



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO PARA
MEJORAR RENDIMIENTO DEL MOTOR DE
TRICIMOTO DE SERVICIO DE PASAJEROS
EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. JAISON SERGIO MAMANI SURCO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

JULIACA - PERÚ
2024



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO PARA
MEJORAR RENDIMIENTO DEL MOTOR DE
TRICIMOTO DE SERVICIO DE PASAJEROS
EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. JAISON SERGIO MAMANI SURCO

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

: 
Ing. WALTER JACINTO LIZARRAGA ARMAZA

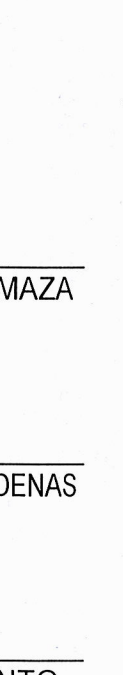
PRIMER MIEMBRO

: 
Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

SEGUNDO MIEMBRO

: 
Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO

ASESOR DE TESIS

: 
M.Sc. MARIO ALEJANDRO RAMOS HERRERA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

: TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA – P18



RESOLUCIÓN DECANAL N° 633-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 11 de julio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 8164 presentado por el (la) Bachiller: **JAISON SERGIO MAMANI SURCO** estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN**.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **JAISON SERGIO MAMANI SURCO**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO PARA MEJORAR RENDIMIENTO DEL MOTOR DE TRICIMOTO DE SERVICIO DE PASAJEROS EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2024**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico Electricista**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Ing. WALTER JACINTO LIZARRAGA ARMAZA
- * **1er Miembro** : Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
- * **2do Miembro** : Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la propuesta de investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **MSc. MARIO ALEJANDRO RAMOS HERRERA**.

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **JAISON SERGIO MAMANI SURCO**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO PARA MEJORAR RENDIMIENTO DEL MOTOR DE TRICIMOTO DE SERVICIO DE PASAJEROS EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2024**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico Electricista**. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Miercoles 17 de julio del 2024
- * **HORA** : 8:00 a.m.
- * **LUGAR** : Aula 204 - EPIME

ARTÍCULO CUARTO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 453-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 17 de junio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 6312 por el o (la) Bachiller: **JAISON SERGIO MAMANI SURCO** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 431 - 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 005 - 2024 del integrante del comité de investigación **EPIME** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el o (la) Bachiller: **JAISON SERGIO MAMANI SURCO**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO PARA MEJORAR RENDIMIENTO DEL MOTOR DE TRICIMOTO DE SERVICIO DE PASAJEROS EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2024**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico Electricista**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Dr. Benjamin Chuquimamani Quinto** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 005 - 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO PARA MEJORAR RENDIMIENTO DEL MOTOR DE TRICIMOTO DE SERVICIO DE PASAJEROS EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2024**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

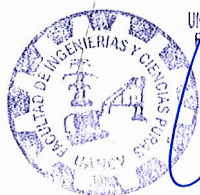
RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el o (la) Bachiller: **JAISON SERGIO MAMANI SURCO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, con el Tema Titulado: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO PARA MEJORAR RENDIMIENTO DEL MOTOR DE TRICIMOTO DE SERVICIO DE PASAJEROS EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2024** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), **M.S.c. MARIO ALEJANDRO RAMOS HERRERA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. Efraín Heriberto Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 117-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 02 de abril del 2024

VISTO: El expediente N° 2024 - CU-01550, presentado por el señor (a) JAISON SERGIO MAMANI SURCO solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 125-2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 001-2024 del integrante del comité de investigación EPIME de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) estudiante: JAISON SERGIO MAMANI SURCO ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO PARA MEJORAR RENDIMIENTO DEL MOTOR DE TRICIMOTO DE SERVICIO DE PASAJEROS EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2024**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Dr. Benjamin Chuquimamani Quinto de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 001-2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO PARA MEJORAR RENDIMIENTO DEL MOTOR DE TRICIMOTO DE SERVICIO DE PASAJEROS EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2024**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el o (la) Bachiller: JAISON SERGIO MAMANI SURCO, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, con el Tema Titulado: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO PARA MEJORAR RENDIMIENTO DEL MOTOR DE TRICIMOTO DE SERVICIO DE PASAJEROS EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2024** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente M.S.c. MARIO ALEJANDRO RAMOS HERRERA.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS
DIRECTOR
Dr. Efraín Paxilo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)



DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL MOTOR DE TRICIMOTO DE SERVICIO DE PASAJEROS EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

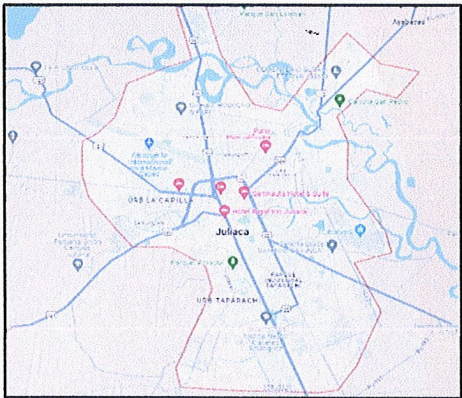
1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	9%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	sistemamid.com Fuente de Internet	1%
4	docplayer.es Fuente de Internet	1%
5	sistemamid.com.ar Fuente de Internet	1%
6	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
7	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	1%



Metadatos Complementarios

TÍTULO DE LA TESIS	
DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO PARA MEJORAR RENDIMIENTO DEL MOTOR DE TRICIMOTO DE SERVICIO DE PASAJEROS EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2024	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	JAISON SERGIO MAMANI SURCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	73746303
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0009-6795-3467
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	MARIO ALEJANDRO RAMOS HERRERA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	16660865
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-3158-198X
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	WALTER JACINTO LIZARRAGA ARMAZA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02393436
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02383061
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	02406088
Datos de investigación	
Línea de investigación	TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA – P18
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca Coordenadas: Latitud: 14° 54' 54,099" S Longitud: 70° 12' 5,982" W</p> <p>URL Maps https://maps.app.goo.gl/ej1wynEjv83NkGBQ7</p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Abril 2023 – Mayo 2024
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	Ingeniería Mecánica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.00

UNIVERSIDAD NACIONAL NESTOR CERECES VELAZQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS EXACTAS
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN
Dr. Efraim Castillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo Jaison Sergio Mamani Surco, identificado con DNI Nro. 73746303 en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional**
- Programa de Segunda Especialidad,**
- Programa de Maestría o Doctorado**

Ingeniería Mecánica Eléctrica

informo que he elaborado el/la **Tesis** o **Trabajo de Investigación**, **Trabajo Académico** denominada:

Diseño de un sistema de enfriamiento para mejorar rendimiento del motor de tracción de servicio de pasajeros en la ciudad de Juliaca, 2024

Asesorado por: M.Sc. Maria Alejandra Ramos Herrera

Es un tema original.

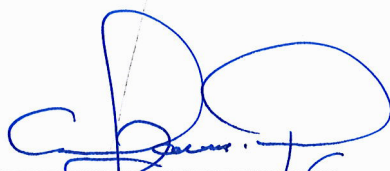
Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

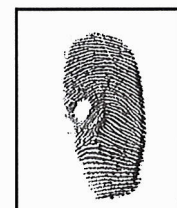
Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca, 01 de Agosto del 2024


Firma del Asesor
(obligatoria)


Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A mi madre Vilma Surco, quien me dio la vida, quien fue padre y madre para mí, Sin ella no hubiese logrado este objetivo, porque el orgullo que siente por mí, fue lo que no me dejo rendirme y me hizo ir hasta el final.



AGRADECIMIENTO

A nuestro señor Dios todo poderoso por brindarme la oportunidad y la dicha de la vida, por bendecirme con los medios necesarios para continuar mi formación profesional.

Mi tía Vianey Surco, por el soporté y seguir adelante y a mi amiga Lory Mariel por la compañía en mi trayecto de mi vida, el apoyo e impulsar a seguir creciendo



ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria	i
Agradecimiento	ii
Índice General	iii
Índice de tablas	vi
Índice de figuras	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
Introducción	x

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. Descripción del problema.....	12
1.2. Formulación del problema.....	13
1.2.1. Problema principal	13
1.2.2. Problemas específicos.....	13
1.3. Justificación.....	13
1.4. Objetivos de la investigación.....	14
1.4.1. Objetivo general	14
1.4.2. Objetivos específicos	14
1.5. Hipótesis.....	14
1.5.1. Hipótesis general	14
1.5.2. Hipótesis específicas	14



CAPITULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Bases teóricas 16

2.1.1. Tricimoto 16

2.1.2. Sistema de refrigeración 17

2.1.3. Sistema de refrigeración en motocicletas..... 17

2.1.4. Refrigeración por aire 17

2.1.5. Ventilador axial..... 18

2.1.6. Curva característica del ventilador 20

2.1.7. Características para selección..... 21

2.1.8. Clasificación 21

2.1.9. Leyes fundamentales..... 22

2.1.10. Rendimiento del motor 22

2.2. Definición de términos..... 23

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Métodos de investigación..... 24

3.2. Ámbito de investigación 24

3.3. Población y muestra..... 24

3.4. Técnicas e instrumentos de recogida de información 25

3.5. Recogida de Datos..... 26



CAPITULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.1. Presentación..... 27

4.2. Análisis e interpretación de resultados 27

4.2.1. Cálculo del sistema de refrigeración..... 27

4.2.2. Cálculo térmico del sistema de refrigeración..... 28

4.2.3. Cálculo de ventilador axial 31

4.2.4. Selección del ventilador 38

4.3. Discusión de resultados 39

Conclusiones 42

Recomendaciones..... 43

Referencias bibliográficas 44

Apéndices..... 47

Apéndice 1 Matriz de Consistencia..... 47

Apéndice 2 Otros..... 48



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	15
Tabla 2. Especificaciones técnicas de la motocicleta	28
Tabla 3. Características del ventilador	38
Tabla 4. Especificaciones del ventilador	39



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tricimoto.....	16
Figura 2. Sistema de refrigeración de motocicletas.....	17
Figura 3. Ventilador axial.....	18
Figura 4. Helice axial de perfil delgado.....	19
Figura 5. Helice axial perfil sustentador.....	19
Figura 6. Punto de funcionamiento de un ventilador.....	20
Figura 7. Esquema de ventilador axial.....	31
Figura 8. Ventilador axial seleccionado.....	38



RESUMEN

El propósito del presente trabajo de investigación es Diseño de un sistema de enfriamiento para mejorar rendimiento del motor de tricimoto de servicio de pasajeros en la ciudad de Juliaca; la metodología empleada es recolección de información del sistema de enfriamiento de las motocicletas, se realizó cálculos de parámetros de enfriamiento por aire, se determinó la cantidad de calor disipada de la combustión al aire de enfriamiento, con este flujo se determinó el caudal de aire, luego se determina la potencia aerodinámica, el trabajo es descriptivo y experimental para medir la temperatura exterior en la pared del cilindro se obtiene el dato con un termómetro donde mide 250°C . Según cuadro de resultados se tiene un ventilador de 13W de potencia

Palabras Clave: Diseño, sistema de enfriamiento, motor de tricimoto, rendimiento



ABSTRACT

The purpose of this research work is Design of a cooling system to improve performance of the passenger service tricycle engine in the city of Juliaca; The methodology used is to collect information from the motorcycle cooling system, calculations of air cooling parameters were carried out, the amount of heat dissipated from combustion to the cooling air was determined, with this flow the air flow rate was determined. Then the aerodynamic power is determined, the work is descriptive and experimental to measure the external temperature on the cylinder wall, the data is obtained with a thermometer where it measures 250°C. According to the results table, there is a fan with 13W power.

Keywords: Design, cooling system, tricycle engine, performance



INTRODUCCIÓN

Los motores de combustión interna generan temperatura elevadas debido a la combustión en el cilindro para disipar el calor cuentan con tipos de sistema de enfriamiento para evitar el desgaste de los elementos móviles en el interior del motor

El sistema de refrigeración que emplean las motocicletas es importante, para evitar el sobrecalentamiento y daños graves en componentes internos del motor como pistones y cilindros debido a las altas temperaturas producidas por el funcionamiento; esto presenta costo de reparación. En los motores de combustión interna la temperatura afecta el funcionamiento. El sistema de refrigeración es el que se encarga que los diferentes componentes del motor se mantenga la temperatura óptima para evitar el desgaste prematuro y lograr el máximo rendimiento

El sistema de enfriamiento por aire tiene la capacidad de refrigerar el motor de la moto mediante flujo de aire forzado por un ventilador axial, según la capacidad del motor, como la cilindrada

Todos los motores cuentan con este sistema de enfriamiento con excepción de las motos adaptadas como en este caso las tricimotos

En este trabajo de investigación se evalúa la necesidad de adaptar un sistema refrigerante en tricimoto por ser ensamblado de las partes de una motocicleta y triciclo por el mismo trabajo que realiza de transportar pasajeros se desplaza a velocidades bajas, lo cual ocasiona sobrecalentamiento del motor y baja rendimiento. Por ende se propone esta investigación para mejorar

La presente tesis está estructurada de 4 capítulos, los cuales se detallan en la continuación:



En el primer capítulo, se desarrolla los aspectos generales como planteamiento de problema, objetivo, hipótesis y variable

En el segundo capítulo se desarrolla la fundamentación teórica

En el tercer capítulo se desarrolla la metodología como son el método, ámbito de investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos y recogida de datos

En el cuarto capítulo se desarrolla los resultados y la discusión



CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El sistema de refrigeración que emplean las motocicletas es importante, para evitar el sobrecalentamiento y daños graves en componentes internos del motor como pistones y cilindros debido a las altas producidas por el funcionamiento; esto presenta costo de reparación. En los motores de combustión interna la temperatura afecta el funcionamiento. El sistema de refrigeración es el que se encarga que los diferentes componentes del motor se mantenga la temperatura óptima para evitar el desgaste prematuro y lograr el máximo rendimiento

Los tricimotos que prestan servicio a los pasajeros, ya que estos son adaptados parte de triciclo y motocicleta. El sistema de enfriamiento de las motocicletas está diseñado para flujo de aire producido por el desplazamiento de la motocicleta, en este sistema no se utiliza ningún líquido refrigerante. El movimiento de la motocicleta ayuda a aumentar la eficiencia del sistema de enfriamiento por aire. Estas mototaxis se desplazan en centros de mayor tráfico y evita su desplazamiento normal.



Por ello la eficiencia de flujo de aire disminuye y este el sobrecalentamiento del motor afectando en el consumo de combustible, desgaste de los elementos y disminución de la vida útil

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema principal

¿De qué manera se puede diseñar un sistema de enfriamiento para mejorar rendimiento del motor de tricimotor de servicio de pasajeros en la ciudad de Juliaca, 2024?

1.2.2. Problemas específicos

P.E.1: ¿Cómo se puede determinar las características del sistema de enfriamiento?

P.E.2: ¿Cómo se puede dimensionar el ventilador axial para generar flujo de aire?

P.E.3: ¿Cómo se puede determinar el rendimiento del motor de tricimotor mediante el sistema de enfriamiento?

1.3. JUSTIFICACIÓN

Teórico: Al ser la tricimotor una adaptación de motocicleta y triciclo, por ello que se realiza el diseño del sistema enfriamiento para evitar el sobrecalentamiento del motor.

Práctico: La justificación práctica es para evitar el sobrecalentamiento de las tricimotoros y así posteriores daños a componentes



Metodológico: La metodología utilizada para el diseño del prototipo puede ser una referencia valiosa para futuros trabajos para evitar el sobrecalentamiento del motor de tricimoto

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo general

Diseñar un sistema de enfriamiento para mejorar rendimiento del motor de tricimoto de servicio de pasajeros en la ciudad de Juliaca, 2024

1.4.2. Objetivos específicos

O.E.1: Determinar las características del sistema de enfriamiento

O.E.2: Dimensionar el ventilador axial para generar flujo de aire

O.E.3: Determinar el rendimiento del motor de tricimoto mediante el sistema de enfriamiento

1.5. HIPÓTESIS

1.5.1. Hipótesis general

Si se diseña un sistema de enfriamiento para motor tricimoto, entonces se mejorará el rendimiento

1.5.2. Hipótesis específicas

H.E.1: Si se determina características de sistema de enfriamiento, entonces se podrá realizar el dimensionamiento del ventilador axial

H.E.2: Si se realiza los cálculos para dimensionar el ventilador axial para determinar el rendimiento del motor de tricimoto



H.E.3: Si se determina el rendimiento del motor de tricimoto, entonces se podrá saber si es eficiente

1.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Independiente: Diseño de un sistema de enfriamiento para motor de tricimoto

Dependiente: Rendimiento del motor de tricimoto

Tabla 1.

Operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicadores	Índice
Diseño de un de enfriamiento para motor de tricimoto	Ventilador axial	- Potencia	KW
		- Diámetro	Mm
Rendimiento del motor de tricimoto	Rendimiento del sistema de refrigeración	- Menor consumo - Menor sobrecalentamiento del motor	

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. BASES TEÓRICAS

2.1.1. Tricimoto

Es un vehículo menor ensamblado de la motocicleta y triciclo, para el transporte de pasajeros

Figura 1.

Tricimoto



Fuente: (Decana, 2020)

2.1.2. Sistema de refrigeración

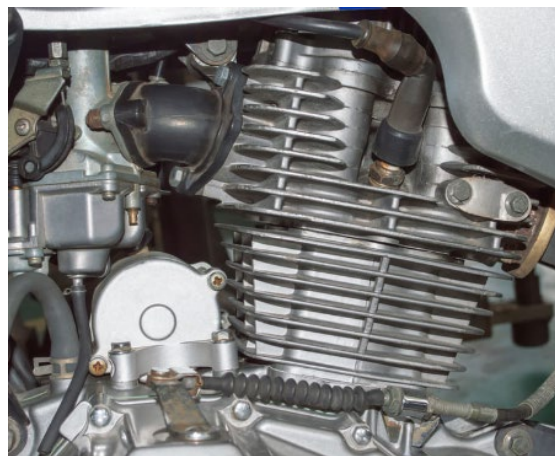
Para mantener la temperatura normal de funcionamiento del motor es donde actúa el termostato el cual se activa y es donde ingresa el refrigerante al radiador, de esta manera el termostato regula la temperatura del sistema de refrigeración

2.1.3. Sistema de refrigeración en motocicletas

Para este tipo de vehículos el sistema de refrigeración es un sistema importante para refrigerar el motor. Existen tres tipos: refrigerado por aire, agua y aceite; cada uno de ellos se relaciona al diseño e ingeniería del motor de la motocicleta

Figura 2.

Sistema de refrigeración de motocicletas



Fuente: (Pallota, 2023)

2.1.4. Refrigeración por aire

Este tipo de refrigeración es el mas económico y sencillo porque utiliza un ventilador para refrigerar a través del viento el motor como las paredes del cilindro y culata. Este tipo de refrigeración es recomendable para pequeñas

cilindradas que son mas fáciles de enfriar, En los motores de mayor cilindrada apenas se podría conseguir resultados.

2.1.5. Ventilador axial

Al salir o ingresar el aire al ventilador en forma paralela al eje de las paletas a ello se denomina ventilador axial. Este aire es impulsado por una hélice en número variable de palas o alabes que están junto al núcleo que es elemento que transmite la energía del eje a los álabes.

Para mayores caudales y presiones bajas se utiliza este tipo de ventilador, su aplicación es para aire en forma libre o instalaciones que requiere poca carga

Figura 3.

Ventilador axial



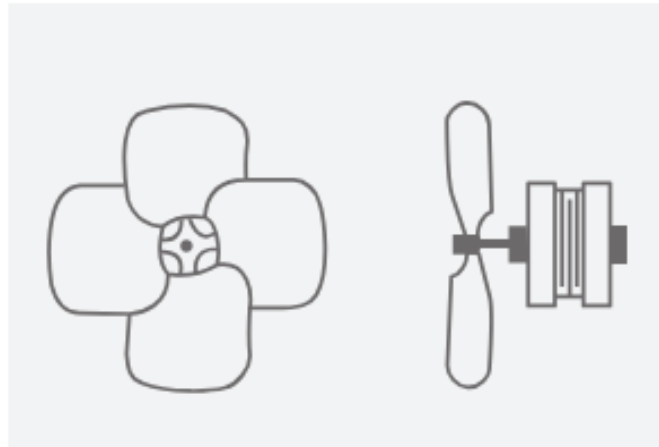
Fuente: <https://ice360.pe/tienda/motor-ventilador-axial-ywf4e-300s/>

En los cuales el aire entra y sale de la hélice con trayectorias a lo largo de superficies cilíndricas coaxiales al ventilador.

Las hélices de los ventiladores axiales pueden ser de dos tipos:

Figura 4.

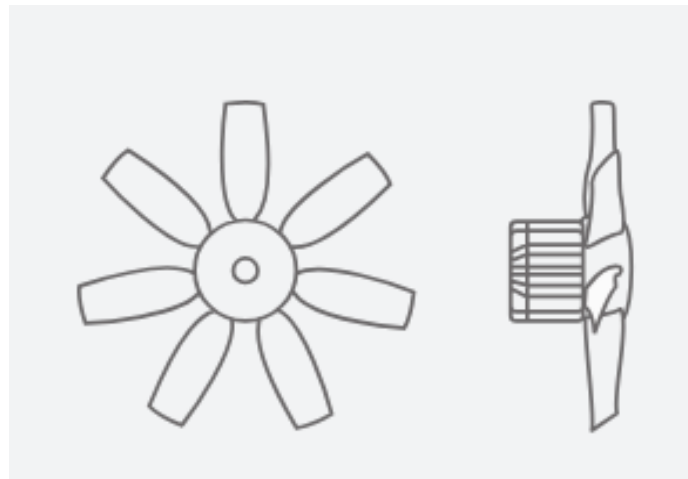
Helice axial de perfil delgado



Fuente: (Soler & Palau , s.f.)

Figura 5.

Helice axial perfil sustentador



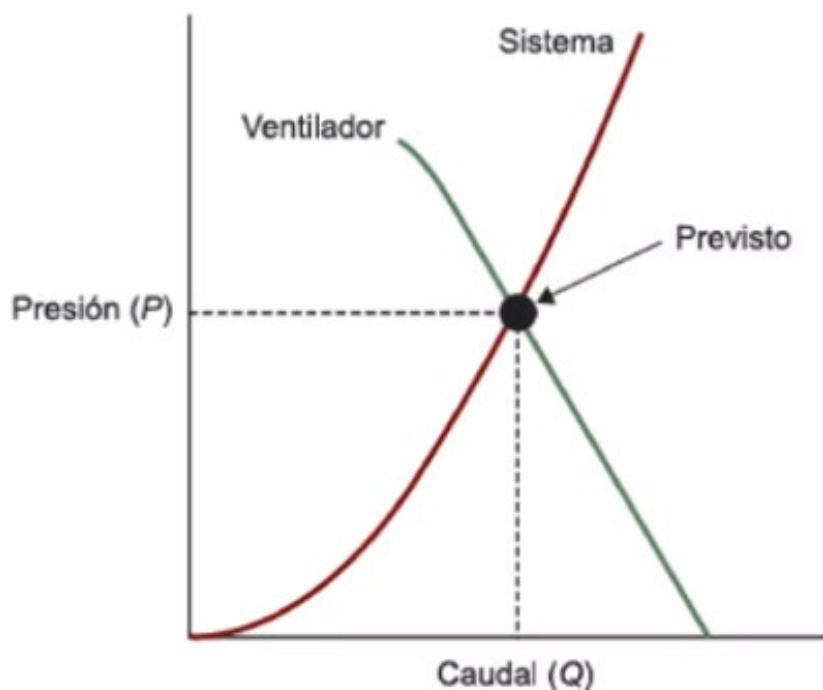
Fuente: (Soler & Palau , s.f.)

2.1.6. Curva característica del ventilador

- El ventilador no aspira un determinado caudal al arrancar, en la placa que tiene se indica el caudal máximo al que alcanza es decir que al arrancar o poner en marchar es el caudal que dispone el ventilador sin tubo.
- La curva característica del ventilador representa al ventilador al girar a una velocidad de rotación el caudal de aire mueve y la presión total aumenta

Figura 6.

Punto de funcionamiento de un ventilador



Fuente: (Soler & Palau , s.f.)



2.1.7. Características para selección

Los parámetros o característica que se considera para la selección del ventilador son las siguiente:

- Caudal volumétrico
- Incremento de la presión estática
- Potencia disponible
- Rendimiento del ventilador
- Ruido, dimensiones y modo de arrastre

En un conducto hay tres tipos de presiones

- Presión estática: sobre las paredes del conducto
- Presión dinámica: al convertir la energía cinética en presión
- Presión total: es la suma de las dos presiones

2.1.8. Clasificación

- Por diferencia de presión estática
Alta presión: $180 < \Delta p < 300$ mm. c.a.
Media presión: $90 < \Delta p < 180$ mm. c.a.
Baja presión: $\Delta p > 90$ mm. c.a.
- Por el sistema de accionamiento
Accionamiento directo
Accionamiento indirecto por transmisión

2.1.9. Leyes fundamentales

- Variación de la velocidad de giro:

$$Q = Q_0 \cdot \frac{n}{n_0} \quad P = P_0 \cdot \left(\frac{n}{n_0}\right)^2 \quad \text{Pot} = \text{Pot}_0 \cdot \left(\frac{n}{n_0}\right)^3 \quad Lw = Lw_0 + 50 \cdot \log\left(\frac{n}{n_0}\right)$$

- Variación del diámetro del rodete:

$$Q = Q_0 \cdot \left(\frac{D}{D_0}\right)^3 \quad P = P_0 \cdot \left(\frac{D}{D_0}\right)^2 \quad \text{Pot} = \text{Pot}_0 \cdot \left(\frac{D}{D_0}\right)^5 \quad Lw = Lw_0 + 70 \cdot \log\left(\frac{D}{D_0}\right)$$

- Variación de la densidad del aire:

$$Q = Q_0 \quad P = P_0 \cdot \left(\frac{\rho}{\rho_0}\right) \quad \text{Pot} = \text{Pot}_0 \cdot \left(\frac{\rho}{\rho_0}\right) \quad Lw = Lw_0 + 20 \cdot \log\left(\frac{\rho}{\rho_0}\right)$$

- Variación de las prestaciones

$$D = D_0 \cdot \left(\frac{Q}{Q_0}\right)^{1/2} \cdot \left(\frac{P}{P_0}\right)^{1/4} \cdot \left(\frac{\rho}{\rho_0}\right)^{1/4} \quad \text{Pot} = \text{Pot}_0 \cdot \left(\frac{Q}{Q_0}\right) \cdot \left(\frac{P}{P_0}\right)$$
$$n = n_0 \cdot \left(\frac{Q_0}{Q}\right)^{1/2} \cdot \left(\frac{P}{P_0}\right)^{3/4} \cdot \left(\frac{\rho_0}{\rho}\right)^{3/4} \quad Lw = Lw_0 + 10 \cdot \log\left(\frac{Q}{Q_0}\right) + 20 \cdot \log\left(\frac{P}{P_0}\right)$$

- Variación varios parámetros:

$$Q = Q_0 \cdot \left(\frac{D}{D_0}\right)^3 \cdot \frac{n}{n_0} \quad \text{Pot} = \text{Pot}_0 \cdot \left(\frac{D}{D_0}\right)^5 \cdot \left(\frac{n}{n_0}\right)^5 \cdot \frac{\rho}{\rho_0}$$
$$n = n_0 \cdot \left(\frac{Q_0}{Q}\right)^{1/2} \cdot \left(\frac{P}{P_0}\right)^{3/4} \cdot \left(\frac{\rho_0}{\rho}\right)^{3/4} \quad Lw = Lw_0 + 70 \cdot \log\left(\frac{D}{D_0}\right) + 50 \cdot \log\left(\frac{n}{n_0}\right) + 20 \cdot \log\left(\frac{\rho_0}{\rho}\right)$$

2.1.10. Rendimiento del motor

Es el rendimiento se obtiene de la energía producida por el motor entre la energía que suministra el combustible. En el proceso de combustión el automóvil recibe la energía o trabajo necesario para el desplazamiento del motor

En el caso de rendimiento del motor de una motocicleta se obtiene de la eficiencia que tiene el motor en convertir la energía química o del combustible en energía



mecánica útil para el desplazamiento de la motocicleta. Este se mide por la potencia, torque y consumo de combustible

2.2. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Presión estática: sobre las paredes del conducto

Presión dinámica: al convertir la energía cinética en presión

Presión total: es la suma de las dos presiones

Tricimoto: Adaptación de motocicleta y triciclo



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

En esta investigación se utiliza el método inductivo y deductivo además el tipo de investigación es aplicada, para la mejora del rendimiento de las tricimotos se realiza el diseño del ventilador de sistema de enfriamiento para mejorar el rendimiento de la tricimoto

3.2. ÁMBITO DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación se desarrolla en la ciudad de Juliaca, debido a la existencia de este vehículo menor de transporte de pasajeros tricimoto que es el ensamblado de las partes de motocicleta y triciclo

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

Según (Decana, 2020) en la ciudad de Juliaca se tiene aproximadamente 600 tricimotos



Como muestra se determina de la siguiente formula:

$$n = \frac{N Z^2 S^2}{d^2 (N - 1) + Z^2 S^2}$$

Donde:

n: Muestra

N: Poblacion = 600

Z: Nivel de confianza = 95%

S: Margen de error = 5%

d: Nivel de precision absoluta " = 0,05

Reemplazando:

$$n = 1$$

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOGIDA DE INFORMACIÓN

Las técnicas utilizadas para esta investigacion son:

- Observación
- Recolección de información
- Medición de parámetros (Temperatura)

Los instrumentos utilizados son:

- Apuntes



- Catálogos (especificaciones técnicas de motocicleta)
- Termómetro (para medición de temperatura)
- Hoja de cálculo (para la realización de cálculos del ventilador axial)

3.5. RECOGIDA DE DATOS

Para realizar el presente trabajo se realiza primeramente la recolección de información debido a que este vehículo tricimoto es una adaptación o ensamblado de partes de motocicleta y triciclo, al transportar pasajeros se desplaza a velocidades bajas debido a ello es que existe el sobrecalentamiento del motor, para mejorar el rendimiento se realiza el diseño de un ventilador, para realizar los cálculos primero se toma en cuenta las características técnicas de motocicleta, posterior a ello se determina la cantidad de calor de la combustión al fluido (aire) se calcula el caudal de aire, la potencia aerodinámico, diámetro del ventilador



CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. PRESENTACIÓN

La presente investigación trata sobre diseño de un sistema de enfriamiento para mejorar rendimiento del motor de tricimoto de servicio de pasajeros en la ciudad de Juliaca, decir realizar el cálculo de componentes principales del sistema de refrigeración, en este caso enfriado por aire, puesto que las motos lineales están diseñadas su sistema de refrigeración en base corriente de aire que genera con la velocidad de desplazamiento de la moto. En este caso se analiza la tricimoto el cual es adaptado entre una parte de moto lineal y parte del triciclo, este trabaja a bajas velocidades por ende presenta sobrecalentamiento del motor; Este trabajo de investigación propone solucionar el problema descrito

4.2. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.2.1. Cálculo del sistema de enfriamiento

Se considera los datos iniciales en la siguiente tabla:

Tabla 2.**Especificaciones técnicas de la motocicleta**

Marca	Honda
Modelo	Tornado XR 250
Tipo de motor	DOHC 4T 4 válvulas
Tipo de combustible	Gasolina de 90 octanos
Cilindrada	249 cc
Potencia máxima	20.2 hp a 7500 rpm
Torque máximo	21.5 Nm a 6000 rpm
Velocidad máxima	122 km/h
Consumo de gasolina	120 km/gl

Fuente: <https://motos.honda.com.ec/uploads/fichas/XR250%20TORNADO.pdf>

4.2.2. Cálculo térmico del sistema de enfriamiento a 3825 m.s.n.m.**Cantidad de calor transferida al fluido de enfriamiento por unidad de tiempo**

Se determina de la siguiente ecuación:

$$q_T = k q_C \quad (1)$$

Donde:

k: Coeficiente de pérdidas específicas de calor a través del fluido de enfriamiento

k = 0,2 – 0,25 para motores encendido encendido por chispa con válvulas en cabeza

q_C: Cantidad de calor que se suministra al motor producto de la combustión del



combustible en $\frac{\text{KJ}}{\text{s}}$

$$q_c = \frac{H_u G_c}{3600} \quad (2)$$

Donde:

H_u : Calor inferior de combustión del combustible en $\frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$

G_c : Consumo horario de combustible en $\frac{\text{Kg}}{\text{h}}$

Según tabla 2. Especificaciones técnicas de la motocicleta en donde se tiene una velocidad de 122km/h y un consumo de gasolina de 120km/gl; entonces el consumo horario de combustible (G_c) es:

$$G_c = \frac{122 \frac{\text{km}}{\text{h}}}{120 \frac{\text{Km}}{\text{gl}}}$$

$$G_c = 1,02 \frac{\text{galon}}{\text{hora}}$$

Convirtiendo a kg/h

Si 1 galón equivale a 3,8 L

$$G_c = 1,02 \frac{\text{galon}}{\text{hora}} * \frac{3,8 \text{ litros}}{1 \text{ galon}}$$

$$G_c = 3,86 \frac{\text{L}}{\text{h}}$$

Si la densidad del combustible (gasolina) es 719 gr/L



$$G_c = 3,86 \frac{L}{h} * 719 \frac{gr}{L}$$

$$G_c = 2775,34 \frac{gr}{h}$$

$$G_c = 2,8 \frac{Kg}{h}$$

Consumo específico del combustible

$$g_e = \frac{G_c}{N_e} \quad (3)$$

Donde:

$$G_c: \text{Consumo horario de combustible} = 2775,34 \frac{gr}{h}$$

$$N_e: \text{Potencia efectiva del motor} = 15,1 \text{ Kw}$$

$$g_e = \frac{2775,34}{15,1}$$

$$g_e = 183,8 \frac{gr}{Kw h}$$

Finalmente

$$q_c = \frac{H_u G_c}{3600}$$

$$q_c = 44000 \frac{KJ}{Kg} * 2,8 \frac{Kg}{h}$$

$$q_c = 123200 \frac{KJ}{h} * \frac{1h}{3600 s}$$

$$q_c = 34,22 \frac{KJ}{s}$$

Reemplazando a la ecuación (1)

$$q_T = k q_c$$

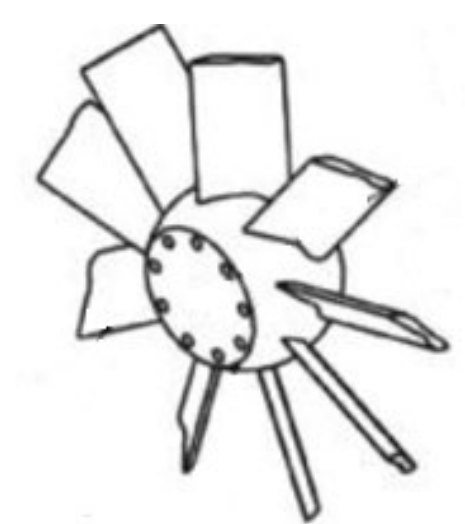
$$q_T = 0,24 * 34,22$$

$$q_T = 8,21 \frac{KJ}{s}$$

4.2.3. Cálculo de ventilador axial

Figura 7.

Esquema de ventilador axial



Fuente: <https://www.xinnuomotor.com/es/panel-cooling-fan/>



Consumo volumétrico teórico de aire

$$Q = \frac{q_T}{C_p \rho_f \Delta T}$$

Donde:

q_T : Cantidad de calor transferida al fluido de enfriamiento por unidad de tiempo en $\frac{KJ}{s}$

C_p : Calor específico del fluido en $\frac{KJ}{Kg \text{ } ^\circ C}$

ρ_f : Densidad del fluido en $\frac{Kg}{m^3}$

ΔT : Variación de temperatura en $^\circ C$

Densidad del fluido

$$\rho_f = \frac{P_0}{R T_0}$$

Donde:

P_0 : Presión atmosférica a 3825 m. s. n. m. = 65KPa

T_0 : Temperatura atmosférica alrededor del motor = 25 $^\circ C$

R : Constante de los gases ideales = 0,287 $\frac{KJ}{Kg \text{ } ^\circ K}$

$$\rho_f = \frac{65}{0,287 * (273 + 25)}$$



$$\rho_f = 0,76 \frac{Kg}{m^3}$$

Según Cengel. El calor específico de aire es 1,005 KJ/Kg °C

La temperatura medida en la pared exterior del cilindro es 250 °C

Reemplazando a la formula

$$Q = \frac{8,21 \frac{KJ}{s}}{1,005 \frac{KJ}{Kg \text{ } ^\circ C} * 0,76 \frac{Kg}{m^3} * (250 - 25) \text{ } ^\circ C}$$

$$Q = 0,05 \frac{m^3}{s} = 50 \frac{L}{s}$$

Presión del ventilador

Según cherskasski está entre un rango de 30 – 1000 Pa; entonces se considera para 100 Pa

La presión estática es

$$P_e = \gamma_{\text{aire}} H_{\text{aire}}$$

Despejando la altura en metros de columna de aire

$$H_{\text{aire}} = \frac{P_e}{\gamma_{\text{aire}}}$$

Donde:

$$P_e: \text{Presion estatica del aire} = 100 \text{ Pa} = 10,2 \frac{Kg}{m^2}$$

$$\gamma_{\text{aire}}: \text{Densidad del aire} = 0,76 \frac{Kg}{m^3}$$



Reemplazando

$$H_{\text{aire}} = \frac{10,2 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}}{0,76 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}}$$

$$H_{\text{aire}} = 13,42 \text{ m}$$

Calculo de potencia aerodinámica

$$N_a = \frac{\gamma_a Q H_{\text{aire}}}{102}$$

Donde:

$$\gamma_a: \text{Peso específico del aire} = 0,76 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$Q: \text{Caudal} = 2 * 0,05 = 0,1 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$H_{\text{aire}}: \text{Altura en metros de columna de aire} = 13,42 \text{ m.}$$

Reemplazando:

$$N_a = \frac{0,76 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 0,1 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 13,42 \text{ m}}{102}$$

$$N_a = 0,010 \text{ KW} = 10 \text{ W}$$

Potencia en el eje del ventilador

$$\eta_v = \frac{N_a}{N_e}$$



$$N_e = \frac{N_a}{\eta_v}$$

Donde:

N_a : Potencia aerodinamica = 10W

η_v : Eficiencia del ventilador

Según Cherskkasski la eficiencia del ventilador axial es 80%

$$N_e = \frac{10}{0,8}$$

$$N_e = 12,5 W$$

Calculo de velocidad tangencial

$$u = \varphi \sqrt{\frac{P_e}{\rho_f}}$$

Donde:

u : Velocidad tangencial

$$P_e: \text{Presion estatica del aire} = 100 \text{ Pa} = 10,2 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$\rho_f: \text{Densidad del fluido} = 0,76 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

φ : Coeficiente de la forma de aspas

Según (Romero & Carranza, 2007) el coeficiente de la forma de aspas curvilíneas para motos esta entre 2,2 – 2,9, entonces $\varphi = 2,9$



$$u = 2,9 * \sqrt{\frac{10,2}{0,76}}$$

$$u = 10,62 \frac{m}{s}$$

Velocidad del ventilador

$$n = \frac{N_q H^{\frac{3}{4}}}{\sqrt{Q}}$$

Donde:

N_q : Numero especifico de caudal = 50

H_{aire} : Altura del aire = 13,42 m

$$Q: \text{Caudal} = 2 * 0,05 = 0,1 \frac{m^3}{s}$$

Reemplazando:

$$n = \frac{50 * 13,42^{\frac{3}{4}}}{\sqrt{0,1}}$$

$$n = 1108,6 \text{ rpm}$$

Diámetro del ventilador

$$D = \frac{u 60}{\pi n}$$

Donde:

$$u: \text{Velocidad tangencial} = 10,62 \frac{m}{s}$$



n : Velocidad del ventilador = 1108,6 rpm

$$D = \frac{10,62 * 60}{\pi * 1108,6}$$

$$D = 0,19 \text{ m}$$

Rendimiento del motor

$$\eta_{\text{motor}} = \frac{N_h}{N_0}$$

Según (Lapueta y otros, 2006) cada 1000 metros sobre el nivel del mar se pierde 10% potencia aproximadamente Por la pérdida de presión el rendimiento del motor en altura es 65%

$$N_h = 0,65 * N_0$$

$$N_h = 0,65 * 15,1 \text{ Kw}$$

$$N_h = 9,8 \text{ Kw}$$

$$\eta_{\text{motor}} = \frac{9,8}{15,1}$$

$$\eta_{\text{motor}} = 0,65 = 65\%$$

Tabla 3.

Características del ventilador

Potencia del ventilador	12,5 W
Diámetro del ventilador	190 mm
Caudal	0,1 m/s
Presión	100 Pa

Fuente: Propia

4.2.4. Selección del ventilador

De acuerdo a los cálculos obtenidos se selecciona el ventilador para el sistema de refrigeración de motor de tricimoto, se muestra en lo siguiente:

Figura 8.*Ventilador axial seleccionado***Fuente:** <https://es.aliexpress.com>

Tabla 4.*Especificaciones del ventilador*

Material	Plástico ABS
Voltaje	12 V – DC
Potencia	80 W
Corriente de carga	5 ^a
Velocidad de carga	± 10% 2800 rpm
Velocidad del viento	3 m/s
Diámetro de la hoja	190 mm
Voltaje soportado	500V

Fuente: <https://es.aliexpress.com>

4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se considera los siguientes antecedentes:

(Cornejo & Mayorga, 2022). En su tesis titulada “Análisis comparativo del rendimiento de una Motocicleta Suzuki GN 125 con refrigeración por aire y con refrigeración por aceite” El autor en esta tesis analiza el rendimiento de una motocicleta refrigerado por aire con una refrigerado por aceite; al realizar las pruebas de consumo de combustible, según resultados la motocicleta adoptado con refrigeración por aceite tiene mayor consumo de combustible; por ello se tendría que agregar 300ml de aceite; además de reducir la potencia y el torque; además no se tiene un funcionamiento correcto: Por lo que el autor concluye que la motocicleta funciona correctamente refrigerado por aire el cual no tiene inconvenientes; al realizar la adaptación de refrigeración de aceite no es recomendable ya que reduce la potencia y torque y genera mayor consumo de combustible



(Cabrera & Tigre, 2016). En su tesis titulada *“Diseño y construcción de los sistemas de refrigeración de un vehículo formula SAE eléctrico”*. En esta tesis el autor analiza los componentes del sistema de refrigeración y después realiza un análisis para su instalación posterior.

(Miranda, 2020). En su tesis titulada *“Análisis de pérdidas energéticas en un motor de combustión interna a gasolina (MECH) de 1600 cm³ en un vehículo de uso particular para determinar su rendimiento térmico”* En esta investigación el autor realiza un análisis experimental del vehículo mediante distribución de las temperaturas superficiales, se utilizan instrumentos para mediciones de temperaturas; asimismo se desarrolla cálculos de transferencia de calor, sistema de refrigeración y pérdida de calor en gases de escape que da un rendimiento de 33% y realizando análisis exergetico un rendimiento de 43%; además de los gases que se expulsan están dentro del rango permitido

(Linares, 2018). En su tesis titulada *“Mejoramiento del Sistema de Combustión del Equipo JCB 225-Eco Mediante Diseño de Sistema de Enfriamiento de Combustible – Cajamarca - 2018”* El consumo de combustible y la eficiencia del dispositivo mediante el uso del sistema, el sistema de combinación se instala en el sistema de quema y analiza los beneficios económicos después de instalar el sistema de enfriamiento de combustible necesario para obtener información para desarrollar estos objetivos directamente desde este campo, porque es necesario mejorar el dispositivo específico de la combustión, conduce a una disminución en el consumo de combustible y aumenta la eficiencia de los equipos ecológicos JCB 225.



(Cordero, 1993). En su tesis titulada *“Consideraciones para el cálculo y selección de un panel de radiadores para uso automotriz”* El autor realiza los cálculos correspondientes a sistema de refrigeración primero evalúa el calor del panel del radiador para así poder satisfacer los requerimientos para la refrigeración del motor. Posterior a ello realiza algunas consideraciones importantes para la fabricación de estos radiadores con la base técnica existente en el Perú, así también se indica el procedimiento en un diagrama de flujo de producción de cada uno de los componentes

(Chuquimamani, 2022). En su artículo *“temperatura optima del sistema de refrigeración para mejorar operatividad de los motores de combustión interna a altitudes”* El autor realiza pruebas experimentales en dos vehículos de cilindrada 1 y 1,5 litros, la metodología que emplea es el uso con termostato de fábrica y otro termostato que se selecciona para condiciones de altura resultando este último el más óptimo en cuanto a funcionamiento en diferentes velocidades. Así también se observa una curva para el termostato adecuada de acuerdo a la altitud. En conclusión, el autor indica que según los resultados que se obtuvieron se logró utilizar el termostato con la temperatura optima en la refrigeración el cual no presenta dificultad

(Rojas, 2007). En su tesis titulada *“Incremento de eficiencia de un motor de combustión interna mediante la recuperación de energía”*. El autor propone un mejoramiento de la eficiencia mediante recirculación de energía, es decir que se puede aprovechar los gases de escape el cual están a una temperatura elevada este puede ser usada para menor consumo de gasolina, para el cual se propone el diseño de un intercambiador de calor. Considera que de ponerse en práctica o en laboratorio sería un buen comienzo para futuras investigaciones



CONCLUSIONES

- PRIMERA:** Se diseñó un sistema de enfriamiento para motor tricimoto, para mejorar el rendimiento, debido a la pérdida de potencia por altitud se tiene un rendimiento de 65%
- SEGUNDA:** Uno de los componentes principales en este tipo de enfriamiento refrigerado por aire es el ventilador axial
- TERCERA:** Se realizó los cálculos para seleccionar el ventilador adecuado para el sistema de enfriamiento para motor de tricimoto, teniendo como resultado los siguientes parámetros potencia de 12,5 W, diámetro del ventilador 190mm
- CUARTA:** Con la selección del ventilador del sistema de enfriamiento se evita el sobrecalentamiento del motor debido a que la tricimoto se desplaza a velocidades bajas. Tomando en consideración que el rendimiento disminuye en altitud debido a la presión por ende la potencia no es igual a la potencia nominal.



RECOMENDACIONES

- PRIMERA:** Se recomienda implementar este sistema de enfriamiento en las tricimotos para mejor rendimiento.
- SEGUNDA:** Se recomienda analizar los demás componentes electromecánicos del sistema de enfriamiento
- TERCERA:** Se recomienda determinar los parámetros necesarios para una selección optima
- CUARTA:** Se recomienda lograr la temperatura optima de funcionamiento para mejorar consumo de combustible vida útil de las tricimotos



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ballena, E. J. (2016). *Evaluación numérica del campo de temperatura de un sistema de enfriamiento por aire mediante aletas en un motor monocilíndrico honda tipo CDI CG 125*. Ancash: Universidad Nacional del Santa.
- Beltran, I., & Rivera, A. (2019). *Estudio de un Sistema de Refrigeración con Aprovechamiento Solar y Calor Residual en el Sector Pesquero*. Juliaca: Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez.
- Cabrera, F. A., & Tigre, E. M. (2016). *Diseño y construcción de los sistemas de refrigeración de un vehiculo formula SAE electrico*. Ecuador : Universidad Politécnica Salesiana .
- Chuquimamani, B. (2022). Temperatura optima del sistema de refrigeración para mejorar operatividad de los motores de combustión interna a altitudes. *Revista Científica Investigación Andina*, 848.
- Chura, F. R. (2022). *Análisis del balance energetico de un motor gasolinero 1,5l del vehiculo operando a 3825 M.S.N.M.* Juliaca: Universidad Andina Néstor Cáceres Velázquez.
- Cordero, N. M. (1993). *Consideraciones para el cálculo y selección de un panel de radiadores para uso automotriz*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería .
- Cornejo, M. A., & Mayorga, J. F. (2022). *Análisis comparativo del rendimiento de una Motocicleta Suzuki GN 125* . Ecuador : Universidad de las Fuerzas Armadas .



- Flores, Y., & Chagua, D. (2023). *Determinación de la carga térmica y diseño de un sistema de aire acondicionado en el auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Puno 2023*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Garcia, M. L. (2018). *Diseño e Implementación de un sistema de enfriamiento con agua para reducir la temperatura en los equipos del área de prensas, en la empresa Soldexa, Lurín*. Lima: Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur
- Gavilema, H. D. (2014). *Estudio teórico y experimental de los parámetros de funcionamiento de un motor de combustión interna a gasolina a diferente concentración de agua - refrigerante*. Ecuador: Escuela superior politécnica de chimborazo.
- Lapuerta, M., Armas, O., Agudelo, J. R., & Sanchez, C. A. (2006). Estudio del Efecto de la Altitud sobre el Comportamiento de Motores de Combustión Interna. Parte 1: Funcionamiento. *Informacion tecnologica*, 17(5), 21-30.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642006000500005>
- Linares, J. O. (2018). *Mejoramiento del Sistema de Combustión del Equipo JCB 225-Eco Mediante Diseño de Sistema de Enfriamiento de Combustible – Cajamarca - 2018*. Trujillo: Universidad Cesar Vallejo.
- Miranda, K. A. (2020). *Análisis de pérdidas energéticas en un motor de combustión interna a gasolina (MECH) de 1600 cm³ en un vehículo de uso particular para determinar su rendimiento térmico*. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.



Muga, S. J. (1971). *Cálculo de las características de los componentes del sistema de enfriamiento de una refrigeradora domestica de 340 litros de capacidad.*

Lima : Universidad Nacional de Ingenieria .

Qqenta, E. J. (2017). *Análisis termodinámico del sistema de refrigeración y efectos en el rendimiento del motor SY1033DFH4 utilizando agua natural y refrigerante vistony en la empresa Antares Arquitectos S.R.L. en la ciudad de Cusco.* Puno: Universidad Nacional del Altiplano.

Rojas, M. A. (2007). *Incremento de eficiencia de un motor de combustión interna mediante la recuperación de energía .* Mexico: Tecnológico de Monterrey.

Soler & Palau . (s.f.). *¿Que es un ventilador?. Caracteristicas y clasificacion .*

<https://www.solerpalau.mx/ASW/recursos/mven/Capitulo%206%20Manual%20de%20Ventilacion.pdf>



Apéndices

Apéndice 1 Matriz de Consistencia

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO PARA MEJORAR RENDIMIENTO DEL MOTOR DE TRICIMOTO DE SERVICIO DE PASAJEROS EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2024

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Diseño Metodológico
<p>Problema General:</p> <p>P.G. ¿De qué manera se puede diseñar un sistema de enfriamiento para mejorar rendimiento del motor de tricimoto de servicio de pasajeros en la ciudad de Juliaca, 2024?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <p>P.E.1: ¿Cómo se puede determinar las características del sistema de enfriamiento?</p> <p>P.E.2: ¿Cómo se puede dimensionar el ventilador axial para generar flujo de aire?</p> <p>P.E.3: ¿Cómo se puede determinar el rendimiento del motor de tricimoto mediante el sistema de enfriamiento?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>O.G. Diseñar un sistema de enfriamiento para mejorar rendimiento del motor de tricimoto de servicio de pasajeros en la ciudad de Juliaca, 2024</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>O.E.1: Determinar las características del sistema de enfriamiento</p> <p>O.E.2: Dimensionar el ventilador axial para generar flujo de aire</p> <p>O.E.3: Determinar el rendimiento del motor de tricimoto mediante el sistema de enfriamiento</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>H.G. Si se diseña un sistema de enfriamiento para motor tricimoto, entonces se mejorará el rendimiento</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</p> <p>H.E.1: Si se determina características de sistema de enfriamiento, entonces se podrá realizar el dimensionamiento del ventilador axial</p> <p>H.E.2: Si se realiza los cálculos para dimensionar el ventilador axial para determinar el rendimiento del motor de tricimoto</p> <p>H.E.3: Si se determina el rendimiento del motor de tricimoto, entonces se podrá saber si es eficiente</p>	<p>Tipo y nivel de investigación:</p> <p>El tipo de investigación es aplicativo – cuantitativo – analítico</p>



Apéndice 2 Otros

TABLA A-15

Propiedades del aire a la presión de 1 atm

Temp., T , °C	Densidad, ρ , kg/m ³	Calor específico, c_p , J/kg · K	Conductividad térmica, k , W/m · K	Difusividad térmica, α , m ² /s ²	Viscosidad dinámica, μ , kg/m · s	Viscosidad cinemática, ν , m ² /s	Número de Prandtl, Pr
-150	2.866	983	0.01171	4.158×10^{-6}	8.636×10^{-6}	3.013×10^{-6}	0.7246
-100	2.038	966	0.01582	8.036×10^{-6}	1.189×10^{-6}	5.837×10^{-6}	0.7263
-50	1.582	999	0.01979	1.252×10^{-5}	1.474×10^{-5}	9.319×10^{-6}	0.7440
-40	1.514	1 002	0.02057	1.356×10^{-5}	1.527×10^{-5}	1.008×10^{-5}	0.7436
-30	1.451	1 004	0.02134	1.465×10^{-5}	1.579×10^{-5}	1.087×10^{-5}	0.7425
-20	1.394	1 005	0.02211	1.578×10^{-5}	1.630×10^{-5}	1.169×10^{-5}	0.7408
-10	1.341	1 006	0.02288	1.696×10^{-5}	1.680×10^{-5}	1.252×10^{-5}	0.7387
0	1.292	1 006	0.02364	1.818×10^{-5}	1.729×10^{-5}	1.338×10^{-5}	0.7362
5	1.269	1 006	0.02401	1.880×10^{-5}	1.754×10^{-5}	1.382×10^{-5}	0.7350
10	1.246	1 006	0.02439	1.944×10^{-5}	1.778×10^{-5}	1.426×10^{-5}	0.7336
15	1.225	1 007	0.02476	2.009×10^{-5}	1.802×10^{-5}	1.470×10^{-5}	0.7323
20	1.204	1 007	0.02514	2.074×10^{-5}	1.825×10^{-5}	1.516×10^{-5}	0.7309
25	1.184	1 007	0.02551	2.141×10^{-5}	1.849×10^{-5}	1.562×10^{-5}	0.7296
30	1.164	1 007	0.02588	2.208×10^{-5}	1.872×10^{-5}	1.608×10^{-5}	0.7282
35	1.145	1 007	0.02625	2.277×10^{-5}	1.895×10^{-5}	1.655×10^{-5}	0.7268
40	1.127	1 007	0.02662	2.346×10^{-5}	1.918×10^{-5}	1.702×10^{-5}	0.7255
45	1.109	1 007	0.02699	2.416×10^{-5}	1.941×10^{-5}	1.750×10^{-5}	0.7241
50	1.092	1 007	0.02735	2.487×10^{-5}	1.963×10^{-5}	1.798×10^{-5}	0.7228
60	1.059	1 007	0.02808	2.632×10^{-5}	2.008×10^{-5}	1.896×10^{-5}	0.7202
70	1.028	1 007	0.02881	2.780×10^{-5}	2.052×10^{-5}	1.995×10^{-5}	0.7177
80	0.9994	1 008	0.02953	2.931×10^{-5}	2.096×10^{-5}	2.097×10^{-5}	0.7154
90	0.9718	1 008	0.03024	3.086×10^{-5}	2.139×10^{-5}	2.201×10^{-5}	0.7132
100	0.9458	1 009	0.03095	3.243×10^{-5}	2.181×10^{-5}	2.306×10^{-5}	0.7111
120	0.8977	1 011	0.03235	3.565×10^{-5}	2.264×10^{-5}	2.522×10^{-5}	0.7073
140	0.8542	1 013	0.03374	3.898×10^{-5}	2.345×10^{-5}	2.745×10^{-5}	0.7041
160	0.8148	1 016	0.03511	4.241×10^{-5}	2.420×10^{-5}	2.975×10^{-5}	0.7014
180	0.7788	1 019	0.03646	4.593×10^{-5}	2.504×10^{-5}	3.212×10^{-5}	0.6992
200	0.7459	1 023	0.03779	4.954×10^{-5}	2.577×10^{-5}	3.455×10^{-5}	0.6974
250	0.6746	1 033	0.04104	5.890×10^{-5}	2.760×10^{-5}	4.091×10^{-5}	0.6946
300	0.6158	1 044	0.04418	6.871×10^{-5}	2.934×10^{-5}	4.765×10^{-5}	0.6935
350	0.5664	1 056	0.04721	7.892×10^{-5}	3.101×10^{-5}	5.475×10^{-5}	0.6937
400	0.5243	1 069	0.05015	8.951×10^{-5}	3.261×10^{-5}	6.219×10^{-5}	0.6948
450	0.4880	1 081	0.05298	1.004×10^{-4}	3.415×10^{-5}	6.997×10^{-5}	0.6965
500	0.4565	1 093	0.05572	1.117×10^{-4}	3.563×10^{-5}	7.806×10^{-5}	0.6986
600	0.4042	1 115	0.06093	1.352×10^{-4}	3.846×10^{-5}	9.515×10^{-5}	0.7037
700	0.3627	1 135	0.06581	1.598×10^{-4}	4.111×10^{-5}	1.133×10^{-4}	0.7092
800	0.3289	1 153	0.07037	1.855×10^{-4}	4.362×10^{-5}	1.326×10^{-4}	0.7149
900	0.3008	1 169	0.07465	2.122×10^{-4}	4.600×10^{-5}	1.529×10^{-4}	0.7206
1 000	0.2772	1 184	0.07868	2.398×10^{-4}	4.826×10^{-5}	1.741×10^{-4}	0.7260
1 500	0.1990	1 234	0.09599	3.908×10^{-4}	5.817×10^{-5}	2.922×10^{-4}	0.7478
2 000	0.1553	1 264	0.11113	5.664×10^{-4}	6.630×10^{-5}	4.270×10^{-4}	0.7539

Nota: Para los gases ideales, las propiedades c_p , k , μ y Pr son independientes de la presión. Las propiedades ρ , ν y α a una presión P (en atm) diferente de 1 atm se determinan al multiplicar los valores de ρ , a la temperatura dada, por P y al dividir ν y α entre P .

Fuente: Datos generados basándose en el software EES desarrollado por S. A. Klein y F. L. Alvarado. Fuentes originales: Keenan, Chao, Keyes, Gas Tables, Wiley, 1984, y Thermophysical Properties of Matter, Vol. 3: Thermal Conductivity, Y. S. Touloukian, P. E. Liley, S. C. Saxena, Vol. 11: Viscosity, Y. S. Touloukian, S. C. Saxena y P. Hestermans, IFI/Plenum, NY, 1970, ISBN 0-306067020-8.

ELEMENTOS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

RESUMEN

En este artículo se describen los principios de ingeniería mecánica implicados en el diseño de un sistema de enfriamiento de un motor de combustión. Se consideran los conceptos de termofluidos y de transferencia de calor relacionados. El trabajo aquí presentado tiene una finalidad didáctica, muy ilustrativo para el ingeniero o el tecnólogo mecánico, que pueden ver en los sistemas de enfriamiento de los motores un prototipo de sistema mecánico, como lo son en efecto todos los sistemas y mecanismos de los motores de combustión.

PALABRAS CLAVES: Sistemas de enfriamiento, balance térmico, modelado.

ABSTRACT

In this article mechanical engineering principles related to the design of an engine cooling system are described. Thermo fluid and heat transfer concepts are considered. The paper is intended to serve educational purposes. It is very illustrative for the mechanical engineering student ever since cooling system is a unique prototype of a mechanical system, along as other internal combustion engine systems.

KEYWORDS: Cooling system, energy balance, modeling.

1. INTRODUCCIÓN.

El rendimiento de un Motor de Combustión Interna *MCI* está asociado a su capacidad para convertir el total de la energía suministrada en trabajo útil. Para elevar el rendimiento térmico del motor es ideal operarlo a temperaturas lo más elevadas posible, pero hay una limitante como los materiales, los cuales no pueden trabajar en rangos tan altos de temperatura, siendo necesario una apropiada remoción del calor para prevenir fallas debido a la fatiga térmica. Igualmente las altas temperaturas de operación son precursoras de contaminantes como NO_x , requiriéndose de tecnologías cada vez más eficientes de tratamiento de gases.

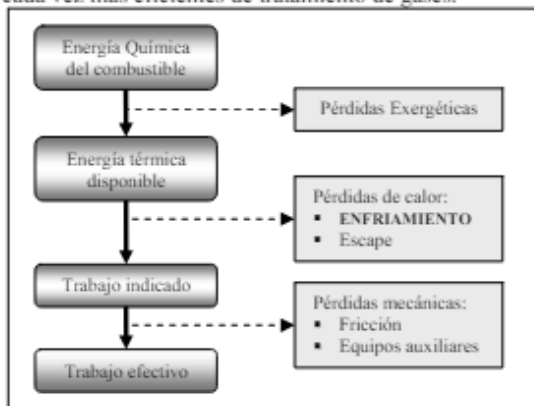


Figura 1. Cadena de la energía en un motor de combustión.

De acuerdo con la figura 1, ocurren en un motor de combustión una serie de interacciones energéticas para

Fecha de Recepción: 30 de Agosto de 2006
Fecha de Aceptación: 22 de Febrero de 2007

CARLOS ALBERTO ROMERO PIEDRAHITA

Ingeniero Mecánico, M.Sc.
Profesor Titular
Escuela de Tecnología Mecánica
Universidad Tecnológica de Pereira
cromero@utp.edu.co

YAMID ALBERTO CARRANZA SÁNCHEZ

Ingeniero Mecánico, M.Sc.
Profesor Auxiliar
Escuela de Tecnología Mecánica
Universidad Tecnológica de Pereira
yamidc@utp.edu.co

que se obtenga trabajo efectivo a partir de la energía química contenida en un combustible. El motor de combustión, visto como una integración de sistemas mecánicos, mejorará su desempeño en cuanto sean perfeccionados cada uno de los sistemas que lo componen, lo que redundará en beneficios económicos y, principalmente, ambientales.

El trabajo presentado constituye un estudio recapitulativo basado en la necesidad de implementar sistemas de ingeniería para propósitos educativos, en este caso el sistema de enfriamiento de un motor, propendiendo por la sinergia de diversas áreas del conocimiento como lo son la termodinámica, la mecánica de fluidos y la transferencia de calor, bajo un pertinente tratamiento matemático y la importancia de la aplicabilidad.

2. SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE UN AUTOMOVIL

El nivel del estado térmico del motor puede garantizarse de manera indefinida sólo si el calor Q_c , resultado de la combustión y transferido a las paredes de la cámara de combustión y el generado por la fricción de los componentes mecánicos, puede disiparse a un sistema de enfriamiento o sistema recuperador de energía a la misma velocidad de su generación. El calor que debe disiparse al sistema de enfriamiento es función del régimen de velocidad y del régimen de carga del motor, lo que hace necesario que el sistema disipador o recuperador de energía deba tener suficiente capacidad de respuesta, acorde con la variación de esos mismos regímenes. En

general, el calor disipado o recuperado puede determinarse por la expresión (1):

$$Q_r = C \cdot G \cdot (T_s - T_{en}) \quad (1)$$

Donde C es el calor específico del sistema de enfriamiento, G es el caudal del líquido de enfriamiento por unidad de tiempo, T_s es la temperatura del agua a la salida del motor, T_{en} es la temperatura del agua a la entrada del motor. El calor específico reducido para fines prácticos puede hallarse como $C = C_l G_l + C_m G_m$, siendo C_l y C_m los calores específicos del líquido y del metal y, G_l y G_m las masas del líquido y del metal que participan en la acumulación de calor, respectivamente.

La cantidad de calor disipado o recuperado puede variarse controlando el caudal del líquido (controlando la velocidad de la bomba o regulando los caudales con válvulas estranguladoras o direccionales), controlando la temperatura del líquido a la entrada al sistema (con válvulas termostáticas controlables), controlando el caudal de aire en el conjunto del radiador-ventilador-enfocador, o con una combinación particular de estas alternativas.

La mayoría de los sistemas de enfriamiento de los motores son de tipo cerrado e incluyen galerías o pasajes para la circulación del líquido enfriador por el bloque y las culatas, un radiador principal o disipador de calor al aire circundante, un intercambiador de calor para el calentamiento del salón del vehículo o la cabina, una o varias válvulas controladoras del flujo del líquido enfriador (entre las que se incluyen los termostatos mecánicos y los electrónicos), mangueras y elementos conectores y una bomba para el movimiento del fluido.

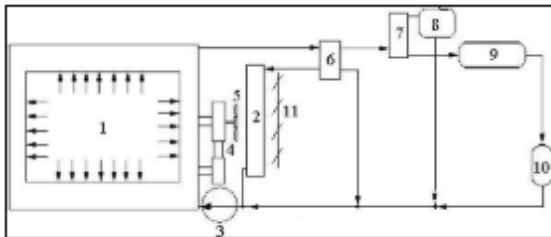


Figura 2. Composición general de un sistema de enfriamiento.

En la figura 2 se presenta un esquema general de un sistema de enfriamiento de motor, el cual consta de: 1-Motor, 2-Radiador, 3-Bomba, 4-Accionamiento del ventilador, 5-Ventilador, 6-Termostato, 7-Caja de agua, 8-Tanque de expansión o desgasificador, 9-Calentador del habitáculos, 10-Intercambiador de calor de los gases de escape, 11-Persianas de control del flujo de aire. Dentro del motor puede encontrarse adicionalmente un enfriador del aceite del motor y un intercambiador de tubos aceite-agua.

En general, todos los componentes del sistema de enfriamiento mostrado en la figura 2 pueden ser elementos controlables por un sistema de control del motor o del vehículo que se encargue de la gestión térmica. El ventilador de la figura 2 se ha presentado como de accionamiento mecánico, pero tanto él como la

bomba y las persianas pueden tener accionamiento eléctrico con frecuencia de rotación controlada. Cada motor en particular tiene su balance de energía, el cual es variable con las condiciones de explotación.

3. MODELADO DEL PROCESO DE ENFRIAMIENTO DEL MOTOR.

Un modelo sencillo que permite analizar la evolución de la temperatura del motor está dado por:

$$C \frac{dT}{dt} = Q_i - Q_r \quad (2)$$

Donde Q_i es la cantidad de calor que recibe el sistema de enfriamiento por parte del motor, Q_r es la cantidad de calor evacuada por el sistema de enfriamiento a través del radiador y los elementos recuperadores o aprovechadores de energía. Durante un régimen no estacionario la ecuación (2) toma la forma:

$$C \frac{d(\Delta T)}{dt} = \Delta Q_i - \Delta Q_r \quad (3)$$

La cantidad de calor Q_i , transmitida por el motor por unidad de tiempo al sistema de enfriamiento, depende de la temperatura T en el sistema de enfriamiento, de la velocidad angular del cigüeñal ω y de la posición h del acelerador. Por consiguiente, $Q_i = f(T, \omega, h)$, expresión que tras un proceso de linealización se traduce en:

$$\Delta Q_i = \frac{\partial Q_i}{\partial T} \Delta T + \frac{\partial Q_i}{\partial \omega} \Delta \omega + \frac{\partial Q_i}{\partial h} \Delta h \quad (4)$$

La cantidad de calor Q_r , transmitida por el sistema de enfriamiento al medio exterior, depende de la temperatura del líquido T a la salida de la culata, el caudal G a través del volumen de las galerías de enfriamiento y, de la temperatura de entrada T_{en} a la que ingresa el agua al sistema de enfriamiento; es decir, $Q_r = f(T, G, T_{en})$. Luego de descomponer esta función en la serie de Taylor y de linealizarla, se tiene:

$$\Delta Q_r = \frac{\partial Q_r}{\partial T} \Delta T + \frac{\partial Q_r}{\partial G} \Delta G + \frac{\partial Q_r}{\partial T_{en}} \Delta T_{en} \quad (5)$$

La variación del caudal ΔG del agua depende de la frecuencia de rotación del impeler de la bomba y del desplazamiento Δx del órgano de control (la válvula de control usualmente es el termostato). Reemplazando esta expresión en la ecuación (5), considerando $\Delta T_{en} = 0$ y definiendo el factor de estabilidad del proceso de enfriamiento F_e como: $F_e = \frac{\partial Q_r}{\partial T} - \frac{\partial Q_i}{\partial T}$, se obtiene:

$$C \frac{d\Delta T}{dt} + F_e \Delta T = -\frac{\partial Q_r}{\partial x} \Delta x + \frac{\partial Q_r}{\partial h} \Delta h + \left(\frac{\partial Q_i}{\partial \omega} - \frac{\partial Q_r}{\partial \omega} \right) \Delta \omega \quad (6)$$

De las características de los componentes del sistema de enfriamiento dependerá la estabilidad de la temperatura del motor y la respuesta del sistema a sus cambios de régimen. Para abordar un análisis de la respuesta del sistema a los cambios de régimen el sistema tiene que haberse dimensionado. En el siguiente numeral se comentarán los fundamentos de diseño preliminar de los componentes principales del sistema de enfriamiento de un motor.



4. CÁLCULO PRELIMINAR DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO.

El cálculo preliminar del sistema de enfriamiento de un motor consiste en la determinación del área de superficie de enfriamiento del radiador, las medidas principales de la bomba de agua y su característica y, la selección del ventilador.

4.1 Cálculo del Radiador

El radiador es generalmente un intercambiador de calor de flujo cruzado destinado a transmitir el calor del líquido enfriador al aire circundante. El cálculo del radiador se efectúa en el siguiente orden:

1. Se determina la cantidad de calor Q_l [kW] disipada a través del sistema de enfriamiento durante el trabajo del motor en el régimen de potencia nominal:

$$Q_l = q_l H_i G_c / 3600 \quad (7)$$

Donde q_l es la entrega relativa de calor al sistema de enfriamiento, H_i es el poder calorífico del combustible y G_c es el flujo másico de combustible. Para tener en cuenta la disminución del coeficiente de entrega del calor debido a la obstrucción y ensuciamiento de la superficie exterior del panel, la formación de costras en las superficies internas de los tubos del radiador y, la desviación de los datos de cálculo con respecto a los reales, se introduce un coeficiente corrector $k_c = 1,1$ [1].

2. La cantidad de calor evacuada del motor a través del líquido enfriador Q_{lc} , se toma igual a la cantidad de calor transmitida al aire circundante Q_{aire} y es equivalente a: $Q_{lc} = Q_{aire} = k_c Q_l = 1,1 Q_l$.

3. El caudal del aire [m^3/s] que pasa a través del radiador está dada por:

$$V_{aire} = \frac{Q_{aire}}{C_{aire} \rho_{aire} \Delta T_{aire}} \quad (8)$$

donde C_{aire} es el calor específico medio del aire, ρ_{aire} es la densidad del aire y ΔT es el incremento de temperatura del aire que fluye en el radiador. El caudal de aire en [m^3/s] para motores a gasolina es $(0,03...0,055)N_e$ y para los motores Diesel es $(0,015...0,04)N_e$ [1].

4. El caudal de circulación [L/s] del líquido enfriador que pasa a través del radiador es:

$$V_l = \frac{Q_{lc}}{C_l \rho_l \Delta T_l} \quad (9)$$

Donde C_l es el calor específico del líquido refrigerante, ρ_l es la densidad del líquido enfriador y, $\Delta T_l = T_{ent} - T_{sald} = 6...12$ °C es la disminución de temperatura del líquido de enfriamiento al fluir por el radiador. El valor óptimo de la temperatura T_{ent} se toma en el rango 80...95°C.

5. La temperatura media del líquido en el radiador T_{lm} es:

$$T_{lm} = T_{ent} - \frac{\Delta T_l}{2} \quad (10)$$

6. La temperatura media del aire T_{aire_m} que pasa a través del radiador:

$$T_{aire_m} = T_{aire_ent} + \frac{\Delta T_{aire}}{2} \quad (11)$$

La temperatura del aire a la entrada del radiador T_{aire_ent} se toma como 40°C.

7. El área necesaria [m^2] de superficie de enfriamiento del radiador:

$$F_{rad} = \frac{10^3 Q_{lc}}{K_l (T_{lm} - T_{aire_m})} \quad (12)$$

Donde K_l es el coeficiente de transferencia de calor del líquido enfriador al cuerpo del radiador en [$W/m^2 \cdot K$]:

$$K_l = \left[\left(\frac{1}{h_l} + \frac{\delta}{k} \right) \psi + \frac{1}{h_{enf}} \right]^{-1} \quad (13)$$

h_l es el coeficiente de entrega de calor del líquido enfriador a las paredes del radiador en [$W/m^2 \cdot K$], δ es el espesor de la pared en [m], k es el coeficiente de conductividad térmica del material de los tubos del radiador [$W/m \cdot K$] y h_{enf} es el coeficiente de entrega de calor de las paredes del radiador al enfriador (al aire) en [$W/m^2 \cdot K$]. El valor de h_l depende principalmente de la velocidad de movimiento del líquido en los tubos del radiador. Para tubos rectos lisos, a las velocidades de flujo de líquido características en los motores de automóviles, $h_l = 2500...4100$ [$W/m^2 \cdot K$] [1]. El coeficiente de arizado ψ , para los radiadores de paneles cruzados y de paneles en serpentín, se puede tomar entre 3,5 y 6. Los valores del coeficiente de entrega de calor de las paredes del radiador al aire $h_{enf} = 70...140$ [$W/m^2 \cdot K$]. Para los radiadores de los automóviles K_l tiene valores de 90...180 [$W/m^2 \cdot K$], en donde los valores mayores son para los vehículos livianos.

8. El área de la superficie frontal del radiador F_{fr} [m^2] es:

$$F_{fr} = \frac{V_{aire}}{v_{aire}} \quad (14)$$

Donde v_{aire} es la velocidad del aire en el frente del radiador que puede estar alrededor de 6...18 [m/s] sin tener en cuenta la velocidad de movimiento del vehículo.

9. La profundidad del panel del radiador l_{rad} [mm] es:

$$l_{rad} = \frac{F_{rad}}{(F_{fr} \cdot \varphi_r)} \quad (15)$$

Donde φ_r es el coeficiente de compacidad volumétrica. Para los radiadores modernos $\varphi_r = 0,6...1,8$ mm⁻². La profundidad del núcleo de los radiadores de automóviles varía de 30 a 150 mm.

4.2 Cálculo del Ventilador

El ventilador se instala en los sistemas de enfriamiento, junto con el enfocador, para crear un flujo forzado de aire, que pase a través del panel del radiador. Al seleccionar el ventilador deben conocerse la presión del aire creada por éste, p_{ai} [Pa] y el caudal de aire V_{aire} [m^3/s]. La velocidad circular del aspa del ventilador [m/s] en su diámetro exterior es:

$$u = \psi_a \sqrt{P_{ai} / \rho_{aire}} \quad (16)$$

donde ψ_a es un coeficiente que depende de la forma de las aspas: $\psi_a=2,2...2,9$ para aspas curvilíneas, $\psi_a=2,8...3,5$ para aspas planas, $p_{ai}=600...1000$ [Pa] (es determinada por la resistencia aerodinámica del ducto de aire). Partiendo de premisas de carácter acústico se toma $u \leq 110$ [m/s]. El diámetro del ventilador [m] es:

$$D_V = 1,3 \sqrt{\frac{V_{aire}}{v_{aire}}} \quad (17)$$

Donde V_{aire} es el caudal del ventilador, determinado por la ecuación (8) si el sistema de enfriamiento es líquido, v_{aire} es la velocidad de cálculo del aire en el rotor. En los ductos de aire esta velocidad depende de la relación del área "de sección viva" del círculo descrito por las aspas del ventilador, sobre la superficie frontal del radiador; esta relación se puede tomar igual a 0,45...0,6 con lo que $v_{aire}=13...40$ [m/s]. La frecuencia de rotación [min^{-1}] del árbol del ventilador η_V es:

$$\eta_V = \frac{60 \cdot u}{\pi \cdot D_V} \quad (18)$$

Generalmente la relación de la frecuencia de rotación del árbol cigüeñal sobre la frecuencia de rotación del ventilador es de 0,7...1. La potencia [kW] consumida por el accionamiento del ventilador es:

$$N_V = \frac{10^{-3} p_a V_{aire}}{\eta_V} \quad (19)$$

Donde η_V es el rendimiento del ventilador. Para los ventiladores remachados $\eta_V = 0,3...0,4$, para los fundidos y los plásticos $\eta_V = 0,6...0,7$. Para los motores existentes la relación N_v/N_e no supera 0,05...0,08 (N_e es la potencia efectiva del motor).

4.3 Cálculo de la Bomba de Agua

El caudal de cálculo de la bomba de agua (l/s) está dado por:

$$V_k = \frac{V_l}{\eta_b} \quad (20)$$

Donde η_b es el rendimiento volumétrico de la bomba el cual está en el orden de $\eta_b = 0,8...0,9$. El radio r_l [m] del ducto de succión del impeler se determina de la relación $\pi(r_l^2 - r_0^2) = \frac{10^{-3} V_k}{c_l}$ cuyo cumplimiento garantiza el caudal de líquido enfriador a través del ducto de succión de la bomba:

$$r_l = \sqrt{\frac{V_k}{10^3 \pi \cdot c_l} + r_0^2} \quad (21)$$

donde r_0 es el radio del cubo del impeler [m], c_l es la velocidad del líquido a la entrada de la bomba: $c_l = 1...2,5$ [m/s]. La velocidad circular (m/s) de salida del líquido:

$$u_2 = \sqrt{1 + \text{tg} \alpha_2 \cdot \text{ctg} \beta_2} \sqrt{p_l / (10^3 \eta_b \rho)} \quad (22)$$

donde α_2 , β_2 son los ángulos entre las direcciones de las velocidades c_2 y u_2 , ω_2 y u_2 , p_l es la presión del líquido creada por la bomba, P_a : $p_l = (5...10)10^4$ [Pa]; η_b es el

rendimiento hidráulico de la bomba: $\eta_b = 0,6...0,7$. El radio (m) del impeler en la salida es por lo tanto:

$$r_2 = \frac{30 \cdot u_2}{(\pi \cdot n_{im})} \quad (23)$$

donde n_{im} es la frecuencia de rotación del impeler [min^{-1}]. La velocidad circular [m/s] del flujo a la entrada se encuentra de la relación $u_1/r_1 = u_2/r_2$, de donde:

$$u_1 = u_2 \frac{r_1}{r_2} \quad (24)$$

El ángulo β_l se determina luego de considerar que el ángulo α_l entre los vectores de velocidades c_l y u_l es igual a 90°:

$$\text{tg} \beta_l = \frac{c_l}{u_l} \quad (25)$$

Basándose en los datos obtenidos se efectúa el perfilado del aspa. La velocidad radial a la salida del líquido enfriador [m/s]:

$$c_r = \frac{p_l \cdot \text{tg} \alpha_2}{(10^3 \cdot u_2 \cdot \eta_b \cdot \rho_l)} \quad (26)$$

El ancho de las aspas a la entrada, b_1 y salida b_2 (mm) es:

$$b_1 = \frac{10^3 V_k}{(2\pi r_1 - z \delta / \sin \beta_1) c_1}; b_2 = \frac{10^3 V_k}{(2\pi r_2 - z \delta / \sin \beta_2) c_r} \quad (27)$$

Donde z es el número de aspas del impeler; δ es el espesor del aspa, [mm]. En los diseños existentes $z = 4...8$, $\delta = 3...5$ [mm], $b_1 = 10...35$ [mm], $b_2 = 4...25$ [mm].

La potencia [kW], consumida por la bomba de agua es:

$$N_b = \frac{10^{-6} \cdot V_k \cdot P_l}{\eta_M} N_b = 10^{-6} \cdot V_k \cdot p_l / \eta_M \quad (28)$$

donde η_M es el rendimiento mecánico de la bomba de

agua; $\eta_M = 0,7...0,9$. El valor de N_b constituye 0,5...1% de N_e . La capacidad del sistema de enfriamiento líquido, en litros, se determina orientativamente por la relación (0,13...0,35) N_e .

4.4 Ejemplo de Aplicación

Se calculará el sistema de enfriamiento de un motor, cuyo consumo de combustible es $G_c=47,3$ [kg/h] con un poder calorífico $H_f=42500$ [kJ/kg]. Por datos del balance energético del motor, la entrega relativa de calor al sistema de enfriamiento es $q_f=0,22$ y, $C_{aire}=1,005$ [kJ/kg-K] y $\rho_{aire}=1,3$ [kg/m³] con $T_{aire}=40$ [°C].

Radiador. La cantidad de calor evacuada a través del sistema de enfriamiento del motor se determina por:

$$Q_l = 0,22 \cdot 42500 \cdot 47,3 / 3600 = 122,85 \text{ [kJ/s]}$$

La cantidad de calor de cálculo o calor transmitido al aire circundante es:

$$Q_k = Q_{aire} = 1,1 \cdot 122,85 = 135,13 \text{ [kJ/s]}$$

El caudal de aire que debe pasar a través del radiador, tomando $\Delta T_{aire}=25$ °C, es:

$$V_{aire} = 135,13 / (1,005 \cdot 1,13 \cdot 25) = 4,76 \text{ [m}^3/\text{s]}$$



Tomando $T_{\text{ent}}=92^{\circ}\text{C}$ y $\Delta T_f=10^{\circ}\text{C}$, la temperatura media del liquido en el radiador es:

$$T_{\text{lm}} = 92-10/2 = 87 [^{\circ}\text{C}]$$

La temperatura media del aire, considerando la temperatura de entrada $T_{\text{aire,ent}} = 40^{\circ}\text{C}$, es:

$$T_{\text{aire,m}} = 40 + 25/2 = 52,5 [^{\circ}\text{C}]$$

El área de la superficie de enfriamiento del radiador es:

$$F_{\text{rad}} = 10^3 \cdot 135,13/[90(87-52,5)] = 43,52 [m^2]$$

El coeficiente total de transmisión de calor del radiador K_f se tomó igual a $90 [W/m^2\cdot K]$. Tomando $v_{\text{aire}}=13 [m/s]$, el área de la superficie frontal del radiador es:

$$F_p = 4,76/13 = 0,366 [m^2]$$

La profundidad del núcleo del radiador es:

$$l_{\text{rad}} = 43,52/(0,366 \cdot 1,1) = 108,1 [mm]$$

Ventilador. La velocidad circular del aspa del ventilador:

$$u = 2,5 \sqrt{\frac{800}{1,04}} = 69,34 [m/s]$$

Se ha tomado $\psi=2,5$ (aspas curvilíneas), $\rho_{\text{aire}}=1,293-273/(273+65)=1,04 [kg/m^3]$, $p_{\text{at}}=800 \text{ Pa}$. El diámetro del ventilador, con $(v'_{\text{aire}}=v_{\text{aire}}/0,52=13/0,52=25 [m/s])$, es:

$$D_v = 1,3 \cdot \sqrt{\frac{4,76}{25}} = 0,567 m \approx 0,56 m$$

La frecuencia de rotación del árbol del ventilador es:

$$n_v = 6 \cdot 0,69,34/(3,14 \cdot 0,56) = 2366 [min^{-1}]$$

La potencia gastada en el accionamiento del ventilador,

considerando una eficiencia volumétrica $\eta_v=0,65$, es:

$$N_v = 10^3 \cdot 800 \cdot 4,76/0,65 = 5,86 [kW]$$

Bomba de agua. Considerando que $c_f=4,187 [kJ/kg\cdot K]$, $\rho_f=1 [T/m^3]$ para el agua y $\Delta T_f=10^{\circ}\text{C}$; el caudal de circulación del liquido enfriador es:

$$V_f = 135,13/(4,187 \cdot 10) = 3,23 [l/s]$$

El caudal de cálculo de la bomba, con $\eta_b = 0,85$, es:

$$V_{lc} = 3,23/0,85 = 3,8 [l/s]$$

Assumiendo $c_f=1,65 [m/s]$, $r_o=0,02 [m]$, el radio del ducto de entrada del impeller es:

$$r_i = \sqrt{\frac{3,8}{(10^3 \cdot 3,14 \cdot 1,65)} + 0,02^2} = 0,0337 m$$

La velocidad circular de salida del liquido, considerando $\alpha_2 = 9^{\circ}$; $\beta_2 = 42^{\circ}$; $\eta_b = 0,67$:

$$u_2 = \sqrt{1 + \text{tg}^2 9^{\circ} \cdot \text{ctg}^2 42^{\circ}} \sqrt{85000/(10^3 \cdot 0,67 \cdot 1)} = 12,2 [m/s]$$

El radio del impeller a la salida es:

$$r_2 = 30 \cdot 12,2/(3,14 \cdot 2366) = 0,049 [m]$$

La velocidad circular de entrada del flujo es:

$$u_1 = 12,2 \cdot 0,0337/0,049 = 8,4 [m/s]$$

De la ecuación (25), se tiene que $\text{tg} \beta_1 = 1,65/8,4 = 0,196$. Entonces $\beta_1 = 11,11^{\circ}$. La velocidad radial de salida del liquido enfriador es:

$$c_r = 85000 \text{ Tg } 9^{\circ}/(10^3 \cdot 12,2 \cdot 0,67) = 1,65 [m/s]$$

El ancho de las aspás siendo $z = 6$; $\delta = 4 [mm]$ es:

$$b_1 = 10^3 \cdot 3,8/[(2 \cdot 3,14 \cdot 33,7 - 6 \cdot 4/\sin 11,11^{\circ}) \cdot 1,65] = 26,45$$

$$b_2 = 10^3 \cdot 3,8/[(2 \cdot 3,14 \cdot 49 - 6 \cdot 4/\sin 42^{\circ}) \cdot 1,65] = 8,47 [mm]$$

La potencia consumida por la bomba, tomando el rendimiento mecánico $\eta_M=0,85$:

$$N_b = 10^6 \cdot 3,8 \cdot 85000/0,85 = 0,38 [kW]$$

5. CONSIDERACIONES TERMOFLUIDICAS PARA LA SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO.

Durante la simulación de un sistema de enfriamiento, las partes principales se modelan haciendo uso de submodelos termodinámicos e hidráulicos de los diferentes elementos integradores del sistema. Los modelos consisten principalmente de dos flujos concomitantes de masa y energía: el flujo del liquido refrigerante y el flujo del aire. En los volúmenes de control se definen balances de masa y energía, mientras que en los modelos de flujo se determinan relaciones entre pérdidas de presión y flujos. Los volúmenes de control describen el comportamiento dinámico y se parametrizan con propiedades geométricas del componente y las propiedades del fluido. Los modelos de flujo describen las pérdidas de presión, la transferencia de calor y la potencia consumida sobre la base de

relaciones empíricas encontradas en la literatura o por comparación con componentes existentes.

Para el flujo de aire, la presión y la temperatura son tomados como variables de estado y las ecuaciones de balance de masa y energía tienen formas como:

$$m \frac{\partial u}{\partial p} \dot{p} + m \frac{\partial u}{\partial T} \dot{T} = \dot{U}; V \frac{\partial \rho}{\partial p} \dot{p} + V \frac{\partial \rho}{\partial T} \dot{T} = \dot{m} \quad (29)$$

donde \dot{U} y \dot{m} denotan el flujo neto de energía y masa hacia el volumen de control, al tiempo que m y V son la masa atrapada en el volumen y el tamaño de éste, respectivamente. Para el liquido enfriador se emplean expresiones equivalentes a la ecuación (29). La presión del liquido se determina a partir de relaciones de hidrostática. Las pérdidas de presión en el recorrido del liquido pueden modelarse con relaciones polinómicas en función del caudal; la presión a la salida de la bomba dependerá del flujo en el sistema de enfriamiento, de las revoluciones del impeller y de la forma y dimensiones del volumen aledaño al impeller.

Conociendo o asumiendo las pérdidas de presión en los componentes, éstos se pueden reemplazar en el circuito simulado por orificios con áreas equivalentes, A_{eq} , tales que se reproduzcan las pérdidas de presión para los diferentes flujos: $A_{eq} = V_i \cdot \sqrt{\rho/2\Delta p}$.

La transferencia de calor en los componentes como radiadores e intercambiadores de calor se modela sobre la base de la determinación del número de Nusselt $Nu = a Re^b Pr^c$, siendo a y b constantes propias de cada componente, disponibles en la literatura, Re el número de Reynolds y Pr el número de Prandtl. En particular, el coeficiente de transferencia de calor entre el líquido enfriador y las paredes del motor puede obtenerse a partir de la expresión:

$$Nu = c \cdot Re^{0.8} \cdot Pr^{0.4} \quad (30)$$

Para elementos sencillos como tubos rectos, codos, etc., puede usarse la literatura general para el cálculo de las pérdidas de presión y la transferencia de calor. Los componentes más complejos como los intercambiadores de calor, las camisas de enfriamiento, las válvulas y bombas se modelan mejor a partir de curvas características y tablas de valores. En general, muchas características de los componentes del sistema que se está diseñando tendrán que tomarse de la literatura, por analogía con otros sistemas o de las especificaciones contenidas en catálogos de fabricantes. Entre ellas se resumen: resistencia al flujo en las galerías de enfriamiento, capacitancia térmica del motor, variación de la entrega de calor según el régimen, variación del calor de los elementos auxiliares como el supercargador, el enfriador de EGR (Exhaust Gas Recirculation) y el aceite; la característica de apertura del termostato, la resistencia al flujo del termostato y su respuesta dinámica; la resistencia al flujo, la resistencia al paso del aire, las características de operación y la capacitancia térmica del radiador; las características de presión y potencia del ventilador, tablas con calores intercambiados

para las combinaciones representativas de caudal de líquido refrigerante en l/h y de aire en kg/h para una diferencia de temperaturas experimental dada, para los diferentes intercambiadores. Estas características y otras tendrán que modelarse para simular el desempeño del motor en regímenes de ciclos estandarizados y en regímenes de carga constante. Concretamente, los motores deben tener un tiempo máximo para alcanzar su temperatura de estado estacionario, pues mientras el motor no se haya calentado plenamente la potencia, el consumo y las emisiones serán deficientes. Arici y otros [3] demostraron que la energía agregada al líquido refrigerante puede aproximarse como una función lineal del consumo de combustible:

$$C \frac{d\Delta T}{dt} = \Delta Q_c - \Delta Q_r \cong \zeta \dot{m}_{comb} H_i$$

Siendo \dot{m}_{comb} el consumo de combustible y ζ un coeficiente de proporcionalidad (para un motor Diesel moderno puede estimarse en 0,18). Conociendo el régimen de operación del motor, por ejemplo instalado en un vehículo que cumple con un ciclo europeo de conducción NEDC, se puede, ajustando el coeficiente de proporcionalidad, tener la entrega de calor al líquido de enfriamiento durante el ciclo. El área de transferencia de calor de las galerías de enfriamiento del motor se puede

estimar como $1,2 \cdot \pi \cdot D \cdot S \cdot i$, siendo i el número de cilindros del motor, D el calibre y S la carrera del pistón. En la gráfica de la figura 3 se ilustra la variación de la temperatura del líquido de enfriamiento de un motor arrancando su operación bajo un nuevo ciclo europeo de conducción.



Figura 3. Simulación de la evolución de la temperatura de un motor durante su arranque bajo un ciclo, obtenida con un programa de simulación comercial NEDC.

Programas como el Flowmaster, Amesim, GT-Cooling y otros se usan actualmente para modelar sistemas de enfriamiento de motores y comportamiento de sus componentes. Se pueden modelar, simular y analizar redes hidráulico-térmicas de gran tamaño y complejidad con miras a evaluar el desempeño de estos sistemas bajo los diferentes regímenes de operación de un vehículo.

6. CONCLUSIONES.

Algunos conceptos de termofluidos comunes a los sistemas de enfriamiento de motores y de enseñanza en cursos de pregrado, han sido presentados para motivar al estudio transversal de las áreas de la mecánica a través del motor de combustión interna.

Un procedimiento de cálculo de los elementos de un sistema de enfriamiento para motores ha sido desarrollado, bajo una aplicabilidad que muestra la fuerza de la termotecnia en sistemas de ingeniería.

Se resalta el modelado matemático y la simulación computacional como herramientas para el entendimiento, el análisis, el perfeccionamiento y el desarrollo de los sistemas de enfriamiento para motores.

7. BIBLIOGRAFÍA.

- [1] ROMERO, P. C. A. Fundamentos de construcción de motores de combustión interna. Universidad Tecnológica de Pereira. 2003.
- [2] KWANG, I. Y. y otros. An Engine Coolant Temperatura Model and Application for Cooling System Diagnosis. SAE paper 2000-01-0939.
- [3] ARICI, O. y otros. The Vehicle Engine Cooling System Simulation. Part 2 – Model Validation Using Transient Data. SAE paper 1999-01-0241, 1999.
- [4] WAGNER, J. R. y otros. Smart Thermostat and Coolant Pump Control for Engine Thermal Management Systems. SAE paper 2003-01-0272.
- [5] CURTIS, M. H. y otros. 2005 Ford GT – Maintaining Your Cool at 200 MPH. SAE paper 2004-01-1257.
- [6] PULKRABEK, W. Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engines. Pearson. USA. 2004.

Tornado XR 250

"UNA PERSONALIDAD PARA CADA NECESIDAD"

"La potencia y versatilidad de la Honda XR 250 Tornado la convierten en una motocicleta con dos personalidades que conviven en perfecta armonía. Se desplaza con total naturalidad en el día a día como una ágil moto de calle y ofrece una increíble explosión de adrenalina en cada salida off-road."



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

MOTOR

TIPO DE MOTOR	DOHC 4T 4 válvulas
CILINDRADA	249 cc.
POTENCIA MÁXIMA	20.2 hp a 7500 rpm
TORQUE MÁXIMO	21.5 Nm a 6000 rpm
SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	Carburador 32mm
SISTEMA DE ENERGIAMIENTO	Por aire
TRANSMISIÓN	Perfect Shift® 6 velocidades
ARRANQUE	Eléctrico
CONSUMO DE GASOLINA	120 km/gal
VELOCIDAD MÁXIMA	122 km/h
RODAJE CON UN DÓLAR (KM)	80

CHASIS, DIMENSIONES Y PESO

LARGO X ANCHO X ALTURA	2147 x 845 x 1203 mm
ALTURA DE ASIENTO	840 mm
DISTANCIA ENTRE EJES	1427 mm
PESO EN ORDEN DE MARCHA	134 kg
TANQUE DE COMBUSTIBLE	11.5 L

RUEDAS, SUSPENSIÓN Y FRENOS

FRENOS DELANTEROS	Disco 240mm
FRENOS POSTERIORES	Tambor 130mm
NEUMÁTICOS (DEL. / TRAS.)	90/90-21 Del. 120/80-18 Tras
SUSPENSIÓN DELANTERA	Telescópica 220mm
SUSPENSIÓN POSTERIOR	Pro-Link® 242mm

- Suspensión ajustable ProLink DHS®
- Refrigeración combinada aire-aceite.
- Protector de Motor.
- Sistema de distribución DOHC 4 válvulas...



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 01/08/2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: Jaison Sergio Mamani Surco

Dirección: Urb. San Julian m2. e2 LT .5

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 73746303

Teléfono: 972 238 463 email: Jaison123 Surco @gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: Ingenierías y Ciencias Puras

Escuela Profesional o Mención: Ingeniería Mecánica Eléctrica

Título o Grado Académico a optar: Ingeniero Mecánico Electricista

Asesor: M.Sc. Maria Alejandra Ramos Herrera

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: Diseño de un sistema de enfriamiento para mejorar rendimiento del motor de tricimolo de servicio de pasajeros en la ciudad de Juliaca, 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): Diseño, sistema de enfriamiento, motor de tricimolo, rendimiento

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1,2}?

2

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

Bachiller Título 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez” una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez” podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez” consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
 Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
 No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

Sí autorizo
 No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción “internacional” o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción “internacional” emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción “internacional” goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

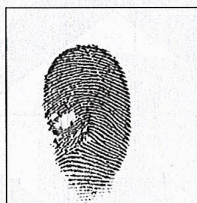
Internacional

Nacional

Línea de investigación: Tecnología e Ingeniería Mecánica -PIB



Firma de Autor



huella digital

02 de Agosto del 2024

Fecha