinión técnica referencial al estudio
- ANEXO N°07. Datos comerciales polea A – cigüeñal
- ANEXO N°08. Datos comerciales polea B – masa del ventilador
- ANEXO N°09. Datos comerciales polea C – alternador
- ANEXO N°10. Datos comerciales del Radiador
- ANEXO N°11. Esquema del sistema de ventilación modo fabrica
- ANEXO N°12. Fotos de equipos Scooptram R1300G en mina superficie CMH
- PLANO ISOMETRICO – Ensamble de poleas
- POLEA A
- POLEA B
- POLEA C

ANEXO N°01: Guía de observación**Guía de observación.****Nombre y apellidos:** _____**Universidad:** _____**Lugar.** _____**Equipo a observar:** _____

Instrucciones: Llenar con letra legible y clara donde corresponda, así también llenar con un check en el recuadro que corresponda tras la evaluación visual de cada ítem.

CHECK LIST DE SCOOP	
FECHA.	TURNO:
OPERADOR:	
MODELO DE EQUIPO:	
HORÓMETRO INICIAL:	HORÓMETRO FINAL:

Ítem	ACCIÓN A EJECUTAR.	OPER.	INOPER.
1	INSPECCIÓN VISUAL – VERIFIQUE PARTE DAÑADA DE EQUIPO.		
2	REVISAR NIVEL DE ACEITE DE MOTOR.		
3	REVISAR NIVEL ACEITE HIDRÁULICO.		
4	REVISAR NIVEL ACEITE DE TRANSMISIÓN.		
5	REVISAR NIVEL DE REFRIGERANTE.		

6	REVISAR DE TENSIÓN Y ESTADO DE FAJAS DE VENTILADOR.		
7	REVISAR FUNCIONAMIENTO DE LUCES DELANTERAS.		
8	REVISAR FUNCIONAMIENTO DE LUCES POSTERIORES.		
9	REVISAR FUNCIONAMIENTO DE CLAXÓN.		
10	REVISAR FUNCIONAMIENTO DE ALARMA DE RETROCESO.		
11	REVISAR UNCIÓNAMIENTO DE PANEL DE CONTROL.		
12	REVISAR ESTADO DE LOS FILTROS DE ADMISIÓN.		
13	REVISAR ESTADO DE LA CABINA.		
14	REVISAR ESTADO DEL EXTINTOR.		
15	REISAR ESTADO DEL CUCHARON.		
16	REVISAR ESTADO DE LLANTAS.		
17	REVISAR ESPÁRRAGOS Y TUERCAS DE LAS RUEDAS.		
18	REVISAR FUGA DE ACEITE POR CILINDRO DE DIRECCIÓN.		
19	REVISAR FUGA DE ACEITE POR CILINDRO DE LEVANTANTE.		
20	REVISAR FUGA DE ACEITE POR CILINDRO DE VOLTEO.		

21	REVISAR FUGA DE ACEITE POR MANGUERAS.		
22	REVISAR FUNCIONAMIENTO DEL FRENO DE PARQUEO.		
23	REVISAR FUNCIONAMIENTO DEL FRENO DE SERVICIO.		
24	REVISAR FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA DE ENGRASE.		
25	VERIFICAR ENGRASE CRUCETA PRINCIPAL.		
26	VERIFICAR ENGRASE DEL AGUILÓN Y CUCHARÓN.		
27	VERIFICAR ENGRASE DE ARTICULACIÓN CENTRAL.		
28	ORDEN Y LIMPIEZA.		

EQUIPO QUEDA EN: _____

PETROLEO GLS: _____

OBSERVACIONES: _____

FS = Falta Sopletear
 PD = Parte Dañada
 PF = Presenta Fuga
 FR = Falta Rellenar
 FE = Falta Engrase
 NF = No Funciona
 DR = Desg. Regular
 DA = Desg. Avanzado

Nota. Guía tomada de los procedimientos de control CIS.

ANEXO N°02: Ficha de registro**Ficha de registro.**

Nombre y apellidos: _____

Universidad: _____

Lugar. _____

Instrucciones: Llenar con letra legible y clara donde corresponda, así también llenar con un check o aspa en el recuadro que corresponda el ítem del registro.

	FECHA			OT	#
	TURNO	DÍA	NOCHE	TIPO DE CARGO	
ORDEN DE TRABAJO					
1. No iniciar la actividad de trabajo si no está aprobada por el supervisor. Art.38*					
2. Es un derecho del trabajador conocer los peligros y riesgos existentes que puedan afectar la salud y seguridad a través del IPERC. Art.40.					
3. Prohibido que el trabajador inicie sus labores sin antes haber cumplido con sus estándares, PETS, ATS o PETAR según la actividad. Art.44.					
4. No se debe operar equipos y herramientas si no se encuentran capacitados y hayan sido autorizados. Art.44.					

DATOS DEL EQUIPO.		DNI TÉCNICO.	HR INICIO.	HR FIN.
Código de equipo:	Tipo equipo:			
Hora de parada:	Hora de entrega:			
Horómetro, parada:	Horómetro entrega:			
Área de trabajo del equipo:				

TIPO DE INTERVENCIÓN:	SUBTIPO DE INTERVENCIÓN				TIPO DE PARADA:
Mantto correctivo. <input type="checkbox"/>	Mecánica. <input type="checkbox"/>	Evaluación. <input type="checkbox"/>	Otros. <input type="checkbox"/>	PROGRAMADA. <input type="checkbox"/>	
Mantto Preventivo. <input type="checkbox"/>	Eléctrica. <input type="checkbox"/>	Soldadura. <input type="checkbox"/>			
Accidente. <input type="checkbox"/>	Lubricación. <input type="checkbox"/>	Neumáticos. <input type="checkbox"/>		NO <input type="checkbox"/>	
Servicio a terceros <input type="checkbox"/>	Inspección. <input type="checkbox"/>	Accidente. <input type="checkbox"/>		PROGRAMADA. <input type="checkbox"/>	

SISTEMA		
S-0500 Bastidor–caja. <input type="checkbox"/>	S-4000 Motor Básico. <input type="checkbox"/>	
S-1000 Cabina–operador. <input type="checkbox"/>	S-4500 Admisión Escape. <input type="checkbox"/>	S-8000 Neumático. <input type="checkbox"/>
S-1500 Dirección frenado. <input type="checkbox"/>	S-5000 Combustible. <input type="checkbox"/>	S-8500 Avance Rotación. <input type="checkbox"/>
S-2000 Eléctrico arranque. <input type="checkbox"/>	S-5500 Enfriamiento motor. <input type="checkbox"/>	S-9000 Maquina Básica. <input type="checkbox"/>
S-2500 Herramientas. <input type="checkbox"/>	S-6000 Lubricación. <input type="checkbox"/>	S-9500 Ejes ruedas. <input type="checkbox"/>
S-3000 Hidráulico. <input type="checkbox"/>	S-6500 Tren Fuerza. <input type="checkbox"/>	Otros: _____
S-3500 Implementos. <input type="checkbox"/>	S-7000 Rodaje Ruedas Suspensión. <input type="checkbox"/>	

SUBSISTEMA/GRUPO:	Estado inicial del equipo.			Estado final del equipo.		
COMPONENTE/PIEZA:	INOP	STBY	OP	INOP	STB	OP
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA - FALLA						

DESCRIPCIÓN DEL MODO DE FALLA: ¿QUÉ OCASIONÓ LA FALLA?
DESCRIPCIÓN DE TRABAJO REALIZADO

TRABAJO CONCLUIDO	TRABAJO PENDIENTE

NOMBRES Y APELLIDOS	NOMBRES Y APELLIDOS	NOMBRES Y APELLIDOS
TÉCNICO DE MANTENIMIENTO	SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	PLANEAMIENTO DE MANTENIMIENTO

Nota. Ficha tomada de los procedimientos de control CIS.

ANEXO N°03: Tiempos productivos e improductivos para el SCOOPTRAM SCA-180

OTROS TIEMPOS PRODUCTIVOS (OTP)	min/gdía	Hrs/gdía	min/día	Hrs/día	Hrs/mes
Limpieza de vía	50	0.83	100	1.67	50.00
Traslado de material	10	0.17	20	0.33	10.00
SUB-TOTAL	60	1	120	2	60

DEMORAS OPERATIVAS (DO):	min/gdía	Hrs/gdía	min/día	Hrs/día	Hrs/mes
Traslado de Scoop	20	0.33	40.0	0.67	20.0
Abastecimiento de Combustible	6	0.10	12.0	0.20	6.0
Limpieza de Scoop	15	0.25	30.0	0.50	15.0
Llenado de Herramientas de Control	5	0.08	10.0	0.17	5.0
Chequeo del Equipo /Check List	12	0.20	24.0	0.40	12.0
Esperando Carga	40	0.67	80.0	1.33	40.0
SUB-TOTAL	98	1.63	196.00	3.27	98.00

TIEMPO IMPRODUCTIVO (TI)	min/gdía	Hrs/gdía	min/día	Hrs/día	Hrs/mes
Falla Mecánica y Eléctrica - Mto. Correctivo	50	0.83	100	1.67	50.00
Sin Condiciones de Trabajo	10	0.17	20	0.33	10.00
Accidente/ Incidente	0	0	0	0.00	0.00
Falta de Combustible	0	0	0	0.00	0.00
SUB-TOTAL	10	0.17	20	0.33	10.00

TIEMPO TOLERABLE (TT)	min/gdía	Hrs/gdía	min/día	Hrs/día	Hrs/mes
Mto. Mecánico y Eléctrico Programado - Preventivo	35	0.58	70	1.17	35.00
Movilización de Personal	30	0.50	60	1.00	30.00
Almuerzo / Refrigerio	60	1.00	120	2.00	60.00
SUB-TOTAL	90	1.5	180	3	90

DEMORAS FIJAS Y OTROS (DFO)	min/gdía	Hrs/gdía	min/día	Hrs/día	Hrs/mes
Cambio de guardia.	10	0.17	20	0.33	10.00
Charlas de capacitación / seguridad	5	0.08	10	0.17	5.00
Corte de agua, energía, aire,	5	0.08	10	0.17	5.00
SUB-TOTAL	20	0.33	40	0.67	20.00

TOTAL (OTP + DO + TI + TT) :	258	4	516.00	8.60	258.00
-------------------------------------	------------	----------	---------------	-------------	---------------

DM = (HD / HP) x 100	88%
UE = ((HD - (DO + DFO)) / HP) x 100	72%

Nota. Tabla de control estadístico para equipos Trackless. Elaboración propia.

ANEXO N°04: Tiempos productivos e improductivos para el SCOOPTRAM SCA-181

OTROS TIEMPOS PRODUCTIVOS (OTP)	min/gdía	Hrs/gdía	min/día	Hrs/día	Hrs/mes
Limpieza de vía	40	0.67	80	1.33	40.00
Traslado de material	15	0.25	30	0.50	15.00
SUB-TOTAL	55	0.92	110	1.83	55.00

DEMORAS OPERATIVAS (DO):	min/gdía	Hrs/gdía	min/día	Hrs/día	Hrs/mes
Traslado de Scoop	18	0.30	36.0	0.60	18.0
Abastecimiento de Combustible	10	0.17	20.0	0.33	10.0
Limpieza de Scoop	12	0.20	24.0	0.40	12.0
Llenado de Herramientas de Control	5	0.08	10.0	0.17	5.0
Chequeo del Equipo /Check List	15	0.25	30.0	0.50	15.0
Esperando Carga	35	0.58	70.0	1.17	35.0
SUB-TOTAL	95	1.58	190.00	3.17	95.00

TIEMPO IMPRODUCTIVO (TI)	min/gdía	Hrs/gdía	min/día	Hrs/día	Hrs/mes
Falla Mecánica y Eléctrica - Mtto. Correctivo	40	0.67	80	1.33	40.00
Sin Condiciones de Trabajo	8	0.13	16	0.27	8.00
Accidente/ Incidente	0	0	0	0.00	0.00
Falta de Combustible	0	0	0	0.00	0.00
SUB-TOTAL	8	0.13	16	0.27	8.00

TIEMPO TOLERABLE (TT)	min/gdía	Hrs/gdía	min/día	Hrs/día	Hrs/mes
Mtto. Mecánico y Eléctrica Programado - Preventivo	25	0.42	50	0.83	25.00
Movilización de Personal	25	0.42	50	0.83	25.00
Almuerzo / Refrigerio	60	1.00	120	2.00	60.00
SUB-TOTAL	85	1.42	170	2.83	85.00

DEMORAS FIJAS Y OTROS (DFO)	min/gdía	Hrs/gdía	min/día	Hrs/día	Hrs/mes
Cambio de guardia.	10	0.17	20	0.33	10.00
Charlas de capacitación / seguridad	5	0.08	10	0.17	5.00
Corte de agua, energía, aire,	5	0.08	10	0.17	5.00
SUB-TOTAL	20	0.33	40	0.67	20.00

TOTAL (OTP + DO + TI + TT) :	243	4	486.00	8.10	243.00
-------------------------------------	------------	----------	---------------	-------------	---------------

DM = (HD / HP) x 100	91%
UE = ((HD - (DO + DFO)) / HP) x 100	75%

Nota. Tabla de control estadístico para equipos Trackless. Elaboración propia.

ANEXO N°05: Tiempos productivos e improductivos para el SCOOPTRAM SCA-182

OTROS TIEMPOS PRODUCTIVOS (OTP)	min/gdia	Hrs/gdía	min/día	Hrs/día	Hrs/mes
Limpieza de vía	50	0.83	100	1.67	50.00
Traslado de material	10	0.17	20	0.33	10.00
SUB-TOTAL	60	1	120	2	60

DEMORAS OPERATIVAS (DO):	min/gdia	Hrs/gdía	min/día	Hrs/día	Hrs/mes
Traslado de Scoop	20	0.33	40.0	0.67	20.0
Abastecimiento de Combustible	6	0.10	12.0	0.20	6.0
Limpieza de Scoop	15	0.25	30.0	0.50	15.0
Llenado de Herramientas de Control	5	0.08	10.0	0.17	5.0
Chequeo del Equipo /Check List	12	0.20	24.0	0.40	12.0
Esperando Carga	40	0.67	80.0	1.33	40.0
SUB-TOTAL	98	1.63	196.00	3.27	98.00

TIEMPO IMPRODUCTIVO (TI)	min/gdia	Hrs/gdía	min/día	Hrs/día	Hrs/mes
Falla Mecánica y Eléctrica - Mtto. Correctivo	300	5.00	600	10.00	300.00
Sin Condiciones de Trabajo	10	0.17	20	0.33	10.00
Accidente/ Incidente	0	0	0	0.00	0.00
Falta de Combustible	0	0	0	0.00	0.00
SUB-TOTAL	10	0.17	20	0.33	10.00

TIEMPO TOLERABLE (TT)	min/gdia	Hrs/gdía	min/día	Hrs/día	Hrs/mes
Mtto. Mecánico y Eléctrico Programado - Preventivo	30	0.50	60	1.00	30.00
Movilización de Personal	30	0.50	60	1.00	30.00
Almuerzo / Refrigerio	60	1.00	120	2.00	60.00
SUB-TOTAL	90	1.5	180	3	90

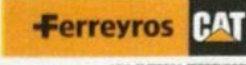
DEMORAS FIJAS Y OTROS (DFO)	min/gdia	Hrs/gdía	min/día	Hrs/día	Hrs/mes
Cambio de guardia.	10	0.17	20	0.33	10.00
Charlas de capacitación / seguridad	5	0.08	10	0.17	5.00
Corte de agua, energía, aire,	5	0.08	10	0.17	5.00
SUB-TOTAL	20	0.33	40	0.67	20.00

TOTAL (OTP + DO + TI + TT) :	258	4	516.00	8.60	258.00
-------------------------------------	------------	----------	---------------	-------------	---------------

DM = (HD / HP) x 100	54%
UE = ((HD - (DO + DFO)) / HP) x 100	38%

Nota. Tabla de control estadístico para equipos Trackless. Elaboración propia.

ANEXO N°06: Acta de conformidad de servicio – opinión técnica referencial al estudio



UNA EMPRESA FERREYRCORP

ACTA DE CONFORMIDAD DE SERVICIO

CLIENTE	CONGEMIN	FECHA	23-04-18
FECHA INICIO	22-04-18	FECHA TERMINO	
EQUIPO	SCOOP (LHD) # 167	MARCA	CAT
MODELO	R1300G	SERIE	NSB00370
		HOROMETRO	1370

DESCRIPCION DE TRABAJOS EFECTUADOS

EVALUACION DE EQUIPO POR RECALENTAMIENTO DE MOTOR.
 - Se realiza la inspección de equipo en frente de trabajo, presenciando las condiciones de ventilación en la labor sea subestándares, debido a esto se genera el recalentamiento del Equipo.
 - Se observa fuga de combustible por las Cárterías # 2 y 4, y presencia de volumen por 1, 3, 5 y 6. Filtro de aire Primario obstruido.

RECOMENDACIONES
 - Realizar Cambio de Palesa N/P 4N4679, Faja N/P 5M8935
 - Realizar Cambio de aceite y filtro de motor a las 125 hrs
 - Realizar Cambio de filtro de aire a las 60 hrs o cuando sea necesario.
 - Realizar Verificación y/o ajuste de luz de Válvulas de motor a las 1000 hrs

SE ENVIARÁ INFORME COMPLEMENTARIO A ESTA ACTA DE CONFORMIDAD? SI NO

OBSERVACION DEL CLIENTE

Cárterías N/P 7C7991, 7C7992, 7C7993, 7C7994, 7C7995, 7C7996
 Washer N/P 8H9204 SELLOS: N/P 9L9095 (6UN1)
 NOTA: Para la Instalación de la palesa, es necesario fabricar un espaciador para compensar el alineamiento de la faja.

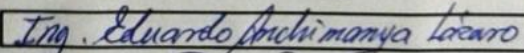
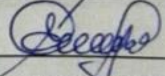
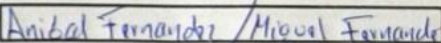
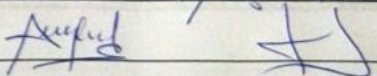
PREGUNTAS DE SATISFACCION:
 Por favor indicar el valor de su respuesta del 1 al 10, donde:

De 1 a 5	De 6 a 8	De 9 a 10
Mala experiencia	Regular experiencia	Buena experiencia

Solicitamos su mayor objetividad en estas respuestas que nos ayudaran a idenfnicar oportunidades de mejora con la finalidad de mejorar la calidad del servicio que le brindamos.

- ¿Qué tan satisfecho se encuentra usted con su experiencia de Servicio en Campo?
- En base a esta experiencia, ¿qué tan probable es que se dirija usted a Ferreyros para solicitar un futuro trabajo de Servicio en Campo?
- ¿Qué tan probable sería que usted recomendase a Ferreyros a otra persona para Servicio en Campo?

Es posible que mas adelante nos comuniquemos con usted para ampliar y complementar las respuestas indicadas en este cuestionario

NOMBRE DEL RESPONSABLE DE LA CONFORMIDAD DEL SERVICIO (CLIENTE) <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;">  </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;">  </div> <p>FIRMA DEL CLIENTE</p>	NOMBRE DEL TEC. RESPONSABLE DEL SERVICIO <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;">  </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;">  </div> <p>FIRMA DEL TECNICO RESPONSABLE</p>
--	---

Cargo: JEFE DE MANTTO DNI: 20047744 Correo Electrónico: archieduc@hotmail.com Teléfono: 989811068	CODIGO: 6149 - 3854 AREA: Servicios
--	--

Nota. Solución alternativa dada por el departamento de mantenimiento Caterpillar – antecedente base de estudio.

ANEXO N°07: Datos comerciales polea A – cigüeñal

BASIC ENGINE						
147-1397 PULLEY GP-CRANKSHAFT						
S/N: R6J1-UP						
PART OF 147-1305 ENGINE AR						
SMCS-1205					i04937177	
NOTE	REF NO	GRAPHIC REF	PART NUMBER	QTY	PART NAME	SEE PAGE
	1	1	5S-9948	1	WASHER-PULLEY	
	2	1	147-1398	1	PULLEY-CRANKSHAFT	
	3	1	6B-5310	1	BOLT (3/4-16X3.26-IN)	

147-1398: POLEA CIGÜEÑAL

Marca: Cat

\$1,085.60 USD

ESPECIFICACIONES

IMPERIAL SISTEMA MÉTRICO

- Altura (mm): 203,2
- Ancho (mm): 165,1
- Longitud (mm): 210,8

DESCRIPCIÓN

Polea del cigüeñal

Descripción:

- Mediante las poleas del cigüeñal se transmite fuerza mecánica y par a los accesorios adicionales a través del sistema de poleas.

Atributos:

- Las piezas Cat® se fabrican de acuerdo con especificaciones precisas y con el objetivo de aumentar la durabilidad, la confiabilidad y la productividad mientras se reduce el impacto ambiental.

Nota. Información tomada de Tienda de piezas CAT (CATERPILLAR, s/f).

ANEXO N°08: Datos comerciales polea B – masa del ventilador



3N-7018: POLEA

Marca: Cat

\$731.28 USD

DESCRIPCIÓN

Polea del ventilador

Descripción:

- Polea en la maza del ventilador del radiador sobre la que se desliza la correa de transmisión

Atributos:

- Las piezas Cat® se fabrican de acuerdo con especificaciones precisas y con el objetivo de aumentar la durabilidad, la confiabilidad y la productividad mientras se reduce el impacto ambiental.

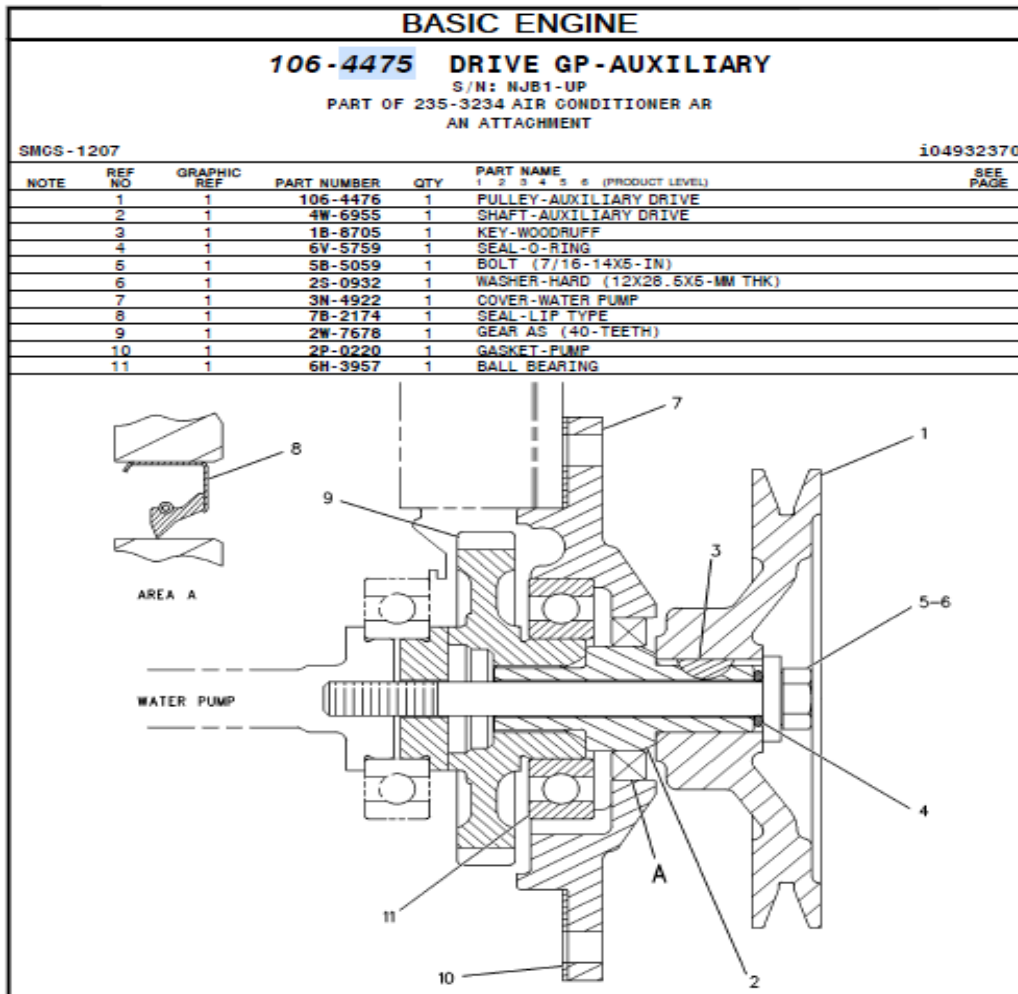
ESPECIFICACIONES

IMPERIAL SISTEMA MÉTRICO

- Altura (mm): 71,1
- Ancho (mm): 274,3
- Longitud (mm): 287

Nota. Información tomada de Tienda de piezas CAT (CATERPILLAR, s/f).

ANEXO N°09: Datos comerciales polea C – alternador



106-4476: POLEA

Marca: Cat

\$389.19 USD

ESPECIFICACIONES

IMPERIAL SISTEMA MÉTRICO

- Altura (mm): 66
- Ancho (mm): 193
- Longitud (mm): 198,1

DESCRIPCIÓN

Polea del aire acondicionado

Descripción:

- Las poleas del aire acondicionado permiten que, mediante las correas, se puedan accionar los sistemas de aire acondicionado.

Atributos:

- Las piezas Cat® se fabrican de acuerdo con especificaciones precisas y con el objetivo de aumentar la durabilidad, la confiabilidad y la productividad mientras se reduce el impacto ambiental.

Nota. Información tomada de Tienda de piezas CAT (CATERPILLAR, s/f).

NEXO N°10: Datos comerciales del Radiador



207-0014: GRUPO DE RADIADOR

Marca: Cat

\$9,391.43 USD

DESCRIPCIÓN

Radiador

Descripción:

- Los radiadores extraen el exceso de calor para enfriar los motores.

Atributos:

- Las piezas Cat® están fabricadas de acuerdo con especificaciones precisas y con el objetivo de proporcionar durabilidad, confiabilidad, productividad, menor impacto ambiental y la posibilidad de reutilización.

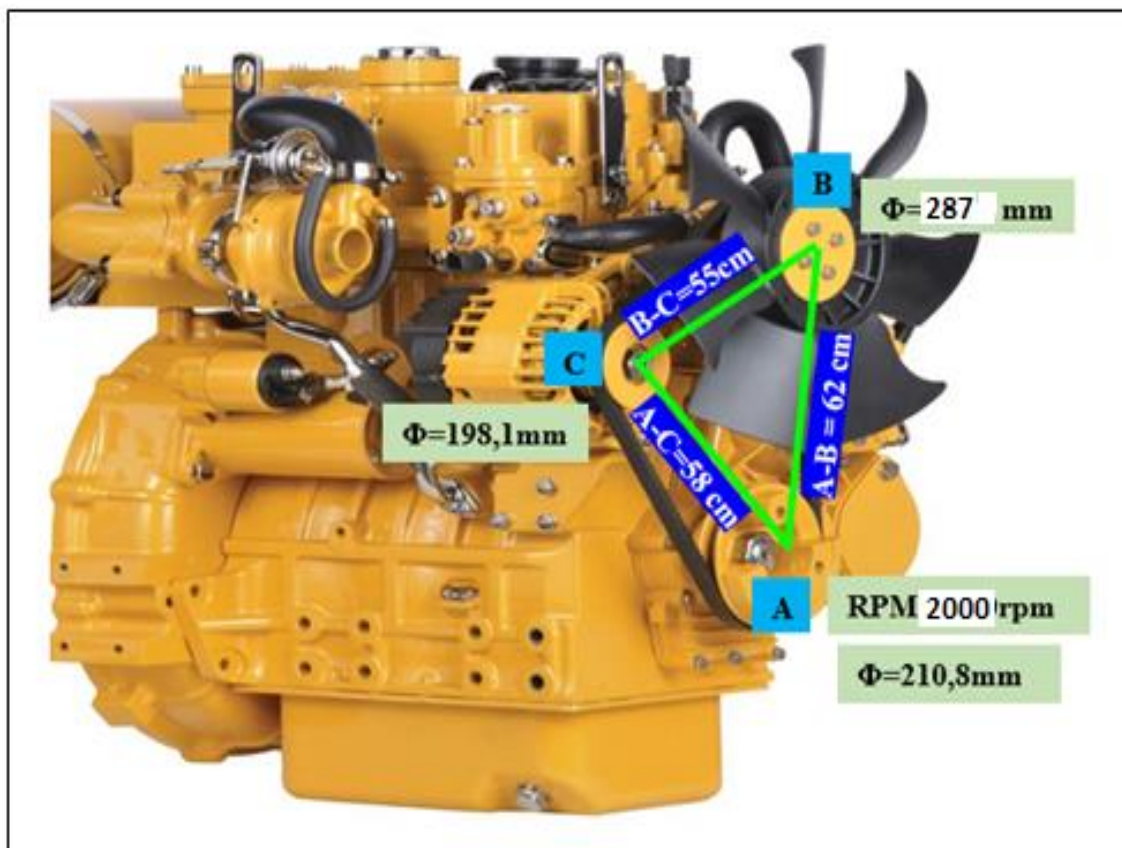
ESPECIFICACIONES

IMPERIAL

SISTEMA MÉTRICO

- Altura (mm): 457,2
- Ancho (mm): 1.092,20
- Longitud (mm): 1.231,90

Nota. Información tomada de Tienda de piezas CAT (CATERPILLAR, s/f).

ANEXO N°11: Esquema del sistema de ventilación modo fabrica

Nota. Esquema realizado con datos tomados en interior mina. Elaboración propia

ANEXO N°12: Fotos de equipos Scooptram R1300G en mina superficie CMH







Nota. Equipos en inspección – mina superficie CMH. Entre ellos se encuentran los equipos SCA 180, SCA 181 y SCA 182. Elaboración propia.