



**Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniero
Automotriz**

INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Autor: Georgy Geovany Almeida

Tutor: Ing. Erasmo García Ochoa, M.Sc.

**Repotenciación del Sistema de Aire Acondicionado de la
Cabina del Tractor Cameco 505**

Certificado de Autoría

Yo, Georgy Geovany Almeida Ochoa, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada. Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

Georgy Geovany Almeida Ochoa

C.I: 1726135550

Aprobación del Tutor

Yo, Erasmo Garcia Ochoa certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

Ing. Erasmo Garcia Ochoa, Msc.

C.I: 0917118697

Director de proyecto

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres, por su apoyo incondicional y por enseñarme el valor
del esfuerzo y la constancia.

A mis profesores, por compartir su conocimiento y guiarnos con sabiduría en este
camino.

A mis amigos, por su compañerismo y por estar siempre a mi lado, incluso en los
momentos más difíciles.

Y, finalmente, a todos aquellos que, de una manera u otra, han contribuido a la
realización de este proyecto.

Georgy Geovany Almeida Ochoa

Agradecimiento

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todos que han hecho posible la ejecución de este proyecto. Agradezco a Dios por darme la salud y la fortaleza necesarias para llevar a cabo este trabajo.

A mis padres, por su constante apoyo, paciencia y por ser la fuente inagotable de inspiración y motivación en mi vida.

A mi tutor, el Ing. Erasmo García Ochoa, por su guía y valiosos consejos a lo largo de este proceso.

A mis compañeros, por su amistad y por los momentos vividos que enriquecieron esta experiencia académica.

Georgy Geovany Almeida Ochoa

Índice General

Certificado de Autoría.....	III
Aprobación del Tutor	IV
Dedicatoria	V
Agradecimiento	VI
Índice General	VII
Índice de Figura	X
Índice de Tablas	XII
Resumen.....	XIII
Abstract	XIV
Capítulo I	1
Antecedentes	1
1.1 Tema de Investigación	1
1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema.....	1
1.2.1 Planteamiento del Problema.....	1
1.2.2 Formulación del Problema	2
1.2.3 Sistematización del Problema	2
1.3 Objetivos de la Investigación.....	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos	3
1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación	3
1.4.1 Justificación Teórica.....	4
1.4.2 Justificación Metodológica	5
1.4.3 Justificación Práctica	6

1.4.4	<i>Delimitación Temporal</i>	7
1.4.5	<i>Delimitación Geográfica</i>	7
1.4.6	<i>Delimitación del Contenido</i>	7
	Capítulo II	9
	Marco Referencial.....	9
2.1	Marco Teórico.....	9
2.1.1	<i>Conceptos Preliminares</i>	10
2.1.2	<i>Tractor Cameco 505</i>	10
2.1.3	<i>Repotenciación de Maquinaria Agrícola</i>	10
2.1.4	<i>Sistema de Aire Acondicionado Eléctrico Monoblock</i>	11
2.1.5	<i>Principios de Funcionamiento del Aire Acondicionado</i>	12
2.1.6	<i>Importancia del Confort del Operador</i>	12
2.1.7	<i>Impacto en la Eficiencia Operativa</i>	13
2.2	Marco Conceptual	13
2.2.1	<i>Tractor CAMECO 505</i>	13
2.2.2	<i>Diseño de la Cabina del Tractor CAMECO 505</i>	13
2.2.3	<i>Aire Acondicionado Monoblock</i>	15
2.2.4	<i>Beneficios del Operador</i>	16
	Capítulo III.....	17
	Implementación e Instalación del Equipo de Aire Acondicionado Monoblock	17
3.1	Implementación.....	17
3.1.1	<i>Diseño de la Cabina del Tractor Cameco 505</i>	17
3.1.2	<i>Ensamblaje de la Cabina del Tractor Cameco 505</i>	21
3.1.3	<i>Diseño de la Base del Equipo Monoblock en la Cabina del Tractor</i>	24
3.1.4	<i>Colocación de Aislante Térmico para la Cabina del Tractor.</i>	25

3.1.5	<i>Instalación del Equipo de Aire Acondicionado Monoblock en el Tractor</i>	26
3.1.6	<i>Acondicionamiento Eléctrico del Tractor para el Equipo de Aire Acondicionado</i>	28
3.1.7	<i>Carga de Refrigerante en el Equipo de Aire Acondicionado</i>	30
3.2	Pruebas eléctricas.....	31
3.2.1	<i>Procesos</i>	32
	Capítulo IV.....	34
	Resultados y Discusiones.....	34
4.1	Presentación y Análisis de los Resultados Obtenidos.....	34
4.2	Comparación de los Resultados con las Expectativas y la Literatura Existente	36
4.3	Análisis Técnico de Resultados Obtenidos en la Repotenciación del Tractor.....	37
4.3.1	<i>Evaluación del Consumo Eléctrico en la Máquina.</i>	37
4.3.2	<i>Evaluación del Desempeño Térmico y Confort de la Cabina del Tractor</i>	37
	Conclusiones	38
	Recomendaciones	39
	Bibliografía	40
	Anexos	42

Índice de Figura

Figura 1 Equipo de Aire Acondicionado Curunclima Montado en Maquinaria de Construcción.....	11
Figura 2 Funcionamiento del Sistema de Aire Acondicionado	12
Figura 3 Cabina de Tractor Para el Diseño e Instalación del Equipo Monoblock.....	14
Figura 4 Sistema Eléctrico Monoblock.....	15
Figura 5 Beneficios del Operador al Operar una Maquina con Mayor Confort	16
Figura 6 Vista Lateral del Diseño de la Cabina del Tractor CAMECO 505	18
Figura 7 Vista Frontal del Diseño de la Cabina del Tractor CAMECO 505.....	19
Figura 8 Vista Superior del Diseño de la Cabina del Tractor CAMECO 505	19
Figura 9 Vista Derecha del Diseño de la Cabina del Tractor CAMECO 505	20
Figura 10 Diseño de Cabina de Tractor CAMECO 505 Asistido por Computadora.....	20
Figura 11 Planchas de Acero ASTM A36	22
Figura 12 Ensambladura de la Cabina Cerrada para el Tractor CAMECO 505.....	22
Figura 13 Colocación de Puertas y Ventanas en la Cabina del Tractor.....	23
Figura 14 Montaje de la Cabina en el Tractor CAMECO 505	23
Figura 15 Corte de la Cabina para Colocación el Equipo de Aire Acondicionado.....	24
Figura 16 Ensamble y Colocación para la Fijación del Equipo de Aire Acondicionado	24
Figura 17 Colocación de Material Termoaislante en las Superficies Internas (Techo, Paredes y Piso) de la Cabina del Tractor Cameco, con el Objetivo de Mejorar el Aislamiento Térmico y Acústico.....	25
Figura 18 Instalación Eléctrica del Equipo de Aire Acondicionado Monoblock.....	28
Figura 19 Diagrama Eléctrico de Instalación del Equipo de Aire Acondicionado Monoblock	29
Figura 20 Cambio de Alternador del Tractor Cameco 505.....	30

Figura 21 Prueba de Vacío y Estanqueidad del Equipo de Aire Acondicionado.....	31
Figura 22 Cargada de Gas Refrigerante R-134A.....	31
Figura 23 Prueba de Carga del Alternado para el Tractor Cameco 505 en su Tablero de Instrumentación.	32
Figura 24 Presentación los Datos de Voltaje y Corriente Obtenidos en Campo del Tractor ..	35
Figura 25 Medición de Temperatura en Grados Centígrados: Comparación entre el Interior de la Cabina del Tractor y la Temperatura Ambiente.....	36
Figura 26 Toma de la Temperatura de la Cabina para la Comparación de un Termostato de Mano	42
Figura 27 Entrega de la Maquinaria para Labores de Campo con el Equipo de Aire Acondicionado Instalado.	42
Figura 28 Equipo de Aire Acondicionado Eléctrico Monoblok	43
Figura 29 Inspección del Tractor en Labores de Campo con la Implementación el Equipo de Aire Acondicionado para la Toma de Datos.	43

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Tabla de Especificaciones Técnicas del Equipo de Aire Acondicionado Monoblok...</i>	27
Tabla 2 <i>Tabla de Control de Consumo de Corriente y Voltaje del Equipo de Aire Acondicionado</i>	33
Tabla 3 <i>Tabla de Control de Temperatura de la Cabina y Temperatura Ambiente</i>	33
Tabla 4 <i>Tabla de Resultados del Control de Consumo de Corriente y Voltaje del Equipo de Aire Acondicionado</i>	34
Tabla 5 <i>Tabla de Resultados del Control de Temperatura de la Cabina y Temperatura Ambiente</i>	35

Resumen

El objetivo de este proyecto es la repotenciación la cabina de un tractor mediante la implementación de un sistema de aire acondicionado eléctrico, con el diseño de mejorar el confort del operador durante la jornada laboral. Esta modificación busca proteger al operador frente a condiciones ambientales adversas como variaciones bruscas del clima, polvo e insectos que afectan tanto su salud como la eficiencia operativa del tractor. Además, como beneficio extra, se procura reducir significativamente el estrés procedente de extensas horas de trabajo en campo.

La repotenciación se abordó con el rediseño de la cabina en SOLIDWORKS, modelando la estructura en función las dimensiones originales del tractor. Para la fabricación de la nueva estructura se emplearon técnicas de soldadura para lograr cortes precisos en planchas metálicas, y soldadura SMAW para el ensamble de los elementos principales como son techo, puertas y paredes.

En relación con el sistema de aire acondicionado, se consideraron varios aspectos técnicos esenciales. Inicialmente, se aplicó un recubrimiento termoaislante en techo, paredes y piso para asegurar una adecuada impermeabilización térmica, minimizando así la transferencia de calor por radiación y convección. Posteriormente, se efectuaron pruebas de estanqueidad para detectar posibles fugas, seguidas por la carga de refrigerante y la realización de pruebas funcionales para validar el correcto desempeño del sistema dentro de la cabina.

Finalmente, fue necesario adaptar el sistema eléctrico del tractor debido al incremento del consumo eléctrico generado por la instalación del aire acondicionado, el cual aumentó en un 30%. En consecuencia, se reemplazó el alternador original por uno de mayor capacidad, capaz de suministrar hasta 170 amperios, garantizando así el funcionamiento estable y eficiente del nuevo sistema implementado.

Abstract

The main objective of this project is to upgrade the cabin of a tractor by installing an electric air conditioning system, with the purpose of enhancing operator comfort during the workday. This adaptation aims to protect the user from adverse environmental conditions such as sudden weather changes, dust, and insects—factors that impact both the operator’s health and the machine’s operational efficiency. Additionally, a key benefit is the significant reduction of stress caused by long hours of fieldwork.

The repowering process began with the redesign of the cabin using SOLIDWORKS, modeling the structure according to the original dimensions. For the fabrication of the new structure, techniques such as oxy-fuel cutting were used to achieve precise cuts in metal sheets, and SMAW welding was employed to assemble the main components (roof, doors, and walls).

Regarding the air conditioning system, several essential technical aspects were considered. Initially, a thermal insulation coating was applied to the roof, walls, and floor to ensure proper thermal sealing, thereby minimizing heat transfer through radiation and convection. Subsequently, leak tests were conducted to detect any potential leaks, followed by refrigerant charging and functional testing to validate the system’s performance inside the cabin.

Finally, it was necessary to adapt the tractor’s electrical system due to the 30% increase in power consumption resulting from the air conditioning installation. As a result, the original alternator was replaced with a higher-capacity unit capable of supplying up to 170 amps, thus ensuring stable and efficient operation of the newly implemented system.

Capítulo I

Antecedentes

1.1 Tema de Investigación

Repotenciación del sistema de aire acondicionado de la cabina del tractor Cameco 505.

1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema

Repotenciar un tractor CAMECO 505 que tiene una configuración básica de fábrica. Estos tractores son utilizados para remover y nivelar el suelo con la utilización de implementos agrícolas tales como los subsoladores, traíllas y discos de arado.

Los Ingenios Azucareros en Ecuador tiene un periodo de cosecha que inicia en junio y termina en el mes diciembre del mismo año que es conocido como Zafra, donde este tractor trabaja durante seis meses consecutivos a doble jornada de 12 horas. El tractor CAMECO en su configuración de fabrica no tiene parabrisas ni puerta, por lo tanto, el operador está en contacto directo con el medio ambiente y sometido al calor, el frio o la lluvia. A partir de esta investigación se identifica que hay fallas en la operación de la máquina por el estrés producido debido a la operación en esas condiciones, también son propensos en adquirir enfermedades causadas por el polvo y los cambios de clima sumado la fatiga prematura en la operación de la máquina. El objetivo es el mejoramiento del proceso de la operación de maquinaria con la implementación de un equipo de aire acondicionado eléctrico, rediseño y sellado hermético de la cabina del tractor para dar el confort que el operador necesita en la máquina y de esta manera elevar el rendimiento de este.

1.2.1 Planteamiento del Problema

Una maquinaria agrícola debe cumplir criterios técnicos óptimos para que su eficiencia sea considerada como elevada, por ende, en el mundo agrícola, existen varios campos de estudio. Uno de los campos de estudio se enfoca y se especializa en el análisis de la operación y la maniobrabilidad de la maquinaria donde el protagonista es el operador. El operador es el ente

principal porque es quien controla, monitorea y maniobra la maquinaria y debido a estos factores la máquina puede volverse eficiente o no, independientemente de la capacidad técnica mecánica con la que haya sido construido el tractor. Como es un ser humano quien controla, monitorea y maniobra las máquinas, existen márgenes de error y se los pueden clasificar en: desconocimientos de las funciones especiales de la maquinaria, operadores no experimentados y no tener un ambiente de confort adecuado en la operación de la maquinaria.

Este proyecto se enfoca en el mejoramiento del confort en la cabina del tractor Cameco 505, adicional se recalca que el operador es el ente quien aporta la mayor cantidad de variables en la operación, estas variables son de difícil control y como resultado afecta a la eficiencia de máquina. El enfoque de este proyecto es repotenciar la cabina del tractor e instalar un equipo de aire acondicionado eléctrico para dar el confort en la operación y de esta forma el operador no se encuentre expuesto directamente a los cambios bruscos de clima del campo, el polvo e insectos. Otro enfoque que se toma en cuenta es la reducción considerablemente el estrés producido por las largas horas de trabajo en campo que actualmente padecen los operadores en este modelo de tractor.

1.2.2 Formulación del Problema

¿Cuáles son los beneficios en la repotenciación del aire acondicionado del tractor Cameco con respecto a la operación de la maquinaria?

1.2.3 Sistematización del Problema

- ¿Cuáles son los beneficios de tener un ambiente de confort en una maquinaria agrícola?
- ¿Cuáles son las complicaciones que implica cerrar una cabina, sellar herméticamente e implementar el sistema de aire acondicionado en un tractor?
- ¿Cuáles es la gestión en la implementación del aire acondicionado en un tractor?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

- Repotenciar el sistema de aire acondicionado de la cabina del tractor Cameco 505.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Investigar las características técnicas de la cabina del tractor Cameco 505.
- Implementar un sistema de aire acondicionado monoblock para el tractor Cameco 505.
- Realizar pruebas de funcionamiento del sistema acondicionado monoblock aplicado sobre la cabina del tractor Cameco 505.

1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación

La repotenciación del aire acondicionado del tractor CAMECO 505 mediante la implementación de un sistema de aire acondicionado eléctrico monoblock se justifica por la necesidad de proporcionar mayor confort al operador, permitiendo que realice sus tareas de operación de maquinaria agrícola de manera más eficiente y cómoda reduciendo así el estrés laboral. El diseño de una cabina hermética, acompañada de un sistema de aire acondicionado, asegura un ambiente de trabajo controlado para reducir la fatiga y aumenta la productividad de trabajo, pensado fundamental en condiciones climáticas adversas que se soporte en campo.

La innovación al incluir un sistema de aire acondicionado eléctrico monoblock en el tractor representa un avance significativo en la modernización a este modelo de maquinaria agrícola. Este sistema a más de ser compacto y eficiente permite realizar una instalación sencilla con un mantenimiento mínimo, garantizando que el operador trabaje de manera óptima. Además, el dotar de una cabina cerrada al tractor con un diseño hermético maximiza los beneficios del sistema de aire acondicionado, optimizando la calidad del trabajo y la satisfacción del operador.

La delimitación del proyecto se centra en no secundar aspectos relacionados con la huella ecológica, se centran nuestros esfuerzos en mejorar el confort del operador y la eficiencia

operativa del tractor. La selección de materiales y uso de nuevas tecnologías asegura que el sistema de aire acondicionado funcione de manera eficiente, favoreciendo directamente la operación del tractor.

1.4.1 Justificación Teórica

La repotenciación del aire acondicionado del tractor CAMECO 505 con la implementación del sistema de aire acondicionado eléctrico monoblock se justifica por varias teorías y conceptos clave en el ámbito de la ingeniería agrícola y la ergonomía. Dando el primer lugar, el estudio del confort térmico, establece que el bienestar y la productividad de los operadores de maquinaria agrícola están muy relacionados con las condiciones climáticas del entorno de trabajo. Un ambiente térmicamente confortable reduce la fatiga, el estrés térmico y mejora la capacidad de concentración del operador, como resultado se traduce en una mejora en la operación de la maquinaria, mejora de la productividad del operador y reducción de enfermedades derivadas de la operación en condiciones adversas.

El siguiente tema es la innovación tecnológica en la maquinaria agrícola, con las nuevas necesidades y estudios en la mejora de prestaciones, nos innovamos para implementar sistemas eléctricos eficientes y sostenibles para aumentar la eficiencia de la maquinaria agrícola. Los sistemas de aire acondicionado eléctricos monoblocks representan un avance significativo en este campo, al proporcionar soluciones compactas, de fácil instalación y mantenimiento y adicionalmente no dependen del motor a combustión que tiene el tractor para su correcto funcionamiento. Es fundamental realizar un análisis adecuado de la fuente de alimentación para el equipo de aire acondicionado, ya que una conexión incorrecta o insuficiente podría ocasionar daños colaterales en componentes como el alternador o las baterías

Al no interrumpir al arnés eléctrico del tractor tiene una emancipación energética donde asegura que el sistema de aire acondicionado pueda trabajar eficientemente sin afectar la operatividad del tractor, ajustándose con los principios de eficiencia energética y optimización

de recursos.

Finalmente, el diseño de cabina y el sello hermético del tractor son importantes para maximizar los beneficios del sistema de aire acondicionado. La modificación de una cabina para que sea hermética permite un control eficaz de la temperatura interna, protegiendo al operador de las inclemencias del clima y tiempo para mejorar significativamente su confort y seguridad. Estos conceptos se complementan para justificar la repotenciación del sistema de aire acondicionado del tractor, proveyendo una base teórica sólida que respalda la implementación de estas innovaciones tecnológicas, mejorando tanto la eficiencia operativa como el bienestar del operador.

1.4.2 Justificación Metodológica

La justificación metodológica de la repotenciación del sistema de aire acondicionado del tractor CAMECO 505 se enfoca en una serie de procedimientos sistemáticos diseñados para garantizar la efectividad y eficiencia del proyecto.

Acondicionamiento: Para esta etapa, se emplearon métodos de análisis comparativo y de evaluación de desempeño. Se analizaron diferentes equipos disponibles en el mercado, considerando factores como eficiencia energética, facilidad de instalación, mantenimiento y compatibilidad con el tractor.

Diseño y construcción de cabina: Utilizando técnicas de ingeniería en diseño asistido por computadora, se desarrolló un modelado de cabina que proporcione el confort del operador, además de mantener la eficiencia en el sistema de aire acondicionado. El proceso de reconstrucción seguirá un enfoque iterativo, incorporando ajustes basados en pruebas y retroalimentación de los operadores.

Implementación y prueba: La fase de implementación contiene la instalación del sistema de aire acondicionado y su cabina. Para asegurar que todo funcione correctamente, se llevarán a cabo pruebas en condiciones operativas reales. Se tomaron datos clave como la temperatura

interna de la cabina, el consumo energético del sistema y la comodidad del operador.

Monitoreo y evaluación continua: Después de la culminación del proyecto, se estableció un protocolo de monitoreo continuo para valorar el rendimiento del sistema de aire acondicionado y el confort del operador. Se utilizaron métodos como encuestas y entrevistas para recoger la retroalimentación de los operadores, se realizaron inspecciones periódicas en campo para identificar posibles problemas y áreas de mejora.

Este enfoque garantiza que la repotenciación del aire acondicionado del tractor CAMECO 505 no solo mejore el confort y la eficiencia operativa, sino que además utilice métodos de ingeniería probados y basados en evidencia para asegurar el éxito del proyecto.

1.4.3 Justificación Práctica

Con la implementación de un sistema de aire acondicionado eléctrico monoblock, el cerrar la cabina de este presenta ventajas prácticas significativas.

Mejora el confort del operador: Los sistemas de aire acondicionado de vehículos que se utilizan actualmente mejoran el confort térmico del operador al trabajar en entornos que ya son climáticamente severos. La concentración mejorada y la reducción de la fatiga llevan a una mayor concentración y una disminución de la fatiga, lo que resulta en una multitarea más eficiente y una reducción de accidentes al operar el tractor durante largas y agotadoras horas de trabajo.

Eficiencia Operativa: Se protege al operador de polvo, insectos y las inclemencias del tiempo, permitiendo que labore en condiciones óptimas durante todo el año al crear una cabina hermética equipada con un sistema de aire acondicionado. Esta protección aumenta la disponibilidad operativa del tractor y mejora la calidad del trabajo del campo.

Innovación Tecnológica: La adopción de un sistema de aire acondicionado eléctrico monoblock no se enfoca en solo moderniza un tractor, también demuestra el compromiso con la implementación de nuevas soluciones tecnológicas avanzadas en la maquinaria agrícola. Este

enfoque innovador puede resultar en menores costos de mantenimiento a largo plazo y una mayor eficiencia energética, optimizando los recursos disponibles y aumentando la competitividad en el mercado.

1.4.4 Delimitación Temporal

El proyecto de la repotenciación del aire acondicionado del Tractor CAMECO para el sistema de aire acondicionado eléctrico monoblock está delimitado temporalmente de la siguiente manera: el tractor ingresó a taller el mes de noviembre del año 2024 por un daño mecánico relacionado con el motor y este se programa su entrega para el mes Junio del año 2025, durante este periodo, se llevará a cabo el de dotar de una cabina cerrada y la implementación del equipo de aire acondicionado eléctrico.

1.4.5 Delimitación Geográfica

La repotenciación del aire acondicionado del tractor CAMECO 505 se llevará a cabo en un ingenio azucarero. Este ingenio es un punto estratégico para la producción agrícola en la región, proporcionando un entorno adecuado para la implementación y evaluación propuestas en el tractor, el ingenio está ubicado en el cantón Marcelino Maridueña, en la provincia de Guayas, Ecuador.

El cantón Marcelino Maridueña se caracteriza por sus extensas áreas de cultivo de caña, lo que ofrece las condiciones ideales para probar la eficiencia y el rendimiento del sistema de aire acondicionado eléctrico monoblock. Una retroalimentación valiosa sobre el desempeño del tractor en un entorno real de trabajo agrícola podrá ser obtenida al realizar el proyecto en esta ubicación específica.

1.4.6 Delimitación del Contenido

La delimitación del contenido en una investigación es esencial para definir los límites y alcances del estudio. La propuesta para la investigación sobre la repotenciación del aire acondicionado del tractor Cameco es presentada a continuación:

- Tipo de maquinaria: Los tractores que no poseen cabina cerrada serán el centro de la investigación, al operador se le expone a las condiciones climáticas y a posibles riesgos en el campo debido a estas máquinas, que son menos costosas y más ligeras. A pesar de estas desventajas, mejor visibilidad y facilidad de acceso para mantenimiento pueden ser ofrecidas por su diseño abierto.
- Sistema de aire acondicionado automotriz: La utilidad del sistema de aire acondicionado y su tecnología para regular la temperatura, humedad y calidad del aire en espacios interiores se enfoca en la investigación.
- Sistema de aire acondicionado eléctrico monoblock: El enfoque se centrará en el estudio de la implementación de un sistema de aire acondicionado totalmente eléctrico para reducir carga al motor, costo de mantenimiento y mejorar el confort.
- Diseña de cabina para el tractor Cameco 505. Se abordará específicamente el modelado de una cabina cerrada para el tractor Cameco para colocar el equipo de aire acondicionado eléctrico monoblock
- Temperatura de confort en maquinaria: La investigación enfoca en el estudio de temperatura ambiente de confort para la operación de maquinaria agrícola
- Mantenimiento de aire acondicionado: La investigación se enfoca en el método de mantenimiento para el sistema de aire acondicionado.

Estas delimitaciones ayudarán a enfocar la investigación, asegurando de que sea manejable y específica. Tener presente que estas decisiones están basadas en la disponibilidad de recursos, la viabilidad del estudio y los objetivos específicos que se desean alcanzar con la investigación sobre la implementación de un equipo de aire acondicionado eléctrico.

Capítulo II

Marco Referencial

2.1 Marco Teórico

El marco teórico de una investigación sobre la implementación de un equipo de aire acondicionado eléctrico debe proporcionar un contexto conceptual y teórico para comprender el tema. Se realiza la presentación del esbozo general del marco teórico:

Repotenciación del aire acondicionado del tractor: Evolución y objetivos de la repotenciación del aire acondicionado. Importancia en la mejora de rendimiento y eficiencia del operador.

Sistema de aire acondicionado eléctrico Monoblock: Explicación del sistema monoblock, su ciclo de refrigeración y componentes claves. Comparativa con otros sistemas de aire acondicionado en términos de eficiencia, instalación y mantenimiento. Conocimiento de las propiedades y principios termodinámicos para la transferencia de calor con el objetivo de regular la temperatura, humedad en espacios cerrados.

Características Tractor Cameco 505: Descripción detallada de las características y especificaciones técnicas del tractor del modelo Cameco 505. Enumeración de las aplicaciones más comunes de este modelo en la agricultura y sus ventajas operativas.

Sistemas de aire acondicionado Eléctrico monoblock: Funcionamiento e instalaciones de equipos eléctricos de aire acondicionado compacto en maquinaria agrícola con el objetivo de mejorar la eficiencia de la maquinaria.

Diseño de la cabina y temperatura de confort: Consideraciones para el diseño de una cabina en un tractor sin cabina cerrada, incluyendo materiales, estructura y ergonomía. Adaptaciones necesarias para la instalación de un sistema de aire acondicionado. Definición de la temperatura de confort para los operadores de tractores. Factores que influyen en el confort térmico, como la temperatura exterior, la humedad y la circulación del aire. Consideraciones de

seguridad y mantenimiento: Precauciones necesarias para la instalación y operación segura del sistema de aire acondicionado en el tractor. Se asegura el funcionamiento óptimo del sistema mediante prácticas de mantenimiento preventivo y correctivo.

2.1.1 Conceptos Preliminares

En esta sección se presentan los conceptos y fundamentos teóricos esenciales que deben ser comprendidos para la implementación de un sistema de aire acondicionado eléctrico monoblock en el Tractor CAMECO 505. Estos conceptos son abarcados desde la maquinaria agrícola hasta los principios de funcionamiento del aire acondicionado, proporcionando un marco teórico sólido para el desarrollo del proyecto.

2.1.2 Tractor Cameco 505

El Tractor CAMECO 505 es considerado una máquina agrícola robusta y versátil, ampliamente utilizada en la cosecha de diversos cultivos. Su diseño y características técnicas son reconocidos como ideales para operaciones en terrenos difíciles y condiciones exigentes. Sin embargo, en su configuración de fábrica, este modelo es de cabina abierta, por ende, el confort y la productividad del operador pueden verse afectados por la falta de un sistema de aire acondicionado adecuado. (Easterlund, 2020).

La preparación del suelo, la siembra y la cosecha son labores para las que se utiliza el tractor CAMECO 505, una maquinaria agrícola versátil y potente. Una amplia variedad de implementos agrícolas, desde arados y sembradoras hasta cosechadoras y pulverizadores, pueden ser manejados por este tractor gracias a su robusto diseño y sus especificaciones técnicas avanzadas. El uso eficiente de recursos y la mejora de la productividad de los cultivos son permitidos por su rendimiento eficiente, lo que convierte al CAMECO 505 en una herramienta esencial en la modernización de la agricultura. (Chaves, 2004).

2.1.3 Repotenciación del aire acondicionado en la Maquinaria Agrícola

La repotenciación de la maquinaria agrícola implica la actualización y mejora de

componentes existentes para aumentar su eficiencia y el sistema de rendimiento. En el caso del Tractor CAMECO 505, la repotenciación se enfoca en la implementación de un sistema de aire acondicionado eléctrico monoblock de la empresa china Corunclima.

2.1.4 Sistema de Aire Acondicionado Eléctrico Monoblock

Un sistema de aire acondicionado eléctrico monoblock es una unidad compacta que integra todos los componentes necesarios (compresor, condensador, evaporador y ventiladores) en una sola estructura. Estos sistemas son conocidos por su eficiencia energética, facilidad de instalación y bajo mantenimiento, lo que los hace ideales para aplicaciones en maquinaria agrícola.

Corunclima, es una empresa conocida por ser líderes mundiales y especializados en sistema de control de temperatura de transporte, posee la especialidad en investigación y desarrollo para la fabricación de unidades de refrigeración de transporte y aire acondicionado utilizados principalmente en camiones, furgonetas y varios tipos de vehículos como se puede apreciar en la Figura 1. Basado en la tecnología de núcleo avanzada, todos los productos de refrigeración de Corunclima reducen considerablemente el ralentí del motor, la emisión de contaminación y los costos de mantenimiento (Corunclima, 2024).

Figura 1

Equipo de Aire Acondicionado Curunclima Montado en Maquinaria de Construcción



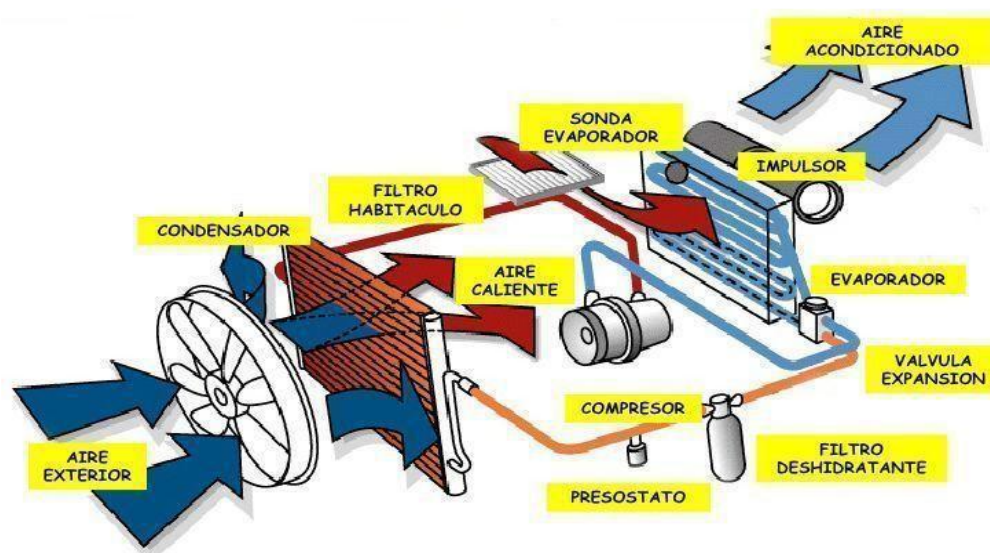
Tomada de: (CORUNCLIMA, 2022)

2.1.5 Principios de Funcionamiento del Aire Acondicionado

Los sistemas de aire acondicionado operan mediante la compresión y expansión de un refrigerante, que absorbe y libera calor para enfriar el aire. El compresor aumenta la presión y la temperatura del refrigerante, que luego pasa por el condensador donde se disipa el calor. El refrigerante se expande y enfría en el evaporador, enfriando así el aire que se distribuye en la cabina del tractor. Este ciclo se repite continuamente para mantener una temperatura agradable, como se puede visualizar en la Figura 2, (Quardi, 2001).

Figura 2

Funcionamiento del Sistema de Aire Acondicionado



Tomada de: (Iberisa, 2018)

2.1.6 Importancia del Confort del Operador

El confort del operador es crucial para garantizar la productividad y eficiencia en las operaciones agrícolas. La fatiga se reduce, la concentración se mejora y la seguridad se aumenta con un ambiente de trabajo cómodo. La implementación de un sistema de aire acondicionado en el Tractor CAMECO 505 busca mejorar estas condiciones, permitiendo que el operador trabaje de manera más eficiente y confortable (Jhonson, 2006).

2.1.7 Impacto en la Eficiencia Operativa

Un operador más cómodo y menos fatigado puede trabajar de manera más efectiva, reducir el tiempo de inactividad y mejorar la productividad general de las operaciones de cosecha con la repotenciación del aire acondicionado del Tractor CAMECO 505 con un sistema de aire acondicionado eléctrico monoblock no solo mejora el confort del operador, sino que también tiene un impacto positivo en la eficiencia operativa.

2.2 Marco Conceptual

El proyecto de repotenciación del aire acondicionado del Tractor CAMECO 505 se sustenta en un marco conceptual que proporciona una estructura teórica. Los conceptos clave y las relaciones entre ellos son el foco del proyecto. En el proyecto se presentan los conceptos principales, con explicaciones detallada:

2.2.1 Tractor CAMECO 505

Con un motor potente, una tracción robusta y una estructura duradera fueron incluidas en el diseño del Tractor CAMECO 505 para operaciones de cosecha intensiva. En terrenos difíciles, este tractor puede trabajar gracias a sus características técnicas. Sin embargo, la falta de un sistema de aire acondicionado adecuado en su cabina afecta el confort y la eficiencia del operador, especialmente en climas cálidos.

2.2.2 Diseño de la Cabina del Tractor CAMECO 505

El diseño de la cabina cerrada del Tractor CAMECO 505 debe apropiarse para la instalación adecuada y segura del sistema de aire acondicionado eléctrico monoblock. Para ello, es esencial contar con un espacio adecuado en la cabina que permita la ubicación correcta del monoblock y la instalación de conductos de aire que distribuyan el aire frío de manera uniforme. Además, se debe asegurar que el panel de control del aire acondicionado esté colocado en una posición ergonómica y de fácil acceso para el operador, permitiendo ajustes rápidos y sin distracciones, como se puede visualizar en la Figura 3.

Al hablar de diseño de cabina para obtener una temperatura de confort se toma en cuenta muchos factores como la ubicación, el ambiente geográfico, entradas de radiación solar, cantidad de espacio encerrado y el conteo de las cargas térmicas del área a enfriar. Se puede definir la energía necesaria para elevar o reducir la temperatura de una libra de agua en un grado Fahrenheit (BTU).

Figura 3

Cabina de Tractor Para el Diseño e Instalación del Equipo Monoblock



Fuente: (Ferguson, 2015)

La climatización de la cabina se dimensiona en BTU de la siguiente manera. Se procede con el cálculo del área de la cabina que es aproximadamente $5.1m^2$, se toma un valor referencial de 800BTU por m^2 . Se deben agregar factores como:

- Por número de personas 500BTU
- Ventana sin aislamiento 1000BTU
- Radiación solar 1000BTU
- Reducción del por aislamiento térmico (20%).

Como resultado, el valor obtenido al realizar el cálculo de cargas para la cabina del tractor se concluye que el equipo de aire acondicionado debe entregar 8580 BTU en adelante (Goriza, 2005).

2.2.3 Aire Acondicionado Monoblock

Un sistema de aire acondicionado eléctrico monoblock es una unidad compacta que integra todos los componentes necesarios para enfriar el aire, incluidos el compresor, el condensador, el evaporador y los ventiladores, en una sola estructura. Estos sistemas son altamente eficientes en términos de consumo energético y son relativamente fáciles de instalar y mantener. Son ideales para aplicaciones en maquinaria agrícola debido a su capacidad para operar en condiciones ambientales exigentes, en la Figura 4 se puede observar el diseño del equipo de aire acondicionado.

El diseño eléctrico del sistema de aire acondicionado monoblock debe ser compatible con el sistema eléctrico del Tractor CAMECO 505. Esto implica la integración de componentes eléctricos como cables, fusibles, interruptores y conectores. Es fundamental asegurar que el sistema tenga la capacidad de manejar la carga adicional sin comprometer el rendimiento del tractor. Además, se debe garantizar la seguridad y fiabilidad del sistema eléctrico para evitar fallos o sobrecargas.

Figura 4

Sistema Eléctrico Monoblock



Fuente: (All-electric Chiller for mini-size vans&trucks model C150TB, 2016)

Para el diseño eléctrico del sistema monoblock debe ser compatible con el sistema eléctrico del tractor, garantizando que la carga adicional no afecte el rendimiento de otros

componentes esenciales. Es fundamental integrar componentes eléctricos como cables, fusibles, interruptores y conectores que soporten la demanda del aire acondicionado. La seguridad y la fiabilidad del sistema eléctrico son cruciales para evitar fallos o sobrecargas que puedan comprometer la operatividad del tractor (Automovil, 2016).

2.2.4 Beneficios del Operador

Los beneficios para el operador incluyen una mayor comodidad durante las largas jornadas de trabajo, reducción de la fatiga del estrés térmico, una mejora en la salud y el bienestar general como se puede observar en la Figura 5. Un operador más cómodo y menos fatigado puede trabajar de manera más eficiente y segura, lo que se traduce en una mayor productividad y un menor riesgo de accidentes laborales.

Figura 5

Beneficios del Operador al Operar una Maquina con Mayor Confort



Tomado de: (Aire acondicionado para excavadora, 2020)

Capítulo III

Implementación e Instalación del Equipo de Aire Acondicionado Monoblock

3.1 Implementación

El proceso de construcción de la cabina del tractor CAMECO 505 comienza con una fase detallada de diseño, llevada a cabo mediante software de diseño asistido por computadora (CAD). En esta etapa, se definen las dimensiones, la geometría estructural y los puntos de anclaje que permitirán una integración segura con el chasis del tractor. Se prioriza la ergonomía del operador, la visibilidad en campo y la resistencia estructural ante posibles impactos o condiciones adversas.

En esta fase el objetivo es lograr a cabo la instalación efectiva del sistema de aire acondicionado eléctrico monoblock en el tractor Cameco 505, con la seguridad del correcto funcionamiento y garantizar el confort térmico en el operador. La implementación incluye el diseño, ensamblaje, instalación y pruebas del sistema de aire acondicionado.

3.1.1 *Diseño de la Cabina del Tractor Cameco 505*

El diseño de la cabina se realiza utilizando el software de diseño asistido por computadora (SolidWorks), considerando los siguientes aspectos. Todas las medidas del diseño están expresadas en centímetros:

- Espacio disponible para la instalación del equipo monoblock.
- Aislamiento térmico mediante materiales como poliuretano expandido y vidrios polarizados.
- Ergonomía para facilitar el acceso a los controles del sistema.
- Estructura metálica reforzada para soportar el peso del equipo y resistir condiciones de trabajo exigentes.

Las modificaciones estructurales en maquinaria agrícola, como el cierre de una cabina de tractor están reguladas principalmente por las normas INEN y los principios de seguridad

como se detalla a continuación:

INEN 26233: Tractores agrícolas. Requisitos generales

INEN 4254: Seguridad en maquinaria agrícola

INIEN 4254-5: Seguridad: ruidos, protecciones, contactos eléctricos

ISO 14982: Compatibilidad electromagnética

A continuación, se presenta el bosquejo de las aristas para el diseño de la cabina. Estas aristas son tomadas en función a la estructura de la cabina original de la máquina, en la Figura 6 se presenta la vista lateral, en la Figura 7 se presenta la vista frontal, en la Figura 8 se presenta la vista superior y en la Figura 9 se presenta la vista derecha de la cabina. (Morocho, 2017)

Figura 6

Vista Lateral del Diseño de la Cabina del Tractor CAMECO 505

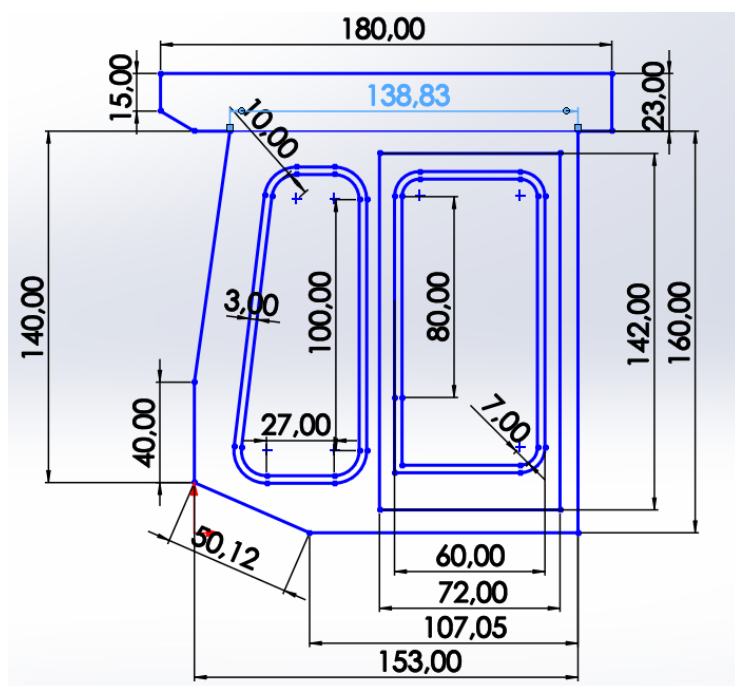
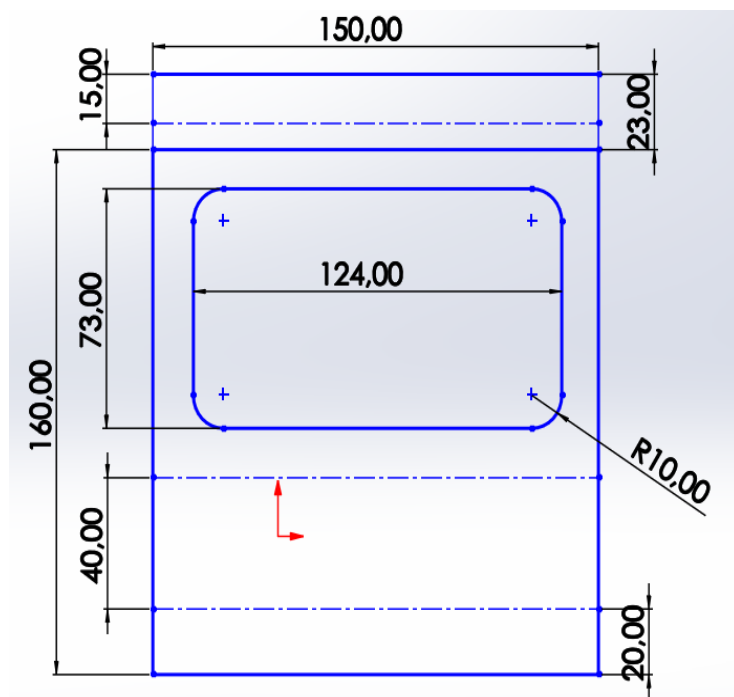


Figura 7

Vista Frontal del Diseño de la Cabina del Tractor CAMECO 505

**Figura 8**

Vista Superior del Diseño de la Cabina del Tractor CAMECO 505

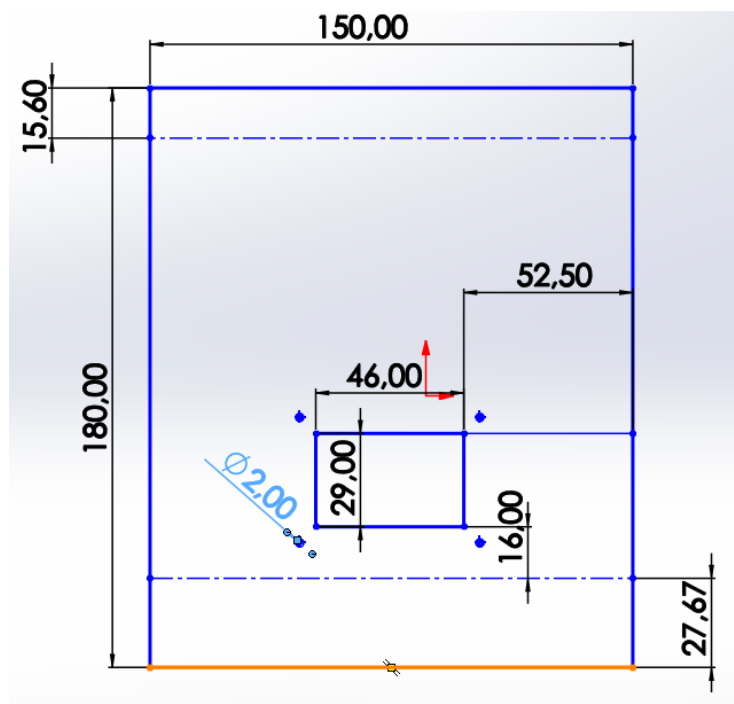
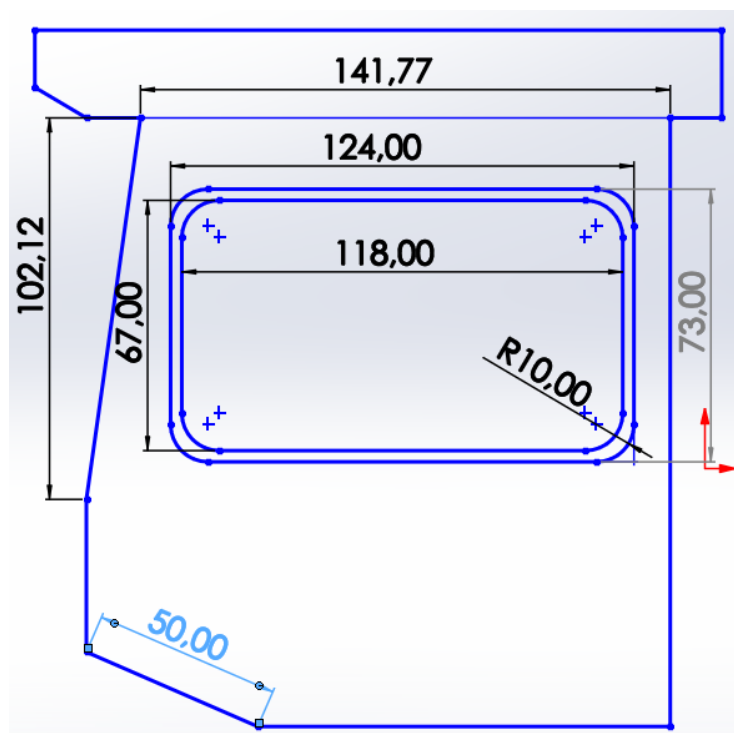


Figura 9

Vista Derecha del Diseño de la Cabina del Tractor CAMECO 505

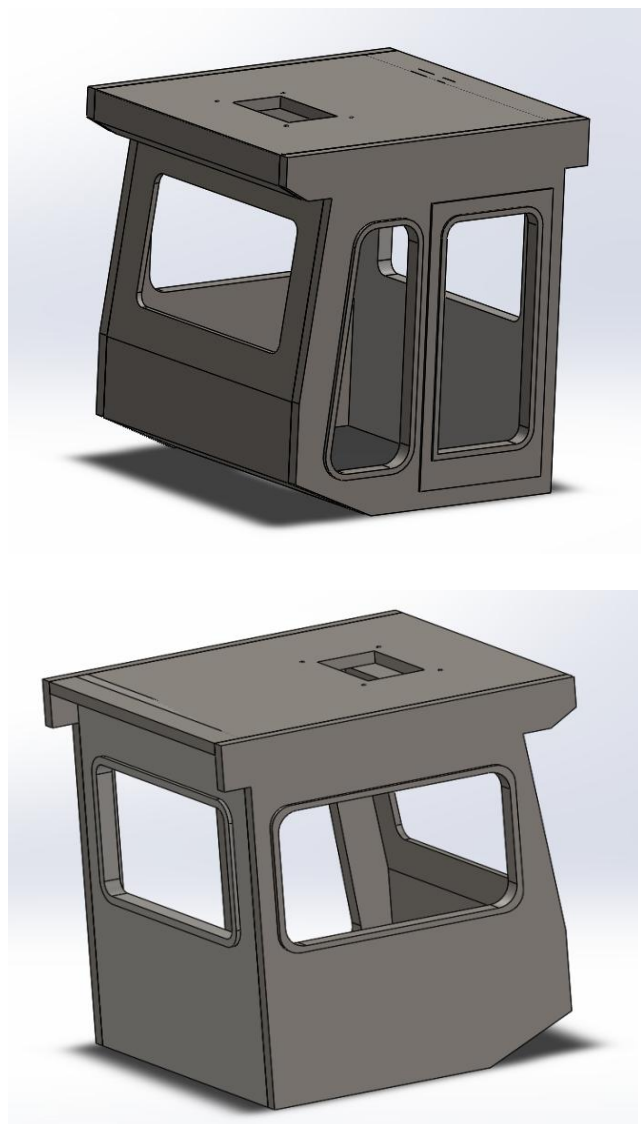


La cabina es diseñada utilizando acero ASTM A36, seleccionado por su excelente resistencia mecánica, buena formabilidad y sobresaliente soldabilidad. Este material no solo garantiza una estructura robusta y segura para el operador, sino que también es coherente con el material utilizado en la fabricación del chasis del propio tractor, lo que asegura compatibilidad estructural y facilidad en los procesos de manufactura y mantenimiento como se muestra en la Figura 10.

Para el encerrado de la cabina de un tractor agrícola, es esencial cumplir con las normativas vigentes que garantizan la seguridad y el correcto funcionamiento del equipo. Entre ellas se destacan la norma INEN 26322 y la ISO 14982, las cuales establecen los requisitos generales que deben cumplir los tractores agrícolas. Estas regulaciones aseguran un adecuado aislamiento del ruido, protección contra contactos eléctricos, seguridad estructural y compatibilidad electromagnética del sistema. (INEN, 2020)

Figura 10

Diseño de Cabina de Tractor CAMECO 505 Asistido por Computadora



3.1.2 Ensamblaje de la Cabina del Tractor Cameco 505

Una vez definido el diseño, las láminas de acero ASTM A36 se cortan con precisión mediante tecnología de plasma, conforme a los requerimientos del proyecto, Figura 11. Las piezas se ensamblan utilizando procesos de soldadura: el oxicorte se emplea para realizar cortes específicos, mientras que la soldadura por electrodo revestido (SMAW) se utiliza para unir las piezas, garantizando conexiones firmes y resistentes. Además, se incorporan refuerzos internos en puntos críticos para mejorar la rigidez estructural, y se preparan aberturas destinadas a puertas, ventanas y sistemas de ventilación. Presentación de los pasos del armado de cabina:

Figura 11

Planchas de Acero ASTM A36



La presentación de la estructura y el montaje en la cabina se realiza en función del chasis original. Durante el proceso de ensamblaje, se añaden refuerzos en las áreas que soportan mayor carga mecánica, tales como las uniones con el bastidor y los marcos de las puertas, como se ilustra en la Figura 12. Asimismo, se instalan soportes para los sistemas de ventilación, iluminación y aislamiento acústico. Cada uno de los componentes es revisado para garantizar su correcta colocación y alineación, lo que contribuye a una estructura robusta, segura y adecuada para el entorno operativo del tractor, tal como se muestra en la Figura 13.

Figura 12

Ensambladura de la Cabina Cerrada para el Tractor CAMECO 505



Figura 13

Colocación de Puertas y Ventanas en la Cabina del Tractor



El proceso de montaje de la cabina se realiza en un entorno controlado dentro del taller, utilizando herramientas de elevación y alineación de precisión. La cabina, previamente ensamblada y verificada estructuralmente, se posiciona cuidadosamente sobre el chasis del tractor, alineando los puntos de anclaje como se muestra en la Figura 14.

Una vez alineada, se procede a fijar la cabina mediante la medida de los pernos y tuercas de alta resistencia y las soldaduras en puntos estratégicos, garantizando una unión firme y segura. Durante esta etapa, se verifica la correcta conexión de los sistemas eléctricos, de ventilación y de control que pasan desde la cabina hacia el cuerpo del tractor.

Figura 14

Montaje de la Cabina en el Tractor CAMECO 505



3.1.3 *Diseño de la Base del Equipo Monoblock en la Cabina del Tractor*

La medida de la base de equipo de aire acondicionado se realiza tomando como referencia los puntos base del sistema monoblock, lo que permite definir con precisión los cortes necesarios en el techo de la cabina, así como los puntos de fijación estructural del equipo como se puede visualizar en la Figura 15. Este enfoque garantiza una instalación segura, funcional y compatible con la estructura existente del tractor como se muestra en la Figura 16.

Figura 15

Corte de la Cabina para Colocación el Equipo de Aire Acondicionado



Figura 16

Ensamble y Colocación para la Fijación del Equipo de Aire Acondicionado



3.1.4 Colocación de Aislante Térmico para la Cabina del Tractor.

Con el objetivo de evitar la transferencia directa de calor desde el motor hacia la cabina del operador, se decidió instalar un aislante térmico en la zona de separación entre el compartimiento del motor y la cabina. Este material actúa como una barrera efectiva para repeler el calor generado por el motor.

Adicionalmente, se colocó aislante térmico en el techo y las paredes internas de la cabina, con el fin de reducir la ganancia térmica por radiación solar. Estas medidas contribuyen significativamente a mantener una temperatura interior confortable, optimizando el rendimiento del sistema de aire acondicionado y mejorando las condiciones de trabajo del operador como se muestra en la Figura 17.

Figura 17

Colocación de Material Termoaislante en las Superficies Internas (Techo, Paredes y Piso) de la Cabina del Tractor Cameco, con el Objetivo de Mejorar el Aislamiento Térmico y Acústico.





3.1.5 Instalación del Equipo de Aire Acondicionado Monoblock en el Tractor

Para la instalación de un equipo de aire acondicionado monoblock, es fundamental considerar una serie de características técnicas que aseguren su correcto funcionamiento, eficiencia energética y durabilidad. A continuación, se detalla lo más importantes: ubicación, requisitos eléctricos, capacidad de refrigeración, aislamiento del ambiente, drenaje de condensado y ventilación.

Ubicación del equipo: El manual de instalación de los equipos monoblock de Curumclima indica que las unidades de aire acondicionado eléctricas deben ser montadas en la parte superior o sobre el techo de la maquinaria a la que se integran, garantizando así un funcionamiento óptimo y una adecuada circulación del aire. Esta ubicación facilita además el drenaje del agua condensada y mejora la ventilación del sistema, por lo que los equipos ya vienen provistos con mangueras para el desagüe y un extractor de aire incorporado.

Requisitos eléctricos: Los requisitos eléctricos que se deben considerar incluyen el voltaje de alimentación y el consumo de corriente del equipo. Esta información se puede consultar en la página web del fabricante, en la pestaña de características técnicas, como se presenta en la

Tabla 1, donde se indica que el equipo opera con una alimentación de 24 V, tiene una potencia de 2500 kW, una corriente nominal de 30 A y una capacidad de enfriamiento de 8500

BTU. Estas especificaciones lo hacen ideal para su instalación en el tractor Cameco.

Tabla 1

Tabla de Especificaciones Técnicas del Equipo de Aire Acondicionado Monoblok

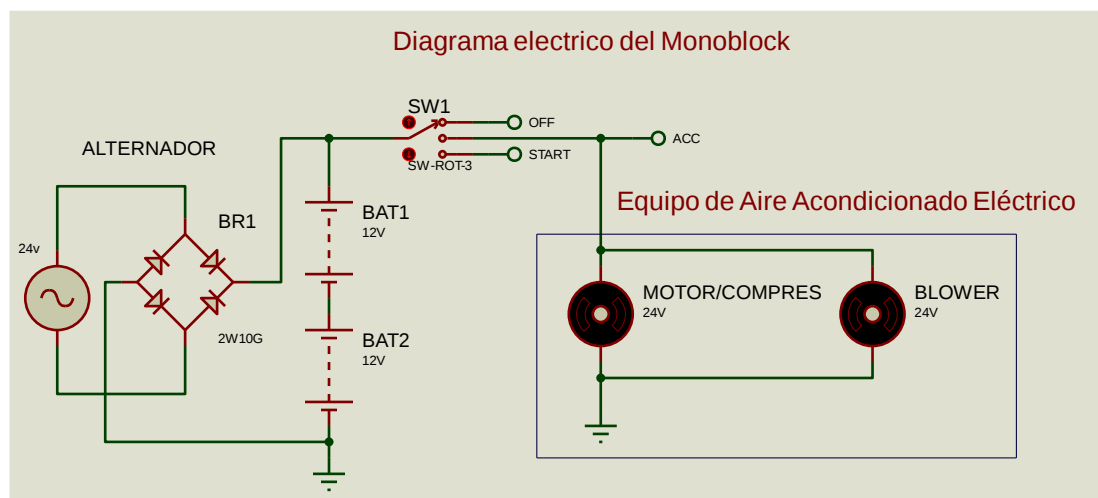
	Especificaciones
Modelo	T20B
Capacidad de enfriamiento	2.5KW/8500BTU
Voltaje	DC12V/24V
Corriente (nominal)	48A(12V) / 60A(24V)
Volumen de flujo de aire del evaporador	750M3/H
Compresor	Totalmente cerrado, Alimentado por CC, motor sin escobillas de conexión directa
Controlador	Digital/Manual
Refrigerante	R134A
Instalación	Todo montado en el techo
Calentador de literas	Opcional
Aplicación	Maquinaria y vehículos pesados con alimentación de 12V / 24V.

Con el cumplimiento de los requisitos eléctricos, se procede con la instalación del equipo de aire acondicionado en el tractor Cameco. Para ello, se emplean herramientas de anclaje, tecles, pernos pasantes, fijadores y un aislante impermeable, el cual se utiliza para asegurar una unión hermética entre el techo del tractor y la unidad de aire acondicionado, garantizando así estabilidad estructural y protección contra filtraciones. Como se muestra en la Figura 18.

Figura 18*Instalación Eléctrica del Equipo de Aire Acondicionado Monoblock***3.1.6 Acondicionamiento Eléctrico del Tractor para el Equipo de Aire Acondicionado.**

Para la instalación del equipo de aire acondicionado monoblock se consideran diversas características técnicas fundamentales, entre ellas el tipo de alternador, el consumo de corriente del sistema y el dimensionamiento adecuado del cableado eléctrico. El equipo requiere una fuente de alimentación de 24V, por lo que los cables de alimentación deben conectarse directamente a las baterías del tractor, garantizando una conexión segura y eficiente.

Dado que el equipo presenta un consumo con un pico máximo de 100 amperios, es necesario reemplazar el alternador original por uno de mayor capacidad, específicamente de 175 amperios, para asegurar un suministro eléctrico estable durante el funcionamiento continuo del sistema. Esta modificación permite mantener el rendimiento del aire acondicionado sin comprometer el resto de los sistemas eléctricos del tractor, como se muestra en la Figura 19.

Figura 19*Diagrama Eléctrico de Instalación del Equipo de Aire Acondicionado Monoblock*

El tractor Cameco 505 está originalmente equipado con un alternador Delco Remy modelo 20SI, con una salida de 24 V y 40 A. Sin embargo, debido al aumento en el consumo de corriente ocasionado por la instalación del sistema de aire acondicionado, se procede a reemplazarlo por un alternador de mayor capacidad: un Motorola de 24 V y 175 A. Este tipo de alternador es comúnmente utilizado en buses de transporte interprovincial, lo que garantiza una generación de corriente suficiente para cubrir la nueva demanda eléctrica del tractor sin comprometer su funcionamiento, véase la Figura 20. Es importante tener en cuenta que, al realizar este tipo de reemplazo, se deben verificar las dimensiones físicas del alternador, el tipo de polea y la base de montaje, asegurando que sean compatibles con el sistema original del tractor para evitar complicaciones durante la instalación.

Figura 20

Cambio de Alternador del Tractor Cameco 505



3.1.7 Carga de Refrigerante en el Equipo de Aire Acondicionado

La carga de gas refrigerante al equipo de aire acondicionado monoblock se realiza una vez completada la instalación mecánica y eléctrica del sistema. Antes de iniciar el proceso, se verifica que el circuito esté completamente sellado y libre de fugas mediante una prueba de presión con nitrógeno. Consecutivamente, se ejecuta el vacío del sistema utilizando una bomba de vacío para eliminar la humedad y el aire, esto es fundamental para garantizar un funcionamiento eficiente y prolongar la vida útil del compresor ante la cavitación y oxidación.

Con el vacío adecuado mostrado en el manómetro, se procede a la carga del gas refrigerante indicado por el fabricante, gas R-134a mediante el uso de los manómetros de presión de aire acondicionado. La carga de gas se realiza por la línea de baja presión, con máquina apagado inicialmente y luego se enciende para completar el llenado y llegar a presiones establecidas. Véase la Figura 21. Durante el proceso, se monitorean las presiones de trabajo y la temperatura de salida del aire para asegurar que el sistema funcione dentro de los parámetros recomendados como se muestra en la Figura 22.

Figura 21

Proceso de Vacío y Estanqueidad del Equipo de Aire Acondicionado con los Manómetros de Presión

**Figura 22**

Cargada de Gas Refrigerante R-134A



3.2 Pruebas Eléctricas.

Una vez realizada la instalación mecánica se pasa a la instalación eléctrica del equipo de aire acondicionado monoblock, previa verificación de extremos a efectos de garantizar el correcto funcionamiento del mismo. En primer lugar, se verifica todas las conexiones eléctricas, pasar revista de los cables de alimentación de 24 volts, que no presenten fugas de corriente ni falsos contactos.

A continuación, el circuito es sometido a estanqueidad mediante nitrógeno a presión y vacío profundo para destilación de la humedad y el aire, para dejar una atmósfera perfecta para la carga de refrigerante.

Una vez terminado este paso, se procede a la carga del gas refrigerante R134A, conforme a las instrucciones del fabricante. Con el sistema en funcionamiento, se monitorean parámetros clave como las presiones de trabajo, el consumo eléctrico, la temperatura de salida del aire y el comportamiento del alternador como se muestra en Figura 23. Estas pruebas permiten validar que el equipo opera dentro de los rangos establecidos y está listo para su uso en condiciones reales de operación.

Figura 23

Prueba de Carga del Alternado para el Tractor Cameco 505 en su Tablero de Instrumentación.



3.2.1 Procesos

Para validar el desempeño del sistema de aire acondicionado instalado en el tractor CAMECO 505, se realizaron pruebas de funcionamiento enfocadas en dos aspectos clave: el consumo eléctrico del equipo y la eficiencia térmica dentro de la cabina. Los resultados se registraron en las Tablas 4 y 5.

Estas mediciones permiten:

- Verificar el estado de carga y la demanda energética del sistema durante su operación.
- Evaluar la capacidad del equipo para mantener condiciones térmicas confortables en el interior de la cabina, comparando la temperatura exterior con la interior.

Esta tabla registra los valores diarios de voltaje y corriente consumida por el sistema, lo cual permite analizar la estabilidad del suministro eléctrico y la eficiencia energética del equipo.

Tabla 2

Tabla de Control de Consumo de Corriente y Voltaje del Equipo de Aire Acondicionado

Consumo eléctrico A/C		
Día	Voltaje	Corriente
1		
2		
3		
4		
5		

Se documentan las temperaturas exteriores e interiores de la cabina durante la operación del sistema de aire acondicionado. Esta información es esencial para determinar la efectividad del sistema en la creación de un ambiente térmicamente confortable para el operador.

Tabla 3

Tabla de Control de Temperatura de la Cabina y Temperatura Ambiente

Temperatura Cabina		
Día	Tem/exterio	Tem/interi
1		
2		
3		
4		
5		

Capítulo IV

Resultados y Discusiones

4.1 Presentación y Análisis de los Resultados Obtenidos

Para garantizar la veracidad de los resultados obtenidos, se realizó una toma de datos directamente en campo, bajo condiciones reales de operación del tractor Cameco 505. El objetivo principal fue monitorear el consumo de corriente del sistema de aire acondicionado y verificar que se alcanzara la temperatura de confort dentro de la cabina durante el trabajo a plena carga.

A continuación, se presentan las tablas de datos obtenida en campo, la cual permite analizar el comportamiento eléctrico del sistema y la eficiencia térmica del equipo instalado.

Tabla 4

Tabla de Resultados del Control de Consumo de Corriente y Voltaje del Equipo de Aire Acondicionado

Consumo eléctrico A/C		
Día	Voltaje	Corriente
1	27,5 V	47,3 A
2	27,8 V	47,0 A
3	27,5 V	46,9 A
4	27,6 V	46,8 A
5	27,6 V	47,2 A

En la Figura 24 se presentan los datos de voltaje y corriente obtenidos en campo para el tractor, utilizando instrumentación adecuada como un voltímetro y una pinza amperimétrica. Las mediciones se realizaron con el motor en funcionamiento a plena carga, el sistema de aire acondicionado encendido y todos los accesorios del tractor activados, incluyendo las luces.

Figura 24

Presentación los Datos de Voltaje y Corriente Obtenidos en Campo del Tractor

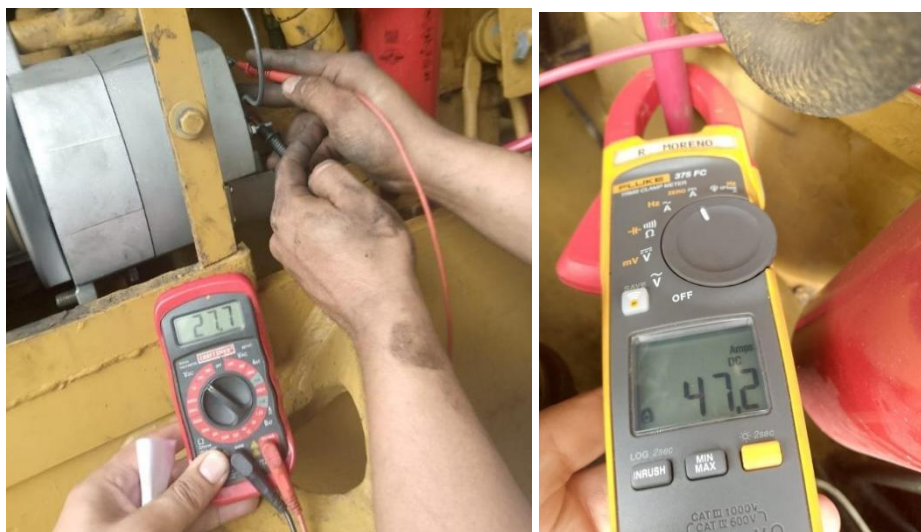
**Tabla 5**

Tabla de Resultados del Control de Temperatura de la Cabina y Temperatura Ambiente

Temperatura Cabina		
Dia	Tem/exterio	Tem/interi
1	28,5	10,2
2	29,1	12
3	27,9	13
4	28,8	12,9
5	28,6	12,5

En la Figura 25 se presentan los valores de temperatura registrados en campo, comparando la temperatura ambiente con la temperatura interior de la cabina. Con la implementación del sistema de aire acondicionado eléctrico, se logró alcanzar una temperatura interior de hasta 9 °C, incluso cuando la temperatura ambiente superaba los 30 °C. Este resultado demuestra el cumplimiento del objetivo de mejorar la operación y eficiencia de la máquina, al reducir la fatiga del operador y mitigar los efectos adversos del clima.

Figura 25

Medición de Temperatura en Grados Centígrados: Comparación entre el Interior de la Cabina del Tractor y la Temperatura Ambiente



4.2 Comparación de los Resultados con las Expectativas y la Literatura Existente

Al analizar los resultados obtenidos y compararlos con las expectativas iniciales del proyecto de repotenciación del sistema de aire acondicionado en la cabina del tractor Cameco 505, se concluye que los objetivos planteados no solo se cumplieron a cabalidad, sino que incluso fueron superados.

Desde el inicio, se esperaba lograr una mejora significativa en el confort térmico del operador, así como garantizar la estabilidad del sistema eléctrico del tractor. Las pruebas en campo demostraron que el sistema de aire acondicionado fue capaz de reducir la temperatura interior de la cabina hasta 9 °C, incluso en condiciones ambientales externas de hasta 33 °C, lo cual representa un excelente desempeño térmico, alineado con los estándares de confort recomendados en la literatura técnica para maquinaria agrícola.

El principal desafío fue suministrar una alimentación eléctrica constante, debido a que con el nuevo sistema de aire acondicionado eléctrico aumentó considerablemente el consumo de corriente en el tractor. Para resolver este nuevo inconveniente, se reemplazó el alternador del tractor de 60 amperios por uno de mayor capacidad, un alternador motorola de 175 amperios, comúnmente utilizado en buses de transporte interprovincial. Esta modificación fue clave para

evitar fallos eléctricos y asegurar la operación continua del sistema sin comprometer el funcionamiento general del tractor.

Las pruebas realizadas validan que todas las modificaciones implementadas fueron técnicamente correctas y efectivas, cumpliendo con los objetivos del proyecto y respaldando su viabilidad tanto desde el punto de vista funcional como operativo.

4.3 Análisis Técnico de Resultados Obtenidos en la Repotenciación del Tractor

4.3.1 Evaluación del Consumo Eléctrico en la Máquina.

Basado en las especificaciones del equipo, el consumo de corriente con el que trabaja es a 24V y una corriente de 29Amp, lo cual es adecuado para el sistema eléctrico del tractor repotenciado. Considerando todos los consumidores eléctricos del vehículo (luces, limpiaparabrisas, accesorios, etc.), el consumo total puede alcanzar un máximo estimado de 125Amp. Por esta razón, fue necesario reemplazar el alternador original de 60Amp por uno de 175Amp, garantizando así una alimentación eléctrica estable y continua, sin riesgo de sobrecarga o fallos eléctricos.

4.3.2 Evaluación del Desempeño Térmico y Confort de la Cabina del Tractor.

El valor de la temperatura confort normalizada del ser humano en espacios cerrados es de 22 °C. Realizando las pruebas en el campo, el sistema de aire acondicionado fue capaz de reducir la temperatura interior de la cabina incluso en condiciones exteriores de 33 °C hasta alcanzar los 9 °C, lo que pone de manifiesto un rendimiento de gran calidad de las condiciones térmicas, garantizando de este modo la mejor situación posible para el operador, para su bienestar, concentración y productividad.

Conclusiones

Debido a la falta de información técnica proporcionada por el fabricante para realizar el cierre de la cabina del tractor, se recurrió al uso de las normas INEN 4254 e ISO 14982 como referencia. Estas normativas permitieron reforzar el diseño y garantizar condiciones adecuadas de seguridad, reducción de ruidos, protección contra contactos eléctricos y aislamiento estructural dentro de la cabina.

El diseño para el cierre cabina se basó en las características estructurales del tractor Cameco 505, considerando cuidadosamente los puntos de anclaje colocados en su base a chasis, conservamos las dimensiones originales de la máquina, las paredes y techo son del mismo material del chasis, que es el acero ASTM A36. Este tipo de acero presenta una alta resistencia a la tracción (entre 400 y 550 MPa) y excelente soldabilidad, siendo idóneo para estructuras sometidas a esfuerzos mecánicos continuos. Adicionalmente, la implementación de aislante térmico en paredes, piso y techo redujo significativamente la transferencia de calor provocada tanto por la radiación solar como por el motor. Esta mejora estructural complementa eficazmente el rendimiento del sistema de aire acondicionado, asegurando una temperatura interior se mantenga estable y confortable durante toda la jornada del operador.

La funcionalidad del equipo monoblock del sistema de aire acondicionado en el tractor se completó con la adecuación de un nuevo alternador, que permitió mantener la corriente ideal para alimentar el equipo monoblock a una temperatura interna de la cabina de hasta en 9 °C incluso bajo condiciones ambientales adversas. Esto garantiza un entorno térmicamente confortable, contribuyendo así a mejorar tanto la seguridad como la productividad del operador. Asimismo, el consumo eléctrico se mantuvo dentro de rangos seguros gracias a la selección adecuada del alternador, satisfaciendo los requerimientos eléctricos del sistema sin comprometer el desempeño general del tractor.

Recomendaciones

Con base en la experiencia adquirida durante la ejecución de este proyecto, se recomienda que, para futuros cierres de cabina en otros modelos de tractores, se consideren como referencia las normas INEN 4254 e ISO 14982. La aplicación de estas normativas contribuye significativamente a garantizar un trabajo seguro, eficiente y de alta calidad para proyectos de seguridad y confort de cabina.

Si se desea mejorar la eficiencia en la operación de maquinaria sin incrementar el consumo de combustible ni los tiempos de mantenimientos es recomendable la implementación de un sistema de aire acondicionado eléctrico monoblock en tractores agrícolas con cabina cerrada, este equipo ha demostrado ser una solución eficaz para el operador, ya que permiten desempeñar su trabajo en condiciones confortables lo que reduce el problema de estrés térmico y disminuye la fatiga debida a la larga jornada de trabajo.

Por otra parte, hay que tener en cuenta que en un sistema eléctrico está diseñado a trabajar en sus propias condiciones normales si aumentamos otra carga esto puede significar que el alternador no pueda suplir el aumento de corriente. Como resultado puede ser un problema la capacidad del sistema eléctrico original del tractor antes de cualquier instalación eléctrica adicional. Por lo tanto, es recomendable hacer previamente un estudio de la nueva demanda de corriente del sistema de climatización para saber si va ser necesario sustituir el alternador original por uno de mayor capacidad para asegurarse que el consumo de corriente en la maquina sea de forma segura y estable.

Igualmente se recomienda hacer un óptimo aislamiento térmico en todas las superficies interiores de la cabina, principalmente si esta está fabricada en materiales con alta conductividad como el acero, es recomendable el uso de aislantes térmicos específicos, que reducen en gran medida la transferencia de calor por conducción procedente del motor y radiación solar, logrando así un mejor funcionamiento del sistema de climatización.

Bibliografía

- Aire acondicionado para excavadora.* (12 de 07 de 2020). Obtenido de <https://es.batteryair.com/product/air-conditioner-for-digger>
- All-electric Chiller for mini-size vans&trucks model C150TB.* (20 de 05 de 2016). Obtenido de Corunclima: <https://www.corunclima.com/products/battery-chiller-for-vans.html>
- Automovil, S. e. (2016). En T. Denton, *Aire Acondicionado conducido por electricidad* (pág. 495). Mexico: Marcono, S.A.
- Chaves, A. A. (2004). *Maquinaria y Mecanizacion Agricola*. San Jose, Cosa Rica: EUNED.
- Corunclima. (20 de 08 de 2024). *Corunclima*. Obtenido de <https://es.corunclima.com/>
- CORUNCLIMA, Z. (10 de 06 de 2022). *Corunclima*. Obtenido de Corunclima: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://img.waimaoniu.net/2374/Air%20conditioner%20for%20digger.pdf>
- Easterlund, P. (2020). *Tractor Data*. Obtenido de TractorData: <https://www.tractordata.com/farm-tractors/006/5/3/6537-cameco-505.html>
- Ferguson, M. (20 de 04 de 2015). *Agrofy*. Obtenido de Agrofy: <https://www.agrofy.com.ar/cabina-tractor-massey-ferguson-1195-puerta-delantera.html>
- Goriza, H. (2005). Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración. En I. E. Goribar. Mexico: Limusa.
- Iberisa. (07 de 05 de 2018). *5 claves para mejorar la reparación de aire acondicionado en tu taller.* Obtenido de <https://iberisasl.com/blog/5-claves-reparacion-de-aire-acondicionado-en-tu-taller/>
- INEN. (2020). Equipos para el trabajo del suelo con elementos accionados. En INEN, *(ISO 4254-5:2018* (pág. 4).
- Jhonson, W. C. (2006). Confort y sicrometria. En *Tecnologia de la Refrigeracion y Aire Acondicionado* (pág. 175). España, Madrir: Paraninfo, S.A.

Morocho, I. V. (2017). *Disño y Construcccion de una máquina de desgaste acelerado para Homologación de maquinaria agrícola en motocultores para suelos tipicos de la region centro del Ecuador*. Quito: Escuela Politecnica Nacional.

Quardi, N. (2001). *Sistema de Aire Acondicionado*. Argentina: Alsina.

Anexos

Figura 26

Toma de la Temperatura de la Cabina para la Comparación de un Termostato de Mano



Figura 27

Entrega de la Maquinaria para Labores de Campo con el Equipo de Aire Acondicionado Instalado.



Figura 28

Equipo de Aire Acondicionado Eléctrico Monoblok

**Figura 29**

Inspección del Tractor en Labores de Campo con la Implementación el Equipo de Aire Acondicionado para la Toma de Datos.

