



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



**INFLUENCIA DEL TIPO DE BUJÍA EN EL RENDIMIENTO Y
EMISIÓN DE UN MOTOR GASOLINERO A 3825
METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR, 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. JOHM ADNERTH SURCO QUISPE

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

JULIACA - PERÚ

2025



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

**INFLUENCIA DEL TIPO DE BUJÍA EN EL RENDIMIENTO Y
EMISIÓN DE UN MOTOR GASOLINERO A 3825
METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR, 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. JOHM ADNERTH SURCO QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

: 
Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO

PRIMER MIEMBRO

: 
Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

SEGUNDO MIEMBRO

: 
Ing. CARLOS ALEJANDRO CÁCERES VARGAS

ASESOR DE TESIS

: 
Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

: TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA – P18

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 250-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 06 de mayo del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 1582, presentado por el señor (a) **JOHM ADNERTH SURCO QUISPE** solicitando **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACIÓN**, el Proveído del Director de la Unidad de Investigación de la FICP, y la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 1343-2024-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **JOHM ADNERTH SURCO QUISPE** ha presentado cambio de asesor de tesis del tema investigación Titulado: **INFLUENCIA DEL TIPO DE BUJÍA EN EL RENDIMIENTO Y EMISIÓN DE UN MOTOR GASOLINERO A 3825 METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR, 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° 1343-2024-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**.

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. Fritz Willy Mamani Apaza** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió el proveído favorable del cambio de asesor de investigación del tema titulado: **INFLUENCIA DEL TIPO DE BUJÍA EN EL RENDIMIENTO Y EMISIÓN DE UN MOTOR GASOLINERO A 3825 METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR, 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): **JOHM ADNERTH SURCO QUISPE**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, con el Tema Titulado: **INFLUENCIA DEL TIPO DE BUJÍA EN EL RENDIMIENTO Y EMISIÓN DE UN MOTOR GASOLINERO A 3825 METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR, 2024** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA**, se le asigna como:

ASESOR: Ing. **ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN**

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la) docente Ing. **ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN**.

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. PURASDr. **OSCAR V. VIAMONTE CALLA**
DECANO (e)
CIP. 32730UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. **Fritz Willy Mamani Apaza**
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.
Archivo 2025
Interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1660-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 02 de diciembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025 - CU - 12359 presentado por el (la) Bachiller: **JOHM ADNERTH SURCO QUISPE** 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. **JOHM ADNERTH SURCO QUISPE**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **INFLUENCIA DEL TIPO DE BUJÍA EN EL RENDIMIENTO Y EMISIÓN DE UN MOTOR GASOLINERO A 3825 METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR, 2024**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico Electricista.**

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

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

RESUELVE:

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

- * **Presidente** : Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO
- * **1er Miembro** : Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
- * **2do Miembro** : Ing. CARLOS ALEJANDRO CACERES VARGAS

ARTICULO SEGUNDO. RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON.**

ARTICULO TERCERO. APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **JOHM ADNERTH SURCO QUISPE**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **INFLUENCIA DEL TIPO DE BUJÍA EN EL RENDIMIENTO Y EMISIÓN DE UN MOTOR GASOLINERO A 3825 METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR, 2024** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico Electricista.** de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : jueves 11 de diciembre del 2025
- * **HORA** : 08:00 horas
- * **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. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730

cc.
Archivo
interesado (s)



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

Dr. Cesar G. Camargo Najjar
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 962-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 2 de setiembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU - 4494 por el señor (a): **JOHM ADNERTH SURCO QUISPE** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 462- 2025-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 027 - 2025 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): **JOHM ADNERTH SURCO QUISPE**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **INFLUENCIA DEL TIPO DE BUJÍA EN EL RENDIMIENTO Y EMISIÓN DE UN MOTOR GASOLINERO A 3825 METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR, 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 **Mgtr. Salvador Teodoro Valdivia Cardenas** 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° 027 - 2025 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **INFLUENCIA DEL TIPO DE BUJÍA EN EL RENDIMIENTO Y EMISIÓN DE UN MOTOR GASOLINERO A 3825 METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR, 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): **JOHM ADNERTH SURCO QUISPE**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico Electricista**, con el Tema Titulado: **INFLUENCIA DEL TIPO DE BUJÍA EN EL RENDIMIENTO Y EMISIÓN DE UN MOTOR GASOLINERO A 3825 METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR, 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) **Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON**.

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.



cc.
Archivo
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1343-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 22 de octubre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU-14091, presentado el señor (a) **JOHM ADNERTH SURCO QUISPE** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO – N° 1149 -2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 028 -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): **JOHM ADNERTH SURCO QUISPE** ha presentado su propuesta de investigación **Titulado: INFLUENCIA DEL TIPO DE BUJÍA EN EL RENDIMIENTO Y EMISIÓN DE UN MOTOR GASOLINERO A 3825 METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR, 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° 028 -2024- aprobando la propuesta de investigación **titulado: INFLUENCIA DEL TIPO DE BUJÍA EN EL RENDIMIENTO Y EMISIÓN DE UN MOTOR GASOLINERO A 3825 METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR, 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 señor (a): **JOHM ADNERTH SURCO QUISPE**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico Electricista**, con el Tema **Titulado: INFLUENCIA DEL TIPO DE BUJÍA EN EL RENDIMIENTO Y EMISIÓN DE UN MOTOR GASOLINERO A 3825 METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR, 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 Cs. PURAS

D. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Eirain Ruyillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)



INFLUENCIA DEL TIPO DE BUJÍA EN EL RENDIMIENTO Y EMISIÓN DE UN MOTOR GASOLINERO A 3825 METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR, 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	3%
2	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	idoc.pub Fuente de Internet	1%
4	nanopdf.com Fuente de Internet	1%
5	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Peruana Cayetano Heredia Trabajo del estudiante	1%
7	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	1%

hdl.handle.net



Metadatos Complementarios UANCV

INFLUENCIA DEL TIPO DE BUJÍA EN EL RENDIMIENTO Y EMISIÓN DE UN MOTOR GASOLINERO A 3825 METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR, 2024	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	JOHM ADNERTH SURCO QUISPE
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	75506488
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0002-6447-0215
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02064066
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8065-6533
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02406088
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02383061
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	CARLOS ALEJANDRO CACERES VARGAS
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	29591476
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología e Ingeniería Mecánica – P18



Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>Edificio: Juliaca</p> <p>Pais: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca</p> <p>Latitud: -15.5160134306 Longitud: -70.112183078 https://maps.app.goo.gl/FpCXERKv2rkg7UYW7</p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Octubre 2024 – Diciembre 2025
URL de disciplinas OCDE - Librería	<p>Ingeniería Mecánica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.00</p> <p>Ingeniería Mecánica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.01</p>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
D. César G. Camargo Najar
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo JOHM ADNERTH SURCO QUISPE, identificado con DNI
Nro. 75506488 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:

INFLUENCIA DEL TIPO DE BUJÍA EN EL RENDIMIENTO Y EMISIÓN DE UN MOTOR
GASOLINERO A 3825 METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR, 2024

Asesorado por: Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON

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 19 de diciembre del 2025

Firma del Asesor
(obligatoria)

Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

Este logro lo ofrezco a mis padres, por ser mi motor y mi inspiración constante y a la Universidad Andina Néstor Cáceres Velázquez, que me enseñó con perseverancia y esfuerzo es posible alcanzar los sueños, les ofrezco este logro.

Johm Adnerth Surco Quispe



AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis docentes por su ayuda, paciencia y tiempo por hacer posible la realización de este trabajo, con todo mi aprecio, agradezco a mi familia por su respaldo moral y sus sabios consejos que me sostuvieron en las etapas más duras. ¡Gracias de corazón!

John Adnerth Surco Quispe



INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....iii

AGRADECIMIENTOiv

INDICE GENERAL.....v

ÍNDICE DE TABLASix

ÍNDICE DE FIGURASx

RESUMENxii

ABSTRACTxiii

INTRODUCCIÓNxiv

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1.Descripción del problema.....1

1.2.Formulación del problema..... 3

 1.2.1. Problema General.....3

 1.2.2. Problemas Específicos.....3

1.3.Justificación.....3

 1.3.1. Justificación teórica.....3

 1.3.2. Justificación práctica.....4

 1.3.3. Justificación técnica.....4

1.4.Objetivos de la investigación.....4

 1.4.1. Objetivo General.....4

 1.4.2. Objetivos Específicos.....4

1.5.Hipótesis.....5

 1.5.1. Hipótesis General.....5



1.5.2. Hipótesis Especificas.....5

1.6. Operacionalización de variables.....6

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Antecedentes de la investigación.....7

2.1.1. Antecedentes internacionales.....7

2.1.2. Antecedentes nacionales.....8

2.1.3. Antecedentes locales.....9

2.2. Bases teóricas.....10

2.2.1. Avance de encendido y su influencia en el motor.....10

2.2.2. Fuentes de emisiones tóxicas de los MCI.....11

2.2.3. Segunda Ley de La Termodinámica.....12

2.2.4. Arco eléctrico en la bujía.....13

2.2.5. Los vapores del combustible.....14

2.2.6. Gases de escape.....16

2.2.7. Composición de las emisiones tóxicas y su acción sobre el organismo humano.....18

2.2.8. Los óxidos de nitrógeno.....20

2.2.9. El humo blanco y azul.....25

2.2.10. Los aldehídos.....32

2.2.11. Bujía.....35

2.3. Marco Conceptual.....37

2.3.1. Bujía.....37

2.3.2. Tipo de bujía.....37

2.3.3. Grado térmico de la bujía.....37



2.3.4. Calibre o distancia entre electrodos.....38

2.3.5. Emisión de gases.....38

2.3.6. Rendimiento del motor.....38

2.3.7. Influencia de la altitud en la combustión. _____ 39

2.3.8. Normativas ambientales aplicables. _____ 39

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación.....40

 3.1.1. Tipo y nivel de investigación.....40

3.2. Ámbito de investigación.....40

3.3. Población y muestra.....41

3.4. Técnicas e instrumentos.....42

3.5. Recogida de datos.....43

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presentación.....44

4.2. Análisis de resultados.....44

 4.2.1. Temperatura de funcionamiento.....44

 4.2.2. Grado térmico.....45

 4.2.2. Causas y soluciones de las fallas de bujías.....48

 4.2.3. Especificaciones técnicas del vehículo.....53

 4.2.4. Emisiones de gases con diferentes tipos de bujía.....53

4.3. Discusión de resultados.....60

CONCLUSIONES61

RECOMENDACIONES62



BIBLIOGRAFÍA63

ANEXOS66



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables.....	6
Tabla 2 Fuentes de sustancias toxicas (en %).....	15
Tabla 3 Componente de los gases de escape	17
Tabla 4 Emisión de gases de escape con bujía de grado térmico caliente	54
Tabla 5 Emisión de gases de escape con bujía de grado térmico frio	54
Tabla 6 Cuadro comparativo de emisión de gases de escape con tipo de bujía.	55
Tabla 7 Potencia del motor según distancia entre electrodos	56
Tabla 8 Resultado de la evaluación del calibrado de bujías y condición de combustión en la cámara.	59



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Figura de un arco eléctrico en la bujía.....	14
Figura 2 Fuentes de formación de emisiones toxicas.....	15
Figura 3 Influencia de la composición de la mezcla (α) sobre índices del motor de carburador (a) y diésel (b)	18
Figura 4 Esquema de las zonas de formación de CO	19
Figura 5 La acción del CO sobre el organismo humano.....	20
Figura 6 Esquema de las zonas de formación de hidrocarburos.....	23
Figura 7 Influencia del coeficiente de exceso de aire sobre contenido de C_xH_y ..	23
Figura 8 Dimensiones de los diferentes componentes de los gases de escape..	26
Figura 9 Influencia de la temperatura sobre las dimensiones de las partículas y la graduación cromática del humo	28
Figura 10 Emisiones de hollín de acuerdo con el coeficiente de exceso de aire	29
Figura 11 Mecanismos posibles de formación del hollín	29
Figura 12 Influencia de la composición del combustible sobre la emisión de hollín en los gases de escape.....	31
Figura 13 Contenido de Pb en las plantas conforme a la distancia de la carretera	34
Figura 14 Componentes de la bujía.....	35
Figura 15 Bujía de cobre	36
Figura 16 Bujías de platino	36
Figura 17 Bujía de iridio.....	37
Figura 18 Ubicación de la ciudad de Juliaca (3825 m.s.n.m.)	41
Figura 19 Evacuación de calor	45



Figura 20 Bujía caliente.....	45
Figura 21 Bujía de grado térmico medio.....	46
Figura 22 Bujía fría	46
Figura 23 Comparativa de la temperatura en función de la carga de bujía	47
Figura 24 Emisión de gases de escape con 2 tipos de bujía.....	55
Figura 25 Variación de potencia según distancia entre electrodo 0.4 mm.....	57
Figura 26 Variación de potencia según distancia entre electrodo 0.9 mm.....	57
Figura 27 Variación de potencia según distancia entre electrodo 1.2 mm.....	58



RESUMEN

La presente tesis titulada "Influencia del tipo de bujía en el rendimiento y emisiones de un motor gasolinero a 3825 metros sobre el nivel del mar, 2024". Se analiza la influencia del tipo y calibre de bujías utilizado en un motor de encendido por chispa, desarrollo de la potencia y emisiones contaminantes depende del tipo de bujías disponibles, evidencian variaciones en las características del material de acuerdo con su nivel térmico, número de electrodos y su calibre del electrodo. Para el desarrollo de la investigación se hicieron las pruebas en un vehículo gasolinero de 1.8 litros de cilindrada con una relación de compresión de 10. En donde se realizó las pruebas con 3 tipos de bujías se realizó las emisiones de gases de escape en una prueba estática a una velocidad del motor de 2200rpm donde se obtuvo los gases de escape de O₂; H₂S; CH₄; CO y CO₂. Finalmente se realizó pruebas con 3 medidas de calibre de electrodo de la bujía 0.4mm; 0.9mm y 1.2mm. resultando que con el calibre de 0.9mm el vehículo tiene mejor potencia por ende menor emisión de gases de escape debido a la buena combustión. Como resultando a 3825 metros sobre nivel del mar el tipo de bujía caliente es óptima el cual da mejor rendimiento al motor y menor emisión de gases.

Palabras Claves: Tipo de bujía, rendimiento, motor gasolinero.



ABSTRACT

This thesis entitled "Influence of the type of spark plug on the performance and emissions of a gasoline engine at 3825 meters above sea level, 2024". The influence of the type and caliber of spark plugs used in a spark ignition engine, power development and pollutant emissions depends on the type of spark plugs available, which have different characteristics of the material, thermal grade, number of electrodes and their electrode caliber. For the development of this research, tests were carried out on a 1.8 liter gasoline vehicle with a compression ratio of 10. Where tests were carried out with 3 types of spark plugs, exhaust gas emissions were carried out in a static test at an engine speed of 2200 rpm where the exhaust gases of O₂; H₂S; CH₄; CO and CO₂ were obtained. Finally, tests were carried out with 3 spark plug electrode caliber measurements: 0.4mm; 0.9mm and 1.2mm. The result is that with a 0.9 mm gauge, the vehicle has greater power and therefore lower exhaust emissions due to better combustion. At 3,825 meters above sea level, the hot plug type is optimal, providing better engine performance and lower exhaust emissions.

Keywords: Spark plug type, performance, gasoline engine



INTRODUCCIÓN

A nivel internacional los motores de combustión interna se emplean de manera extensa en el rubro de transporte; mediante el uso del combustible como la gasolina, y el petróleo. los cuales emiten emisiones de sustancias gaseosas que impactan negativamente en el ecosistema. Actualmente la tecnología busca reducir estos contaminantes.

Las emisiones provenientes de los motores son debido a diversos factores como combustión incompleta, relación aire y combustible, temperatura de combustión, el estado del mecanismo de fuga y los componentes del motor.

La función del sistema de encendido de la bujía consiste en generar la chispa necesaria para el encendido en la cámara de explosión donde se forma la combustión interna. Para ello debe conducir la corriente de alta tensión producida por el sistema de encendido y liberarla en forma de chispa entre dos electrodos permitiendo encender la proporción de aire con combustible.

Por ello la ejecución de esta tesis investigativa, que tiene como finalidad valorar el efecto que tiene el tipo de bujía sobre el desempeño del motor gasolinero y la cantidad de gases emitidos por el escape.

La presente investigación esta estructura por 4 capítulos: Capítulo I. Aspectos generales; Capítulo II. Fundamento teórico; Capítulo III. Métodos de estudio; Capítulo IV: Evaluación de los hallazgos.



CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. Descripción del problema

En la actualidad, en los talleres mecánicos de la ciudad de Juliaca se evidencia una problemática recurrente relacionada con el mantenimiento del sistema de encendido de los vehículos con motor a gasolina. A partir de la experiencia práctica en taller, se ha observado que un número significativo de propietarios de vehículos, debido principalmente a limitaciones económicas, optan por realizar reparaciones y mantenimientos en talleres informales o de bajo costo, donde no siempre se cumplen las especificaciones técnicas establecidas por los fabricantes.

Una de las deficiencias más frecuentes detectadas es la instalación inadecuada de bujías, empleando modelos económicos o genéricos que no corresponden al grado térmico, material del electrodo ni al calibre recomendado para el motor. Como consecuencia, los vehículos presentan posteriormente fallas en su funcionamiento, tales como disminución del rendimiento del motor, incremento del consumo de



combustible, irregularidades en el encendido y aumento de las emisiones contaminantes.

Esta práctica incide directamente en el proceso de combustión, ya que el uso de bujías con características técnicas inapropiadas genera una chispa deficiente, ocasionando una combustión incompleta. En consecuencia, se produce una reducción de la eficiencia del motor y un incremento en la emisión de gases contaminantes como monóxido de carbono (CO), hidrocarburos no quemados (HC) y óxidos de nitrógeno (NOx).

La problemática se ve agravada en zonas de elevada altitud, como la región de Puno, provincia de San Román, Distrito de Juliaca, ubicada a 3825 metros sobre el nivel del mar, donde la disminución de la presión atmosférica y de la densidad de oxígeno afecta el proceso de combustión. En estas condiciones, el uso de bujías inadecuadas influye de manera más significativa en la pérdida de potencia del motor y en el deterioro progresivo de sus componentes.

Asimismo, se evidencia un limitado conocimiento por parte de los usuarios respecto a la importancia técnica del tipo de bujía en el desempeño del motor, priorizando el ahorro económico inmediato sin considerar las consecuencias mecánicas, operativas y ambientales a mediano y largo plazo. Por ello, surge la necesidad de realizar un estudio técnico y experimental que permita analizar la influencia del tipo de bujía en el rendimiento y las emisiones de un motor gasolinero que opera a 3825 metros sobre el nivel del mar, con la finalidad de aportar criterios técnicos que orienten una adecuada selección y mantenimiento de este componente fundamental.



1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General

¿De qué manera influye el tipo de bujía en el rendimiento y emisión de un motor gasolinerero a 3825 metros sobre el nivel del mar?

1.2.2. Problemas Específicos

¿Qué criterios se utilizará para determinar tipo de bujía y emisión de gases de un motor gasolinerero a 3825 metros sobre el nivel del mar?

¿Cómo influyen los factores en el rendimiento de un motor gasolinerero a 3825 metros sobre el nivel del mar?

¿Cómo se puede determinar el rendimiento en un motor gasolinerero a 3825 metros sobre el nivel del mar?

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación teórica

Durante el proceso de combustión de un motor a gasolina, no solo influye la inyección del combustible, sino asimismo las propiedades específicas de la bujía empleada. Aspectos tales como el espacio entre electrodos, el tamaño y número de estos, junto con la forma de la cima, afectan significativamente la eficacia del mecanismo. Una selección adecuada y un diseño óptimo de la bujía contribuyen a un mejor desempeño del motor, reduciendo simultáneamente la emisión de gases contaminantes.



1.3.2. Justificación práctica

Evaluar el efecto del tipo de bujía acerca de los gases, el desempeño y la utilización de gasolina dentro de un motor proporciona información valiosa para la aplicación de soluciones prácticas. Este análisis experimental es especialmente relevante para motores que operan en zonas de altitud elevada, donde se busca minimizar la contaminación ambiental sin comprometer la eficiencia del funcionamiento mecánico.

1.3.3. Justificación técnica

Este estudio se enfoca en analizar cómo el tipo de bujía influye en el rendimiento y en la liberación de gases dañinos para el medio ambiente de un motor a gasolina que funciona a 3825 metros por encima del grado del mar. Por medio de esta evaluación técnica, se pretende identificar las características de la bujía que favorecen un mejor desempeño del motor y una reducción en la contaminación atmosférica, aportando con ello a la optimización del rendimiento motriz en condiciones de alta altitud.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo General

Determinar la influencia del tipo de bujía en el rendimiento y emisión de gases de escape de un motor gasolinero a 3825 metros sobre el nivel del mar

1.4.2. Objetivos Específicos

O. E. 1. Determinar tipo de bujía y emisión de gases de un motor gasolinero a 3825 metros sobre el nivel del mar.



O. E. 2. Determinar los factores que influyen al rendimiento de un motor gasolinero a 3825 metros sobre el nivel del mar

O. E. 3. Determinar la potencia optima según calibre de bujía del motor gasolinero a 3825 metros sobre el nivel del mar

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

Si se determina la influencia del tipo de bujía entonces se conocerá el rendimiento y la emisión de gases de escape a 3825 metros sobre el nivel del mar

1.5.2. Hipótesis Especificas

Si se determina el tipo de bujía y la emisión de gases de escape entonces se determina los factores que influyen en el rendimiento del motor gasolinero a 3825 metros sobre el nivel del mar

Si se determina los factores que influyen entonces se conocerá el rendimiento del motor gasolinero a 3825 metros sobre el nivel del mar

Si se determina el rendimiento del motor gasolinero entonces se podrá determinar si es eficiente



1.6. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables	Dimensión	Indicador	Instrumentos / métodos de medición	Unidad de Medida
Independiente Tipo de bujía	Características técnicas	<ul style="list-style-type: none"> Tipo/modelo Material electrodo Índice térmico Ángulo de avance de chispa 	Inspección visual, fichas técnicas	Categoría (modelo A, B, C, etc.)
Avance de encendido	Ajuste del motor	<ul style="list-style-type: none"> Ángulo de avance (grados) 	Equipos de diagnóstico y ajuste de motor	Grados
Dependiente: Rendimiento del motor	Potencia y eficiencia	<ul style="list-style-type: none"> Potencia (hp/kW) Torque (Nm) Consumo de combustible (g/kWh) Velocidad (rpm) 	Dinamómetro, medidores de combustible y rpm	hp, kW, Nm, g/kWh, rpm
Emisiones del motor	Gases contaminantes	<ul style="list-style-type: none"> CO (ppm) HC (ppm) NOx (ppm) CO2 (%) Partículas Opacidad de humo 	Analizador de gases, opacímetro	ppm, %, mg/m3, unidad opacidad
Condiciones operativas	Estado del motor y ambiente	Temperatura ambiente, Humedad relativa, Presión de combustible, Estado del aceite (antes y después)	Termohigrómetro, manómetros, análisis de lubricante	°C, %, kPa
	Cumplimiento normativo	Comparación con estándares EPA, EURO u otros	Reportes normativos	Cumple / No cumple

Nota: Elaboración propia.



CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

(Arévalo & Malla, 2023) de la Universidad Politécnica Salesiana Ecuador en su tesis titulada: Evaluación de los niveles de CO, O₂ y HC en un motor Hyundai Accent 1500 cc a partir de la modificación de la extensión de las conexiones. Esta investigación analiza los efectos que tienen los cambios en la calibración y en la extensión de las bujías sobre el comportamiento de un propulsor de gasolina propia (MCI), con el propósito de disminuir las emisiones contaminantes. Este antecedente ayudo como referencia con parámetros de calibración para poder reducir las emisiones contaminantes, como conclusión demuestra que ajustar la calibración y disminuir la polución emitida es posible gracias a la extensión de las bujías en motores de combustión interna.

(Taipe, Llanes, Morales, & Checa, 2021) en su estudio "Evaluación experimental de un motor que funciona con arranque provocado utilizando distintas gasolinas" se



realizó en la Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador su propósito fue analizar el rendimiento y la conducta de un propulsor de gasolina propia.

(Serpa, y otros, 2019) desarrollaron la tesis titulada "Impacto del modelo de bujía sobre la evaluación del desempeño junto con las emisiones de un mecanismo de encendido impulsado". Este estudio analizó cómo la clase de bujía que se utiliza en un mecanismo de ignición forzado (MEP) influye en su desempeño mecánico y en las emisiones contaminantes. Como resultado, se concluyó que el tipo de bujía tiene un efecto directo tanto en el rendimiento del motor como en el nivel de emisiones generadas.

2.1.2. Antecedentes nacionales

(Zeballos & Alfaro, 1976) de la Universidad Nacional de Ingeniería (Lima – Perú) en su tesis titulada: Investigación de factibilidad anticipada para la producción de bujías en Perú. La finalidad de este análisis es fundamentar un estudio de viabilidad para la producción de bujías en el país. Como conclusión demuestra que la fabricación de bujías en el Perú depende de considerar su impacto en el rendimiento de los motores.

(Gómez, 2016) de la Pontificia Universidad Católica del Perú en su estudio titulado: Valoración de la información con respecto al uso de combustible que se determinan mediante módulos electrónicos de regulación en motores de combustión interna. Este estudio tiene como objetivo analizar estadísticamente los resultados obtenidos sobre los fluidos en el escape y el uso de combustible. Como conclusión demuestra que el análisis de datos de los componentes de dirección electrónica permite analizar el uso de combustible y las descargas del escape.



2.1.3. Antecedentes locales

(Ramos, 2018) de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno, en su trabajo de tesis que lleva como título: "Investigación y análisis práctico comparado de los resultados del calentamiento de un dispositivo que no se mueve a gasolina Brigg Stratton de 5 HP, tanto a nivel del mar (Ilo - Moquegua) como a 3827 m.s.n.m. (Puno)." tuvo como propósito aplicar los principios de la termodinámica para examinar y contrastar de forma experimental los productos de combustión elaborados en propulsores que funcionan con ignición por chispa.

Los resultados obtenidos permitieron concluir que la termodinámica es un aparato esencial para comparar y analizar los fluidos que se generan durante el procedimiento de ignición de este tipo de motores.

(Velarde, 2023) de la Universidad nacional del altiplano – Puno en su trabajo titulado: Análisis experimental del comportamiento de un motor Otto de captación natural en contraposición al impacto de la altitud en Puno. Este estudio llegó a la siguiente conclusión que debido a que en altura se tiene una presión atmosférica baja debido a esto la densidad disminuye el cual es la variable que ejerce mayor influencia en la reducción de la potencia del motor en un 36% con respecto al nivel del mar.

(Borda & Salamanca, 2009) de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, en su trabajo titulado: Estudio de los factores que afectan la mezcla aire-combustible y su repercusión en los índices válidos de toxicidad de un propulsor con incorporación electrónica dual (gasolina-GLP) en la localidad de Puno. El propósito central del estudio consiste en Establecer el impacto de la combinación gasolina-



combustible en la toxicidad de un motor dual concluye que el GLP es menos contaminante.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Avance de encendido y su influencia en el motor.

El encendido comienza a partir del ángulo de rotación del cigüeñal, expresado en grados previos al punto muerto superior (PMS), instante en el que la bujía genera la chispa necesaria para provocar el proceso de combustión de la combinación de aire y sustancia combustiva, este parámetro es necesario debido al tiempo finito que tarda en expandirse la llama, en la cámara de combustión, donde implica ignición llegando a la presión máxima coincide con el inicio de expansión (Heywood, 2018).

Inicio de la termodinámica, el avance de encendido representa un ajuste del motor que busca equilibrar la velocidad limitada de la combustión interna. Si el encendido tiene un retraso, disminuye la potencia útil y aumenta el derroche de combustible y incrementa los gases dañinos, durante un exceso de avance genera efectos no deseado como la detonación, autoencendido y sobrecalentamiento (Pulkrabek, 2014).

En cuanto al rendimiento, el avance de encendido es un parámetro de control crítico que afecta correctamente en la eficiencia térmica del motor. Una calibración adecuada permite correctamente alcanzar mayor potencia, no excede el consumo de combustible, donde reduce la formación de contaminantes como hidrocarburos sin quemado (HC) y dióxido del (CO) (Stone, 2012).



En los motores actuales que tienen mecanismos de inyección automatizada, el arranque avanza automáticamente gracias a la Unidad de Control Electrónico (ECU), la cual ajusta de forma automática la chispa de acuerdo con indicadores como las velocidades por minuto (rpm), la fuerza del mecanismo, la destemplanza del refrigerante y la señal de los sensores de detonación. Esta regulación dinámica asegura el correcto funcionamiento (Bosch, 2015).

Para su revisión y ajuste, se utilizan equipos de diagnóstico automotriz como lámparas estroboscópicas, escáneres OBD-II y analizadores de motores, donde los equipos permiten medir el ángulo de encendido y compararlo con las especificaciones del fabricante. Estas herramientas son esenciales para garantizar que el motor logre operar dentro de las variables de diseño y con el máximo aprovechamiento energético (Martínez & López, 2020).

2.2.2. Fuentes de emisiones tóxicas de los MCI

Los motores de combustión interna operan utilizando combustibles líquidos formados principalmente por hidrocarburos, es decir, combinaciones de carbono e hidrógeno, además de contener pequeñas trazas de oxígeno, nitrógeno y azufre. En una combustión teóricamente perfecta, con una proporción aire-combustible adecuado —considerando que El aire está formado por un 78 % de nitrógeno y un 21 % de aire u oxígeno y mínimas fracciones de dióxido de carbono y gases inertes—, los productos finales deberían limitarse a dióxido de carbono (CO_2), agua (H_2O) y nitrógeno (N_2).

Sin embargo, el proceso real dentro del motor dista de ser ideal. Durante la combustión, los cambios en la densidad, la condición térmica y la homogeneidad de la mezcla provocan reacciones químicas incompletas que generan una gran



variedad de compuestos. Los gases de escape, por tanto, constituyen una mezcla compleja en la que cerca del 99% corresponde a productos de combustión completa y aire no reaccionado, mientras que el restante 1% contiene más de 300 sustancias diferentes, muchas de las cuales poseen características tóxicas o dañinos para el bienestar y el entorno.

En general, las emisiones contaminantes originadas en un motor provienen de tres zonas principales: la evaporación del combustible almacenado, las fugas de gases hacia el cárter durante la combustión y los vapores que el mecanismo de fuga despiden. Cada una de estas fuentes contribuye, en distinta medida, al empeoramiento del aire.

2.2.3. Segunda Ley de La Termodinámica.

Según la teoría, no es posible que alguna transformación de electricidad calorífica alcanzar el 100% de eficiencia, dado que siempre se pierde una fracción en forma de calor residual. En los motores térmicos, parte del calor generado se disipa, y la eficiencia térmica está limitada. La bujía contribuye a maximizar el aprovechamiento del calor generado al garantizar una ignición rápida y completa.

$$\Delta S_{\text{total}} = \Delta S_{\text{sistema}} + \Delta S_{\text{entorno}} \geq 0$$

ΔS_{total} : Representa El cambio total de volumen dentro del universo (sistema más entorno).

$\Delta S_{\text{sistema}}$: Se trata de la variación de volumen en el interior del conjunto que se está estudiando.

$\Delta S_{\text{entorno}}$: Representa la modificación de la entropía en el medio que rodea al sistema.



≥ 0 : Se concluye que el cambio global de entropía no puede ser negativo, por lo que su valor es mayor o igual a cero.

Implicaciones de la segunda ley es un proceso, donde ocurre naturalmente como la difusión de un gas, es un proceso ideal y perfectamente reversible, en una transformación reversible, el universo no experimenta alteración en su entropía total, es decir, su cambio es cero, la segunda ley explica que, Ya que el calor tiende a desplazarse desde áreas con alta temperatura hacia aquellas más frías en forma espontánea y no invertido, para este flujo se necesita un trabajo mecánico del exterior lo cual genera un aumento de entropía del entorno.

2.2.4. Arco eléctrico en la bujía.

es una chispa que se produce por la tensión emitida de alto grado por a bobina de encendido, que salta de un pequeño espacio de aire entre dos electrodos, esta chispa ioniza el aire, volviéndose en conductor y se encarga de realizar la mezcla entre el aire y el combustible en el interior del cilindro del motor, crea la combustión necesaria para el movimiento.

Donde el funcionamiento se debe a la generación de alto voltaje, el voltaje se transfiere a través de los cables de la bujía donde tiene dos electrodos separados por un pequeño espacio de aire donde se le denomina brecha de chispa, la ionización es formada por el alto voltaje tan fuerte que a la electricidad atraviesa formando un arco eléctrico, el calor y la energía de este arco encienden la mezcla que es comprimida de aire y carburante dentro del cilindro del motor.

Figura 1

Figura de un arco eléctrico en la bujía



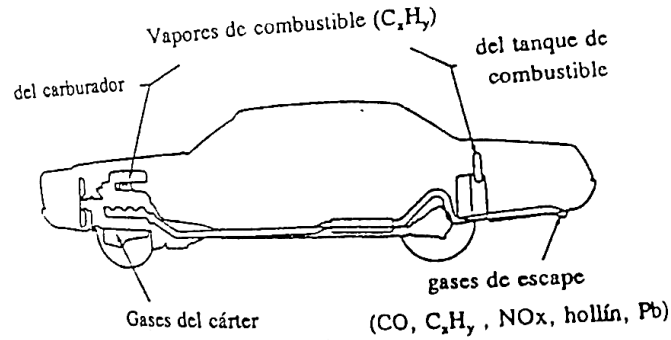
Nota: Golfo Salónica - Arturo Medina (2020).

2.2.5. Los vapores del combustible.

En motores de gasolina, interna, el combustible puede escapar en forma de vapores desde diversas partes del sistema, como el tanque, el carburador, los conductos de suministro y otros componentes, incluso desde los dispositivos de calentamiento utilizados para iniciar el motor. Estos vapores contienen hidrocarburos del tipo $CXHY$, generados por la combustión incompleta, y su evaporación contribuye aproximadamente al 15–20% del total de emisiones. Esta situación es más significativa en motores que utilizan carburador y gasolina, debido a la alta volatilidad de este combustible. Por el contrario, los motores diésel producen menores emisiones de vapor, gracias a la viscosidad de su combustible y a la hermeticidad de sus sistemas.

Figura 2

Fuentes de formación de emisiones toxicas



Nota: (Patrakhaltsev & Gorbunov, 1994)

Tabla 2

Fuentes de sustancias toxicas (en %)

Tipo de motor		Gases de escape	Gases del cárter	Vapores de combustible
de carburador	CO	95	5	0
	C_xH_y	55	5	40
	NOx	98	2	0
diesel	CO	98	2	0
	C_xH_y	90	2	8
	NOx	98	2	0

Nota: (Patrakhaltsev & Gorbunov, 1994)

En motores de gasolina internos, una fracción de los gases producidos en la combustión consigue evadirse por las pequeñas rendijas entre los tramos del cilindro y la superficie cilíndrica, moviéndose hacia el cárter. Los vapores de aceite existentes en este lugar también se añaden a estos gases. En los motores de carburador, los compuestos más importantes son gasolina vaporizada y hidrocarburos; en cambio, en los motores diésel el desprendimiento de gases



nocivos hacia el cárter es considerablemente más bajo porque el combustible tiene reducida volatilidad y sus mecanismos son más estancos.

La cantidad de sustancias dañinas en los gases del cárter está directamente relacionada con la presencia de estos elementos en el cilindro. Los agentes contaminantes más significativos de los aparatos a diésel son los compuestos compuestos por nitrógeno (NOx) y los aldehídos. Los primeros constituyen entre el 45 y el 80 % del total, mientras que los segundos pueden llegar a ser hasta un 30 %. Aunque la toxicidad de estos gases es cerca de diez reiteraciones menor que la de los gases de escape y representan solamente entre un 0.2% y un 0.3% del total de emisiones contaminantes, su presencia es capaz de irritar los labios y comprometer los conductos respiratorios.

2.2.6. Gases de escape.

La mayor parte de la contaminación proviene de la mezcla de gases que se crean al quemar combustible, junto con aire extra y partículas muy pequeñas, tanto líquidas como sólidas, que salen por el tubo de escape.

Un carro pequeño normal libera entre 0.6 y 1.7 kg de CO por hora, y un camión, de 1.5 a 2.8 kg de CO por hora. En general, al quemar 1 kg de diésel, se liberan alrededor de 80 a 100g de sustancias dañinas, como: 20 a 30g de monóxido de carbono, 20 a 40g de óxidos nitrosos, 4 a 10g de hidrocarburos, 10 a 30g de óxidos de azufre, 0.8 a 1.0g de aldehídos, 3 a 5 g de hollín, etc. Al quemar 1 kg de gasolina, a una velocidad y potencia media, se liberan aproximadamente 300 a 310g de sustancias dañinas: 225g 55 gramos de elementos nitrosos, dióxido de carbono, 20g de aldehídos, 1.0 – 1.5g de hollín, etc.



Los combustibles hidrocarburos y el dióxido de carbono se encuentran en los vapores expuestos porque el combustible no se quema por completo, ya sea porque no hay suficiente oxígeno en el motor, o porque son restos de combustible que no se quemaron.

Cómo la mezcla de aire y combustible afecta las emisiones dañinas en los gases que salen del escape: el gráfico muestra las cantidades relativas de CO, NOX y CXHY (sin números específicos).

Las sustancias dañinas incluyen monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno (NOX), hidrocarburos (CXHY), aldehídos (RXCHO), partículas, y dióxido de azufre (SO2).

Además, los compuestos esenciales de múltiples ciclos (HAP) son compuestos que pueden causar cáncer.

Tabla 3

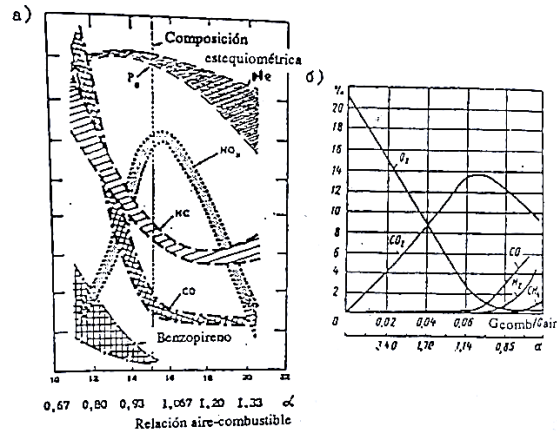
Componente de los gases de escape

Componente de los gases de escape	Contenido máximo en volumen (%)		Observación
	Gasolina	Diesel	
- Nitrógeno	74 - 77	76 - 78	no tóxico
- Oxígeno	0.3 - 0.8	2.0 - 18.0	no tóxico
- Vapor de agua	3.0 - 5.5	0.5 - 4.0	no tóxico
- Dióxido de carbono	5.0 - 12.0	1.0 - 10.0	no tóxico
- Monóxido de carbono	0.1 - 10.0	0.01 - 0.5	tóxico
- Óxidos nítricos	0.1 - 0.5	0.001 - 0.4	tóxico
- Hidrocarburos no cancerígenos	0.2 - 3.0	0.009 - 0.5	tóxico
- Aldehídos	0 - 0.2	0.001 - 0.009	tóxico
- Dióxido de azufre	0 - 0.002	0 - 0.03	tóxico
- Hollín (en g/m ³)	0 - 0.04	0.01 - 1.1	tóxico
- Benzopireno (en mkg/m ³)	hasta 20.0	hasta 10.0	cancerígeno

Nota: (Patrakhaltsev & Gorbunov, 1994)

Figura 3

Influencia de la composición de la mezcla (α) sobre índices del motor de carburador (a) y diésel (b)



Nota: (Patrakhaltsev & Gorbunov, 1994)

2.2.7. Composición de las emisiones tóxicas y su acción sobre el organismo humano.

Hay dos tipos: reglamentadas y no reglamentadas. Sus efectos en el cuerpo humano van desde leves problemas hasta enfermedades serias, incluso cáncer, y pueden causar la muerte.

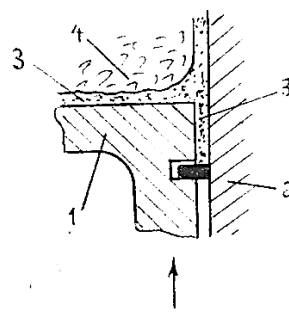
Las emisiones dañinas incluyen: CO (monóxido de carbono), CXHY (hidrocarburos), NOX (óxidos de nitrógeno), humo y hollín, y también partículas sólidas (PS).

El CO es un gas sin color ni olor, con una densidad ligeramente inferior a la del aire y casi insoluble en agua. Su formación se produce cuando la combustión es incompleta, lo cual puede deberse a fallas en la inyección del carburante, a la aparición de llama fría o a la separación del CO₂ a temperaturas muy altas. Si existe

oxígeno disponible, este monóxido se oxida progresivamente hasta convertirse en dióxido de carbono, incluso dentro del tubo de escape. En los motores diésel, los gases de CO son mínimas (0.1–0.2%), por lo que la evaluación de este gas es más significativa en motores de carburador.

Figura 4

Esquema de las zonas de formación de CO



Nota: (Patrakhaltsev & Gorbunov, 1994). 1.- pistón; 2.- cilindro; 3.- mezcla no combustionada; 4.- gases de la combustión

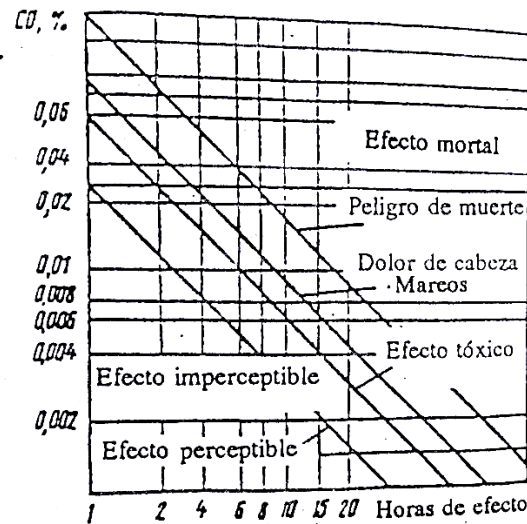
La exposición al monóxido de carbono (CO) genera efectos nocivos en el organismo, incluyendo alteraciones del sistema nervioso central, cefaleas, adelgazamiento, malestar cardíaco, náuseas y vómitos, como resultado de la escasez de aire en las células. Este gas reacciona con la hemoglobina, disminuyendo la capacidad de transporte de oxígeno y perturbando la oxigenación normal del cuerpo. La afinidad del CO por la hemoglobina es unas 240 veces mayor que la del oxígeno, lo que explica su alta toxicidad.

Los síntomas de intoxicación aparecen con niveles de CO en el entorno más altos al 0.01–0.02% en volumen, mientras que niveles de 0.2–0.25% pueden causar

desmayo en aproximadamente 25–30 minutos. Se considera que la concentración máxima segura de CO en el aire no debe exceder 1 mg/m^3 .

Figura 5

La acción del CO sobre el organismo humano



Nota: (Patrakhaltsev & Gorbunov, 1994)

2.2.8. Los óxidos de nitrógeno.

Los óxidos de nitrógeno (NO , NO_2 , N_2O , N_2O_3 , N_2O_5 , en conjunto NO_x) representan los componentes más peligrosos presentes en los vapores residuales generados por los motores. Aunque el nitrógeno es generalmente inerte en condiciones atmosféricas normales, a altas presiones y temperaturas reacciona activamente con el oxígeno. Dentro de los gases de salida, el óxido nítrico (NO) forma más del noventa por ciento de los NO_x y se oxida con facilidad hasta NO_2 , tanto en el mecanismo de fuga como posteriormente en el aire.

Estos óxidos irritan las mucosas de los ojos y la nariz, afectan los pulmones y, al entrar en contacto con la humedad de las vías respiratorias, forman ácidos nítricos



y de nitroso. Las consecuencias de la contaminación por NOx suelen aparecer de forma gradual, y no existen métodos efectivos para neutralizarlos rápidamente. Por otra parte, el dióxido de nitrógeno (N₂O) tiene propiedades narcóticas. En términos de toxicidad, los NOx son aproximadamente diez ocasiones más amenazantes para la vida humana que el monóxido de carbono. El tope máximo permitido de NOx en el aire es de 0.1 mg/m³.

Además, los componentes de nitrógeno tienen efectos nocivos sobre la vegetación, destruyendo las hojas de las plantas a concentraciones de 0.5–0.6 mg/m³. Cabe señalar que el compuesto nítrico que se produce es un ingrediente altamente corrosivo, especialmente sobre superficies de acero.

La concentración de NOx liberada por los motores está directamente relacionada con la condición térmica de la cámara donde se produce la ignición. Un aumento de 2500 K a 2700 K provoca que la velocidad de formación de estos óxidos se eleve 2.6 veces, mientras que una disminución a 2300 K reduce la velocidad de reacción ocho veces. En términos prácticos, temperaturas más altas y factores como la inyección temprana de combustible o una mayor compresión favorecen la producción de NOx. Asimismo, una mayor disponibilidad de oxígeno incrementa la focalización de estos óxidos en los vapores de fuga.

Los hidrocarburos (CxHy), que incluyen metano, etano, etileno, propano, acetileno y benceno, constituyen otra fuente de toxicidad. Más de 200 compuestos diferentes se encuentran en los gases de escape, divididos en alifáticos y aromáticos. En motores diésel, la heterogeneidad de la mezcla provoca apagones de llama en zonas muy enriquecidas, especialmente cerca de las paredes del cilindro, lo que explica la presencia de CxHy.



Los hidrocarburos resultantes de la combustión incompleta generan gases de olor desagradable y contienen cientos de compuestos químicos que pueden causar enfermedades crónicas a largo plazo.

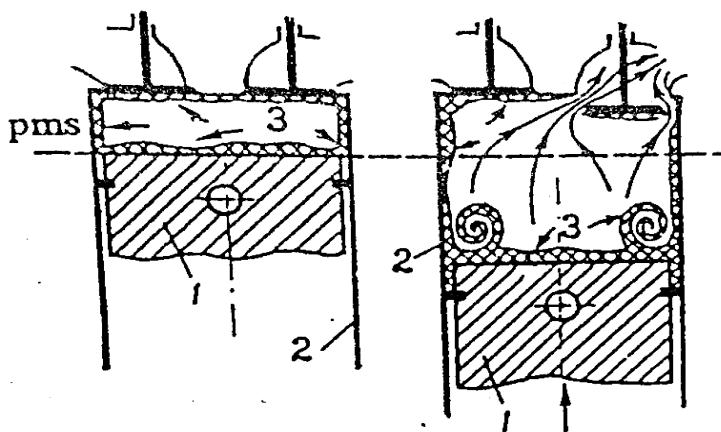
Debido a que los vapores de gasolina están compuestos por hidrocarburos, presentan un alto grado de toxicidad. Se establece que su concentración diaria máxima admisible no debe superar $1,50 \text{ mg/m}^3$. La emisión de hidrocarburos aumenta cuando el motor opera con estrangulación de admisión o en vacío, por ejemplo, durante el frenado. Estas condiciones dificultan la turbulencia de la mezcla aire-combustible, reducen la velocidad de la combustión y retrasan la ignición, provocando mayores emisiones de C_xH_y .

La formación de estos compuestos se debe principalmente a la combustión incompleta en las paredes frías de la cámara, donde el aporte de oxígeno es insuficiente. Otros factores que incrementan la generación de C_xH_y incluyen mala pulverización del combustible, deficiente mezcla con el aire y bajas temperaturas durante la operación.

Los hidrocarburos actúan como precursores de compuestos biológicamente activos que irritan ojos, nariz y garganta, y pueden causar enfermedades crónicas. Son también nocivos para la flora y fauna, y ciertos hidrocarburos aromáticos tienen un efecto altamente tóxico. En condiciones específicas del clima, la combinación de olefinas y óxidos nitrosos puede favorecer la formación del smog.

Figura 6

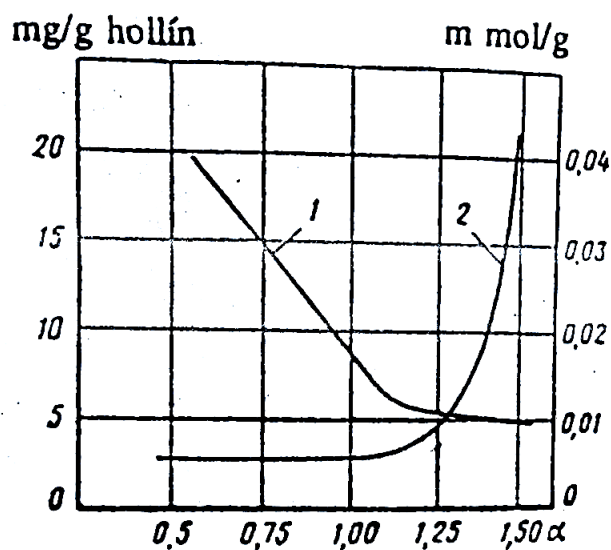
Esquema de las zonas de formación de hidrocarburos



Nota: (Patrakhaltsev & Gorbunov, 1994). 1.- pistón; 2.- cilindros; 3.- zonas de formación.

Figura 7

Influencia del coeficiente de exceso de aire sobre contenido de C_xH_y



Nota: (Patrakhaltsev & Gorbunov, 1994). 1.- hidrocarburos aromáticos; 2.- aldehídos.



El smog, cuyo nombre proviene de la combinación de "smoke" (humo) y "fog" (niebla), es un tipo de neblina tóxica que se forma en las capas bajas de la atmósfera. Este fenómeno consiste en un aerosol de partículas suspendidas que incluye humo, polvo, hollín, bruma y diminutas gotas de agua en condiciones de alta humedad. Es especialmente común en ciudades con intensa actividad industrial.

El smog se origina a partir de reacciones fotoquímicas estimuladas por la radiación ultravioleta del sol, en las cuales el NO_2 se descompone en NO , ozono y peróxidos. Estos compuestos reaccionan posteriormente con las olefinas, dando lugar a derivados de peróxido de nitrógeno. Cuando su concentración supera los 0.2 mg/m^3 , se produce condensación en forma de niebla con propiedades altamente nocivas. En climas cálidos y secos, el smog adopta un color amarillento.

Algunas de las ciudades más afectadas históricamente por este fenómeno incluyen Londres, Los Ángeles y Nueva York. En lugares como Tokio, los habitantes deben, en ocasiones, recurrir al uso de máscaras con sistemas que suministran oxígeno puro de manera controlada

El humo corresponde a los gases de escape que adquieren opacidad debido a la presencia de hollín, partículas sólidas suspendidas, vapor, gotículas de combustible y aceite, junto con otros aerosoles. Esta sustancia se observa visualmente y puede variar de color dependiendo de los componentes de la combustión. Las tonalidades más comunes son blanco, azul y negro, cada una indicando diferentes condiciones de mezcla y combustión.



2.2.9. El humo blanco y azul.

El humo se forma cuando el combustible se encuentra en gotas finas mezcladas con pequeñas cantidades de vapor, producto de una combustión incompleta y de la condensación que sigue a esta.

El humo blanco se manifiesta al arrancar un motor en frío, apareciendo como una nube blanca expulsada por el escape. A medida que el motor se calienta y sus revoluciones aumentan, este humo desaparece. Su coloración, comparada con el azul, depende del tamaño de las gotas: partículas mayores que la longitud de onda azul se perciben blancas, mientras que las más pequeñas producen el efecto azul. La densidad y la luz solar pueden cambiar el tono de ambos humos, de gris a marrón.

Adicionalmente, el humo azul puede originarse por la quema de aceite lubricante. En motores que consumen exceso de lubricante o en los de dos tiempos donde el aceite se mezcla con el combustible, se genera la característica nube azul conocida como "humo de aceite".

Las dimensiones de las partículas que componen el humo, la abscisa muestra dimensiones lineales y la ordenada, diferentes sustancias, unidades físicas y elementos de los vapores de escape.

El humo negro se identifica fácilmente porque está compuesto por partículas sólidas completas (que son más largas que la longitud de onda de la luz visible), las cuales no son más que conglomerados como los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y la densidad óptica de los gases de escape, conocida como opacidad, se debe a las diminutas partículas de hollín presentes en el humo negro, las cuales son demasiado pequeñas para ser percibidas individualmente a simple vista.

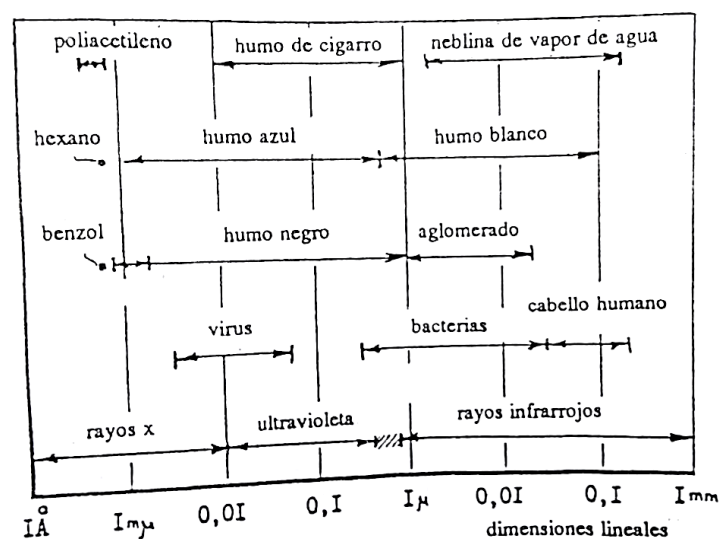
Las partículas de humo blanco y azul tienen las mismas dimensiones que las de humo negro. Pero estas dos variedades de humo son completamente distintas en cuanto a su estructura, origen, composición química y, por consiguiente, en los métodos de neutralización.

El color y el olor del humo blanco y azul en los gases de escape dependen de varios factores: la temperatura del motor, la manera en que se prepara la mezcla y las propiedades del combustible.

Estas emisiones son siempre una mezcla de gotas de diferentes tamaños, y el diámetro de las mismas define la coloración del humo. Cuando la combustión se lleva a temperaturas más altas, las gotas disminuyen de tamaño, intensificando el tono azul. Es fundamental considerar que, con ciertos tipos de combustible y temperaturas suficientes, el humo desaparece debido a que la combustión se completa eficientemente.

Figura 8

Dimensiones de los diferentes componentes de los gases de escape



Nota: (Patrakhaltsev & Gorbunov, 1994)



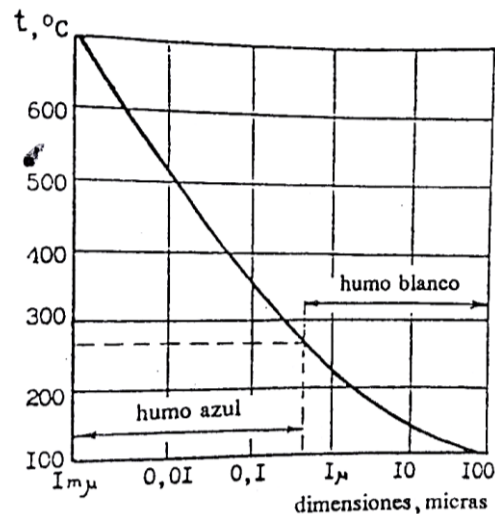
Cuando el combustible no En la cámara de combustión se quema por completo. debido a una temperatura insuficiente, se produce humo. En otras palabras, la cantidad de humo liberado aumenta cuando las temperaturas son bajas tanto en la cámara de combustión, al igual que en el mecanismo de escape, donde parte del combustible no quemado se transforma en humo. Esto es más evidente al iniciar el motor, momento en el que una parte del vapor de agua junto con del motor se condensan, generando una nube de humo visible al arrancar.

El hollín y los hidrocarburos aromáticos son los componentes principales del humo negro policíclicos, compuestos de estructuras hexagonales similares al grafito, aunque de tamaño microscópico. Estas partículas se crean a través de la descomposición, la pérdida de hidrógeno y la unión de moléculas de los restos de la combustión. Aunque su tamaño medio es de una micra, tienden a agruparse en partículas más grandes, alcanzando hasta 0.01 mm o incluso más.

Una elevada cantidad de humo produce efectos dañinos en la salud de los individuos, la flora y las construcciones, además de disminuir la visibilidad, lo que aumenta la probabilidad de accidentes de tráfico.

Figura 9

Influencia de la temperatura sobre las dimensiones de las partículas y la graduación cromática del humo



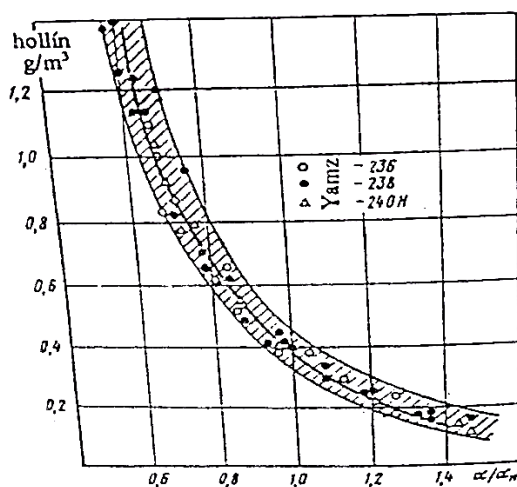
Nota: (Patrakhaltsev & Gorbunov, 1994)

El hollín es un residuo sólido carbonoso de naturaleza amorfa, es decir, carece de una estructura cristalina definida. En los vapores de escape generados por propulsores diésel, se encuentra como partículas de formas irregulares que varían entre 0.3 y 100 micrones. La mayoría de estas partículas tiene un tamaño de 0.4 a 0.5 micrones, mientras que las más pequeñas se sitúan entre 0.015 y 0.17 micrones.

Su formación ocurre debido a la pirólisis o transformación térmica de los combustibles hidrocarburos en fase gaseosa, cuando el suministro de oxígeno es insuficiente o inexistente. Este proceso está influido por múltiples factores, incluyendo la clase de compuesto, la densidad y el calentamiento dentro de la cámara de combustión, así como la cantidad de aire-combustible y las características de diseño del motor.

Figura 10

Emisiones de hollín de acuerdo con el coeficiente de exceso de aire

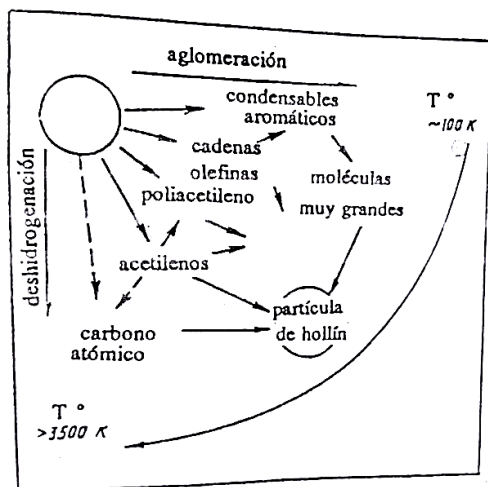


Nota: (Patrakhaltsev & Gorbunov, 1994)

La producción de hollín depende en gran medida de las condiciones térmicas del área de combustión: en el momento en que la fuerza y el calentamiento se elevan, se observa un aumento considerable en su cantidad.

Figura 11

Mecanismos posibles de formación del hollín



Nota: (Patrakhaltsev & Gorbunov, 1994)

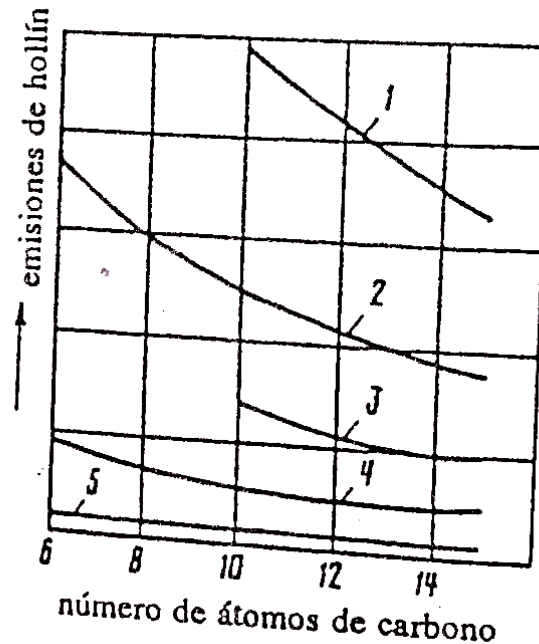


La emisión de hollín depende también de la composición del combustible. Un combustible con alta relación C/H provoca mayor cantidad de hollín. Los hidrocarburos con cadenas lineales y alto peso molecular, sean saturados o insaturados, incrementan la velocidad de formación de estas partículas. Por su capacidad de generar hollín, los hidrocarburos se clasifican en aromáticos, alcoholes, diolefinas, cicloolefinas, isoparafinas, parafinas ordinarias y cicloalcoholes.

Durante una combustión completa del combustible, se producen simultáneamente la formación de hollín y su combustión. Esta última es resultado de la respuesta entre radicales OH, oxígeno y carbono. En los motores diésel que funcionan con combinaciones de baja concentración (donde la proporción de aire es mayor que la requerida estequiométricamente, $\alpha > 1$), el hollín se oxida directamente con el oxígeno presente. La velocidad de combustión del hollín está directamente relacionada con el tamaño de sus partículas, específicamente con su superficie. La combustión completa del hollín solo ocurre si el tamaño de las partículas no excede los 100 Å (0.01 micrones). Experimentos han demostrado que una parte significativa del hollín se quema completamente debido al aumento de los gases en el conjunto, permitiendo el acceso de las partículas de hollín al oxígeno, lo cual es posibilitado por la difusión y el desplazamiento del gas.

Figura 12

Influencia de la composición del combustible sobre la emisión de hollín en los gases de escape



Nota: (Patrakhaltsev & Gorbunov, 1994)

La formación de hollín se ve favorecida por condiciones como: áreas de alta concentración de líquido en la cámara combustiva, así como la interacción del líquido con superficies frías, y una turbulencia insuficiente de la mezcla. Al incrementar la turbulencia, Como la ignición se torna más exhaustiva, la producción de hollín decrece.

El hollín se acumula en las arterias respiratorias, causando afecciones del corazón y del aire crónicas, sobre todo aquellas microfragmentos que van de 0.5 a 2 micrones. Asimismo, el hollín poluciona el aire y disminuye la visibilidad. Lo más alarmante es que capta compuestos cancerígenos como los compuestos hidrocarburos aromáticos policíclicos y el benzopireno (C₂₀H₁₂).



La cantidad de hollín en los vapores provenientes de motores diésel es capaz de llegar a alcanzar los 0.8 g/m³.

Además del hollín, los vapores de escape poseen otros elementos tóxicos no regulados, que incluyen: Cuanuros, ácido sulfhídrico, sulfatos, dióxido de azufre, componentes inertes, desechos metálicos, ingredientes fundamentales (nitrógeno, hidrógeno y carbono), hidrocarburos policíclicos (HAP) y componentes fragantes.

2.2.10. Los aldehídos.

El dióxido de azufre (SO₂) y el ácido sulfhídrico (H₂S) se generan al quemar combustibles con compuestos sulfurados, típicos de motores diésel, causando irritación ocular y olfativa debido a que el SO₂ se combina con la humedad para formar ácido. Estos gases también resultan altamente perjudiciales para la flora.

Por otra parte, el dióxido de carbono (CO₂) la luz infrarroja que la Tierra emite, lo cual incrementa el efecto del clima y concentraciones elevadas, puede acelerar el ritmo cardíaco. Actualmente, su concentración atmosférica ronda las 350 ppm, aumentando aproximadamente un 0.5% cada año. Este gas absorbe intensamente la luz infrarroja emitida por la Tierra desempeña un papel significativo en el fenómeno del efecto invernadero. al aumento de la temperatura global, motivo por el cual varios países implementan medidas para reducir sus emisiones.

Las partículas sólidas (PS) constituyen otro tipo de emisión no regulada que limita el uso de motores diésel, afectando la calidad del aire. Estas incluyen hollín, polvo atmosférico, ceniza de combustible y partículas metálicas provenientes del desgaste mecánico. La EPA las define como cualquier sustancia, excepto agua, que se retiene en un filtro especial a temperaturas inferiores a 51.7 °C. La emisión de PS en motores diésel es entre 30 y 70 veces superior a la de motores de gasolina



con catalizadores, contribuyendo a la suciedad de edificios, corrosión de materiales y reducción de visibilidad en la vía, Pruebas en autos diésel de vehículos.

Pruebas en motores diésel de vehículos (1.5 – 2.0 L), siguiendo ciclos de 13 etapas y la metodología FTP, revelan que estas partículas están compuestas en un 80-90% por hollín y elementos biológicos asimilados; el elemento hidrógeno representa entre 2 y 5%, el nitrógeno entre 0.3 y 1% y el azufre entre 2.2 y 5%. Elementos metálicos, como hierro (0.7%) y plomo (0.45%), provienen del desgaste y la corrosión del motor, que aparecen en los fluidos lubricantes como fragmentos de tamaño microscópico. El volumen de sustancias sulfatas emitidas depende directamente del contenido de azufre del combustible.

¹EPA: Environmet Protection Agency

²FTP: Federal Test Procedure

El análisis biológico de las partículas emitidas por los motores indica que el principal riesgo radica en el potencial muta génico de los compuestos aromáticos polialcoholes y de los compuestos sostenibles que se adhieren a su superficie. Se ha comprobado que la interacción de estos compuestos con agentes cancerígenos incrementa de manera significativa la probabilidad de desarrollar tumores.

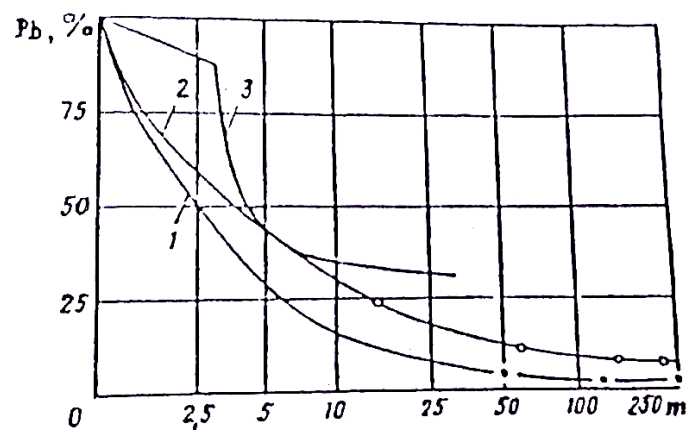
Por otro lado, los motores de gasolina que utilizan combustibles con plomo etilado liberan compuestos de este metal pesado al ambiente. La adición de tetraetilo de plomo aumenta el octanaje del combustible, pero al quemar una tonelada de gasolina se generan entre 0.5 y 0.85 kg de plomo, principalmente en forma de cloruros y bromuros, aunque también se presentan como óxidos. Estos aerosoles pueden ingresar al organismo por inhalación, contacto cutáneo o ingestión,

provocando intoxicación de los sistemas digestivo, nervioso, muscular y cerebral. Debido a su naturaleza, el plomo se acumula en el cuerpo y se elimina con dificultad, alcanzando niveles peligrosos si se superan los límites permitidos.

Además, la deposición de plomo en plantas cercanas a las fuentes de emisión constituye un riesgo indirecto, sobre todo si se usan como forraje para animales o se incorporan a alimentos de consumo humano. La dispersión de estos compuestos depende de factores como la ubicación de la fuente, condiciones climáticas, topografía y proximidad a carreteras. Por ello, en la Comunidad Económica Europea se establece un índice de referencia de 10 mg de plomo por kg de forraje seco.

Figura 13

Contenido de Pb en las plantas conforme a la distancia de la carretera



Nota: (Patrakhaltsev & Gorbunov, 1994). 1.- bosque; 2.- campo; 3.- campo detrás de un cerco vegetal

2.2.11. Bujía

En los propulsores de gasolina interior, particularmente en vehículos, un componente clave es el responsable de generar la electricidad que se requiere con el fin de activar la combinación de aire y gasolina en la cámara combustiva del motor. Esto permite que el motor funcione de manera eficiente y produzca la potencia necesaria

Componentes de la bujía

Electrodo central: Es el electrodo que recibe la corriente eléctrica de alta tensión

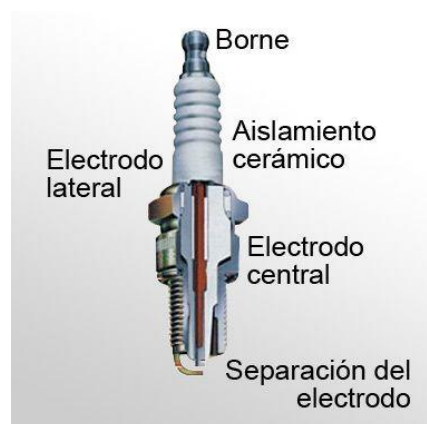
Electrodo de tierra: Es el electrodo que está conectado a la masa del motor y que forma el arco eléctrico con el electrodo central

Aislamiento cerámico: Es el material que aísla el electrodo que está en el centro del cuerpo de la bujía

Cuerpo de la bujía: Es la parte metálica que se inserta en la culata del motor

Figura 14

Componentes de la bujía



Nota: Savage Rose (2021).

Tipos de bujía

Bujías de cobre: Las más comunes y económicas

Figura 15

Bujía de cobre



Nota: Savage Rose (2021).

Bujías de platino: Más duraderas y resistentes a la corrosión

Figura 16

Bujías de platino



Nota: Savage Rose (2021).

Bujías de iridio: más eficientes y duraderas que las de platino

Figura 17

Bujía de iridio



Nota: Savage Rose (2021).

2.3. Marco Conceptual.

2.3.1. Bujía.

La bujía es un componente esencial del mecanismo que inicia los motores de gasolina, responsable de producir la descarga eléctrica que enciende la mezcla aire-combustible dentro del cilindro. Sus características, como el material del electrodo, grado térmico, diseño y distancia entre electrodos (calibre), influyen directamente en la estabilidad de la ignición, las sustancias de contaminación y el desempeño del motor [Savage Rose, 2021]

2.3.2. Tipo de bujía.

Alude a la categorización de las bujías en función de su composición, diseño y características.

2.3.3. Grado térmico de la bujía.

El grado térmico es una propiedad que indica el poder de la bujía para dispersar el calor producido en la cámara combustiva. Una bujía caliente posee un aislamiento largo que retiene calor, mientras que una fría disipa el calor rápidamente. La



selección correcta del grado térmico optimiza la combustión, evitando el autoencendido o enfriamiento excesivo que afecta el rendimiento y las emisiones [Savage Rose, 2021].

2.3.4. Calibre o distancia entre electrodos

Es el espacio físico existente en medio de los electrodos de la bujía, que influye en la intensidad y tamaño del arco eléctrico (chispa). Diferentes calibres afectan la calidad de la ignición y, por ende, la potencia desarrollada y las emisiones producidas. Un calibre óptimo mejora la eficiencia del motor y reduce gases contaminantes [Burgett et al., 2007; Tawfik et al., 2017].

2.3.5. Emisión de gases.

El bienestar general y la pureza del aire se ve alterada por los contaminantes generadas por los motores de combustión interna. Entre las sustancias tóxicas más significativos se encuentran: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x) e hidrocarburos (C_xH_y) y partículas sólidas. Estas emisiones derivan principalmente de una combustión incompleta o deficiente y están reguladas por normativas ambientales [Patrakhaltsev & Gorbunov, 1994; Decreto Supremo N° 010-2017-MINAM].

2.3.6. Rendimiento del motor.

Se menciona a la habilidad del motor para transformar la fuerza química de los combustibles en labor mecánica útil, que se mide a través de variables como el torque, la potencia y la utilización particular de combustible. El rendimiento depende de factores internos y externos, incluyendo la calidad de la ignición proporcionada por la bujía y las condiciones ambientales [Taipa et al., 2021].



2.3.7. Influencia de la altitud en la combustión.

A mayores altitudes, la presión atmosférica y la densidad de oxígeno disminuyen, afectando la combustión del motor al alterar la mezcla aire-combustible. Esto genera pérdidas de potencia, incremento en consumo de combustible y elevación de emisiones contaminantes. Es fundamental elegir apropiadamente el tipo de bujía para optimizar el rendimiento en estas condiciones [Velarde, 2023; Ramos, 2018].

2.3.8. Normativas ambientales aplicables.

Para proteger la salud pública y el entorno natural, existen leyes y acuerdos a nivel global y local que controlan las emisiones de los vehículos, fijando topes en la cantidad de contaminantes que pueden liberar. En Perú, el Decreto Supremo N° 010-2017-MINAM establece los estándares para vehículos automotores, siguiendo parámetros internacionales como las normas Euro y EPA [Decreto Supremo N° 010-2017-MINAM].



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

3.1.1. Tipo y nivel de investigación

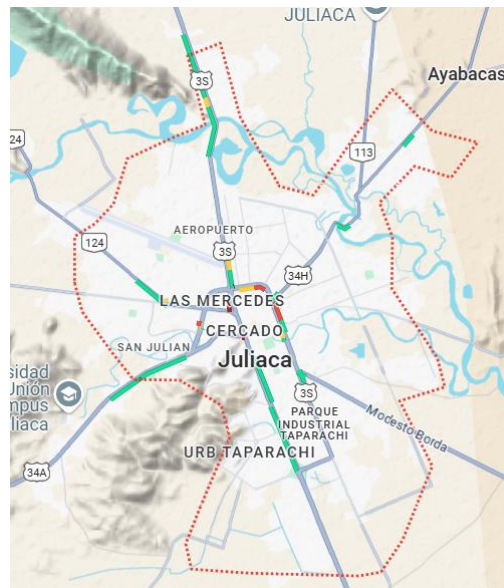
El tipo y nivel de investigación para el presente trabajo de investigación es la **aplicada** este se refiere a la categorización del estudio en función de su enfoque, naturaleza y el propósito de los resultados que se espera obtener, lo cual determina el diseño y los métodos empleados en el proceso.

3.2. Ámbito de investigación

La presente investigación se realiza a una altitud de 3825 metros sobre nivel del mar en donde está ubicado la ciudad de Juliaca.

Figura 18

Ubicación de la ciudad de Juliaca (3825 m.s.n.m.)



Nota: <https://maps.app.goo.gl/FTSCe2YFzr3iKMP88>

3.3. Población y muestra**Población:**

La población para la presente investigación son vehículos gasolineros de 1.8 litros de cilindrada existentes en la ciudad de Juliaca.

No hay cifra específica por el ministerio de transporte y comunicaciones (MTC), donde menciona un promedio de 30.6% general que tiene en parque automotor de vehículos antiguos mayores a 15 años, donde implica significativamente la contaminación del aire donde son consideradas como un riesgo para salud y la seguridad.



Muestra:

La muestra para la presente de investigación es un motor gasolinero de 1.8 litros de cilindrada, de marca Toyota corolla de la ciudad de Juliaca.

Al no tener al alcance la cantidad de vehículos gasolineros de 1.8 litros de cilindrada existentes en la ciudad de Juliaca para el cálculo de muestra se tiene la siguiente ecuación:

$$n = \left(\frac{Z \sigma}{e} \right)^2$$

Donde:

Z: Nivel de confianza = 95% = 1.96

σ: Desviación estandar = 0.02

e: Margen de error = 5% = 0.05

$$n = \left(\frac{1.96 * 0.02}{0.05} \right)^2$$

$$n = 1$$

3.4. Técnicas e instrumentos

Técnicas:

Las técnicas utilizadas para el presente trabajo son:

- Recolección de información
- Mediciones

Instrumentos:

Los instrumentos utilizados para el presente trabajo son:



- Analizador de gases
- Calibración de bujías
- Manómetro

3.5. Recogida de datos

Con el fin de recopilar información para este estudio el equipo para la realización de pruebas es un vehículo gasoliner Toyota Corolla de 1.8 litros de cilindrada; sus características técnicas se muestran en el capítulo IV. Se procedió a realizar los análisis de emisiones de gases de fuga con dos tipos de bujías uno grado térmico frío y otro caliente; se colocó el analizador de gases a una velocidad del motor de 2200rpm donde se obtuvo los porcentajes de los gases de escape. Asimismo, se procedió a realizar pruebas con variación de calibres del electrodo de la bujía, se midió la presión efectiva del motor con estos datos se determina la potencia optimo del motor.



CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presentación

En este capítulo se desarrolla las causas y soluciones de fallas de la bujía; se observa los resultados de las pruebas realizadas.

4.2. Análisis de resultados

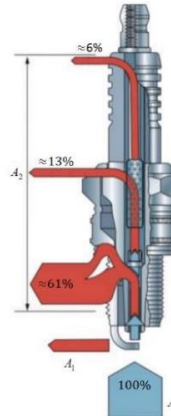
4.2.1. Temperatura de funcionamiento

La bujía tiene que tener una temperatura de operación ideal entre 500°C – 900°C . independientemente del motor que se trate.

Para la evacuación de calor de la bujía. El aproximadamente el 80% a través del sistema de conducción térmica se extrae, y el 20% es absorbido por los gases frescos que ingresan.

Figura 19

Evacuación de calor



Nota: Savage Rose (2021).

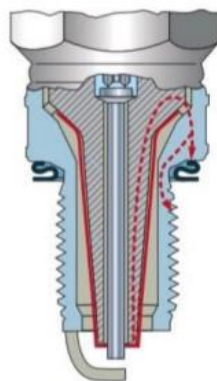
4.2.2. Grado térmico

Bujía caliente o bajo grado térmico

Al ser el pie de aislador largo; el calor se evacua lentamente

Figura 20

Bujía caliente



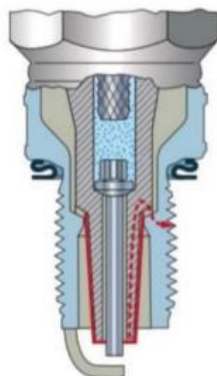
Nota: Savage Rose (2021).

Bujía de grado térmico medio

Como el pie del aislador es más corto que antes, la evacuación de calor es más fácil.

Figura 21

Bujía de grado térmico medio



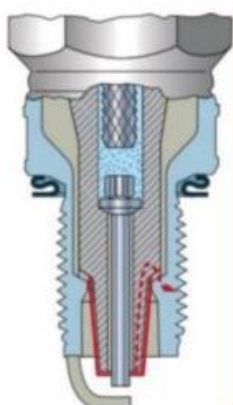
Nota: Savage Rose (2021).

Bujía fría o alto grado térmico

El difusor tiene un pie muy corto, lo cual permite que el calor llegue al mecanismo de calentamiento con rapidez.

Figura 22

Bujía fría

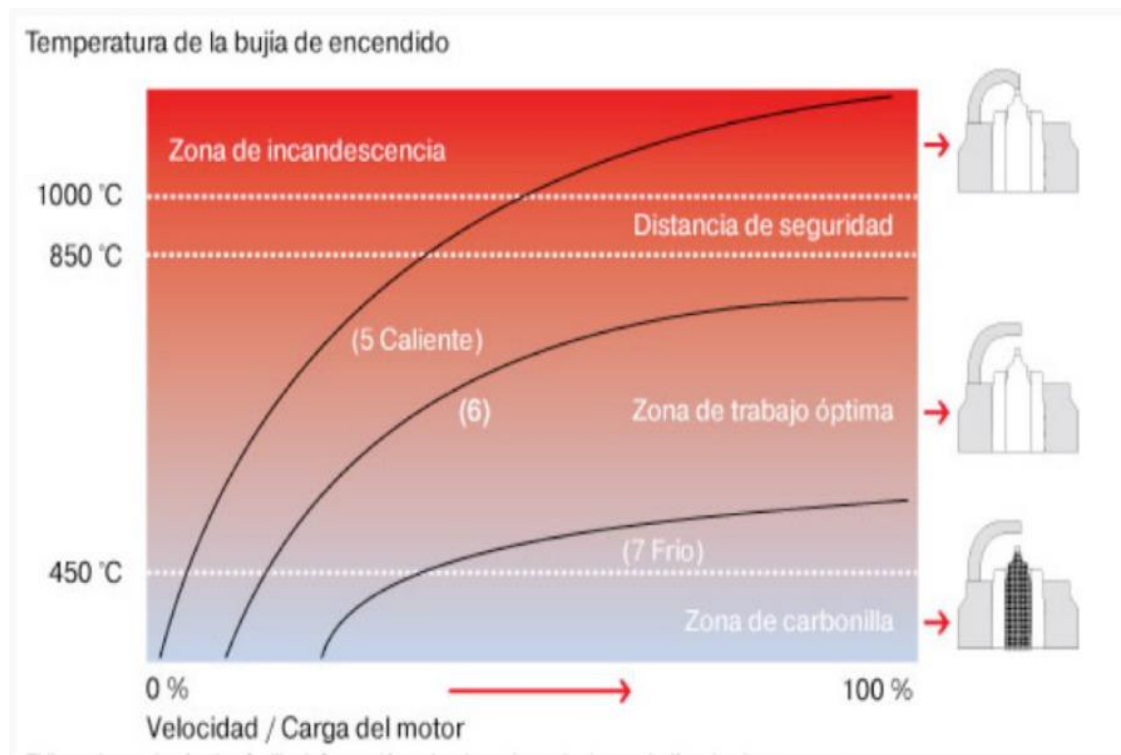


Nota: Savage Rose (2021).

A continuación, se presenta las gráficas térmicas en bujías con diferentes grados térmicos.

Figura 23

Comparativa de la temperatura en función de la carga de bujía



Nota: Savage Rose (2021).


4.2.2. Causas y soluciones de las fallas de bujías

Depósitos de hollín
Los electrodos, las bujías y la punta del dispositivo aislador están recubiertos con hollín negro aterciopelado.

Causa:	Efecto:	Solución:
<p>Inadecuado ajustamiento de mezcla (unidad de inyección). Combinación excesivamente rica. Sistema de aire extremadamente sucio. Aplicación de un mecanismo de inicio en frío averiado. Sensor de temperatura que no funciona. Se usa principalmente en rutas cortas. La categorización térmica de la bujía es excesivamente alta. Sonda lambda que no funciona bien.</p>	<p>Como resultado de las fuentes de fuga, la conducta del funcionamiento en frío es deficiente y ocurren fallas de ignición.</p>	<p>Verifique y, si es factible, ajuste la combinación y el mecanismo inicial. Revise el dispositivo de presión, además. Examine el filtro de aire y emplee una bujía con la clase térmica apropiada.</p>



Nota: (Ditesac, 29 mar 2021).

<p>ENGRASADA</p> <p>Con una lámina oscura de aceite están recubiertos los electrodos, la cubierta y el protector.</p>		
Causa:	Efecto:	Solución
Un grado de aceite excesivo, una cantidad excesiva de aceite dentro de la cámara combustiva, partes de pistón, pistones y guías de llave muy deteriorados.	Fallas de ignición o interrupción en la bujía para encendido, falla total	Examinar el motor, Instalar nuevas bujías, combinar de manera apropiada el aire con la gasolina
		

Nota: (Ditesac, 29 mar 2021).

<p>FORMACIÓN DE ESMALTE</p> <p>El aislante presenta parcialmente un esmalte de color marrón o amarillo, aunque este también puede ser verde.</p>		
Causa:	Efecto:	
El proceso de sedimentación que se observa es resultado de las sustancias de plomo en el combustible.	Cuando el motor es cargado de repente y al completo, el esmalte se vuelve transportador eléctrico, pues se licua.	Examine toda la motor y monte las bujías originales recién adquiridas



SEDIMENTOS

Compuestos densos a causa de aditivos de gasolina y líquido sobre el componente de masa y el aislante. Sedimentos parecidos a la escoria (coque de aceite).

Causa:	Efecto:	
Los elementos de aleación, sobre todo los de aceite, pueden dejar desechos que se depositan en la cámara de combustión y en la bujía de regulación.	Es posible que cause incendios incandescentes con reducción de aptitud y hasta averías en el motor.	Verificar las configuraciones del motor. Instalar bujías antiguas modernas; modificar la clase de aceite en ocasiones.



Nota: (Ditesac, 29 mar 2021).

ELECTRODO CENTRAL FUNDIDO


Electrodo central fundido, borde del lado del protector quemado.

Causa:	Efecto:	
Exceso de calor debido a "deslizamiento de la bujía", restos de combustión en la cámara, fallas en las llaves, deficiencia de	Fallas en la ignición, reducción de la energía de salida	Verificar el motor, el inicio, la elaboración de la mezcla y los conjuntos de apriete de

calidad de gasolina, clasificación térmica de la bujía excesiva o pares de apriete no respetados.	(deterioro del motor)	del las bujías. Instalar bujías nuevas con el valor térmico correcto.
---	-----------------------	---




Nota: (Ditesac, 29 mar 2021).


ROTURA DEL AISLANTE Aislante estropeado, agrietado.		
Causa:	Efecto:	
Daños estructurales debido a un manejo incorrecto. Al principio, solo era visible como una pequeña grieta. En situaciones extremas, el aislante puede volverse inestable debido a las barreras entre el electrodo central y él mismo, en particular en rutas largas con trabajo considerable. Operación del propulsor con explosiones.	Ausencias de encendido, la chispa se produce en zonas en las cuales la combinación actual no llega segura.	Instalar modernas bujías de marca
		

Nota: (Ditesac, 29 mar 2021).


FUERTE DESGASTE DE LOS ELECTRODOS Los electrodos centrales y/o de masa muestran una disminución de contenido.		
Causa:	Efecto:	

<p>Adyuvantes ofensivos del aceite y la gasolina. La turbina de combustión está siendo afectada negativamente por el flujo, probablemente debido a depósitos. Uso de bujías de encendido equivocadas, explosiones del motor, excesiva de temperatura.</p>	<p>Defectos del encendido, en particular al incrementar (la fuerza de ignición ya no es apropiada para la separación considerable desde los componentes). Conducta de arranque inapropiada</p>	<p>Instalar modernas bujías de clase auténticas</p>
		

Nota: (Ditesac, 29 mar 2021).

<p>ELECTRODOS FUNDIDOS PARCIALMENTE</p>		
<p>Depósitos en el electrodo con apariencia de coliflor, potenciales acumulaciones de sustancias que no provienen de la bujía.</p>		
<p>Causa:</p>	<p>Efecto:</p>	
<p>Exceso de calor debido a "deslizamiento de la bujía", desechos de combustibles dentro de la cámara, mal funcionamiento de las llaves, estado de la gasolina no apropiada, evaluación térmica posiblemente muy alta y atornillado incorrecto de las bujías.</p>	<p>Antes de que el motor se averíe por completo (daños en el motor), se reducirá la eficacia.</p>	<p>Revise el motor, el encendido y la mezcla, así como el par de apriete de las bujías. Monte las nuevas bujías original con la clasificación térmica correcta.</p>
		

Nota: (Ditesac, 29 mar 2021).

FRÁGIL CONECTOR DE BUJÍAS DE ENCENDIDO		
Causa:	Efecto:	
conductor antiguo, exceso de calor.	defectos de suministro.	de Montar bujías y enchufes nuevos originales, engrasar el cuello del aislador con aceite particular para ensamblar
		

Nota: (Ditesac, 29 mar 2021).

4.2.3. Especificaciones técnicas del vehículo

Marca	: Toyota
Modelo	: Corolla
Cilindrada	: 1794 cm ³
Relación de compresión	: 10
Potencia máxima	: 97 kw / 6000 rpm
Torque máximo	: 170 Nm / 4200 rpm
Combustible	: Gasolina

4.2.4. Emisiones de gases con diferentes tipos de bujía

A continuación, se observa en las siguientes tablas la medición de los gases de escape realizados al vehículo con 2 tipos de bujía con grado térmico frío y caliente.

Se realizó una prueba estática a una velocidad del motor de 2200rpm.

Tabla 4*Emisión de gases de escape con bujía de grado térmico caliente*

Emisiones de gases con bujía caliente			
Gases	Símbolo	Unidad	Aceleración 2 200 rpm
Oxígeno	O ₂	%	0
Ácido Sulfhídrico	H ₂ S	ppm	0
Metano	CH ₄	% LEL	2
Monóxido de Carbono	CO	% Vol	0.043
Dióxido De Carbono	CO ₂	% Vol	0.87

Nota: Elaboración propia según datos medidos con analizador de gases

Tabla 5*Emisión de gases de escape con bujía de grado térmico frío*

Emisiones de gases con bujía fría			
Gases	Símbolo	Unidad	Aceleración 2 200 rpm
Oxígeno	O ₂	%	0
Ácido Sulfhídrico	H ₂ S	ppm	0.2
Metano	CH ₄	% LEL	4.5
Monóxido de Carbono	CO	% Vol	0.065
Dióxido De Carbono	CO ₂	% Vol	0.76

Nota: Elaboración propia según datos medidos con analizador de gases

Tabla 6

Cuadro comparativo de emisión de gases de escape con tipo de bujía

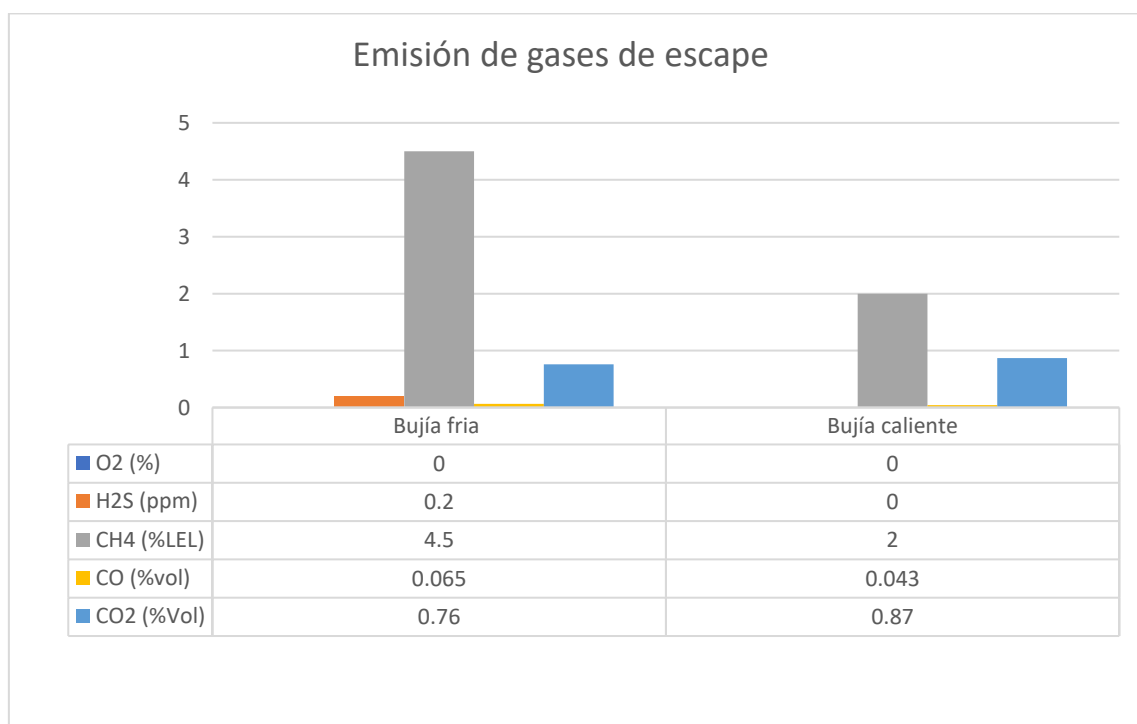
Tipo de bujía	Emisión de gases de escape				
	O2 (%)	H2S (ppm)	CH4 (%LEL)	CO (%vol)	CO2 (%Vol)
Bujía fría	0	0.2	4.5	0.065	0.76
Bujía caliente	0	0	2	0.043	0.87

Nota: Elaboración propia según datos medidos con analizador de gases

A continuación, se muestra el grafico de emisiones de gases de escape con 2 tipos de bujía uno con grado térmico frio y otro caliente. Se observa que la bujía con grado térmico frio emite más emisiones de gases de escape.

Figura 24

Emisión de gases de escape con 2 tipos de bujía



Nota: Elaboración propia

Variación de potencia del motor con respecto al calibre

Se realizó pruebas para calibre de 0,4 mm; 0.9mm y 1.2 mm. Donde se obtuvo la potencia de la siguiente expresión:

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

Donde:

N_e : Potencia efectiva del motor (kw)

P_e : Presión efectiva del motor

V_h i: Cilindrada = 1.8 litros

n: Velocidad del motor (rpm)

τ : Numero de tiempos = 4

Tabla 7

Potencia del motor según distancia entre electrodos

Para 0,4 mm.		Para 0,9 mm.		Para 1,2 mm.	
Velocidad del motor (rpm)	Potencia (Kw)	Velocidad del motor (rpm)	Potencia (Kw)	Velocidad del motor (rpm)	Potencia (Kw)
600	7.2	900	10.8	800	9.6
1250	15	1650	19.8	1200	14.4
1900	22.8	2440	29.28	1500	18
2500	30	3220	38.64	1900	22.8
3200	38.4	3900	46.8	2300	27.6
3850	46.2	4750	57	2700	32.4
4800	57.6	5500	66	3200	38.4

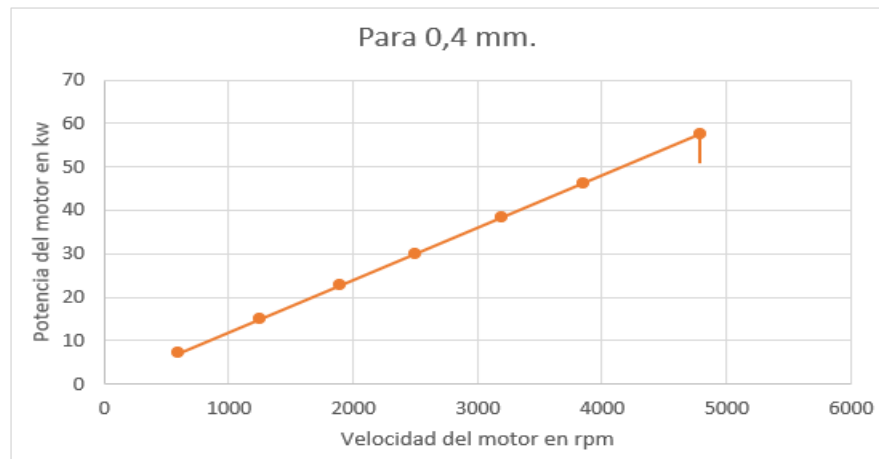
Nota: Elaboración propia

En la tabla 7. la velocidad del motor se obtiene del tacómetro existente en el tablero de control del vehículo. Se realizó la prueba estática según distancia del electrodo

(0.4, 0.9, 1.2 mm.). La determinación de la potencia se obtiene mediante el cálculo de la fórmula mencionada anteriormente de acuerdo con la velocidad del motor.

Figura 25

Variación de potencia según distancia entre electrodo 0.4 mm

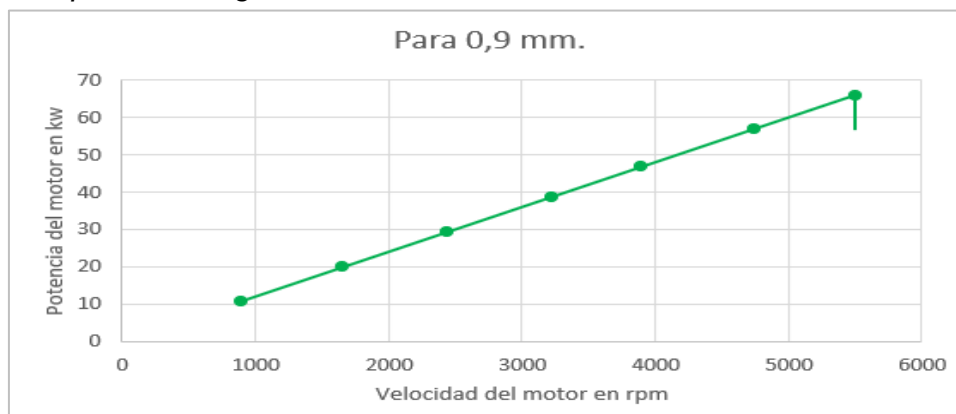


Nota: Elaboración propia

En la figura 24. Con datos hallados de la tabla 7. Se encuentra la curva de variación de potencia para una distancia de electrodo de 0.4 mm.; este aumenta conforme se eleva la rapidez del motor alcanzando hasta 4800 rpm.

Figura 26

Variación de potencia según distancia entre electrodo 0.9 mm

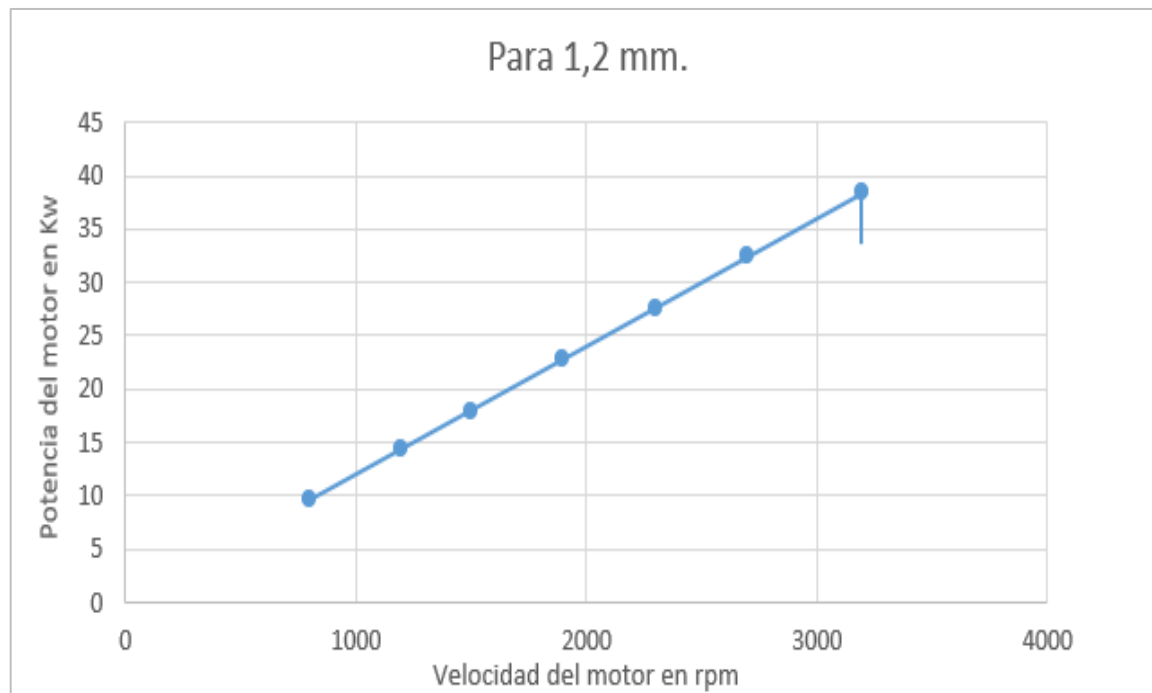


Nota: Elaboración propia

En la figura 25. Con datos obtenidos de la tabla 7. Se encuentra la curva de variación de potencia para una distancia de electrodo de 0.9 mm.; este aumenta a medida aumenta la velocidad del motor alcanzando has los 5500 rpm con una potencia de 66 kW siendo este calibre el más óptimo.

Figura 27

Variación de potencia según distancia entre electrodo 1.2 mm



Nota: Elaboración propia

En la figura 26. Con datos obtenidos de la tabla 7. Se encuentra la curva de variación de potencia para una distancia de electrodo de 1.2 mm.; este aumenta conforme se eleva la rapidez del motor alcanzando hasta 3200 rpm.



Tabla 8

Resultado de la evaluación del calibrado de bujías y condición de combustión en la cámara.

Calibración de la bujía (mm)	Comportamiento de la chispa	Condición de la combustión en la cámara	Apariencia de la bujía	Interpretación técnica
0.4 mm	Chispa débil y corta	Combustión incompleta	Electrodo oscuro, presencia de hollín negro	La separación reducida limita la propagación adecuada de la chispa, generando una mezcla de mal quemada, mayor residuo de carbón y disminución del rendimiento del motor.
0.9 mm	Chispa estable y uniforme	Combustión eficiente y completa	Color ladrillo o marrón claro en el electrodo	Calibración óptima que permite una adecuada inflamación de la mezcla aire-combustible, reflejando un funcionamiento eficiente del motor y niveles normales de emisiones.
1.2 mm	Chispa irregular y dispersa	Combustión deficiente	Electrodo blanquecino o sobrecalentado	La separación excesiva exige mayor voltaje, provocando fallas de encendido, sobrecalentamiento y pérdida de potencia del motor.

Nota: Elaboración propia



4.3. Discusión de resultados

Los resultados de esta investigación demuestran que el tipo de bujía influye en el rendimiento y emisión de emisiones de gases de escape provenientes de un motor a gasolina, a 3825 metros sobre el mar. Se observa que la bujía con grado térmico caliente emite mayor cantidad de gases contaminantes y el calibre de la bujía óptima es de 0.9mm. para un mayor rendimiento del motor como se observa en los gráficos. Según (Serpa, y otros, 2019) en su investigación llega a lo siguiente que el tipo de bujía influye en el desempeño del motor y emisiones. El más adecuado es el tipo de bujía caliente. Concordando con los hallazgos de esta indagación, asimismo (Ramírez & Soto, 2021) analizaron las emisiones contaminantes en motores pequeños al variar el tipo de bujía, observando que aquellas con materiales de alta conductividad y durabilidad (como platino) producían menores emisiones de hidrocarburos no quemados. Esta tendencia también se evidenció en el presente estudio, aunque con la salvedad de que, en condiciones de altitud elevada, la disminución de oxígeno afectó parcialmente los beneficios observados en el nivel del mar.



CONCLUSIONES

PRIMERA: Se concluye que el tipo de bujía de platino influye significativamente en el rendimiento y las emisiones de gases de escape de un motor gasolineroperando a 3825 metros sobre el nivel del mar, en la prueba estática de 2200 rpm, donde la bujía es adecuada para optimizar la combustión y reducir la emisión de contaminantes, cumpliendo con los márgenes superiores permitidos.

SEGUNDA: Se determinó que la bujía de platino con grado térmico caliente calibrada a 0.9 mm proporciona una combustión más eficiente, reflejada en un funcionamiento estable del motor, mejor rendimiento y una coloración ladrillo en el electrodo, donde presenta menores emisiones de gases contaminantes como metano (CH₄), monóxido de carbono (CO) y ácido sulfhídrico (H₂S),

TERCERA: Se identificaron que los factores como el tipo de grado térmico de la bujía y el calibre del electrodo influyen directamente en el rendimiento del motor. En particular, la distancia entre electrodos afecta la potencia desarrollada y la estabilidad de la combustión, desempeñando un papel clave en la reducción de emisiones y en el aumento de la eficiencia.

CUARTA: Finalmente, se realizó la prueba de calibre de electrodos de la bujía, resultando el calibre óptimo de 0.9 mm, Con este calibre, el motor alcanzó una potencia máxima de 66 kW a 5500 rpm, lo que indica un mejor rendimiento y eficiencia en el motor gasolineroperando a 3825 metros sobre el nivel del mar.



RECOMENDACIONES

PRIMERA: Se recomienda aplicación de bujía de platino en motores a gasolina que funcionan 3825 m. s. n. m.; debido a que contribuye a mejorar el proceso de combustión, eleva el desempeño del motor y reduce la emisión de gases contaminantes con el funcionamiento mecánico.

SEGUNDA: Se recomienda estudios experimentales en distintas altitudes con separación de electrodos en las bujías de platino, para determinar cómo cambia el rendimiento, dado que esta configuración permite una combustión más uniforme, favorece la estabilidad del motor y reduce la presencia de contaminantes como CH_4 , CO y H_2S en los gases de escape.

TERCERA: Se recomienda realizar el estudio en motores con diferentes tecnologías (inyección directa, turboalimentados, motores híbridos, etc.) para evaluar cómo varía la influencia del tipo de bujía según la configuración del motor.

CUARTA: Se recomienda explorar cómo varía el rendimiento y las emisiones al usar distintos tipos de gasolina (octanajes diferentes, con y sin aditivos) en combinación con distintos tipos de bujías



BIBLIOGRAFÍA

- Zeballos , J., & Alfaro, J. (1976). Estudio de prefactibilidad para la fabricación de bujías en el Perú. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Arévalo, P. V., & Malla, E. A. (2023). Análisis de los niveles de CO, O₂ y HC de un motor Hyundai Accent 1500 cc mediante la variación de la longitud de las bujías. Universidad Politécnica Salesiana.
- Bernales, T. F. (1973). Fallas típicas de funcionamiento en los motores de combustión interna. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Bonifaz, G. R. (1976). Sistema de control de calidad para una planta de bujías de encendido para motores de combustión interna. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Condori, J. C. (2001). Estudio del proceso de encendido por chispa en un motor de combustión interna mediante el empleo de un banco de pruebas. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Contreras, R. W. (2024). Análisis de las principales emisiones contaminantes de un motor de combustión interna mediante la variación de la longitud de las bujías en la cámara de combustión. Universidad Salesiana Politécnica Ecuador. <https://doi.org/https://doi.org/10.46296/ig.v4i8edespdic.0053>
- Gómez, M. A. (2016). Evaluación de los datos del consumo de combustible calculado por módulos de control electrónico en motores de combustión interna. Pontificia Universidad Católica del Perú.



- Montagne, R. A. (2016). Diseño de un generador de hidrogeno como combustible para los motores de combustión de ciclo Otto en la región Puno - 2015. Universidad Nacional del Altiplano.
- 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.
- Patrakhaltsev, N., & Gorbunov, V. (1994). Toxicidad de los motores de combustión interna.
- Qqenta, E. J. (2017). Análisis termodinámico del sistema de refrigeración y efectos en el rendimiento del motor SY1033DFH4 utilizando agua natural y refrigerante vistony en la empresa Antares Arquitectos S.R.L. en la ciudad de Cusco. Universidad Nacional del Altiplano.
- Ramos, A. (2018). Estudio y análisis experimental comparativo de los productos de la combustión de un motor gasolinero estacionario Brigg Stration de 5 HP al nivel del mar (Ilo - Moquegua) y a 3827 metros sobre el nivel del mar (Puno). Universidad Nacional del Altiplano.
- Serpa, G., Zumba, X., Montalvo, F., Baño, D., Martinez, J., & Zambrano, I. (2019). Influencia del tipo de bujía en la evaluación del comportamiento y emisiones en un motor de encendido provocado. Universidad Tecnológica Equinoccial.
- Taípe, V. A., Llanes, E. A., Morales, C. F., & Checa, A. E. (2021). Evaluación experimental de un motor de encendido provocado bajo diferentes gasolinas. Universitat Politècnica Salesiana Ecuador.



Tenesaca, K. S. (2023). Análisis de la influencia del tipo de bujías sobre la degradación del aceite. Universidad Politécnica Salesiana.

Velarde, G. (2023). Análisis de la influencia de la altitud de Puno sobre la potencia efectiva de un motor de combustión interna otto de aspiración natural. Universidad Nacional del Altiplano.



ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

INFLUENCIA DEL TIPO DE BUJIA EN EL RENDIMIENTO Y EMISIONES DE UN MOTOR GASOLINERO A 3825 METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR, 2024

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
Problema general	Objetivo General	Hipótesis General	Variable independiente	Tipo de investigación: Aplicada
¿De qué manera influye el tipo de bujía en el rendimiento y emisión de un motor gasolinero a 3825 metros sobre el nivel del mar?	Determinar la influencia del tipo de bujía en el rendimiento y emisión de gases de escape de un motor gasolinero a 3825 metros sobre el nivel del mar	Si se determina la influencia del tipo de bujía entonces se conocerá el rendimiento y la emisión de gases de escape a 3825 metros sobre el nivel del mar	Influencia del tipo de bujía - Grado térmico - Calibre de la bujía	Nivel de investigación: Aplicativa
Problemas específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Especificas	Variable Dependiente	Enfoque de investigación: Cuantitativa
P.E.1: ¿Qué criterios se utilizará para determinar tipo de bujía y emisión de gases de un motor gasolinero a 3825 metros sobre el nivel del mar? P.E.2: ¿Cómo influyen los factores en el rendimiento de un motor gasolinero a 3825 metros sobre el nivel del mar? P.E.3: ¿Cómo se puede determinar el rendimiento en un motor gasolinero a 3825 metros sobre el nivel del mar?	O.E.1: Determinar tipo de bujía y emisión de gases de un motor gasolinero a 3825 metros sobre el nivel del mar. O.E.2: Determinar los factores que influyen al rendimiento de un motor gasolinero a 3825 metros sobre el nivel del mar O.E.3: Determinar la potencia optima según calibre de bujía del motor gasolinero a 3825 metros sobre el nivel del mar	H.E.1: Si se determina el tipo de bujía y la emisión de gases de escape entonces se determina los factores que influyen en el rendimiento del motor gasolinero a 3825 metros sobre el nivel del mar H.E.2: Si se determina los factores que influyen entonces se conocerá el rendimiento del motor gasolinero a 3825 metros sobre el nivel del mar H.E.3: Si se determina el rendimiento del motor gasolinero entonces se podrá determinar si es eficiente	Rendimiento y emisión de gases de escape - Gases contaminantes (oxígeno, metano, monóxido de carbono, dióxido de carbono) - Potencia	



Dirección de Seguimiento y Evaluación de la Dirección de Evaluación y Gestión del Conocimiento del CONCYTEC, y de la señora Romina Sol Golup, Sub Directora de la Sub Dirección de Ciencia, Tecnología y Talentos de la Dirección de Políticas y Programas de CTel del CONCYTEC, del 3 al 8 de diciembre de 2017, a la ciudad de Santiago de Chile, República de Chile; para los fines expuestos en la parte considerativa de la presente resolución ministerial.

Artículo 2.- Los gastos que irrogue el cumplimiento de la presente resolución ministerial, serán con cargo al Presupuesto Institucional del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica – CONCYTEC, de acuerdo al siguiente detalle:

Nombres y Apellidos	Pasajes en US\$	Viáticos por día en US\$	Cantidad de días	Total viáticos
Luis Alberto Rebottaro Pastrana	2,115.94	370.00	4+1	1,850.00
Romina Sol Golup	2,115.94	370.00	4+1	1,850.00

Artículo 3.- Dentro de los quince (15) días calendario siguientes de efectuado el viaje, las personas cuyo viaje se autoriza deberán presentar ante la Titular de la Entidad, un informe detallado, describiendo las acciones realizadas y los resultados obtenidos.

Artículo 4.- La presente resolución ministerial no otorga derecho a exoneración de impuestos o de derechos aduaneros, de ninguna clase o denominación.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

MERCEDES ROSALBA ARÁOZ FERNÁNDEZ
Presidenta del Consejo de Ministros

1592365-1

AGRICULTURA Y RIEGO

Designan Director de la Estación Experimental Agraria Pichanaki del INIA

RESOLUCIÓN JEFATURAL N° 0227-2017-INIA

Lima, 24 de noviembre de 2017

VISTO:

La Resolución Jefatural N° 0079-2017-INIA de fecha 24 de abril de 2017;

CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución Jefatural N° 0079-2017-INIA de fecha 24 de abril de 2017, se encargó al Ing. Carlos Guillermo Aguirre Asturrizaga, Director de la Estación Experimental Agraria Santa Ana del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), las funciones inherentes al cargo de Director de la Estación Experimental Agraria Pichanaki del INIA, en adición a sus funciones, hasta que se designe al Titular;

Que, la Jefatura Institucional ha decidido dar por concluida dicha encargatura; y, a su vez, designar al profesional que desempeñará las funciones inherentes al cargo de confianza de Director de la Estación Experimental Agraria Pichanaki, bajo los alcances del Decreto Legislativo N° 1057 y su Reglamento;

De conformidad con la Ley N° 27594, Ley que regula la participación del Poder Ejecutivo en el nombramiento y designación de funcionarios públicos; estando a las funciones y facultades consideradas en el artículo 8° del Reglamento de Organización y Funciones del INIA, aprobado mediante Decreto Supremo N° 010-2014-MINAGRI; y, con las visaciones del Director General de la Oficina de Asesoría Jurídica y de la Secretaría General del INIA;

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- DAR POR CONCLUIDA, a partir del 1 de diciembre de 2017, la encargatura efectuada al Ing. Carlos

Guillermo Aguirre Asturrizaga, Director de la Estación Experimental Agraria Santa Ana del Instituto Nacional de Innovación Agraria, de las funciones inherentes al cargo de Director de la Estación Experimental Agraria Pichanaki, dándoseles las gracias por los servicios prestados.

Artículo 2°.- DESIGNAR, a partir del 1 de diciembre de 2017, al Ing. Héctor Erasmo Alcántara Santillán en el cargo de Director de la Estación Experimental Agraria Pichanaki del Instituto Nacional de Innovación Agraria, cargo considerado de confianza y bajo los alcances del Decreto Legislativo N° 1057 y su Reglamento.

Artículo 3°.- DISPONER la publicación de la presente Resolución Jefatural en el Diario Oficial "El Peruano" y en el Portal del Instituto Nacional de Innovación Agraria (www.inia.gob.pe).

Regístrese, comuníquese y publíquese.

MIGUEL A. BARANDIARÁN GAMARRA
Jefe
Instituto Nacional de Innovación Agraria

1591946-1

AMBIENTE

Establecen Límites Máximos Permisibles de emisiones atmosféricas para vehículos automotores

DECRETO SUPREMO N° 010-2017-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, de conformidad con lo establecido en el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en adelante la Ley, el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la citada Ley;

Que, el numeral 33.1 del artículo 33 de la Ley señala que la Autoridad Ambiental Nacional dirige el proceso de elaboración y revisión de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) y, en coordinación con los sectores correspondientes, elabora o encarga las propuestas de ECA y LMP, los que serán remitidos a la Presidencia del Consejo de Ministros para su aprobación mediante Decreto Supremo;

Que, asimismo, el numeral 33.4 del artículo 33 de la Ley, establece que, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, conforme a lo dispuesto en el literal d) del artículo 7 del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente, este ministerio tiene como función específica elaborar los ECA y LMP, los cuales deberán contar con la opinión del sector correspondiente y ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Decreto Supremo N° 047-2001-MTC, se establece en el ámbito nacional, los valores de LMP de emisiones contaminantes para vehículos automotores en circulación, vehículos automotores nuevos a ser importados o ensamblados en el país y vehículos automotores usados importados, con la finalidad de proteger la salud de la población y garantizar el cuidado del ambiente;

Que, mediante Decreto Supremo N° 009-2012-MINAM, Decreto Supremo N° 004-2013-MINAM, Decreto



Supremo N° 009-2015-MINAM y Decreto Supremo N° 013-2016-MINAM, se modifican los LMP, su aplicación y otras disposiciones contenidas en el Decreto Supremo N° 047-2001-MTC;

Que, el artículo 1 del Decreto Supremo N° 013-2016-MINAM crea el Grupo de Trabajo Multisectorial, que tiene por objeto coordinar y formular propuestas para mejorar la calidad de los combustibles y reducir los niveles de las emisiones vehiculares, así como fomentar las acciones necesarias para su implementación;

Que, mediante Acta N° 001-GTMCAEVH/2017, de fecha 21 de julio de 2017, el citado Grupo de Trabajo Multisectorial acordó proponer la modificación del Anexo I del Decreto Supremo N° 047-2001-MTC, en cuanto al alcance de la fecha de aplicación de la norma Euro y sus equivalentes, de acuerdo al tipo de combustible;

Que, asimismo, se ha identificado la necesidad de actualizar la normatividad vigente que regula los LMP de emisiones contaminantes para vehículos automotores en circulación, vehículos automotores nuevos a ser importados o ensamblados en el país y vehículos automotores usados importados;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 306-2017-MINAM, el Ministerio del Ambiente dispuso la prepublicación del proyecto de Decreto Supremo que aprueba los LMP de emisiones atmosféricas para vehículos automotores, en cumplimiento del artículo 39 del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, y el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad, publicación de Proyectos Normativos y difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS; en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios al mismo;

De conformidad con lo dispuesto en la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo; la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente; el Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente; y, el Reglamento de Organización y Funciones

del Ministerio del Ambiente, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2017-MINAM;

DECRETA:

Artículo 1.- Apruébase los Límites Máximos Permisibles (LMP) de emisiones atmosféricas para vehículos automotores, que como Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

Artículo 2.- Los vehículos que son destinados, exclusivamente, al uso fuera del Sistema Nacional de Transporte Terrestre, así como los vehículos de competencia y los vehículos menores de las Categorías L1 y L2, se encuentran fuera del ámbito de aplicación del presente Decreto Supremo.

Artículo 3.- Dispóngase la aplicación de los LMP señalados en los acápites 1.3 a 1.9 del Anexo del presente Decreto Supremo, para vehículos con tecnología Euro IV, Tier II y EPA 2007, a partir del 01 de abril de 2018.

Artículo 4.- El presente Decreto Supremo es refrendado por la Ministra del Ambiente y el Ministro de Transportes y Comunicaciones.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA DEROGATORIA

Única.- Derógase los artículos 1, 2 y 13 y el Anexo I del Decreto Supremo N° 047-2001-MTC, que establece los Límites Máximos Permisibles de emisiones contaminantes para vehículos automotores que circulen en la red vial.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veintinueve días del mes de noviembre del año dos mil diecisiete.

PEDRO PABLO KUCZYNSKI GODARD
Presidente de la República

ELSA GALARZA CONTRERAS
Ministra del Ambiente

BRUNO GIUFFRA MONTEVERDE
Ministro de Transportes y Comunicaciones

VALORES DE LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES

(*) De conformidad con el [Artículo 4 del Decreto Supremo N° 002-2003-MTC](#), publicado el 16-01-2003, se precisa que son aceptables las normas EURO o Tier más avanzadas que las consideradas en el presente Anexo, siempre y cuando se adecuen a la directiva o regulación que le corresponda.

I. LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA VEHICULOS EN CIRCULACION A NIVEL NACIONAL

a) PARA SU APLICACIÓN INMEDIATA				
VEHÍCULOS MAYORES A GASOLINA, GAS LICUADO DE PETRÓLEO Y GAS NATURAL (livianos, medianos y pesados)				
AÑO DE FABRICACION	DE	CO % de Volumen	HC (ppm) (1)	CO + CO ₂ % (mínimo) (1)
Hasta 1995		4,5	600	10
1996 en adelante		3,5	400	10

(1) Para vehículos a Gasolina : Únicamente para controles en carretera o vía pública, que se realicen a más de 1800 m.s.n.m., se aceptarán los siguientes valores, para Hidrocarburos (HC): modelos hasta 1995; HC 650 ppm y 8% CO + CO₂, modelos 1996 en adelante; HC 450 ppm y 8% CO + CO₂



VEHÍCULOS MAYORES A DIESEL		
<i>(Livianos, medianos y pesados)</i>		
AÑO DE FABRICACION	Opacidad : $k(m^{-1})$ (2)	Opacidad en %
Antes de 1995	3,4	77
1996 en adelante	2,8	70

(2) **Para Vehículos a Diesel:** Únicamente para controles en carretera o vía pública, que se realicen a más de 1000 m.s.n.m., se aceptará una corrección por altura de 0.25 $k(m^{-1})$ por cada 1000 m.s.n.m. adicionales, hasta un máximo de 0.75 $k(m^{-1})$

VEHICULOS MENORES CON MOTORES DE DOS TIEMPOS QUE USAN MEZCLA DE GASOLINA - ACEITE COMO COMBUSTIBLE		
Volumen desplazamiento nominal cc	CO % de volumen	HC ppm
Mayores de 50 cc (3)	2,5	8000
VEHICULOS MENORES CON MOTORES DE CUATRO TIEMPOS QUE USAN GASOLINA COMO COMBUSTIBLE		
Volumen desplazamiento nominal cc	CO % de volumen	HC ppm
Mayores de 50 cc (3)	4,5	600
VEHICULOS MENORES CON MOTORES DE CUATRO TIEMPOS QUE USAN DIESEL COMO COMBUSTIBLE		
Volumen desplazamiento nominal cc	Opacidad : $k(m^{-1})$	Opacidad en %
Mayores de 50 cc (3)	2,1	60

(3) Vehículos menores de 50 cc no requieren prueba de emisiones.

b) PRIMER REAJUSTE: A LOS DIECIOCHO MESES DE LA PUBLICACION DEL PRESENTE DECRETO SUPREMO			
VEHÍCULOS MAYORES A GASOLINA, GAS LICUADO DE PETRÓLEO Y GAS NATURAL			
<i>(livianos, medianos y pesados)</i>			
AÑO DE FABRICACION	CO % de Volumen	HC (ppm) (4)	CO + CO₂ % (mínimo)
Hasta 1995	3,0	400	10
1996 en adelante	2,5	300	10
2003 en adelante	0,5	100	12

(4) **Para Vehículos a Gasolina:** Únicamente para controles en carretera o vía pública, que se realicen a más de 1800 m.s.n.m., se aceptarán los siguientes valores sólo para HC: modelos hasta 1995, HC 450 ppm y 8% CO + CO₂, modelos 1996 en adelante, HC 350 ppm y 8% CO + CO₂



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital: [X]

Fecha de entrega: 19/12/2025

1. Datos del autor (es):

Formulario with fields for author information: Nombres y Apellidos, Dirección, DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte, Teléfono, email, Facultad y/o Escuela de Posgrado, Escuela Profesional o Mención, Título o Grado Académico a optar, Asesor, Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones, Trabajo de Investigación, Tesis, Trabajo de Suficiencia Profesional, Trabajo Académico, Título, Palabras claves, ¿Esta obra se desarrolló en la UANCV 1,2?



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

19 de diciembre del 2025

Fecha