



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**



**REPOTENCIAMIENTO DE UN MOTOR DIESEL TOYOTA  
TOWNACE MEDIANTE CÁLCULO TERMODINÁMICO  
PARA MEJORAR FUNCIONAMIENTO ÓPTIMO  
A UNA ALTITUD DE 3825 METROS, 2024**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. JAVIER ISAIAS LUQUE RAMIREZ**

**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**

**REPOTENCIAMIENTO DE UN MOTOR DIESEL TOYOTA  
TOWNACE MEDIANTE CÁLCULO TERMODINÁMICO  
PARA MEJORAR FUNCIONAMIENTO ÓPTIMO  
A UNA ALTITUD DE 3825 METROS, 2024**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. JAVIER ISAIAS LUQUE RAMIREZ**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**APROBADA POR EL JURADO REVISOR:**

**PRESIDENTE**

:

  
Mgtr. WALTER JACINTO LIZARRAGA ARMAZA

**PRIMER MIEMBRO**

:

  
Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO

**SEGUNDO MIEMBRO**

:

  
Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

**ASESOR DE TESIS**

:

  
Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA- P18



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1552-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 22 de noviembre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024- 16554 presentado por el (la) Bachiller: **JAVIER ISAIAS LUQUE RAMIREZ** 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. **JAVIER ISAIAS LUQUE RAMIREZ**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **REPOTENCIAMIENTO DE UN MOTOR DIESEL TOYOTA TOWNACE MEDIANTE CÁLCULO TERMODINÁMICO PARA MEJORAR FUNCIONAMIENTO ÓPTIMO A UNA ALTITUD DE 3825 METROS, 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 mérito 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** : Mgtr. WALTER JACINTO LIZARRAGA ARMAZA
- \* **1er Miembro** : Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO
- \* **2do Miembro** : Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

**ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER** como asesor de la propuesta de investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA.**

**ARTICULO TERCERO . - APROBAR, la FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **JAVIER ISAIAS LUQUE RAMIREZ**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **REPOTENCIAMIENTO DE UN MOTOR DIESEL TOYOTA TOWNACE MEDIANTE CÁLCULO TERMODINÁMICO PARA MEJORAR FUNCIONAMIENTO ÓPTIMO A UNA ALTITUD DE 3825 METROS, 2024** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico Electricista.** de acuerdo al siguiente detalle:

- \* **FECHA** : Miércoles 27 de noviembre del 2024
- \* **HORA** : 10:00 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  
intermedio (3)



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1526-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 19 de noviembre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU- 17151, presentado por el señor (a) **JAVIER ISAIAS LUQUE RAMIREZ** solicitando **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACIÓN**, el Proveedor del Director de la Unidad de Investigación de la FICP, y la RESOLUCIÓN DECANAL N° 076-2023-D-UI-FICP-UANCV Aprobación de la PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN RESOLUCIÓN DECANAL N° 240 -2024-D-UI-FICP-UANCV Aprobación del INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS), para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista.

**CONSIDERANDO:**

Que, el señor (a): **JAVIER ISAIAS LUQUE RAMIREZ** ha presentado cambio de asesor de tesis del tema investigación Titulado: **REPOTENCIAMIENTO DE UN MOTOR DIESEL TOYOTA TOWNACE MEDIANTE CÁLCULO TERMODINÁMICO PARA MEJORAR FUNCIONAMIENTO ÓPTIMO A UNA ALTITUD DE 3825 METROS, 2024**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico Electricista**.

Que, el Director de la Unidad de Investigación de la FICP a tomado conocimiento que el asesor **MSc. MARIO ALEJANDRO RAMOS HERRERA** no tiene vínculo laboral en la facultad de ingenierías y ciencias puras y existiendo la RESOLUCIÓN DECANAL N° 076-2023-D-UI-FICP-UANCV Aprobación de la PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN RESOLUCIÓN DECANAL N° 240 -2024-D-UI-FICP-UANCV Aprobación del INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS).

Estando, a la solicitud del ejecutante y en cumplimiento al reglamento al Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención Grados Académicos y Títulos Profesionales; el director de la Unidad de Investigación **Dr. Efraín Parillo Sosa** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió el proveído favorable del cambio de asesor de investigación del tema titulado: **REPOTENCIAMIENTO DE UN MOTOR DIESEL TOYOTA TOWNACE MEDIANTE CÁLCULO TERMODINÁMICO PARA MEJORAR FUNCIONAMIENTO ÓPTIMO A UNA ALTITUD DE 3825 METROS, 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 del Director de la Unidad 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, 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 **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACION**, designado al señor (a): **JAVIER ISAIAS LUQUE RAMIREZ**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, con el Tema Titulado: **REPOTENCIAMIENTO DE UN MOTOR DIESEL TOYOTA TOWNACE MEDIANTE CÁLCULO TERMODINÁMICO PARA MEJORAR FUNCIONAMIENTO ÓPTIMO A UNA ALTITUD DE 3825 METROS, 2024** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA**, se le asigna como:

**ASESOR: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la) docente **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**.

**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

cc.  
Archivo 2024  
Interesado (a)



Dr. Efraín Parillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1090-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 23 de setiembre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU - 12566 por el señor (a): **JAVIER ISAIAS LUQUE RAMIREZ** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 982 - 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 011- 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 señor (a): **JAVIER ISAIAS LUQUE RAMIREZ**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **REPOTENCIAMIENTO DE UN MOTOR DIESEL TOYOTA TOWNACE MEDIANTE CÁLCULO TERMODINÁMICO PARA MEJORAR FUNCIONAMIENTO ÓPTIMO A UNA ALTITUD DE 3825 METROS, 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. Benjamín 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° 011- 2024 **aprobandó** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **REPOTENCIAMIENTO DE UN MOTOR DIESEL TOYOTA TOWNACE MEDIANTE CÁLCULO TERMODINÁMICO PARA MEJORAR FUNCIONAMIENTO ÓPTIMO A UNA ALTITUD DE 3825 METROS, 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 señor (a): **JAVIER ISAIAS LUQUE RAMIREZ**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, con el Tema Titulado: **REPOTENCIAMIENTO DE UN MOTOR DIESEL TOYOTA TOWNACE MEDIANTE CÁLCULO TERMODINÁMICO PARA MEJORAR FUNCIONAMIENTO ÓPTIMO A UNA ALTITUD DE 3825 METROS, 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.Sc. 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 CIENCIAS 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° 562-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 03 de julio del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU- 7395, presentado el o (la) Bachiller JAVIER ISAIAS LUQUE RAMIREZ solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 564 -2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 008 -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: JAVIER ISAIAS LUQUE RAMIREZ ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **REPOTENCIAMIENTO DE UN MOTOR DIESEL TOYOTA TOWNACE MEDIANTE CÁLCULO TERMODINÁMICO PARA MEJORAR FUNCIONAMIENTO ÓPTIMO A UNA ALTITUD DE 3825 METROS, 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° 008 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **REPOTENCIAMIENTO DE UN MOTOR DIESEL TOYOTA TOWNACE MEDIANTE CÁLCULO TERMODINÁMICO PARA MEJORAR FUNCIONAMIENTO ÓPTIMO A UNA ALTITUD DE 3825 METROS, 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: JAVIER ISAIAS LUQUE RAMIREZ, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, con el Tema Titulado: **REPOTENCIAMIENTO DE UN MOTOR DIESEL TOYOTA TOWNACE MEDIANTE CÁLCULO TERMODINÁMICO PARA MEJORAR FUNCIONAMIENTO ÓPTIMO A UNA ALTITUD DE 3825 METROS, 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.Sc. 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 CIENCIAS PURAS  
.....  
DR. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790

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

cc.  
Archivo 2024  
Interesado (a)



## REPOTENCIAMIENTO DE UN MOTOR DIESEL TOYOTA TOWNACE MEDIANTE CÁLCULO TERMODINÁMICO PARA MEJORAR FUNCIONAMIENTO ÓPTIMO A UNA ALTITUD DE 3825 METROS, 2024

### INFORME DE ORIGINALIDAD

12%

INDICE DE SIMILITUD

10%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	4%
2	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Universidad Tecnologica del Peru Trabajo del estudiante	1%
4	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	1%
5	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	1%
6	repositorio.unas.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%

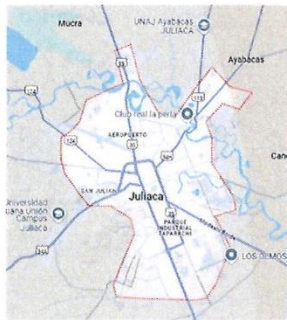


### METADATOS COMPLEMENTARIOS



<b>TÍTULO DE LA TESIS</b>	
<b>REPOTENCIAMIENTO DE UN MOTOR DIESEL TOYOTA TOWNACE MEDIANTE CÁLCULO TERMODINÁMICO PARA MEJORAR FUNCIONAMIENTO ÓPTIMO A UNA ALTITUD DE 3825 METROS, 2024</b>	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	JAVIER ISAIAS LUQUE RAMIREZ
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	77297586
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0000-3627-479X">https://orcid.org/0009-0000-3627-479X</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02416058
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0001-7567-039X">https://orcid.org/0000-0001-7567-039X</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	WALTER JACINTO LIZARRAGA ARMAZA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02393436
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02406088
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	SALVADOR TEODORO VALDIVIA CÁRDENAS
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02383061



<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA – P18
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p><b>Ubicación</b>  <b>País:</b> Perú  <b>Región:</b> Puno  <b>Provincia:</b> San Román  <b>Distrito:</b> Juliaca  <b>Coordenadas GMS</b>  <b>Longitud:</b> -15.5017248  <b>Latitud:</b> -70.1293415  <b>URL maps</b>  <a href="https://maps.app.goo.gl/Mmd4n9B3Nhc7s34Q7">https://maps.app.goo.gl/Mmd4n9B3Nhc7s34Q7</a></p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Julio 2024 – Noviembre 2024
URL de disciplinas OCDE <a href="https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html">https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html</a> - Librería	<p><b>Ingeniería mecánica</b>  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.01</a></p> <p><b>Sistemas de automatización, Sistemas de control</b>  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.03">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.03</a></p>

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CUSCO  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS HUMANAS  
 DIRECTOR  
 Dr. Efraín Parillo Sosa  
 DIRECTOR  
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



### DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo JAVIER ISAIAS LUQUE RAMIREZ, identificado con DNI Nro. 77297586, 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:  
REPOTENCIAMIENTO DE UN MOTOR DIESEL TOYOTA TOWNACE MEDIANTE CÁLCULO TERMODINÁMICO PARA MEJORAR FUNCIONAMIENTO ÓPTIMO A UNA ALTITUD DE 3825 METROS, 2024

Asesorado por: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

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 12 de diciembre del 2024

  
Firma del Asesor  
(obligatoria)

  
Firma del Estudiante  
(obligatoria)



Huella



## DEDICATORIA

A mi padre, Teófilo Luque Quispe quien me inculco los buenos valores, trabajar y ser independiente y que hasta el día de hoy siempre lo tengo presente y que desde el cielo donde ahora habitas siempre estas cuidándome, protegiéndome y guiándome por el buen camino y con mucho cariño y respeto te dedico esta tesis, papito querido.

A mi madre, Rosa Malvina Ramírez Trujillo por estar siempre ahí apoyándome incondicionalmente que a pesar de todas las adversidades que se le presentaba siempre estuvo ahí presente, que me ha motivo para seguir adelante y no rendirme y lograr ser alguien en la vida, esta tesis es mi forma de agradecerte por todo lo que has hecho por mi.

A mis hermanos, por estar siempre apoyándome en todo momento, a mi querida hermana y cuñado por enseñarme que todo se puede, que todo esfuerzo tiene su recompensa, siempre agradecidos con ellos por cada esfuerzo que hicieron por mi, esta tesis se las dedico a ustedes, ya que su hermanito pudo con todo y nunca se rindió.



## AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento a Dios quien siempre me ha guiado por el buen camino y me ayudo a seguir adelante, a mis amigos que han estado a mi lado apoyándome de manera incondicional Néstor Castillo, Miguel Ángel Parque, igualmente agradeciendo a mi UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ especialmente a mi Escuela Profesional de INGENIERIA MECÁNICA ELÉCTRICA, y a todos los DOCENTES por su dedicación y trabajo al compartir todos sus conocimientos durante ese proceso de mi vida universitaria.



## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	x

### CAPÍTULO I

#### ASPECTOS GENERALES

1.1. Descripción del problema.....	1
1.2. Formulación del problema.....	2
1.2.1. Problema General.....	2
1.2.2. Problemas específicos.....	2
1.3. Justificación.....	2
1.4. Objetivos de investigación.....	3
1.4.1. Objetivo General.....	3
1.4.2. Objetivos Específicos.....	3
1.5. Hipótesis.....	3
1.5.1. Hipótesis General.....	3
1.5.2. Hipótesis Específicas.....	3



1.6. Operacionalización de variables ..... 4

## CAPÍTULO II

### FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas ..... 5

    2.1.1. Motor diésel ..... 5

    2.1.2. Ciclo diésel..... 6

    2.1.3. Principio de la termodinámica ..... 7

2.2. Definición de términos ..... 15

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

3.1. Métodos de investigación ..... 16

    3.1.1. Tipo de investigación ..... 16

3.2. Ámbito de investigación ..... 16

3.3. Población y muestra ..... 17

    3.3.1. Población ..... 17

    3.3.2. Muestra ..... 17

3.4. Técnicas e instrumento de recogida de información ..... 17

    3.4.1. Técnicas..... 17

    3.4.2. Instrumentos ..... 17

3.5. Recogida de datos ..... 17

    3.5.1. Especificaciones técnicas del automóvil ..... 18

    3.5.2. Características técnicas de la culata..... 18



**CAPÍTULO IV**

**ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Presentación..... 19

4.2. Análisis e interpretación de resultados ..... 19

    4.2.1. Cálculo termodinámico de motor Toyota 2C antes de la repotenciación..... 19

    4.2.2. Cálculo termodinámico de motor Toyota 3C después de la repotenciación ..... 38

4.3. Discusión de resultados..... 58

CONCLUSIONES..... 59

RECOMENDACIONES ..... 61

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS ..... 61

APÉNDICES..... 64

    Apéndice 1 Matriz de Consistencia ..... 65

    Apéndice 2. Otros..... 66



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Operacionalización de variables .....	4
<b>Tabla 2.</b> Características del medio ambiente a una altitud de 3825 metros.....	16
<b>Tabla 3.</b> Especificaciones técnicas del vehiculo .....	18
<b>Tabla 4.</b> Características técnicas medidas de culata 2C.....	18
<b>Tabla 5.</b> Características técnicas medidas de culata 3C.....	18
<b>Tabla 6.</b> Interpolación para determinar temperatura de combustión antes de repotenciación.....	33
<b>Tabla 7.</b> Parámetros de presión y temperatura del motor diesel antes de repotenciación.....	35
<b>Tabla 8.</b> Parámetros del cilindro del motor diesel Toyota Townace.....	38
<b>Tabla 9.</b> Interpolación de temperatura de combustión después de repotenciación .....	51
<b>Tabla 10.</b> Parámetros de presión y temperatura despues de la repotenciación .	54
<b>Tabla 11.</b> Cuadro comparativo de repotenciación del motor Diesel a 3825 m.s.n.m. ...	57



## ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1.** Motor Diesel ..... 5



## RESUMEN

Este trabajo de investigación tiene como objetivo repotenciar de un motor Diésel Toyota Townace mediante cálculo termodinámico para mejorar funcionamiento óptimo a una altitud de 3825 metros, la metodología empleada es de tipo aplicada y nivel explicativo, se realizó el cálculo termodinámico del ciclo del motor Diésel Toyota Townace a 3825 metros sobre el nivel del mar: en donde se observa que la relación de compresión es de 20 y una potencia de 16KW; para el repotenciamiento se opta por el cambio de culata; con ello se incrementa la relación de compresión a 24 según cálculo; al realizar el análisis termodinámico se observa que se tiene una potencia de 23KW; con esto se logro incrementar la potencia del motor.

**Palabras clave:** Repotenciamiento, motor diésel, calculo termodinamico, funcionamiento optimo.



## ABSTRACT

This research work aims to repower a Toyota Townace Diesel engine by thermodynamic calculation to improve optimal performance at an altitude of 3825 meters, the methodology used is applied type and explanatory level, the thermodynamic calculation of the Toyota Townace Diesel engine cycle was performed at 3825 meters above sea level: where it is observed that the compression ratio is 20 and a power of 16KW; for the repowering it is chosen to change the cylinder head; with this the compression ratio is increased to 24 according to calculation; when performing the thermodynamic analysis it is observed that there is a power of 23KW; with this it was possible to increase the engine power.

**Keywords:** Repowering, diesel engine, thermodynamic calculation, optimal performance.



## INTRODUCCIÓN

Según la marca y confirmado por estos expertos, la eficiencia de este motor diésel chino alcanza el 53,09%. Esta cifra récord es el resultado de un desarrollo nacido en 2015, donde el motor se ha mejorado ligeramente para ganar cada vez más puntos porcentuales de eficiencia año tras año. Como explica Diarimotor, entre sus últimas novedades destacan los trabajos en la combustión de alta expansión para mejorar un 0,3%, el aumento del flujo mixto (0,25%) y la inyección de alta eficiencia (0,2%). Todo ello, más el uso de componentes de baja fricción que mejoran la eficiencia en un 0,15%, aumenta la eficiencia del 50,23% en 2020 al 53,09% actual.

La caída de presión atmosférica y temperatura debido a la altitud provoca pérdidas de potencia que afectan a la densidad y composición del aire, afectando así al rendimiento de cualquier motor térmico. Este problema es más pronunciado en los motores térmicos de desplazamiento positivo, como los motores de combustión interna alternativos, y entre ellos aún más en los motores de aspiración natural. El rendimiento indicado disminuye con la altitud, principalmente debido a presiones más bajas en los cilindros durante todo el ciclo del motor, aunque también aparecen otros efectos relacionados con la mezcla de combustible. Todo esto conduce a la pérdida del efecto deseado. Aunque la pérdida de potencia mecánica disminuye ligeramente con la altitud debido a la reducción de la contrapresión del escape y la presión dentro del cilindro, lo que reduce la pérdida de potencia debido al bombeo y la fricción, respectivamente, esta reducción es mucho menor que la potencia indicada. Por eso esta investigación funciona.



## CAPÍTULO I

### ASPECTOS GENERALES

#### 1.1. Descripción del problema

Algunos organismos mundiales han calculado cuanta potencia se pierde con respecto a la altura los motores de combustión interna específicamente mas perdida en motores diésel. Generalmente de aspiración natural la combustión en el cilindro depende de la mezcla aire – combustible, como el aire esta compuesto de oxigeno y nitrógeno en pequeñas cantidades, por lo que a nivel del mar se tiene mayor oxigeno y mayor altitud disminuye el oxigeno

El Perú tiene 3 regiones costa, sierra y selva. En la región sierra existen ciudades a altitudes mayores a 2000 metros sobre el nivel del mar, en donde los motores de combustión interna pierden fuerza debido a que la presión y temperatura disminuye a medida que incrementa la altitud

Lo que corresponde problema local en el campo transporte que son impulsados con motores de combustión interna, de los cuales los problemas que corresponden a motores diésel de aspiración natural que estos motores pierden potencia en altitud como en este caso a 3825 metros sobre el nivel del mar



## 1.2. Formulación del problema

### 1.2.1. Problema General

¿De que manera se puede repotenciar un motor Diesel Toyota Townace mediante cálculo termodinámico para mejorar funcionamiento optimo a una altitud de 3825 metros, 2024?

### 1.2.2. Problemas específicos

1. ¿Cómo se puede determinar parámetros del ciclo termodinámico de motor Diesel Toyota Townace a una altitud de 3825 metros?
2. ¿Cómo se puede determinar modificaciones para repotenciar el motor Diesel Toyota Townace a una altitud de 3825 metros?
3. ¿Cómo se puede determinar el mejoramiento de potencia y torque del motor Diesel Toyota Townace a una altitud de 3825 metros?

## 1.3. Justificación

**Teórico:** Porque debido a la altitud la presión disminuye y eso afecta al rendimiento del motor Diésel Toyota Townace

**Práctico:** Esta investigación pretende repotenciar el motor Diésel Toyota Townace para mejorar la potencia y torque en altitud

**Metodológico:** Para el desarrollo de la investigación primero se realizará el cálculo del ciclo termodinámico del motor Diésel Toyota Townace posterior a ello se determina las modificaciones que se pueden realizar para repotenciar el motor con ello se determina el mejoramiento de la potencia y torque en altitud



## 1.4. Objetivos de investigación

### 1.4.1. Objetivo General

Repotenciar un motor Diesel Toyota Townace mediante cálculo termodinámico para mejorar funcionamiento óptimo a una altitud de 3825 metros, 2024

### 1.4.2. Objetivos Específicos

1. Determinar parámetros del ciclo termodinámico de motor Diesel Toyota Townace a una altitud de 3825 metros
2. Determinar modificaciones para repotenciar el motor Diesel Toyota Townace a una altitud de 3825 metros
3. Determinar el mejoramiento de potencia y torque del motor Diesel Toyota Townace a una altitud de 3825 metros

## 1.5. Hipótesis

### 1.5.1. Hipótesis General

Si se repotencia un motor Diesel Toyota Townace mediante el cálculo termodinámico entonces se mejorara la potencia a una altitud de 3825 metros sobre el nivel del mar

### 1.5.2. Hipótesis Especificas

1. Si se determina los parámetros del ciclo termodinámico entonces se podrá realizar las modificaciones
2. Si se determina modificaciones entonces se podrá repotenciar el motor Diésel Toyota Townace a una altitud de 3825 metros
3. Si se determina el mejoramiento de potencia y torque del motor Diésel Toyota Townace entonces se mejorara el rendimiento



## 1.6. Operacionalización de variables

Variable independiente

- Repotenciamiento de motor Diésel Toyota Townace

Variable dependiente:

- Funcionamiento óptimo a una altitud de 3825 metros

**Tabla 1**

*Operacionalización de variables*

Variables	Dimensiones	Indicador	Índice
Repotenciamiento de motor Diésel Toyota Townace	- Ciclo termodinámico	- Temperaturas en cada proceso	°K
	- Relación de compresión	- Presión en cada proceso	bar
	- Potencia	- Potencia	KW
Funcionamiento óptimo a una altitud de 3825 metros	- Ciclo termodinámico repotenciado	- Temperaturas en cada proceso repotenciado	°K
	- Relación de compresión repotenciado	- Presión en cada proceso repotenciado	bar
	- Potencia repotenciado	- Relación de compresión repotenciado	Numero
		- Potencia repotenciado	KW

*Nota.* Elaboración propia

## CAPÍTULO II

### FUNDAMENTO TEÓRICO

#### 2.1. Bases teóricas

##### 2.1.1. *Motor diésel*

El motor diésel es un tipo de motor térmico el cual fundamentalmente funciona con autoignición del combustible, debido a que su relación de compresión es mayor que el motor Otto, lo que genera las temperaturas elevadas

#### **Figura 1**

*Motor Diesel*





## 2.1.2. Ciclo diésel

A continuación, se describe el ciclo diésel, los 4 tiempos que realiza el motor Diesel

Primer tiempo o admisión: En esta etapa el embolo se desplaza hacia el punto muerto inferior aspirando el aire; la válvula de escape permanece cerrada. El cigüeñal da un giro de  $180^\circ$  y el árbol de levas da  $90^\circ$ .

Segundo tiempo o compresión: En esta fase el embolo al llegar al punto muerto inferior se cierra la válvula de admisión y al desplazarse hasta el punto muerto superior va comprimiendo el aire. De igual forma el cigüeñal da un giro de  $180^\circ$  y el eje de levas da  $90^\circ$ . Y las dos válvulas permanecen cerradas

Tercer tiempo o explosión/expansión: En esta fase el embolo llega al punto muerto superior alcanzando presión máxima, en donde el combustible se inyecta de forma pulverizada mediante el inyector el cual se autoinflama debido a la presión y temperatura; una vez que inicia la combustión este se propaga alcanzando una temperatura y presión alta. Los gases producidos empujan al embolo hacia el punto muerto inferior produciendo así el trabajo. En este tiempo el cigüeñal gira  $180^\circ$  mientras que el árbol de levas gira  $90^\circ$  respectivamente, Las válvulas de admisión y escape permanecen cerradas

Cuarto tiempo o escape: En esta ultima fase es donde el embolo empuja hacia arriba los gases de la combustión, y se expulsa por la válvula de escape la cual esta abierta, una vez llega el embolo hacia el punto muerto superior se cierra la válvula de escape y se apertura la válvula de admisión iniciando así nuevamente el ciclo. En este tiempo el cigüeñal gira  $180^\circ$  y el árbol de levas gira  $90^\circ$ .



### 2.1.3. Principio de la termodinámica

Para el funcionamiento de un motor de combustión interna es necesario tener dos focos de calor; uno caliente y otro frío del primero se extrae el calor y se denomina como  $Q_1$ ; y el otro es el que pierde el calor y se denomina como  $Q_2$ .

Se expresa con la siguiente ecuación:

$$Q_1 - Q_2 = W_{realizado}$$

Donde:

$W_{realizado}$  = Trabajo realizado en  $W$

$Q_1$ : Calor que ingresa en  $KJ/s$

$Q_2$ : Calor que sale en  $KJ/s$

Motor térmico

Se refiere a la transferencia de calor de un sistema caliente a uno frío; produciendo calor; es decir, realizan la transformación de energía térmica a mecánica

Eficiencia

Se obtiene del calor que sale entre el trabajo realizado por el motor. Dado por la siguiente expresión:

$$\eta = \frac{Q_2}{W} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2}$$

Donde:

$\eta$ : Eficiencia

$Q_2$ : Calor que sale en  $J/Kg$

$Q_1$ : Calor que ingresa en  $J/Kg$



*W: Trabajo realizado en J*

Volumen desplazado o cilindrada unitaria

Se refiere al volumen desde el punto muerto superior hasta punto muerto inferior del embolo. Dada por la siguiente expresión:

$$V_h = V_1 - V_2 = \frac{\pi D^2}{4} S$$

Donde:

*V<sub>h</sub>: Volumen desplazado en cm<sup>3</sup>*

*D: Diametro del cilindro en cm*

*S: Carrera del embolo en cm*

Volumen de compresión

Es el volumen comprimido en el cilindro. Dado por la siguiente expresión

$$V_c = \frac{V_h}{\varepsilon - 1}$$

Donde:

*V<sub>c</sub>: volumen de compresion en cm<sup>3</sup>*

*V<sub>h</sub>: Volumen desplazado en*

*ε: Relacion de compresion*

Volumen total

Dada por la siguiente expresión:

$$V_a = V_h + V_c$$



Donde:

$V_a$ : Volumen total en  $cm^3$

$V_h$ : Volumen desplazado en  $cm^3$

$V_c$ : Volumen de compresión en  $cm^3$

Cilindrada

Relación de compresión

Dada por la siguiente expresión:

$$\varepsilon = \frac{V_a}{V_c}$$

Donde:

$\varepsilon$ : Relación de compresión

$V_a$ : Volumen en el punto "a"

$V_c$ : Volumen en el punto "c"

Grado de elevación de presión

Se representa por la siguiente ecuación:

$$\lambda = \frac{P_z}{P_c}$$

Donde:

$\lambda$ : Grado de elevación de presión

$P_z$ : Presión en el punto z

$P_c$ : Presión en el punto c



## Exponente adiabático

Se representa por la siguiente ecuación:

$$k = \frac{C_p}{C_v}$$

Donde:

*k*: Exponente adiabático

*C<sub>p</sub>*: Capacidad calorífica a presión constante

*C<sub>v</sub>*: Capacidad calorífica a volumen constante

Presión al final de la admisión

Se representa por la siguiente ecuación:

$$P_a = P_0 - (\beta^2 + \xi) * \frac{w_{ad}}{2} * \rho_o * 10^{-6}$$

Donde:

*P<sub>a</sub>*: Presión de admisión (MPa)

*P<sub>0</sub>*: presión inicial (Pa)

*(β<sup>2</sup> + ξ)*: Coeficiente de amortiguación y resistencia

*w<sub>ad</sub>*: Velocidad del aire en la entrada de admisión (m / s)

*ρ<sub>o</sub>*: Densidad de la carga de admisión (Kg/m<sup>3</sup>)

Temperatura al final de admisión

Se representa por la siguiente ecuación:

$$T_a = \frac{T_o + \Delta T + \gamma_r * T_r}{1 + \gamma_r}$$



Donde:

$T_a$ : Temperatura en el ciclo de admisión (°K)

$T_o$ : Temperatura inicial

$\Delta T$ : Incremento de la temperatura (°C)

$\gamma_r$ : Coeficiente de gases residuales (adimensional)

$T_r$ : Temperatura de los gases residuales (°K)

Presión de compresión

Se representa por la siguiente ecuación:

$$P_c = P_a * \varepsilon^{n_1}$$

Donde:

$P_c$ : Presión de compresión

$P_a$ : Presión de admisión

$\varepsilon$ : Relación de compresión

$n_1$ : Exponente politrópico

Temperatura de compresión

Se representa por la siguiente ecuación:

$$T_c = T_a * \varepsilon^{n_1-1}$$

Donde:

$T_c$ : Temperatura de compresión

$T_a$ : Temperatura de admisión

$\varepsilon$ : Relación de compresión



$n_1$ : Exponente politròpico

Presión en la combustión

Se representa por la siguiente ecuación:

$$P_z = \mu_r * \frac{T_z}{T_c} * P_c$$

Donde:

$P_z$ : Presión en la combustión

$\mu_r$ : Coeficiente real de variación molecular (\*)

$T_z$ : Temperatura de combustión

$T_c$ : Temperatura de compresión

$P_c$ : Presión de compresión

$$* \mu_r = \frac{\mu_0 + \gamma_r}{1 + \gamma_r}$$

Donde:

$\mu_0$ : 1.08, Coeficiente teórico de variación molecular

Temperatura al final de la expansión

Se representa por la siguiente ecuación:

$$T_b = T_z * \frac{1}{\varepsilon^{n_2-1}}$$

Donde:

$T_z$ : Temperatura de combustión

$\varepsilon$ : Relación de compresión



$n_2$ : 1.25, *Grado de expansión*

Presión al final de la expansión

Se representa por la siguiente ecuación:

$$P_b = \frac{P_z}{\varepsilon^{n_2}}$$

Donde

$P_b$ : *Presión al final de la expansión*

$P_z$ : *presión de combustión*

$\varepsilon$ : *Relación de compresión*

$n_2$ : *exponente adiabático de expansión*

Presión indicada de motor encendido por chispa

Se representa por la siguiente ecuación:

$$P_i = P_a * \frac{\varepsilon^{n_1}}{\varepsilon - 1} * \left[ \frac{\lambda}{n_2 - 1} \left( 1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left( 1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right) \right]$$

Donde:

$P_i$ : *Presión indicada del ciclo (N / m<sup>2</sup>)*

$P_a$ : *Presión en el punto "a"*

$\varepsilon$ : *Relación de compresión*

$\lambda$ : *Grado de elevación de presión*

$n_1$ : *exponente adiabático de compresión*

$n_2$ : *exponente adiabático de expansión*

Presión indicada real



Se representa por la siguiente ecuación:

$$P_i = \varphi_1 * P_{ip}$$

Donde:

$P_i$ : Presión indicada del ciclo ( $N/m^3$ )

$\varphi_1$ : Coeficiente de redondeamiento

Trabajo indicado

Se representa por la siguiente ecuación:

$$L_i = P_i * V_h$$

Donde:

$L_i$ : Trabajo indicado ( $Nm$ )

$P_i$ : Presión indicada del ciclo ( $N/m^2$ )

$V_h$ : Volumen en el punto "c"

Potencia indicada

Se representa por la siguiente ecuación:

$$N_{ic} = \frac{2}{\tau} * P_i * i * V_h * n[W]$$

Donde:

$N_{ic}$ : Potencia indicada ( $W$ )

$\tau$ : Número de vuelta del cigüeñal

$P_i$ : Presión indicada del ciclo



*i*: Número de cilindros

$V_h$ : Volumen útil ( $cm^3$ )

*n*: Número de revoluciones (rpm)

## 2.2. Definición de términos

**Repotenciación:** Se refiere al aumento de la potencia del motor de combustión interna.

**Cámara de combustión:** Se refiere al volumen, cuando el embolo se encuentra en el punto muerto superior

**Embolo:** Se refiere al pistón que se desplaza dentro del cilindro

**Carrera del pistón:** Se refiere a la distancia desde el punto muerto superior hasta el punto muerto inferior



## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1. Métodos de investigación

##### 3.1.1. Tipo de investigación

Para Murillo (2008), la investigación aplicada recibe el nombre de “investigación práctica o empírica”, se refiere a poner en forma práctica los conocimientos adquiridos, el uso adecuado del conocimiento y los resultados obtenido de una investigación resulta en forma organiza, rigurosa y sistemática de conocer la realidad.

#### 3.2. Ámbito de investigación

El desarrollo de la investigación se realiza a 3825 metros sobre el nivel del mar

#### Tabla 2

*Características del medio ambiente a una altitud de 3825 metros*

Altitud:	3825 m.s.n.m.
Distrito	Juliaca
Provincia	San Román
Departamento	Puno

*Nota.* Elaboración propia



### **3.3. Población y muestra**

#### **3.3.1. Población**

Como población se tiene los motores Diésel

#### **3.3.2. Muestra**

Como muestra se tiene el motor Diesel Toyota Townace

### **3.4. Técnicas e instrumento de recogida de información**

#### **3.4.1. Técnicas**

- Observación
- Recolección de datos
- Características del medio ambiente a 3825 m.s.n.m.

#### **3.4.2. Instrumentos**

- Ficha de acopio de datos (Se registro datos de las mediciones realizadas)
- Reporte de Presión y temperatura a una altitud de 3825 metros
- Catálogos

Instrumentos de medición: Probeta, vernier

- Hoja de calculo

### **3.5. Recogida de datos**

Primero se realiza el cálculo termodinámico del motor diésel a una altitud de 3825 metros sobre el nivel del mar. Después se realiza un cambio de culata para aumentar la potencia del motor diésel, de igual forma se realiza los cálculos correspondientes al ciclo de trabajo, se observa una pequeña variación de la relación de compresión y esto aumenta la potencia del motor diésel

### 3.5.1. Especificaciones técnicas del automóvil

**Tabla 3**

*Especificaciones técnicas del vehículo*

Características	Unidad
Marca	Toyota
Modelo	Town Ace
Motor	2.0 4WD (97 Hp)
Potencia	97 HPW
Capacidad del motor	1998 cm <sup>3</sup>
Velocidad nominal	4800 rpm

*Nota.* <https://es.autodata24.com/toyota/town-ace/town-ace/20-4wd-97-hp/details>

### 3.5.2. Características técnicas de la culata

**Tabla 4**

*Características técnicas medidas de culata 2C*

Diámetro del cilindro	86 mm
Carrera del cilindro	86 mm
Volumen de compresión	26 cm <sup>3</sup>
Relación de compresión	20

**Tabla 5**

*Características técnicas medidas de culata 3C*

Diámetro del cilindro	86 mm
Carrera del cilindro	86 mm
Volumen de compresión	22 cm <sup>3</sup>
Relación de compresión	24



## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Presentación

En este capítulo se realiza el cálculo termodinámico del motor Toyota 2C antes de realizar la repotenciación; para la repotenciación se realiza el cambio de culata, donde según cálculos existe una variación de relación de compresión; se procede al cálculo termodinámico de motor Toyota después de la repotenciación; esto se realiza con las características ambientales de 3825 m.s.n.m.

#### 4.2. Análisis e interpretación de resultados

##### 4.2.1. Cálculo termodinámico de motor Toyota 2C antes de la repotenciación

Se realiza análisis termodinámico teórico y práctico de un motor 2C; se obtiene los datos de la medición de las mediciones del cilindro y el volumen de la precámara

Diámetro del cilindro (D)

$$D = 86 \text{ mm}$$

Carrera del embolo (S)

$$S = 86 \text{ mm}$$



Radio de la manivela (R)

$$S = 2R$$

$$R = \frac{S}{2}$$

$$R = \frac{86 \text{ mm}}{2}$$

$$R = 43 \text{ mm}$$

### Cálculo de volumen desplazado por el embolo

Empleando la ecuación siguiente:

$$V_D = \frac{\pi}{4} D^2 S$$

Reemplazando:

$$V_D = \frac{\pi}{4} (8.6 \text{ cm})^2 * 8.6 \text{ cm}$$

$$V_D = 499.6 \text{ cm}^3$$

### Cálculo de cilindrada del motor

Se emplea la siguiente ecuación:

$$C = V_D i$$

Donde:

*i*: Numero de cilindro = 4

Reemplazando

$$C = 499.6 \text{ cm}^3 * 4$$



$$C = 1998.4 \text{ cm}^3 \cong 2000 \text{ cm}^3 = 2 \text{ litros}$$

## Cálculo de volumen de compresión

Medición del volumen de precámara

Usando una probeta graduada se obtiene  $13 \text{ cm}^3$

Volumen de compresión principal

- Por espesor de la empaquetadura

$$V_{c1} = \frac{\pi}{4} D^2 e$$

Donde:

$e$ : Espesor de la empaquetadura =  $1 \text{ mm}$

Reemplazando

$$V_{c1} = \frac{\pi}{4} (8.6 \text{ cm})^2 * 0.1 \text{ cm}$$

$$V_{c1} = 5.81 \text{ cm}^3$$

- Volumen entre superficie de la culata y cabeza de las válvulas de admisión y escape

$$V_{c2} = V_{admisión} + V_{escape}$$

Donde:

$V_{admisión}$ : Volumen de admisión

$V_{escape}$ : Volumen de escape

$$V_{c2} = \frac{\pi}{4} (d_a^2 h + d_e^2 h)$$

Donde:

$h$ : Altura =  $1 \text{ mm}$

$d_a$ : Diámetro de válvula de admisión =  $39 \text{ mm}$



$d_e$ : *Diametro de la válvula de escape* = 33 mm

Reemplazando

$$V_{c2} = \frac{\pi}{4} ((3.9\text{cm})^2 * 0.1\text{ cm} + (3.3\text{cm})^2 * 0.1\text{ cm})$$

$$V_{c2} = 2.05\text{ cm}^3$$

Volumen en la cabeza del pistón medido

$$V_{c3} = 5\text{ cm}^3$$

Finalmente, el volumen de compresión principal es

$$V_{cp} = V_{c1} + V_{c2} + V_{c3}$$

$$V_{cp} = 5.81\text{cm}^3 + 2.05\text{cm}^3 + 5.0\text{cm}^3$$

$$V_{cp} = 12.86\text{ cm}^3 \cong 13\text{ cm}^3$$

Entonces el volumen de compresión del motor es

$$V_c = V_{cp} + V_{cpc}$$

Donde:

$$V_{cp}: \text{Volumen de compresión principal} = 13\text{ cm}^3$$

$$V_{cpc}: \text{Volumen de compresión de precámara} = 13\text{ cm}^3$$

Reemplazando

$$V_c = 13\text{ cm}^3 + 13\text{ cm}^3$$

$$V_c = 26\text{ cm}^3$$

Determinación de relación de compresión

$$\varepsilon = 1 + \frac{V_D}{V_C}$$



Donde:

$$V_D: \text{Volumen desplazado} = 500 \text{ cm}^3$$

$$V_c: \text{Volumen de compresión del motor} = 26 \text{ cm}^3$$

Reemplazando

$$\varepsilon = 1 + \frac{500 \text{ cm}^3}{26 \text{ cm}^3}$$

$$\varepsilon = 20.23$$

Según las especificaciones técnicas del motor la relación de compresión es de 23; pero se observa que mediante determinación experimental es de 20.23; lo cual influye en la disminución de potencia

## Cálculo del ciclo del motor

### Proceso de Admisión

#### *Presión de al final de admisión ( $P_a$ )*

Se determina de la siguiente formula:

$$P_a = P_0 - \Delta P$$

Donde:

$\Delta P$ : Variación de presión

$P_0$ : Presión atmosférica promedio a 3825 m. s. n. m. = 64 KPa = 0.64 bar

Determinación de variación de presión

$$\Delta P = \rho_o (\beta^2 + \xi) \frac{v_{ad}^2}{2}$$



Donde:

$\rho_o$ : Densidad del aire a 3825 m. s. n. m.

$(\beta^2 + \xi)$ : Sumatoria de pérdidas = 3

$v_{ad}$ : Velocidad de admisión = 90 m/s

La densidad del aire se determina mediante la siguiente ecuación

$$\rho_o = \frac{P_o}{R T_o}$$

Donde:

$P_o$ : Presión atmosférica promedio a 3825 m. s. n. m. = 0,64 bar = 64000 Pa

$T_o$ : Temperatura atmosférica promedio a 3825 m. s. n. m. = 11°C = 284°K

$R$ : Constante de gases residuales =  $287 \frac{J}{kg \text{ } ^\circ K}$

Reemplazando

$$\rho_o = \frac{64000 \text{ Pa}}{0.287 \frac{J}{kg \text{ } ^\circ K} * 284 \text{ } ^\circ K}$$

$$\rho_o = 0.785 \frac{kg}{m^3}$$

Reemplazando:

$$\Delta P = 0.785 \frac{kg}{m^3} * (3) \frac{\left(90 \frac{m}{s}\right)^2}{2}$$

$$\Delta P = 9537.75 \text{ Pa}$$



Finalmente:

$$P_a = P_0 - \Delta P$$

$$P_a = 64000 Pa - 9537.75 Pa$$

$$P_a = 54462.25 Pa = 0.0545 MPa$$

### **Temperatura al final de admisión ( $T_a$ )**

Se determina de la siguiente formula:

$$T_a = \frac{T_0 + \Delta T + \gamma_r T_r}{1 + \gamma_r}$$

Donde:

$T_0$ : Temperatura atmosferica promedio a 3825 m. s. n. m. = 11°C

$\Delta T$ : Variación de temperatura

Según Jovaj en motores Diesel sin sobrealimentación la variación de temperatura se encuentra entre los siguientes rangos  $\Delta T = 20$  a  $40$  °C; se toma el valor promedio en este caso  $\Delta T = 30$ °C

$\gamma_r$ : Coeficiente de gases residuales

Según Jovaj en motores Diesel sin sobrealimentación el coeficiente de gases residuales se encuentra entre los siguientes rangos  $\gamma_r = 0.03$  a  $0.06$ ; se toma el valor promedio en este caso  $\gamma_r = 0.05$

$T_r$ : Temperatura de gases residuales : Según Jovaj en motores Diesel la temperatura de gases residuales se encuentra entre los siguientes rangos  $T_r = 700$  a  $900$  °K; se toma el valor promedio en este caso  $T_r = 800$  °K



Reemplazando los valores la temperatura de admisión será:

$$T_a = \frac{284 + 30 + 0.05 * 800}{1 + 0.05}$$

$$T_a = 337.14 \text{ } ^\circ K$$

### Proceso de compresión

#### ***Presión al final de la compresión ( $P_c$ )***

Se determina de la siguiente formula:

$$P_c = P_a \varepsilon^{n_1}$$

Donde:

$P_a$ : *Presión al final de admisión = 0.0545 MPa*

$\varepsilon$ : *Relación de compresión = 20.23*

$n_1$ : *Exponente politropico medio de compresión*

Según Jovaj para motores Diesel sin sobrealimentación el exponente politropico medio de compresión se encuentra entre los rangos  $n_1 = 1.32$  a  $1.40$  se toma el valor promedio en este caso  $n_1 = 1.36$

Reemplazando

$$P_c = 0.0545 \text{ MPa} * (20.23)^{1.36}$$

$$P_c = 3.255 \text{ MPa}$$

#### ***Temperatura al final de compresión ( $T_c$ )***

Se determina por la siguiente formula:

$$T_c = T_a \varepsilon^{n_1 - 1}$$



Donde:

$T_a$ : Temperatura al final de admisión = 337.14 °K

$\varepsilon$ : Relación de compresión = 20.23

$n_1$ : Exponente politropico medio de compresión

Según Jovaj para motores Diesel sin sobrealimentación el exponente politropico medio de compresión se encuentra entre los rangos  $n_1 = 1.32$  a  $1.40$  se toma el valor promedio en este caso  $n_1 = 1.36$

Reemplazando

$$T_c = 337.14 \text{ °K} * 20.23^{1.36-1}$$

$$T_c = 995.33 \text{ °K}$$

## Proceso de combustión

### Presión de combustión ( $P_z$ )

Se obtiene de la siguiente formula

$$P_z = P_c \lambda$$

Donde:

$P_c$ : Presión al final de la compresión = 3.255 MPa

$\lambda$ : Grado de elevación de la presión = 1.4 a 2.2 = 1.8

Reemplazando

$$P_z = 3.255 \text{ MPa} * 1.8$$

$$P_z = 5.86 \text{ MPa}$$



## Temperatura de combustión ( $T_z$ )

Se tiene la siguiente expresión:

$$\frac{\xi_z H_u}{M_1 (1 + \gamma_r)} + \frac{U_c + \gamma_r U''_c}{1 + \gamma_r} + 8.314 \lambda T_c = \mu_r (U''_z + 8.314 T_z)$$

Coeficiente real de variación molecular

Se tiene la siguiente expresión:

$$\mu_r = \frac{\mu_0 + \gamma_r}{1 + \gamma_r}$$

Donde:

$\mu_a$ : Coeficiente teórico de variación molecular

$\gamma_r$ : Coeficiente de gases residuales = 0.05

$$\mu_0 = \frac{M_2}{M_1}$$

$M_2$ : Productos de la combustión para  $\alpha = 1$

$M_1$ : Cantidad total de aire

$$M_1 = \alpha L_0$$

$\alpha$ : Coeficiente de exceso de aire = 1.3

$$L_0 = \frac{1}{0.21} \left( \frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O_c}{32} \right)$$

El motor Diesel está compuesto por

$$C = 0.87; H = 0.126; O_c = 0.004$$

Reemplazando:



$$L_0 = \frac{1}{0.21} \left( \frac{0.87}{12} + \frac{0.126}{4} - \frac{0.004}{32} \right)$$

$$L_0 = 0.495 \text{ Kmol}$$

$$M_1 = \alpha L_0$$

$$M_1 = 1.3 * 0.495$$

$$M_1 = 0.6435 \text{ kmol/Kg}$$

La cantidad total de productos de combustión ( $M_2$ ); se obtiene de la siguiente formula

Productos de la combustión

$$(M_2)_{\alpha=1} = \frac{C}{12} + \frac{H}{2} + 0.79 \alpha L_0$$

$$(M_2)_{\alpha=1} = \frac{0.87}{12} + \frac{0.126}{2} + 0.79 * 1.3 * 0.495$$

$$(M_2)_{\alpha=1} = 0.644 \text{ Kmol/Kg}$$

Cantidad excedente de aire fresco

$$(\alpha - 1)L_0 = (1.3 - 1) * 0.495 = 0.146 \text{ Kmol/Kg}$$

Por tanto:

$$M_2 = 0.644 \frac{\text{Kmol}}{\text{Kg}} + 0.146 \frac{\text{Kmol}}{\text{Kg}}$$

$$M_2 = 0.79 \text{ Kmol/Kg}$$

Finalmente

$$\mu_0 = \frac{M_2}{M_1}$$



$$\mu_0 = \frac{0.79}{0.6435}$$

$$\mu_0 = 1.23$$

Entonces  $\mu_r$

$$\mu_r = \frac{\mu_0 + \gamma_r}{1 + \gamma_r}$$

$$\mu_r = \frac{1.23 + 0.05}{1 + 0.05}$$

$$\mu_r = 1.22$$

De la expresión anterior se tiene

$$\frac{\xi_z H_u}{M_1 (1 + \gamma_r)}$$

Donde:

$\xi_z$ : *Coeficiente de aprovechamiento del calor*

Según Jovaj para motores Diesel el coeficiente de aprovechamiento de calor, se encuentra entre los rangos  $\xi_z = 0.70$  a  $0.85$  se toma el valor promedio en este caso

$$\xi_z = 0.8$$

$H_u$ : *Poder calorífico inferior del combustible (Diesel) = 42 MJ/Kg*

$M_1$ : *Cantidad total de aire = 0.644 Kmol/Kg*

$\gamma_r$ : *Coeficiente de gases residuales = 0.05*

Reemplazando

$$\frac{0.8 * 42000 \text{ KJ/Kg}}{0.644 \text{ Kmol/Kg} (1 + 0.05)} = 49689.44 \text{ KJ/Kmol}$$

Según Jovaj el valor del calor específico molar medio de los gases ( $\mu_{cV}$ ); se obtiene de la Tabla 6. De acuerdo a la temperatura al final de compresión  $T_c = 722.33 \text{ }^\circ\text{C}$

$$\mu_{cV} = 22.408 \frac{\text{KJ}}{\text{Kmol } ^\circ\text{C}}$$

La energía interna de 1Kmol de aire a la temperatura de compresión es:

$$U_c = 22.408 \frac{\text{KJ}}{\text{Kmol } ^\circ\text{C}} * 722.33 \text{ }^\circ\text{C} = 16185.97 \frac{\text{KJ}}{\text{Kmol}}$$

Según Jovaj el valor del calor específico de los productos de combustión( $(\mu_{cV}''_c)$ ); se obtiene de la Tabla 8. De acuerdo a la temperatura al final de compresión  $T_c = 722.33 \text{ }^\circ\text{C}$

$$(\mu_{cV}''_c) = 25.079 \frac{\text{KJ}}{\text{Kmol } ^\circ\text{C}}$$

La energía interna de los productos de combustión

$$(U''_c)_{\alpha=1} = 25.079 \frac{\text{KJ}}{\text{Kmol } ^\circ\text{C}} * 722.33 \text{ }^\circ\text{C} = 18115.31 \frac{\text{KJ}}{\text{Kmol}}$$

$$U''_c = (U''_c)_{\alpha=1} \frac{(M_2)_{\alpha=1}}{M_2} + U_c \frac{(\alpha - 1)L_0}{M_2}$$

$$U''_c = 18115 * \frac{0.644}{0.79} + 16186 * \frac{0.146}{0.79}$$

$$U''_c = 17759 \frac{\text{KJ}}{\text{Kmol}}$$

La magnitud

$$\frac{U_c + \gamma_r U''_c}{1 + \gamma_r} = \frac{16186 + 0.05 * 17759}{1 + 0.05} = 16261 \text{ KJ/Kmol}$$



El grado de presión de elevación es de 1.8

$$8314 \lambda T_c = 8.314 * 1.8 * 995.33 = 14895 \text{ KJ/Kmol}$$

La suma de los términos de la ecuación de combustión es:

$$\frac{\xi_z H_u}{M_1 (1 + \gamma_r)} + \frac{U_c + \gamma_r U''_c}{1 + \gamma_r} + 8314 \lambda T_c = 49689 + 16261 + 14895 = 80845 \text{ KJ/Kmol}$$

Por tanto, de la ecuación de combustión se tiene:

$$\mu_r (U''_z + 8.314 T_z) = 80845 \text{ KJ/Kmol}$$

Si  $\mu_r = 1.22$

$$(U''_z + 8.314 T_z) = 66266 \text{ KJ/Kmol}$$

La energía interna  $U''_z$ ; es una función de la temperatura de combustión y del calor específico, por ello la última ecuación se puede resolver mediante el método de aproximaciones sucesivas; empleando tablas 7 y 9 que se encuentran en anexos

Se considera  $T_z = 1973 \text{ °K}$  ( $T_z = 1700 \text{ °C}$ )

$$U''_z = 48358 * \frac{0.644}{0.79} + 42203 * \frac{0.146}{0.79} = 47221 \text{ KJ/Kmol}$$

$$(47221 + 8.314 * 1973) = 63625 \text{ KJ/Kmol}$$

Se considera  $T_z = 2073 \text{ °K}$  ( $T_z = 1800 \text{ °C}$ )

$$U''_z = 51498 * \frac{0.644}{0.79} + 45008 * \frac{0.146}{0.79} = 50299 \text{ KJ/Kmol}$$

$$(50299 + 8.314 * 2073) = 67534 \text{ KJ/Kmol}$$

De acuerdo a los resultados obtenidos se deduce que la temperatura de combustión se encuentre entre 1973 a 2073 °K se procede a interpolar para determinar la temperatura de combustión



**Tabla 6**

*Interpolación para determinar temperatura de combustión antes de repotenciación*

Energía de productos de combustión	Temperatura de combustión
63625	1973
66266	$T_z$
67534	2073

$$T_z = 1973 + \frac{2073 - 1973}{67534 - 63625} * (66266 - 63625)$$

$$T_z = 2041 \text{ } ^\circ K$$

**Proceso de expansión**

***Presión al final de expansión ( $P_b$ )***

Se determina mediante la siguiente expresión

$$P_b = \frac{P_z}{\delta^{n_2}}$$

Donde:

$P_z$ : Presión de combustión = 5.86 MPa

$n_2$ : *exponente politropico de expansión*

Según Jovaj para motores Diesel el exponente politropico de expansión, se encuentra entre los rangos  $n_2 = 0.18$  a 1.28 se toma el valor promedio en este caso

$$n_2 = 1.3$$

$\delta$ : *Grado de expansión posterior*

$$\delta = \frac{\varepsilon}{\rho}$$



Donde:

$\varepsilon$ : Relación de compresión = 20.23

$\rho$ : Coeficiente de expansión preliminar

$$\rho = \frac{\mu_r T_z}{\lambda T_c}$$

Donde:

$\mu_r$ : Coeficiente real de variación molecular = 1.22

$\lambda$ : Grado de elevación de la presión = 1.8

$T_z$ : Temperatura de combustión = 2041 °K

$T_c$ : Temperatura al final de compresión = 995.33 °K

Reemplazando

$$\rho = \frac{1.22}{1.8} * \frac{2041 \text{ °K}}{995 \text{ °K}}$$

$$\rho = 1.39$$

Entonces grado de expansión posterior es:

$$\delta = \frac{20.23}{1.39}$$

$$\delta = 14.55$$

Finalmente, la presión al final de expansión es:

$$P_b = \frac{5.86 \text{ MPa}}{(14.55)^{1.3}}$$

$$P_b = 0.18 \text{ MPa}$$

**Temperatura al final de expansión ( $T_b$ )**

$$T_b = \frac{T_z}{\delta^{n_2-1}}$$

Donde:

$T_z$ : Temperatura de combustión = 2041 °K

$\delta$ : Grado de expansión posterior = 14.55

$n_2$ : exponente politropico de expansión

Según Jovaj para motores Diesel el exponente politropico de expansión, se encuentra entre los rangos  $n_2 = 0.18$  a 1.28 se toma el valor promedio en este caso

$n_2 = 1.3$

Reemplazando:

$$T_b = \frac{2041}{(14.55)^{1.3-1}}$$

$$T_b = 914 \text{ °K}$$

**Tabla 7**

*Parámetros de presión y temperatura del motor diesel antes de repotenciación*

Procesos del motor	Presión	Temperatura
Admisión	$P_a = 0.055 \text{ MPa}$	$T_a = 337 \text{ °K}$
Compresión	$P_c = 3.26 \text{ MPa}$	$T_c = 995 \text{ °K}$
Combustión	$P_z = 5.86 \text{ MPa}$	$T_z = 2041 \text{ °K}$
Expansión	$P_b = 0.18 \text{ MPa}$	$T_b = 914 \text{ °K}$

**Presión media indicada del ciclo**

$$P_{mi} = P_a \frac{\varepsilon^{n_1}}{\varepsilon - 1} \left[ \lambda (\rho - 1) + \frac{\lambda \rho}{n_2 - 1} \left( 1 - \frac{T_b}{T_z} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left( 1 - \frac{T_a}{T_c} \right) \right]$$

$$P_{mi} = 0.0545 * \frac{20.23^{1.36}}{20.23 - 1} \left[ 1.8 * (1.39 - 1) + \frac{1.8 * 1.39}{1.3 - 1} \left( 1 - \frac{914}{2041} \right) - \frac{1}{1.36 - 1} \left( 1 - \frac{337}{995} \right) \right]$$

$$P_{mi} = 0.59 MPa$$

**Presión media indicada del ciclo real**

$$P_i = \varphi_i P_{mi}$$

Donde:

$\varphi_i$ : *Coefficiente de redondamiento (plenitud) del diagrama*

Según Jovaj para motores Diesel el coeficiente de redondamiento (plenitud) del diagrama, se encuentra entre los rangos  $\varphi_i = 0.92$  a  $0.97$  se toma el valor promedio en este caso  $\varphi_i = 0.95$

$P_{mi}$ : *Presión media efectiva del ciclo = 0.59 MPa*

$$P_i = 0.95 * 0.59 MPa$$

$$P_i = 0.56 MPa$$

**Presión perdida**

Se determina por la siguiente expresión:

$$P_m = A + B v_p$$



Donde:

*A y B: Coeficientes*

Según Jovaj para motores Diesel con cámaras de combustión semiseparadas y no separada, los coeficientes son:  $A = 0.105$  y  $B = 0.012$

$v_p$ : *Velocidad del piston*

Se determina mediante la siguiente expresión:

$$v_p = \frac{S n}{30}$$

Donde:

$S$ : *Carrera del piston* = 86 mm = 0.086 m

$n$ : *Velocidad del motor* = 4000 rpm

Reemplazando

$$v_p = \frac{0.086 * 4000}{30}$$

$$v_p = 11.47 \frac{m}{s}$$

Finalmente las presión perdida es:

$$P_m = 0.105 + (0.012 * 11.47)$$

$$P_m = 0.24 MPa$$

**Presión media efectiva del ciclo**

$$P_e = P_i - P_m$$

$$P_e = 0.56 - 0.24$$

$$P_e = 0.32 MPa$$



## Potencia efectiva del motor

$$N_e = \frac{P_e i V_h n}{30 \tau}$$

Donde:

$P_e$ : Presión media efectiva = 0.32 MPa

$i$ : Numero de cilindros = 4

$V_h$ : Cilindrada unitaria o volumen desplazado = 499.6 cm<sup>3</sup>

$n$ : Velocidad del motor = 3000 rpm

$\tau$ : Numero de tiempos = 4

Reemplazando:

$$N_e = \frac{0.32 * 2 * 3000}{30 * 4}$$

$$N_e = 16 \text{ KW}$$

### 4.2.2. Cálculo termodinámico de motor Toyota 3C después de la repotenciación

Para la repotenciación del motor se realiza un cambio de la culata; se tiene los siguientes parámetros:

#### Parámetros del cilindro

**Tabla 8**

*Parámetros del cilindro del motor diesel Toyota Townace*

Diámetro del cilindro	$D = 86 \text{ mm}$
Carrera del embolo	$S = 86 \text{ mm}$
Radio de la manivela	$R = 43 \text{ mm}$
volumen desplazado por el embolo	$V_D = 499.6 \text{ cm}^3$
cilindrada del motor	$C = 2000 \text{ cm}^3 = 2 \text{ litros}$



**Relación de compresión**

Medición del volumen de precámara

Usando una probeta graduada se obtiene  $11 \text{ cm}^3$

Volumen de compresión principal

- Por espesor de la empaquetadura

$$V_{c1} = \frac{\pi}{4} D^2 e$$

Donde:

*e*: Espesor de la empaquetadura = 0.7mm

Reemplazando

$$V_{c1} = \frac{\pi}{4} (8.6 \text{ cm})^2 * 0.07 \text{ cm}$$

$$V_{c1} = 4.07 \text{ cm}^3$$

- Volumen entre superficie de la culata y cabeza de las válvulas de admisión y escape

$$V_{c2} = V_{admisión} + V_{escape}$$

Donde:

*V<sub>admisión</sub>* : Volumen de admisión

*V<sub>escape</sub>* : Volumen de escape

$$V_{c2} = \frac{\pi}{4} (d_a^2 h + d_e^2 h)$$

Donde:

*h*: Altura = 1mm

*d<sub>a</sub>*: Diametro de válvula de admisión = 39 mm

*d<sub>e</sub>*: Diametro de la válvula de escape = 33 mm



Reemplazando

$$V_{c2} = \frac{\pi}{4} ((3.9\text{cm})^2 * 0.1\text{cm} + (3.3\text{cm})^2 * 0.1\text{cm})$$

$$V_{c2} = 2.05\text{cm}^3$$

Volumen en la cabeza del pistón medido

$$V_{c3} = 5\text{cm}^3$$

Finalmente, el volumen de compresión principal es

$$V_{cp} = V_{c1} + V_{c2} + V_{c3}$$

$$V_{cp} = 4.07\text{cm}^3 + 2.05\text{cm}^3 + 5.0\text{cm}^3$$

$$V_{cp} = 11.12\text{cm}^3 \cong 11\text{cm}^3$$

Entonces el volumen de compresión del motor es

$$V_c = V_{cp} + V_{cpc}$$

Donde:

$$V_{cp}: \text{Volumen de compresión principal} = 11\text{cm}^3$$

$$V_{cpc}: \text{Volumen de compresión de precámara} = 11\text{cm}^3$$

Reemplazando

$$V_c = 11\text{cm}^3 + 11\text{cm}^3$$

$$V_c = 22\text{cm}^3$$

Determinación de relación de compresión

$$\varepsilon = 1 + \frac{V_D}{V_c}$$



Donde:

$$V_D: \text{Volumen desplazado} = 500 \text{ cm}^3$$

$$V_c: \text{Volumen de compresión del motor} = 22 \text{ cm}^3$$

Reemplazando

$$\varepsilon = 1 + \frac{500 \text{ cm}^3}{22 \text{ cm}^3}$$

$$\varepsilon = 24$$

Según las especificaciones técnicas del motor la relación de compresión es de 23; pero se observa que mediante determinación experimental es de 24; lo cual influye en la disminución de potencia

## Proceso de Admisión

### ***Presión de al final de admisión ( $P_a$ )***

Se determina de la siguiente formula:

$$P_a = P_0 - \Delta P$$

Donde:

$\Delta P$ : *Variación de presión*

$P_0$ : *Presión atmosférica promedio a 3825 m. s. n. m. = 64 KPa = 0.64 bar*

Determinación de variación de presión

$$\Delta P = \rho_o (\beta^2 + \xi) \frac{v_{ad}^2}{2}$$



Donde:

$\rho_o$ : Densidad del aire a 3825 m. s. n. m.

$(\beta^2 + \xi)$ : Sumatoria de pérdidas = 3

$v_{ad}$ : Velocidad de admisión = 90 m/s

La densidad del aire se determina mediante la siguiente ecuación

$$\rho_o = \frac{P_o}{R T_o}$$

Donde:

$P_o$ : Presión atmosférica promedio a 3825 m. s. n. m. = 0,64 bar = 64000 Pa

$T_o$ : Temperatura atmosférica promedio a 3825 m. s. n. m. = 11°C = 284°K

$R$ : Constante de gases residuales = 287  $\frac{J}{kg \text{ } ^\circ K}$

Reemplazando

$$\rho_o = \frac{64000 \text{ Pa}}{0.287 \frac{J}{kg \text{ } ^\circ K} * 284 \text{ } ^\circ K}$$

$$\rho_o = 0.785 \frac{kg}{m^3}$$

Reemplazando:

$$\Delta P = 0.785 \frac{kg}{m^3} * (3) \frac{\left(90 \frac{m}{s}\right)^2}{2}$$

$$\Delta P = 9537.75 \text{ Pa}$$



Finalmente:

$$P_a = P_0 - \Delta P$$

$$P_a = 64000 Pa - 9537.75 Pa$$

$$P_a = 54462.25 Pa = 0.0545 MPa$$

### ***Temperatura al final de admisión ( $T_a$ )***

Se determina de la siguiente formula:

$$T_a = \frac{T_0 + \Delta T + \gamma_r T_r}{1 + \gamma_r}$$

Donde:

$T_0$ : *Temperatura atmosferica promedio a 3825 m. s. n. m. = 11°C*

$\Delta T$ : *Variación de temperatura*

Según Jovaj en motores Diesel sin sobrealimentación la variación de temperatura se encuentra entre los siguientes rangos  $\Delta T = 20$  a  $40$  °C; se toma el valor promedio en este caso  $\Delta T = 30$ °C

$\gamma_r$ : *Coeficiente de gases residuales*

Según Jovaj en motores Diesel sin sobrealimentación el coeficiente de gases residuales se encuentra entre los siguientes rangos  $\gamma_r = 0.03$  a  $0.06$ ; se toma el valor promedio en este caso  $\gamma_r = 0.05$

$T_r$ : *Temperatura de gases residuales*

Según Jovaj en motores Diesel la temperatura de gases residuales se encuentra entre los siguientes rangos  $T_r = 700$  a  $900$  °K; se toma el valor promedio en este caso  $T_r = 800$  °K

Reemplazando los valores la temperatura de admisión será:

$$T_a = \frac{284 + 30 + 0.05 * 800}{1 + 0.05}$$

$$T_a = 337.14 \text{ } ^\circ K$$

### Proceso de compresión

#### **Presión al final de la compresión ( $P_c$ )**

Se determina de la siguiente formula:

$$P_c = P_a \varepsilon^{n_1}$$

Donde:

$P_a$ : Presión al final de admisión = 0.0545 MPa

$\varepsilon$ : Relación de compresión = 24

$n_1$ : Exponente politropico medio de compresión

Según Jovaj para motores Diesel sin sobrealimentación el exponente politropico medio de compresión se encuentra entre los rangos  $n_1 = 1.32$  a 1.40 se toma el valor promedio en este caso  $n_1 = 1.36$

Reemplazando

$$P_c = 0.0545 \text{ MPa} * (24)^{1.36}$$

$$P_c = 4.11 \text{ MPa}$$

#### **Temperatura al final de compresión ( $T_c$ )**

Se determina por la siguiente formula:

$$T_c = T_a \varepsilon^{n_1 - 1}$$



Donde:

$T_a$ : *Temperatura al final de admisión* = 337.14 °K

$\varepsilon$ : *Relación de compresión* = 24

$n_1$ : *Exponente politropico medio de compresión*

Según Jovaj para motores Diesel sin sobrealimentación el exponente politropico medio de compresión se encuentra entre los rangos  $n_1 = 1.32$  a 1.40 se toma el valor promedio en este caso  $n_1 = 1.36$

Reemplazando

$$T_c = 337.14 \text{ °K} * 24^{1.36-1}$$

$$T_c = 1059 \text{ °K}$$

## Proceso de combustión

### *Presión de combustión ( $P_z$ )*

Se obtiene de la siguiente formula

$$P_z = P_c \lambda$$

Donde:

$P_c$ : *Presión al final de la compresión* = 4.11 MPa

$\lambda$ : *Grado de elevación de la presión* = 1.4 a 2.2 = 1.8

Reemplazando

$$P_z = 3.65 \text{ MPa} * 1.8$$

$$P_z = 7.4 \text{ MPa}$$

**Temperatura de combustión ( $T_z$ )**

Se tiene la siguiente expresión:

$$\frac{\xi_z H_u}{M_1 (1 + \gamma_r)} + \frac{U_c + \gamma_r U''_c}{1 + \gamma_r} + 8.314 \lambda T_c = \mu_r (U''_z + 8.314 T_z)$$

Coeficiente real de variación molecular

Se tiene la siguiente expresión:

$$\mu_r = \frac{\mu_0 + \gamma_r}{1 + \gamma_r}$$

Donde:

$\mu_a$ : Coeficiente teórico de variación molecular

$\gamma_r$ : Coeficiente de gases residuales = 0.05

$$\mu_0 = \frac{M_2}{M_1}$$

$M_2$ : Productos de la combustión para  $\alpha = 1$

$M_1$ : Cantidad total de aire

$$M_1 = \alpha L_0$$

$\alpha$ : Coeficiente de exceso de aire = 1.3

$$L_0 = \frac{1}{0.21} \left( \frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O_c}{32} \right)$$

El motor Diesel está compuesto por

$$C = 0.87; H = 0.126; O_c = 0.004$$



Reemplazando:

$$L_0 = \frac{1}{0.21} \left( \frac{0.87}{12} + \frac{0.126}{4} - \frac{0.004}{32} \right)$$

$$L_0 = 0.495 \text{ Kmol}$$

$$M_1 = \alpha L_0$$

$$M_1 = 1.3 * 0.495$$

$$M_1 = 0.6435 \text{ kmol/Kg}$$

La cantidad total de productos de combustión ( $M_2$ ); se obtiene de la siguiente formula

Productos de la combustión

$$(M_2)_{\alpha=1} = \frac{C}{12} + \frac{H}{2} + 0.79 \alpha L_0$$

$$(M_2)_{\alpha=1} = \frac{0.87}{12} + \frac{0.126}{2} + 0.79 * 1.3 * 0.495$$

$$(M_2)_{\alpha=1} = 0.644 \text{ Kmol/Kg}$$

Cantidad excedente de aire fresco

$$(\alpha - 1)L_0 = (1.3 - 1) * 0.495 = 0.146 \text{ Kmol/Kg}$$

Por tanto:

$$M_2 = 0.644 \frac{\text{Kmol}}{\text{Kg}} + 0.146 \frac{\text{Kmol}}{\text{Kg}}$$

$$M_2 = 0.79 \text{ Kmol/Kg}$$



Finalmente

$$\mu_0 = \frac{M_2}{M_1}$$

$$\mu_0 = \frac{0.79}{0.6435}$$

$$\mu_0 = 1.23$$

Entonces  $\mu_r$

$$\mu_r = \frac{\mu_0 + \gamma_r}{1 + \gamma_r}$$

$$\mu_r = \frac{1.23 + 0.05}{1 + 0.05}$$

$$\mu_r = 1.22$$

De la expresión anterior se tiene

$$\frac{\xi_z H_u}{M_1 (1 + \gamma_r)}$$

Donde:

$\xi_z$ : *Coficiente de aprovechamiento del calor*

Según Jovaj para motores Diesel el coeficiente de aprovechamiento de calor, se encuentra entre los rangos  $\xi_z = 0.70$  a  $0.85$  se toma el valor promedio en este caso

$$\xi_z = 0.8$$

$H_u$ : *Poder calorífico inferior del combustible (Diesel) = 42 MJ/Kg*

$M_1$ : *Cantidad total de aire = 0.644 Kmol/Kg*

$\gamma_r$ : *Coficiente de gases residuales = 0.05*



Reemplazando

$$\frac{0.8 * 42000 \text{ KJ/Kg}}{0.644 \text{ Kmol/Kg} (1 + 0.05)} = 49689.44 \text{ KJ/Kmol}$$

Según Jovaj el valor del calor específico molar medio de los gases ( $\mu_{cV}$ ); se obtiene de la Tabla 6. De acuerdo a la temperatura al final de compresión  $T_c = 786 \text{ }^\circ\text{C}$

$$\mu_{cV} = 22.713 \frac{\text{KJ}}{\text{Kmol } ^\circ\text{C}}$$

La energía interna de 1Kmol de aire a la temperatura de compresión es:

$$U_c = 22.713 \frac{\text{KJ}}{\text{Kmol } ^\circ\text{C}} * 786 \text{ }^\circ\text{C} = 17852.42 \frac{\text{KJ}}{\text{Kmol}}$$

Según Jovaj el valor del calor específico de los productos de combustión( $(\mu_{cV})_c$ ); se obtiene de la Tabla 8. De acuerdo a la temperatura al final de compresión  $T_c = 786 \text{ }^\circ\text{C}$

$$(\mu_{cV})_c = 25.498 \frac{\text{KJ}}{\text{Kmol } ^\circ\text{C}}$$

La energía interna de los productos de combustión

$$(U''_c)_{\alpha=1} = 25.498 \frac{\text{KJ}}{\text{Kmol } ^\circ\text{C}} * 786 \text{ }^\circ\text{C} = 20041.43 \frac{\text{KJ}}{\text{Kmol}}$$

$$U''_c = (U''_c)_{\alpha=1} \frac{(M_2)_{\alpha=1}}{M_2} + U_c \frac{(\alpha - 1)L_0}{M_2}$$

$$U''_c = 20041 * \frac{0.644}{0.79} + 17852 * \frac{0.146}{0.79}$$

$$U''_c = 19637 \frac{\text{KJ}}{\text{Kmol}}$$



La magnitud

$$\frac{U_c + \gamma_r U''_c}{1 + \gamma_r} = \frac{17852 + 0.05 * 19637}{1 + 0.05} = 17937 \text{ KJ/Kmol}$$

El grado de presión de elevación es de 1.8

$$8314 \lambda T_c = 8.314 * 1.8 * 1059 = 15848 \text{ KJ/Kmol}$$

La suma de los términos de la ecuación de combustión es:

$$\frac{\xi_z H_u}{M_1 (1 + \gamma_r)} + \frac{U_c + \gamma_r U''_c}{1 + \gamma_r} + 8314 \lambda T_c = 49689 + 17937 + 15848 = 83474 \text{ KJ/Kmol}$$

Por tanto, de la ecuación de combustión se tiene:

$$\mu_r (U''_z + 8.314 T_z) = 83474 \text{ KJ/Kmol}$$

Si  $\mu_r = 1.22$

$$(U''_z + 8.314 T_z) = 68421 \text{ KJ/Kmol}$$

La energía interna  $U''_z$ ; es una función de la temperatura de combustión y del calor específico, por ello la última ecuación se puede resolver mediante el método de aproximaciones sucesivas; empleando tablas 7 y 9 que se encuentran en anexos

Se considera  $T_z = 2073 \text{ °K}$  ( $T_z = 1800 \text{ °C}$ )

$$U''_z = 51498 * \frac{0.644}{0.79} + 45008 * \frac{0.146}{0.79} = 50299 \text{ KJ/Kmol}$$

$$(50299 + 8.314 * 2073) = 67534 \text{ KJ/Kmol}$$

Se considera  $T_z = 2173 \text{ °K}$  ( $T_z = 1900 \text{ °C}$ )

$$U''_z = 54931 * \frac{0.644}{0.79} + 47813 * \frac{0.146}{0.79} = 53616 \text{ KJ/Kmol}$$

$$(53616 + 8.314 * 2173) = 71682 \text{ KJ/Kmol}$$

De acuerdo a los resultados obtenidos se deduce que la temperatura de combustión se encuentre entre 2073 a 2173 °K se procede a interpolar para determinar la temperatura de combustión

**Tabla 9**

*Interpolación de temperatura de combustión después de repotenciación*

Energía de productos de combustión	Temperatura de combustión
67534	2073
68421	$T_z$
71682	2173

$$T_z = 2073 + \frac{2173 - 2073}{71682 - 67534} * (68421 - 67534)$$

$$T_z = 2094 \text{ } ^\circ K$$

### Proceso de expansión

#### ***Presión al final de expansión ( $P_b$ )***

Se determina mediante la siguiente expresión

$$P_b = \frac{P_z}{\delta^{n_2}}$$

Donde:

$P_z$ : Presión de combustión = 7.4 MPa

$n_2$ : exponente politropico de expansión



Según Jovaj para motores Diesel el exponente politropico de expansión, se encuentra entre los rangos  $n_2 = 0.18$  a  $1.28$  se toma el valor promedio en este caso

$$n_2 = 1.3$$

$\delta$ : Grado de expansión posterior

$$\delta = \frac{\varepsilon}{\rho}$$

Donde:

$\varepsilon$ : Relación de compresión = 20.23

$\rho$ : Coeficiente de expansión preliminar

$$\rho = \frac{\mu_r T_z}{\lambda T_c}$$

Donde:

$\mu_r$ : Coeficiente real de variación molecular = 1.22

$\lambda$ : Grado de elevación de la presión = 1.8

$T_z$ : Temperatura de combustión = 2041 °K

$T_c$ : Temperatura al final de compresión = 995.33 °K

Reemplazando

$$\rho = \frac{1.22}{1.8} * \frac{2041 \text{ °K}}{995 \text{ °K}}$$

$$\rho = 1.39$$

Entonces grado de expansión posterior es:

$$\delta = \frac{20.23}{1.39}$$

$$\delta = 14.55$$

Finalmente, la presión al final de expansión es:

$$P_b = \frac{7.4 \text{ MPa}}{(14.55)^{1.3}}$$

$$P_b = 0.23 \text{ MPa}$$

**Temperatura al final de expansión ( $T_b$ )**

$$T_b = \frac{T_z}{\delta^{n_2-1}}$$

Donde:

$T_z$ : Temperatura de combustión = 2094 °K

$\delta$ : Grado de expansión posterior = 14.55

$n_2$ : exponente politropico de expansión

Según Jovaj para motores Diesel el exponente politropico de expansión, se encuentra entre los rangos  $n_2 = 0.18$  a 1.28 se toma el valor promedio en este caso

$$n_2 = 1.3$$

Reemplazando:

$$T_b = \frac{2094}{(14.55)^{1.3-1}}$$

$$T_b = 938 \text{ °K}$$

Tabla 10

*Parámetros de presión y temperatura después de la repotenciación*

Procesos del motor	Presión	Temperatura
Admisión	$P_a = 0.0545 \text{ MPa}$	$T_a = 337^\circ\text{K}$
Compresión	$P_c = 4.11 \text{ MPa}$	$T_c = 1059^\circ\text{K}$
Combustión	$P_z = 7.4 \text{ MPa}$	$T_z = 2094^\circ\text{K}$
Expansión	$P_b = 0.23 \text{ MPa}$	$T_b = 938^\circ\text{K}$

**Presión media indicada del ciclo**

$$P_{mi} = P_a \frac{\varepsilon^{n_1}}{\varepsilon - 1} \left[ \lambda (\rho - 1) + \frac{\lambda \rho}{n_2 - 1} \left( 1 - \frac{T_b}{T_z} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left( 1 - \frac{T_a}{T_c} \right) \right]$$

$$P_{mi} = 0.0545 * \frac{24^{1.36}}{24 - 1} \left[ 1.8 * (1.39 - 1) + \frac{1.8 * 1.39}{1.3 - 1} \left( 1 - \frac{938}{2094} \right) - \frac{1}{1.36 - 1} \left( 1 - \frac{337}{1059} \right) \right]$$

$$P_{mi} = 0.61 \text{ MPa}$$

**Presión media indicada del ciclo real**

$$P_i = \varphi_i P_{mi}$$

Donde:

 $\varphi_i$ : Coeficiente de redondamiento (plenitud) del diagrama

Según Jovaj para motores Diesel el coeficiente de redondamiento (plenitud) del diagrama, se encuentra entre los rangos  $\varphi_i = 0.92$  a  $0.97$  se toma el valor promedio en este caso  $\varphi_i = 0.95$

 $P_{mi}$ : Presión media efectiva del ciclo =  $0.61 \text{ MPa}$



$$P_i = 0.95 * 0.61 MPa$$

$$P_i = 0.58 MPa$$

Presión perdida

Se determina por la siguiente expresión:

$$P_m = A + B v_p$$

Donde:

*A y B: Coeficientes*

Según Jovaj para motores Diesel con cámaras de combustión semiseparadas y no separada, los coeficientes son:  $A = 0.105$  y  $B = 0.012$

$v_p$ : *Velocidad del piston*

Se determina mediante la siguiente expresión:

$$v_p = \frac{S n}{30}$$

Donde:

$S$ : *Carrera del piston* = 86 mm = 0.086 m

$n$ : *Velocidad del motor* = 4000 rpm

Reemplazando

$$v_p = \frac{0.086 * 4000}{30}$$

$$v_p = 11.47 \frac{m}{s}$$



Finalmente la presión perdida es:

$$P_m = 0.105 + (0.012 * 11.47)$$

$$P_m = 0.24 \text{ MPa}$$

### Presión media efectiva del ciclo

$$P_e = P_i - P_m$$

$$P_e = 0.58 - 0.24$$

$$P_e = 0.34 \text{ MPa}$$

### Potencia efectiva del motor

$$N_e = \frac{P_e i V_h n}{30 \tau}$$

Donde:

$P_e$ : Presión media efectiva = 0.32 MPa

$i$ : Numero de cilindros = 4

$V_h$ : Cilindrada unitaria o volumen desplazado = 499.6 cm<sup>3</sup>

$n$ : Velocidad del motor = 4000 rpm

$\tau$ : Numero de tiempos = 4

Reemplazando:

$$N_e = \frac{0.34 * 2 * 4000}{30 * 4}$$

$$N_e = 23 \text{ KW}$$



## Análisis de resultados

Cuadro comparativo de la repotenciación del motor Diesel Toyota Townace a 3825 metros sobre el nivel del mar

**Tabla 11**

*Cuadro comparativo de repotenciación del motor Diesel a 3825 m.s.n.m.*

Parámetros	Antes de la repotenciación	Después de la repotenciación
Relación de compresión de precámara	13	11
Relación de compresión principal	13	11
Espesor de empaquetadura	1 mm	0.7 mm
Relación de compresión total	20.23	24
Temperatura al final de compresión	995 °K	1059 °K
Temperatura al final de combustión	2041 °K	2094 °K
Temperatura al final de expansión	914 °K	938 °K
Presión al final de compresión	3.26 MPa	4.11 MPa
Presión al final de combustión	5.86 MPa	7.4 MPa
Presión al final de expansión	0.18 MPa	0.23 MPa
Presión media indicada del ciclo real	0.56	0.58
Presión efectiva	0.32	0.34
Velocidad del motor	3000 rpm	4000 rpm
Potencia del motor	16 kw	23 kw

#### 4.3. Discusión de resultados

Se tiene los siguientes antecedentes:

(Cornejo & Velásquez, 2020). En su tesis titulada "*Determinación de ciclos termodinámicos en motores de encendido provocado de vehículos de categoría M1 en ciclos de conducción reales*"

Según resultados de prueba se puede observar una pérdida de 3,5% por cada 5°C de incremento en la temperatura de entrada del aire, así también existe pérdida por efecto de altas temperaturas transfiriendo 30% de la energía al sistema refrigerante

(Freire & Fiallos, 2015). En su tesis titulada "*Rehabilitación y repotenciación del motor de un vehículo Land Rover de 1986 para taller móvil de la escuela de ingeniería automotriz-ESPOCH*"

El autor realiza pruebas en un banco dinamométrico donde se obtiene los parámetros de torque, potencia efectiva y consumo específico tanto antes y después de repotenciar el motor de combustión interna, donde se observa incremento de potencia en un 52.7%, un ahorro de combustible en un 35.4% y en torque en un 48%. Todo esto al resultar con la implementación de un intercooler y a una velocidad de 1400rpm

(Anangono & Pillajo, 2023), En su tesis titulada "*Repotenciación de una camioneta Chevrolet Luv Dmax con motor diésel de 3000cc.*"

El autor realiza una mediciones de los componentes del motor, posteriormente realiza el rectificado de las piezas del motor y posteriormente realiza pruebas de parámetros de potencia y par máximo donde se observa una aumento en un 15.76%, 23,74% respectivamente, incrementando así su eficiencia



## CONCLUSIONES

- PRIMERA:** Se realizó la repotenciación de un motor Diesel Toyota Townace mediante cálculo termodinámico para mejorar funcionamiento óptimo a una altitud de 3825 metros.
- SEGUNDA:** Se realizó un análisis del ciclo termodinámico del motor Diesel Toyota Townace para una altitud de 3825 metros, considerando las características del ambiente, se determinó las temperaturas y presión de cada proceso; así también la relación de compresión de 20.23 y la potencia del motor de 16KW.
- TERCERA:** Para el repotenciamiento del motor Diesel Toyota Townace se realiza un cambio de culata.
- CUARTA:** Se realizo el calculo del ciclo termodinámico con las modificaciones realizadas al motor Diesel Toyota Townace a la altitud de 3825 metros; se obtiene una relación de compresión de 24 y la potencia del motor de 23KW; logrando así una mejora; debido a que le vehículo no tenia la fuerza necesaria para su funcionamiento.



## RECOMENDACIONES

1. Tener una capacitación previa sobre la repotenciación del motor Toyota 2C townace, igualmente realizar una investigación para tener los conocimientos de cada una de las piezas del motor.
2. Tener siempre presente que para obtener los valores reales y adecuados es importante que el vehículo este en una temperatura de funcionamiento adecuado para que no se encuentre fallas al momento de obtener los datos de la culata, torque y potencia del motor.
3. Se debe tener en cuenta para realizar el mantenimiento del motor Toyota townace deben ser guiados por el kilometraje para evitar daños a futuro y un óptimo funcionamiento, mantenimientos como: cambio de aceite de motor, filtro de aceite, filtros de aire, filtros de combustible, Cambio de aceite de caja y transmisión.
4. Para estudios posteriores es recomendable realizar el análisis de los valores que presenta cada uno de los sensores del motor, también realizar pruebas de la bomba de inyección con carga y sin carga para así poder analizar diferencias que se presentan en cada una de estas pruebas.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Anangono, B. D., & Pillajo, P. A. (2023). *Repotenciación de una camioneta Chevrolet Luv Dmax con motor diésel de 3000cc*. Universidad Técnica del Norte - Ecuador.
- Borda, F. R., & Salamanca, L. (2009). *Análisis de los factores (mezcla aire combustible) que influyen sobre los parámetros efectivos de la toxicidad de un motor a inyección electrónica y dual (Gasolina GLP) en la Ciudad de Puno*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Chevarria, A. R. (2017). *Efectos de la restricción parcial del aire de admisión e incremento de la temperatura de la mezcla aire-gas natural en un motor diesel funcionando en el modo diesel/gas*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Cornejo, L. A., & Velásquez, D. F. (2020). *Determinación de ciclos termodinámicos en motores de encendido provocado de vehículos de categoría M1 en ciclos de conducción reales*. Universidad Politécnica Salesiana .
- Covarrubias, J. h. (2015). *Mejoramiento de la eficiencia energética y la implementación de un sistema de gestión bajo la norma ISO 50001 para la Línea 1 de la Red Básica del Sistema de Transporte Masivo de Lima y Callao, Perú*. Universidad Politécnica de Madrid .
- Freire, E. D., & Fiallos, D. B. (2015). *Rehabilitación y repotenciación del motor de un vehículo Land Rover de 1986 para taller móvil de la escuela de ingeniería automotriz-ESPOCH*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo - Ecuador.



- Gutierrez, A. (2004). *Desarrollo experimental de la repotenciación de un motor de combustión interna a gasolina* . Universidad de los Andes .
- Huaccallo, H. W. (2017). *Balance térmico experimental de funcionamiento de un motor de combustión interna diesel en el laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Martinez, C. (2014). *Potenciación de un motor diésel de gran cilindrada*. Universitat Politecnica de Valencia .
- Moncada, V. R. (1996). *Estudio experimental sobre la compensación de la pérdida de potencia en la altura del motor diésel experimental Ricardo, mediante el uso del aditivo orgánico Mobil Diésel Plus*. Universidad Nacional de Ingenieria .
- Montalvo, H. W. (2020). *Análisis del sistema de frenos regenerativos aplicado en automóviles de combustión interna para la optimización del consumo de combustible*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Paredes, C. A. (1972). *Estudio comparativo de la potencia al freno de un Motor Diesel de 4 tiempos de aspiración natural y turbo alimentado en la altura*. Universidad Nacional de Ingenieria .
- Qquenta, 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*. Universidad Nacional del Altiplano.



Quispe, S. E. (2015). *Optimización de la potencia efectiva de un motor Daewoo G15MF de inyección electrónica mediante sobrealimentación por bomba de aire a 3825 m.s.n.m.* Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez .

Santos, G. A. (1986). *Repotenciamiento de microbuses Dodge D-300 de transporte público urbano.* Universidad Nacional de Ingenieria.



# APÉNDICES



### Apéndice 1 Matriz de Consistencia

#### Título: REPOTENCIAMIENTO DE UN MOTOR DIESEL TOYOTA TOWNACE MEDIANTE CÁLCULO TERMODINÁMICO PARA MEJORAR FUNCIONAMIENTO ÓPTIMO A UNA ALTITUD DE 3825 METROS, 2024

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Diseño Metodológico
<p><b>Problema General:</b></p> <p>P.G. ¿De que manera se puede repotenciar un motor Diesel Toyota Townace mediante cálculo termodinámico para mejorar funcionamiento optimo a una altitud de 3825 metros, 2024?</p> <p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b></p> <p>P.E.1. ¿Cómo se puede determinar parámetros del ciclo termodinámico de motor Diesel Toyota Townace a una altitud de 3825 metros?</p> <p>P.E.2. ¿Cómo se puede determinar modificaciones para repotenciar el motor Diesel Toyota Townace a una altitud de 3825 metros?</p> <p>P.E.3. ¿Cómo se puede determinar el mejoramiento de potencia y torque del motor Diesel Toyota Townace a una altitud de 3825 metros?</p>	<p><b>Objetivo General:</b></p> <p>O.G. Repotenciar un motor Diesel Toyota Townace mediante cálculo termodinámico para mejorar funcionamiento óptimo a una altitud de 3825 metros, 2024</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <p>O.E.1. Determinar parámetros del ciclo termodinámico de motor Diesel Toyota Townace a una altitud de 3825 metros</p> <p>O.E.2. Determinar modificaciones para repotenciar el motor Diesel Toyota Townace a una altitud de 3825 metros</p> <p>O.E.3. Determinar el mejoramiento de potencia y torque del motor Diesel Toyota Townace a una altitud de 3825 metros</p>	<p><b>Hipótesis General:</b></p> <p>H.G. Si se repotencia un motor Diesel Toyota Townace mediante el cálculo termodinámico entonces se mejorara la potencia a una altitud de 3825 metros sobre el nivel del mar</p> <p><b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</b></p> <p>H.E.1. Si se determina los parámetros del ciclo termodinámico entonces se podrá realizar las modificaciones</p> <p>H.E.2. Si se determina modificaciones entonces se podrá repotenciar el motor Diésel Toyota Townace a una altitud de 3825 metros</p> <p>H.E.3. Si se determina el mejoramiento de potencia y torque del motor Diésel Toyota Townace entonces se mejorara el rendimiento</p>	<p>Variable independiente</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Repotenciamiento de motor Diésel Toyota Townace</li> </ul> <p>Variable dependiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Funcionamiento óptimo a una altitud de 3825 metros</li> </ul>	<p><b>Tipo y nivel de investigación:</b></p> <p>El tipo de investigación es aplicativo – experimental – cuantitavo – analítico</p>



Apéndice 2. Otros

6. Calor específico molar medio de los gases  $\mu_V$  a  $V = \text{const}$   
[en  $\text{kJ}/(\text{kmol} \cdot ^\circ\text{C})$ ]

Temperatura, $^\circ\text{C}$	Aire	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> (atmosférico)	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	CO	H <sub>2</sub>
0 <sup>1)</sup>	20,758	20,959	20,704	27,545	25,184	20,808	20,302
100	20,838	21,223	20,733	29,797	25,426	20,863	20,620
200	20,984	21,616	20,800	31,744	25,803	20,988	20,768
300	21,206	22,085	20,972	33,440	26,260	21,202	20,808
400	21,474	22,563	21,185	34,935	26,775	21,474	20,871
500	21,780	23,019	21,440	36,258	27,315	21,784	20,934
600	22,090	23,440	21,720	37,438	27,880	22,110	21,001
700	22,408	23,834	22,027	38,498	28,474	22,437	21,093
800	22,713	24,187	22,320	39,448	29,077	22,755	21,202
900	23,006	24,510	22,609	40,302	29,693	23,061	21,332
1000	23,283	24,803	22,881	41,077	30,304	23,350	21,474
1100	23,547	25,071	23,140	41,784	30,901	23,622	21,629
1200	23,794	25,318	23,392	42,425	31,510	23,877	21,792
1300	24,018	25,548	23,626	43,007	32,092	24,112	21,972
1400	24,250	25,761	23,848	43,543	32,661	24,338	22,152
1500	24,459	25,967	24,057	44,033	33,210	24,543	22,332
1600	24,652	26,159	24,250	44,485	33,741	24,736	22,517
1700	24,863	26,343	24,434	44,903	34,261	24,916	22,697
1800	25,003	26,519	24,602	45,299	34,755	25,087	22,877
1900	25,167	26,691	24,765	45,644	35,224	25,246	23,057
2000	25,326	26,854	24,916	45,975	35,680	25,393	23,233
2100	25,474	27,013	25,062	46,281	36,120	25,535	23,408
2200	25,611	27,168	25,200	46,566	36,538	25,665	23,576
2300	25,745	27,319	25,326	46,829	36,940	25,791	23,743
2400	25,870	27,470	25,447	47,076	37,330	25,908	23,907
2500	25,992	27,612	25,560	47,302	37,702	26,021	24,070

1) Para  $t = 0$  se exponen los valores del calor específico verdadero.

7. Energía interna de los gases  $U$  (en  $\text{MJ}/\text{kmol}$ )

Temperatura, $^\circ\text{C}$	Aire	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> (atmosférico)	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	CO	H <sub>2</sub>
0	0	0	0	0	0	0	0
100	2,015	2,123	2,072	2,981	2,541	2,085	2,064
200	4,195	4,325	4,162	6,347	5,162	4,199	4,153
300	6,364	6,628	6,293	10,031	7,879	6,360	6,242
400	8,591	9,027	8,474	13,975	10,710	8,591	8,348
500	10,890	11,509	10,726	18,129	13,657	10,790	10,467
600	13,255	14,068	13,038	22,462	16,726	13,268	12,602
700	15,684	16,684	15,420	26,950	19,933	15,705	14,767
800	18,171	19,347	17,857	31,560	23,262	18,204	16,965
900	20,708	22,060	20,348	36,270	26,724	20,754	19,201
1000	23,293	24,803	22,881	41,077	30,304	23,350	21,474
1100	25,899	27,578	25,456	45,971	34,001	25,983	23,793
1200	28,554	30,379	28,068	50,911	37,811	28,654	26,152
1300	31,238	33,241	30,714	55,894	41,721	31,346	28,562
1400	33,951	36,065	33,385	60,960	45,720	34,072	31,011
1500	36,689	38,950	36,086	66,080	49,823	36,814	33,498
1600	39,444	41,855	38,799	71,175	53,758	38,578	36,023
1700	42,203	44,799	41,537	76,325	58,238	42,370	38,585
1800	45,008	47,729	44,296	81,517	62,551	45,175	41,177
1900	47,813	50,702	47,059	86,708	66,947	47,981	43,794
2000	50,660	53,716	49,823	90,942	71,343	50,786	46,473
2100	53,507	56,731	52,628	97,175	75,865	53,633	49,153
2200	56,354	59,787	55,433	102,541	80,386	56,480	51,879
2300	59,201	62,844	58,100	107,726	84,950	59,327	54,596
2400	62,090	65,942	61,085	113,002	89,597	62,174	57,359
2500	64,979	69,040	63,890	118,277	94,245	65,063	60,164



8. Calor específico de los productos de combustión  
[en kJ/(kmol.°C)]

Temperatura. °C	Gasolina, siendo $\alpha$ igual a				Aceite Diesel $\alpha = 1$
	1,0	0,9	0,8	0,7	
0	22,1849	22,0451	21,8810	21,6845	22,190
100	22,5304	22,3556	22,1502	21,9040	22,525
200	22,8830	22,6762	22,4334	22,1426	22,902
300	23,2899	23,0552	22,7790	22,4480	23,320
400	23,7203	23,4605	23,1459	22,7807	23,739
500	24,1478	23,8772	23,5376	23,1426	24,200
600	24,5828	24,2931	23,9316	23,5095	24,618
700	25,0191	24,7126	24,3315	23,8859	25,079
800	25,4382	25,1173	24,7191	24,2530	25,498
900	25,8439	25,5088	25,0967	24,6122	25,874
1000	26,2261	25,8806	25,4548	24,9534	26,293
1100	26,5899	26,2355	25,7948	25,2698	26,628
1200	26,9379	26,5726	26,1230	25,5950	27,005
1300	27,2636	26,8896	26,4306	25,8912	27,298
1400	27,5722	27,1808	26,7235	26,1738	27,633
1500	27,7840	27,4646	26,9993	26,4402	27,884
1600	28,1340	27,7300	27,2578	26,6905	28,177
1700	28,3928	27,9833	27,5047	26,9295	28,428
1800	28,6314	28,2180	27,7337	27,1518	28,638
1900	28,8604	28,4420	27,9527	27,3647	28,889
2000	29,0752	28,6526	28,1587	27,5649	29,098
2100	29,2812	28,8546	28,3564	27,7548	29,308
2200	29,4755	29,0455	28,5432	27,9386	29,517
2300	29,6555	29,2299	28,7173	28,1099	29,584
2400	29,8284	29,3930	28,8845	28,2732	29,852
2500	29,9905	29,5528	29,0415	28,4271	30,019

9. Energía interna de los productos de combustión  $U$  (en MJ/kmol)

Temperatura. °C	Gasolina, siendo $\alpha$ igual a				Aceite Diesel $\alpha = 1$
	1,0	0,9	0,8	0,7	
0	0	0	0	0	0
100	2,2530	2,2045	2,1881	2,1685	2,252
200	4,5766	4,5352	4,4867	4,4285	4,580
300	6,3969	6,9165	6,8337	6,7344	6,992
400	9,4881	9,3842	9,2584	9,1123	9,483
500	12,0740	11,9386	11,7688	11,5713	12,100
600	14,7500	14,5759	14,3590	14,1057	14,779
700	17,5130	17,2989	17,0422	16,7202	17,585
800	20,3090	20,0938	19,7753	19,4024	20,390
900	23,2600	22,9688	22,5870	22,1510	23,237
1000	26,2262	25,8806	25,4548	24,9534	26,293
1100	29,2490	28,8569	28,3743	27,7968	29,308
1200	32,3250	31,8871	31,3476	30,7140	32,406
1300	35,4430	34,9565	34,3598	33,6586	35,504
1400	38,6010	38,0531	37,4129	36,6433	38,686
1500	41,7660	41,1969	40,4990	39,6603	41,868
1600	45,0140	44,3680	43,6125	42,7048	45,008
1700	48,2680	47,5716	46,7580	45,7802	48,358
1800	51,5370	50,7924	49,9207	48,8732	51,498
1900	54,8350	55,0398	53,1101	51,9929	54,931
2000	58,1500	57,3052	56,3174	55,1298	58,197
2100	61,4910	60,5947	59,5484	58,2851	61,546
2200	64,8460	63,9001	62,7955	61,4671	64,979
2300	68,2080	67,2127	66,0498	64,6528	68,287
2400	71,5880	70,5432	69,3228	67,8557	71,594
2500	74,9760	73,8820	72,6038	71,0678	75,027



**ANEXO 1**  
**FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN**

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

Formato digital

Fecha de entrega: 12/12/2024

**1. Datos del autor (es):**

Nombres y Apellidos: JAVIER ISAIAS LUQUE RAMIREZ

Dirección: Jr. Parinocochas Nro 194 - Juliaca

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 77297586

Teléfono: 958388774 email: luque14563@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: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación  Tesis  Trabajo de Suficiencia Profesional  Trabajo Académico

Título: REPOTENCIAMIENTO DE UN MOTOR DIESEL TOYOTA TOWNACE MEDIANTE CÁLCULO TERMODINÁMICO PARA MEJORAR FUNCIONAMIENTO ÓPTIMO A UNA ALTITUD DE 3825 METROS, 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): Repotenciamiento, motor diésel, calculo termodinamico, funcionamiento óptimo

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV <sup>1,2</sup>?

2

<sup>1</sup> 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, entré otros relacionados.

<sup>2</sup> 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- P18

Firma de Autor



huella digital

12 de Diciembre del 2024

Fecha