



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PROPUESTA DE UN SISTEMA DE VERIFICACIÓN  
VEHICULAR PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DE AIRE EN LA CIUDAD DE  
GUATEMALA**

**José Emiliano Bonilla Aguilar**

Asesorado por M.A Ing. Juan Carlos Jeréz Juárez

Guatemala, agosto de 2023



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PROPUESTA DE UN SISTEMA DE VERIFICACIÓN  
VEHICULAR PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DE AIRE EN LA CIUDAD DE  
GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**JOSÉ EMILIANO BONILLA AGUILAR**  
ASESORADO POR EL M.A. ING. JUAN CARLOS JERÉZ JUÁREZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO ELECTRICISTA**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2023



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO a.i.	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz Gonzales
SECRETARIA	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Carlos Alberto Navarro Fuentes
EXAMINADOR	Ing. Edgar Yanuario Laj
EXAMINADOR	Ing. Endor Steve Ortiz del Cid
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PROPUESTA DE UN SISTEMA DE VERIFICACIÓN  
VEHICULAR PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DE AIRE EN LA CIUDAD DE  
GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Postgrado de Ingeniería, con fecha de 21 de abril de 2023.



**José Emiliano Bonilla Aguilar**







**EEPM-PP-0376-2023**

Guatemala, 21 de abril de 2023

**Director**  
**Armando Alonso Rivera Carrillo**  
**Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica**  
**Presente.**

**Estimado Ing. Rivera**

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PROPUESTA DE UN SISTEMA DE VERIFICACIÓN VEHICULAR PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DE AIRE EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Gestión y manejo ambiental - Impactos y medidas de mitigación en sistemas de agua potable, desechos sólidos, aguas residuales, sistemas atmosféricos, líticos y ecosistemas acuáticos y terrestres**, presentado por el estudiante **Jose Emiliano Bonilla Aguilar** carné número **201313669**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Energía Y Ambiente.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

  
Juan Carlos Jeréz Juárez  
Ingeniero Industrial  
Col. 13,614  
Mtro. Juan Carlos Jerez Juarez  
Asesor(a)

  
Mtro. Juan Carlos Fuentes Montepeque  
Coordinador(a) de Maestría



  
Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería





EEP-EIME-0375-2023

El Director de la Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica de la Facultad de Ingenieria de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PROPUESTA DE UN SISTEMA DE VERIFICACIÓN VEHICULAR PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DE AIRE EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Jose Emiliano Bonilla Aguilar**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingenieria en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo  
Director  
Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica

Guatemala, abril de 2023



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato  
Facultad e Ingeniería

24189101- 24189102

LNG.DECANATO.OIE.53.2023

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PROPUESTA DE UN SISTEMA DE VERIFICACIÓN VEHICULAR PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DE AIRE EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por: **Jose Emiliano Bonilla Aguilar** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Firmado electrónicamente por: José Francisco Gómez Rivera  
Motivo: Orden de impresión  
Fecha: 11/08/2023 19:36:06  
Lugar: Facultad de Ingeniería, USAC.

Ing. José Francisco Gómez Rivera  
Decano a.i.



Guatemala, agosto de 2023

Para verificar validez de documento ingrese a <https://www.ingenieria.usac.edu.gt/firma-electronica/consultar-documento>

Tipo de documento: Correlativo para orden de impresión Año: 2023 Correlativo: 53 CUI: 1797846842101

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, - Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS). Postgrado Maestría en Sistemas Mención Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas. Licenciatura en Matemática. Licenciatura en Física. Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM). Guatemala, Ciudad

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por darme la sabiduría, dedicación y paciencia para poder alcanzar esta etapa de mi vida.
- Mis padres** Por ser mis pilares en la vida, por no desmayar en el proceso, y guiarme en el camino del bien.
- Mi Esposa** Por alentarme a concluir esta etapa como estudiante, por la paciencia que me ha tenido, por su ayuda profesional y por su inmenso amor, que cada día a día, me ha ido fortaleciendo más y convenciéndome que si puedo lograr lo que me proponga.
- Mi Hijo** Por ser mi motivación día a día, ese rayo de luz al final del camino, el cual me hace seguir adelante, sé que algún día, comprenderá y espero poder ser su ejemplo a seguir.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por brindarme la oportunidad de pertenecer a tan gloriosa Universidad, ese momento inolvidable, en todos sus espacios, pero en especial en el edificio T3.

**Mis amigos**

Mis amigos que a lo largo de la carrera me brindaron su apoyo, tanto como compañeros de estudio como amigos sinceros.

**Ingenieros**

A todos mis catedráticos, de los cuales, con algo me he quedado y siempre ha sido las ganas de seguir aprendiendo, de no desmayar y salir siempre adelante.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN .....	XI
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	7
3.1. Pregunta central .....	9
3.2. Preguntas auxiliares .....	9
4. JUSTIFICACIÓN .....	11
5. OBJETIVOS .....	13
5.1. General .....	13
5.2. Específicos .....	13
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN .....	15
7. MARCO TEÓRICO .....	17
7.1. Combustibles .....	17
7.1.1. Combustibles MCI .....	17
7.1.2. Combustible Alterno .....	17



7.2.	Contaminantes .....	18
7.2.1.	Motor de combustión interna .....	18
7.3.	Calidad del aire .....	20
7.3.1.	Índice de calidad del aire en Guatemala .....	20
7.4.	Medición de calidad del aire .....	21
7.5.	Cálculo del índice de calidad del aire .....	22
7.6.	Programas creados para mejorar la calidad del aire .....	22
7.6.1.	México .....	23
7.6.2.	Nicaragua .....	23
7.6.3.	Costa Rica .....	24
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	27
9.	METODOLOGÍA .....	29
9.1.	Enfoque .....	29
9.1.1.	Alcance metodológico .....	29
9.1.2.	Alcance técnico .....	30
9.1.3.	Alcance de tiempo .....	30
9.1.4.	Alcance de resultados .....	30
9.1.5.	Diseño .....	30
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS .....	35
11.	CRONOGRAMA .....	37
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO .....	39
13.	REFERENCIAS .....	41

14. APÉNDICES..... 43



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Cronograma de la investigación .....	37
------------------	--------------------------------------	----

### TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	VARIABLES DE ESTUDIO .....	31
<b>Tabla 2.</b>	RECURSOS NECESARIOS PARA LA INVESTIGACIÓN.....	39



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de carbono
<b>H</b>	Horas
<b>CH<sub>4</sub></b>	Metano
<b>ML</b>	Mililitros
<b>N<sub>2</sub></b>	Nitrógeno
<b>O<sub>2</sub></b>	Oxígeno
<b>%</b>	Porcentaje



## GLOSARIO

<b>Combustible</b>	Son materiales sólidos, líquidos o gaseosos que liberan energía por medio de la combustión y liberan energía luminosa y energía calorífica.
<b>Nitrógeno</b>	Es un elemento que se encuentra abundantemente en la atmósfera terrestre, conformando casi ocho partes de todo el aire de la tierra. Es incoloro e inodoro. Se representa con el símbolo N en química.
<b>Emisiones</b>	Son sustancias gaseosas y particuladas liberadas a la atmósfera por los establecimientos y los hogares como resultado de los procesos de producción, consumo y acumulación. La descripción estadística de tales emisiones cubre sus fuentes y las cantidades emitidas por la sustancia.
<b>Contaminación</b>	El termino contaminación se refiere al entorno donde ingresan elementos o sustancias que normalmente no deberían estar en él y que afectan el equilibrio del ecosistema.





## RESUMEN

Un sistema de verificación vehicular hace referencia a las revisiones necesarias para el funcionamiento correcto de los vehículos, gracias a esto se obtiene una mejor calidad de aire. La presente investigación hace un énfasis sobre la necesidad de implementar en la ciudad de Guatemala un sistema de verificación vehicular, con el objetivo de mejorar la mala calidad del aire que se respira en nuestra ciudad, siendo esto una solución para reducir daños significativos para el ser humano que son causados las emisiones vehiculares.

El objetivo general que dio origen a la presente investigación es desarrollar una propuesta de un sistema de verificación vehicular, para la mejora de la calidad del aire en la ciudad de Guatemala, lugar significativo por concentrarse la mayor parte de vehículos automotores, los cuales crean congestionamientos y derivado de esto se elevan los índices de contaminación atmosférica, y como objetivo específico estimar el beneficio ambiental, a partir de la propuesta de implementación de un sistema de verificación vehicular en la ciudad de Guatemala.

Se espera promover de alguna forma con esta investigación una educación ambiental y la implementación de un sistema de verificación vehicular, para garantiza los derechos de la vida y la salud de los guatemaltecos, y obtener un aire con menos contaminación.



# 1. INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica, es la presencia en el aire de contaminantes nocivos para la salud humana en determinadas épocas del año. Esto no se puede evitar, pero se podría mantener una calidad baja con niveles aceptables, el estado de la calidad del aire guatemalteco sigue siendo un problema desconocido para la mayoría de los guatemaltecos y, en ausencia de una regulación legal o compromiso por parte de las entidades encargadas de velar por el bienestar de los habitantes de la ciudad de Guatemala; para obtener una mejor calidad de aire, la investigación actual sugiere que los vehículos motorizados, necesitan de un sistema de inspección vehicular para reducir las emisiones contaminantes.

El estudio muestra la importancia crítica de tomar medidas de mitigación para las emisiones de los vehículos, con esta medida se pretende mejorar la calidad de vida de las personas en el área de la Ciudad de Guatemala. Se aplicarán dos métodos: el dinámico y el estático los cuales dependerán de las características del automóvil.



## 2. ANTECEDENTES

Se tiene como objetivo principal proponer un diseño, para realizar un sistema de verificación vehicular y obtener con esto la mejora de la calidad del aire, que respiran los guatemaltecos en la capital guatemalteca. Para esto se toma referencia las siguientes investigaciones. Para mejorar la calidad del aire requiere identificar las principales fuentes de emisiones contaminantes. Cuantificar emisiones y evaluar si las concentraciones de contaminantes pudieran estar afectando al ambiente y a la salud de la población.

Investigación de González (2000): La calidad del aire comprende el resultado de una interacción compleja entre una variedad de fuentes, desde chimeneas industriales y vehículos, entre otros factores que pueden cambiar la composición del aire, realizando así una contaminación. De igual forma los procesos naturales tienen incidencia en el tema. Los automóviles funcionan principalmente con motores basados en uno de los tres tipos de motores de combustión interna. El tipo más común es el ciclo de 4 tiempos encendido por chispa, que se usa principalmente en automóviles y camionetas. La cantidad de gases que se realizan por el escape de los motores de combustión interna dependen de factores, entre ellos se mencionan: Relación de aire y combustible, tiempo de encendido, relación de compresión, forma de la cámara de combustión y velocidad del motor. Su objetivo es la futura implementación de un sistema de verificación de vehículos, una estrategia para encontrar soluciones para reducir la contaminación.

Arroche (2013), en su artículo habla sobre partículas conocidas como PM 2.5, causadas principalmente por fuentes de emisión como flotas de vehículos,

industrias con chimeneas y fuentes naturales. La Organización Mundial de la Salud con el propósito de brindar una asesoría sobre la mitigación de los efectos de la contaminación del aire en la salud humana, proporciona valores de orientación diseñado para la infraestructura urbana basados en una evaluación de expertos del conocimiento científico actual.

La flota de vehículos de Guatemala ha crecido con más de 1 millón de vehículos registrados exclusivamente en Guatemala. El 50% del parque vehicular representado por los vehículos de más de 20 años y la creciente importación anual de vehículos sin convertidor catalítico es un problema de emisión de humo negro.

*The Environmental Protection Agency (EPA)* habla sobre la contaminación en el aire ha alcanzado niveles peligrosos para la salud humana, siendo los automóviles una fuente importante de contaminación.

Se menciona la posibilidad de utilizar metanol para gasolina. Esto puede reducir las emisiones de partículas en el aire y compuestos tóxicos mortales. La producción de biocombustibles puede ser una opción de mejora, ya que se obtiene a partir de girasol, caña de azúcar, aceites vegetales, grasas animales o remolacha. Concluye recomendando que el MARN debe emprender y preparar una iniciativa normativa para controlar las emisiones contaminantes de los vehículos terrestres. Además, se deben implementar técnicas de monitoreo automatizado para medir con mayor regularidad los contaminantes que afectan la calidad de vida.

Investigación de Archila (2017), señala que los antecedentes del derecho ambiental se remontan a 1973. Esto se debe a las medidas institucionales y legales, tomadas a nivel estatal para atender los problemas ambientales del país.

Desafortunadamente, no se necesita apoyo regulatorio para abordar la contaminación de las emisiones de humo negro de los automóviles. Esto hasta ahora ha sido causado por el cambio climático.

Guatemala es un país que ha enfrentado desequilibrios sociales, económicos, ambientales y de mercado institucional en los últimos años, no existe una ley propia, que regule todo lo relacionado a lo ambiental, y algunas leyes y reglamentos han cambiado. Sin embargo, desde la existencia humana se han requerido una variedad de retrasos y degradaciones relacionadas con aspectos sociales y cambios ambientales causados por las actividades humanas para provocar el deseo de dominar, cambiar y adaptar la naturaleza a sus necesidades. Se han establecido signos.

Concluye que no existe un sistema de control rígido que identifique claramente las fallas de los vehículos y cuando las autoridades competentes realicen los controles necesarios para asegurar que los vehículos estén en un tránsito óptimo.

Estudio de Nuñez (2018), reducir y asegurar los requisitos mínimos de seguridad que deben cumplir los vehículos para el diseño y fabricación de vehículos, y asegurar que los vehículos cumplan con la normativa vigente sin exceder los máximos especificados. Los vehículos sometidos a verificación tendrán una excelente eficiencia del motor y procesos de combustión óptimos, lo que resultará en bajas emisiones contaminantes y estrictas emisiones de dióxido de carbono, hidrocarburos y óxido nitroso, respetando los estándares europeos. Concluye señalando que es un vehículo limitado y liviano.

Un estudio realizado por Curí (2019), enfatizó que la contaminación de un solo vehículo es pequeña, pero cuando se habla de chimeneas industriales, los



vehículos son nacionales y globales y por lo tanto enfrentan una gran fuente de contaminación. Los seres humanos somos contribuyentes a la contaminación del aire, mediante el uso inadecuado de los vehículos, las emisiones están compuestas por varios contaminantes con diferentes procesos. En cuanto a las emisiones, siempre cambiarán en función del número y tipos de vehículos existentes. Por esta razón, la evaluación del sector es fundamental.

Según el INE, existen dos formas más representativas de estimular las emisiones de fuentes móviles.

Métodos de estimación directa: Miden las emisiones directamente en la fuente. Método de estimación indirecta: las emisiones no se miden directamente en la fuente. Más bien, utiliza correlaciones entre las emisiones y varios parámetros que afectan las emisiones. La realización de inspecciones, el control y la notificación del estado del vehículo y el consumo de combustible ayudarán a reducir la contaminación. Por lo tanto, también se recomienda el uso de combustibles alternativos.

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente, Guatemala no cuenta con un sistema de inspección vehicular para el mantenimiento de vehículos, por lo que no es posible reducir las emisiones vehiculares. La falta de atención sobre este tema, por parte del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales y otras agencias relevantes, ha llevado a un aumento en los contaminantes del aire y una crisis en la calidad del aire.

El problema planteado en el estudio de investigación es la mala calidad del aire de la Ciudad de Guatemala, la cual es provocada por las emisiones vehiculares.

Los efectos negativos del uso de locomotoras de combustión interna se reflejan en la combustión a través de las emisiones que produce la producción de la energía necesaria para poder movilizarlas. Esta reacción química se lleva a cabo mediante la oxidación de combustibles como la gasolina, el diésel y el gas natural. Durante la combustión completa, el hidrógeno y el carbono se combinan con el oxígeno para producir vapor de agua y CO<sub>2</sub>. Además, el combustible puede estar contaminado con azufre, en cuyo caso se forma SO<sub>x</sub> (SO<sub>2</sub> y SO<sub>3</sub>). Las locomotoras de combustión interna generan grandes cantidades de contaminantes porque funcionan con la reacción exotérmica de la mezcla de combustible y aire.

Como tanto el aire como el combustible se comprimen en la cámara, el encendido ocurre con la ayuda de una batería, generalmente de plomo, creando una chispa que expande los gases producidos a alta presión y temperatura,

haciendo que el vehículo pueda moverse, algunas personas quitan el convertidor catalítico, un componente clave que limpia los gases de escape emitidos por el vehículo, pero esto conduce a una mayor contaminación.

El contaminante más grande en el observatorio de la Ciudad de Guatemala es el dióxido de nitrógeno presagio de la lluvia ácida. Un valor positivo de lluvia ácida es indicativo de emisiones de óxido de nitrógeno y azufre. El aire que se respira en Ciudad de Guatemala está catalogado con mala calidad del aire. La calidad del aire se mide por el Índice de Calidad del Aire (ICA). Es un indicador de cuán limpio o contaminado está el aire en el lugar de medición, combinado con los efectos en la salud que una población puede experimentar a las pocas horas o días de respirar el aire utilizado. El aire contaminado no solo afecta a las vías respiratorias, sino también a muchos otros aspectos de nuestra salud.

Diversos estudios realizados por el Laboratorio de Monitoreo del Aire de la Universidad de San Carlos en Guatemala han demostrado que las partículas contaminantes emitidas por los vehículos de combustión, principalmente dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y lluvia ácida, entran en combustión con el oxígeno de la atmósfera. Cuando el vapor de agua reacciona en el agua, reduce significativamente la calidad del aire.

El problema se formula utilizando una pregunta clave central y preguntas de apoyo.

### **3.1. Pregunta central**

¿Cuál es el beneficio que puede obtenerse a partir de la propuesta de implementación de un sistema de verificación vehicular en la ciudad de Guatemala?

### **3.2. Preguntas auxiliares**

- ¿Cuáles son los parámetros de diseño a considerar para la implementación de un sistema de verificación vehicular en la ciudad de Guatemala?
- ¿Cuál es la estructura funcional para el diseño de un sistema de verificación vehicular en la ciudad de Guatemala?
- ¿Cuál es el beneficio ambiental a partir de la propuesta de un sistema de verificación vehicular en la ciudad de Guatemala?



## 4. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de investigación se enfoca en la Maestría en Estudios Energéticos y Ambientales, Línea Gestión y Gestión Ambiental de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos, Guatemala. Proponer y presentar un proyecto de esquema de inspección de vehículos, que permitirá al Departamento de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en colaboración con las agencias pertinentes, iniciar programas para reducir el humo negro emitido por vehículos con bajas emisiones. El diseño de este sistema es una iniciativa del Departamento de Medio Ambiente y Recursos Naturales, cuyo propósito es desarrollar e implementar políticas relevantes para su industria y cumplir y hacer cumplir las normas para la conservación, protección, sostenibilidad y mejora. El medio ambiente del medio ambiente puede controlar el nivel de contaminación y la degradación de los recursos naturales al hacerlo.

Al realizar esta investigación, se dará a conocer la forma, la dirección y el desarrollo de los sistemas de verificación de vehículos basados en modelos extranjeros. Con el objetivo de mejorar la calidad del aire en la capital, este método reducirá la contaminación, mejorará la calidad del aire y permitirá cambiar la calidad del aire en todo el mundo. La necesidad de desarrollar esta investigación es brindar al gobierno guatemalteco el conocimiento, formalización, desarrollo, análisis e implementación a través de las organizaciones relacionadas con el medio ambiente. El único propósito de mejorar la calidad del aire.

El sistema funciona comprobando los sistemas del vehículo como: Tapones de gasolina, varillas de nivel de aceite, etc. Entre otras cosas, las

emisiones deben evaluarse con un dispositivo de medición conectado al tubo de escape de un automóvil que desarrollo en mi investigación.

Los beneficios de implementar este sistema son aire menos contaminado, mejores vehículos, ausencia de humo negro, menos partículas contaminantes, redundando en una mejor calidad de vida para todos los guatemaltecos.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. General**

Desarrollar una propuesta de un sistema de verificación vehicular para la mejora de la calidad del aire en la ciudad de Guatemala.

### **5.2. Específicos**

1. Definir los parámetros de diseño para la implementación de un sistema de verificación vehicular en la ciudad de Guatemala.
2. Desarrollar la propuesta de una estructura funcional de un sistema de verificación para la mejora de la calidad del aire en la ciudad de Guatemala.
3. Estimar el beneficio ambiental a partir de la propuesta de implementación de un sistema de verificación vehicular en la ciudad de Guatemala





## **6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN**

Mediante el diseño de un sistema de verificación vehicular para mejorar la calidad del aire en la Ciudad de Guatemala, a través de una propuesta de investigación, debido a la mala calidad del aire, principalmente por el hecho de que nuestro clima es contaminado de manera rutinaria, por los gases de escape de los vehículos los cuales provocan un desequilibrio en la composición original del aire, y actualmente no se tienen establecido un control sobre los límites de emisión de los vehículos. A continuación, se sugieren soluciones de investigación.

Se realizará un estudio para definir los procedimientos internos, técnicos y administrativos que pueden ser necesarios para implementar un sistema de verificación de vehículos. Define la estructura funcional del Centro de Verificación de Vehículos. Los límites de contaminantes aceptables se establecen de acuerdo con la Tabla de calidad del aire de GAIA. Se ha redactado un modelo del certificado que debe emitir el centro de pruebas si el vehículo cumple con los límites permisibles. Calcular el tiempo aproximado para implementar el sistema de verificación de vehículos.



## **7. MARCO TEÓRICO**

### **7.1. Combustibles**

Un combustible es un material que, por sus propiedades, arde con facilidad. En otras palabras, una sustancia que cuando se oxida y cuando se enciende desprende calor liberando energía.

#### **7.1.1. Combustibles MCI**

El petróleo en su estado natural es un líquido espeso y negro que se formó durante millones de años a partir de los restos de plantas y animales que sufrieron una gran presión de las capas de la tierra en las cavidades subterráneas. Un hidrocarburo es un compuesto orgánico cuya estructura química consiste en carbono e hidrógeno. El petróleo es básicamente una mezcla de diferentes hidrocarburos. De ahí provienen estos combustibles.

Los combustibles de automoción convencionales se pueden dividir básicamente en gasolina y gasóleo. Los más comunes de los llamados combustibles alternativos son el gas natural comprimido, el gas propano y el metanol.

#### **7.1.2. Combustible Alternativo**

Se trata de combustibles renovables que contaminan menos y son más baratos. Los vehículos de combustible alternativo son dispositivos que utilizan combustibles distintos al petróleo. Se destacan; gas natural, biodiesel y metanol.

## **7.2. Contaminantes**

Hablando de contaminación cuando en un entorno ingresan elementos o sustancias que normalmente no deberían estar en él y que afectan el equilibrio del ecosistema.

### **7.2.1. Motor de combustión interna**

La energía mecánica necesaria para operar varias máquinas se puede obtener de la energía térmica, hidráulica, solar y eólica. La energía térmica procedente de combustibles orgánicos es la que más se utiliza. Estos son los utilizados y proporcionan más del 80 por ciento de la energía producida en todo el mundo.

Aunque los vehículos producen solo el 5 por ciento de las emisiones de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) en la Unión Europea, se ha confirmado que su uso alcanza el 25 por ciento de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el 87 por ciento de monóxido de carbono (CO) y el 66 por ciento de nitrógeno. óxidos (NO).

#### **7.2.2.1. Estructura y funcionamiento**

Desde el punto de vista estructural, el cuerpo de un motor de explosión o de gasolina, se compone de 3 secciones principales; la culata, el bloque y el cárter.

#### **7.2.2.2. Culata**

Esta es la parte de hierro fundido (o aluminio en algunos motores) que se encuentra en la parte superior del bloque del motor. Una parte importante de

esta pieza es sellar la parte superior del cilindro para evitar pérdidas de presión y fugas de escape excesivas. La culata contiene válvulas de admisión y escape y bujías. También tiene dos conductos internos. Uno está conectado al colector de admisión (para llevar la mezcla de aire y combustible a la cámara de combustión del cilindro) y el otro al colector de escape (para permitir que los gases de combustión escapen a la atmósfera).

También existen otros canales que permiten la circulación de agua para la refrigeración. La culata está atornillada al bloque del motor. Se coloca una rejilla cilíndrica entre las dos partes metálicas para asegurar un sello hermético con el bloque. Esta rejilla está hecha de material de asbesto u otro material flexible que puede soportar las altas temperaturas alcanzadas durante el funcionamiento del motor sin sufrir daños.

### **7.2.2.3. Bloque**

Los cilindros se ubican en el bloque con sus camisas, que son los agujeros o cavidades practicados en el mismo, por donde se mueven los pistones. Estos últimos son considerados el corazón del motor. El número de cilindros que puede contener un motor varía, al igual que su ubicación en el bloque. Hay motores de uno o más cilindros, aunque la mayoría de los coches utilizan motores.

Bloques de 4, 5, 6, 8 y 12 cilindros, incluidos algunos vehículos pequeños que solo utilizan 3. El bloque motor debe ser rígido, ligero y de dimensiones reducidas para la potencia que desarrolla.

### **7.3. Calidad del aire**

Es la presencia en el aire de materias contaminantes que causan un riesgo o daño para la salud de los seres humanos, para conocer el nivel de contaminación se utiliza un sistema especializado conocido como Índice de Calidad del Aire.

#### **7.3.1. Índice de calidad del aire en Guatemala**

La calidad del aire se mide mediante el índice de calidad del aire (ICA), que indica qué tan limpio o contaminado está el aire en el lugar de medición, lo que se relaciona con los efectos en la salud que repercuten en la población, al inhalar el aire.

El (ICA) se calcula según el método de cálculo definido por la EPA (Agencia de Protección Ambiental) para el AQI (Índice de Calidad del Aire), y aunque este tema no está regulado por la legislación nacional, también se basa en el aire. Estándares de calidad establecidos por la EPA, teniendo en cuenta los siguientes parámetros contenidos en los diferentes contaminantes que afectan la composición del aire. El ICA varía de 0 a 500, donde 500 representa el nivel más alto de contaminación y, por lo tanto, el riesgo más alto para la salud.

En general, un valor de 100 corresponde al límite máximo permisible de calidad del aire, por lo que valores por debajo de 100 se consideran satisfactorios, si los valores superan los 100 puntos, la calidad del aire del lugar se considera insalubre, inicialmente con cierta sensibilidad grupos de población y luego todos los ciudadanos a medida que crece el ICA. Los grupos sensibles incluyen a los enfermos (especialmente los que padecen enfermedades respiratorias), los ancianos y los niños.

#### **7.4. Medición de calidad del aire**

Los siguientes valores del índice de calidad del aire son internacionalmente aceptados, para medir la contaminación y este es su significado en diferentes etapas de su clasificación:

Valor ICA 0-50

La calidad del aire es buena y eso significa satisfactoria.

Valor ICA 51-100

Aunque se consideran moderados o tolerables, algunos contaminantes pueden tener un impacto moderado, en un número muy pequeño de personas que generalmente son sensibles a la contaminación del aire.

Valor ICA 101-150

La calidad del aire no es saludable y significa que la calidad del aire de los grupos sensibles, los miembros de los grupos sensibles pueden afectar la salud. El público en general no suele cambiar nada.

Valor ICA 151-200

Se considera poco saludable, lo que significa que todos experimentan efectos sobre la salud. Pueden ocurrir efectos sobre la salud más graves en miembros de grupos sensibles.



Valor ICA 201-300

Se considera muy poco saludable y es una advertencia sanitaria. Cualquiera puede sufrir graves consecuencias para la salud.

Valor ICA 301-500

La calidad del aire es muy peligrosa y ésta es una advertencia urgente: significa que la salud de toda la población está en riesgo.

#### **7.5. Cálculo del índice de calidad del aire**

Se calcula un índice para cada parámetro medido en cada estación de medición (punto donde se concentran los principales contaminantes tales como el dióxido de nitrógeno entre otros). La calidad del aire en los puntos de medición se clasifica en aquellos con los valores de ICA más altos, y se muestran los parámetros correspondientes a esos valores. El ICA se divide en cinco categorías, cada una con un límite de concentración superior e inferior para cada parámetro.

#### **7.6. Programas creados para mejorar la calidad del aire**

Para definir medidas y acciones para reducir la contaminación causada por las emisiones vehiculares, algunos países han creado estrategias de comunicación y educación ambiental, que han sido reguladas en su legislación para mejorar su calidad del aire.

### **7.6.1. México**

Los Estados Unidos Mexicanos consagran en su constitución, el derecho a la protección de la salud y a un medio ambiente adecuado, para el crecimiento y el bienestar. Asimismo, la Ley General de Protección del Clima, prevé el derecho al medio ambiente sano, la adaptación al cambio climático, la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero y combinadas, el uso de medidas públicas para asegurar y regular las emisiones de gases de efecto invernadero y compuestos. En cuanto al medio ambiente, su conservación y protección, la Constitución Mexicana no contiene otros artículos ni normas. No existen muchas normativas, ya que existen leyes específicas encargadas de cumplir con la normativa ambiental.

El Programa Circular de Hoy, es el programa de restricción vehicular de la ciudad, destinado a controlar y reducir los niveles de contaminación. Su alcance abarca todas las delegaciones del Distrito Federal de México y 18 municipios del Estado de México. Asimismo, la Comisión Ambiental de Megalópolis (CAME), es el organismo que decide cuando los límites vehiculares del programa deben ser detenidos o, por el contrario, incrementados por riesgos ambientales.

### **7.6.2. Nicaragua**

Constitución Política de Nicaragua Asamblea Nacional Constituyente. El artículo 23 del 9 de enero de 1987 define lo relativo al derecho a la vida y establece: Nicaragua no tiene pena de “muerte”.

Como siempre, la vida humana es un derecho que el Estado debe garantizar, ya sea como fin primordial o como derecho constitucional fundamental que debe ser respetado y no vulnerado. La salud se menciona en el artículo 59,

que establece: El Estado proporciona las condiciones básicas para su promoción, protección, recuperación y rehabilitación. Combinar la protección de la salud y el medio ambiente es importante porque las personas pueden vivir una vida mejor y más sana en un entorno sano y libre de contaminación. Ordenanza General para el Control de Emisiones de Vehículos Automotores en Nicaragua. Decreto No. 32-97. Asamblea Nacional de la República de Nicaragua. Según el artículo 1, su objeto es "establecer un método estándar para medir las emisiones de los vehículos de motor con el fin de reducir los requisitos que deben cumplir los vehículos de motor y la contaminación atmosférica que provocan".

La sección 3 específica que se relaciona con:

La realizar la circulación por la vía pública y privada es imprescindible que cuente con los correspondientes certificados de control de emisiones al día y que su motor no emita niveles de contaminantes que excedan los límites permisibles. Los vehículos que transitan por el territorio nacional no están obligados a portar certificados de emisión. Nicaragua mantiene un medio ambiente sano mediante el control de la gran cantidad de contaminantes que emiten los vehículos automotores, ya sean de gasolina o diésel, y otros contaminantes que utilizan los motores como medio de transporte.

### **7.6.3. Costa Rica**

Constitución Política de la República de Costa Rica. El artículo 50 de la Asamblea Constituyente establece: Se tiene el derecho a renunciar y hacer reclamaciones por indemnización de daños y perjuicios causados. Reglamento sobre el control e inspección técnica de las emisiones contaminantes de los vehículos a motor. Decreto N° 28280-MOPTMIN AES-S. El artículo 1 de la misma establece:

Los vehículos nuevos y de segunda mano con motor diésel o de gasolina importados al país, deben cumplir con las emisiones mínimas de gases establecidas en los códigos de tránsito aplicables, se tiene que cumplir con los criterios especiales siempre que no viole o esté sujeto a las disposiciones de las leyes de tránsito aplicables. El artículo 5 define de qué se trata. Además de los demás vehículos previstos en el penúltimo párrafo del artículo 33 de la Ley de Circulación, los vehículos de carreras de velocidad, no se utilizan para la circulación normal en la vía pública y se utilizan exclusivamente en lugares peligrosos, exentos de la normativa sobre emisiones. Debidamente construido, adaptado y calificado para este tipo de competencia.



## **8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS**

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE PREGUNTAS ORIENTADORAS

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

### **1. MARCO TEÓRICO**

#### **1.1. Vehículos automotores**

1.1.1. Estructura

1.1.2- Funcionamiento

#### **1.2. Combustibles**

1.2.1. Combustibles Mci

1.2.2. Combustibles Alternos

#### **1.3. Contaminantes**

1.3.1. Motor de combustión interna

1.3.2. Estructura y funcionamiento

#### **1.4. Calidad del aire**

1.4.1. Índice de calidad del aire en Guatemala

1.4.2. Medición de calidad del aire

1.4.3. Cálculo del índice de calidad del aire

#### **1.5. Programas de contaminación del aire**

1.5.1. México

- 1.5.2. Honduras
- 1.5.3. Nicaragua
- 1.5.4. Costa Rica

2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

ANEXOS

## **9. METODOLOGÍA**

Se realiza un estudio descriptivo a medida que se realiza un análisis de la implementación del sistema de verificación vehicular. La información se recopilará de las matriculaciones de vehículos del período 2010 a 2022, proporcionadas por las inspecciones de la administración tributaria que determinen las flotas de vehículos. Se utilizan estadísticas realizadas por la Ciudad de Guatemala y el Instituto de Monitoreo del Aire de la Universidad de Guatemala, para analizar la mala calidad del aire y sugerir soluciones a este problema.

A su vez, el estudio tiene un carácter transversal, ya que el tiempo es limitado, el proyecto tiene fechas de inicio y finalización. Las características de la investigación, incluida la investigación para implementar sistemas de verificación de vehículos, incluyen:

### **9.1. Enfoque**

El enfoque propuesto es de enfoque mixto: debido a que se utiliza variables cualitativas y cuantitativas.

#### **9.1.1. Alcance metodológico**

Desarrollar una investigación de alcance descriptivo. Al ser realizado únicamente en la ciudad de Guatemala, se observará y analizará los riesgos que pueden generarse al no implementar un sistema de verificación vehicular, con lo



que se pretende mejorar el rendimiento vehicular y tener una mejor calidad de aire.

#### **9.1.2. Alcance técnico**

Durante el periodo que dure la investigación, se aplicarán técnicas de modelos utilizados en otros países para identificar, controlar y reducir los riesgos de manera funcional.

#### **9.1.3. Alcance de tiempo**

El estudio comprende un periodo de tiempo hasta junio de 2023. Tiempo en el cual se recopilará la información necesaria para la investigación.

#### **9.1.4. Alcance de resultados**

Se estipula que, al concluir con el trabajo de investigación, el análisis permitirá establecer los beneficios de una buena calidad del aire y el diseño de un sistema de verificación vehicular.

#### **9.1.5. Diseño**

El presente diseño de investigación no está catalogado como no experimental, porque no se utilizarán ensayos de laboratorio, su único propósito es la recolección de información sobre la implementación de un sistema de verificación vehicular y los beneficios de este programa para los guatemaltecos.

## 9.2. Variables de estudio

**Tabla 1.**

*Variables de estudio*

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL
<b>MALA CALIDAD DEL AIRE</b>	La exposición a altos niveles de contaminación del aire puede causar una variedad de resultados adversos a la salud.
<b>CONTAMINACIÓN AMBIENTAL</b>	La contaminación ambiental es un proceso cíclico que involucra todos los ambientes: aire, agua y suelo, y desde cualquier perspectiva, a los seres vivos tanto emisores como receptores de los contaminantes.
<b>HUMO NEGRO</b>	Un vehículo que tiene problemas con el motor puede presentar varios tipos de síntomas diferentes. Estos pueden presentarse en muchas formas, como ruidos, vibraciones o como humo de escape de distintos colores.
<b>EMISIONES VEHICULARES</b>	Estas hacen referencia a la contaminación del medio ambiente que produce cualquier vehículo de transporte. Es decir, son las sustancias contaminantes que los coches con motores de combustión y alimentados por hidrocarburos lanzan al funcionar.

*Nota.* Detalle de variables a utilizar en el proyecto de investigación. Elaboración propia, realizado con Word.

## 9.3. Fases de estudio

A continuación, se describe de manera ordenada las fases del estudio a desarrollar:

### 9.4. Fase 1: revisión de literatura

Esta fase consiste en seleccionar la literatura relacionada al tema de la investigación, la cual funcionará como herramienta para el desarrollo del estudio de implementación de un sistema de verificación vehicular. En esta fase se busca

la aprobación del protocolo en conjunto con: las autoridades, asesor e investigador el tema de implementación de modelo de gestión en tiempo asignado.

#### **9.5. Fase 2: gestión o recolección de la información**

La segunda fase se enfoca en la recolección de datos necesarios para el análisis necesario. Con ayuda de herramientas como observación, encuestas, entrevistas y cuestionarios a las diferentes entidades del estado que se relacionen con el medio ambiente; se obtendrá la información para posteriormente tabular los datos necesarios para el análisis.

#### **9.6. Fase 3: análisis de información**

La tercera fase del estudio busca analizar las variables internas y externas que afecten a la ciudad de Guatemala, en relación a la mala calidad del aire.

#### **9.7. Fase 4: interpretación de información**

La fase de interpretación consiste en establecer las estrategias que sean necesarias para mejorar nuestra calidad del aire, como implementar un sistema de verificación vehicular.

#### **9.8. Fase 5: elaboración del plan de acción**

El desarrollo del plan consiste en detallar las actividades que deberán implementarse en el sistema de verificación vehicular de igual forma su diseño e implementación.

## **9.9. Fase 6: resultados**

La última fase del estudio consiste en presentar el informe final con los resultados de implementar el sistema de verificación vehicular. Reflejado en la mejora de la calidad del aire.



## **10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS**

Para el análisis de información respectiva se utilizarán las siguientes herramientas de recolección de datos y se analizará con las siguientes herramientas de estadísticas descriptiva.

### **10.1. Herramientas de recolección de la información**

- Tabla de porcentaje de vehículos que circulan en la ciudad de Guatemala entre 2019 a 2022.
- Tabla de resultados de análisis de nivel de contaminación.
- Tabla de porcentaje talleres mecánicos en la ciudad de Guatemala.
- Tablas de nivel de contaminación aceptados por GAIA.

### **10.2. Herramientas de estadísticas descriptivas**

- Análisis de varianza para las medidas a implementar en el sistema de verificación vehicular.
- Grafica de comparación de beneficios a partir de la implementación de un sistema de verificación vehicular.
- Grafica de comparación de la mejora en la calidad del aire antes y después de la implementación de un sistema de verificación vehicular.



## 11. CRONOGRAMA

A continuación, se presenta un cronograma de la ejecución de la investigación a desarrollar. Este se presenta de acuerdo con las fases definidas en la metodología.

**Figura 1.**

*Cronograma de la investigación*

ACTIVIDADES	2022 A 2023																											
	NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL							
	SEMANAS																											
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
FASE 1: REVISIÓN DE LITERATURA	■	■	■																									
ELABORACIÓN DEL PROTOCOLO			■	■																								
APROBACION DEL PROTOCOLO			■	■																								
FASE 2: GESTIÓN O RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN					■	■	■	■																				
RECOPIACIÓN DE DATOS					■	■	■	■	■	■	■	■																
FASE 3: ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN									■	■	■	■	■	■	■	■												
ANÁLISIS DE VARIABLES INTERNAS Y EXTERNAS									■	■	■	■																
FASE 4: INTERPRETACIÓN DE INFORMACIÓN:													■	■	■	■												
DISCUSIÓN DE RESULTADOS													■	■	■	■												
FASE 5: ELABORACIÓN DEL PLAN DE ACCIÓN																	■	■	■	■								
DETALLE Y DESARROLLO DE ACTIVIDADES																	■	■	■	■								
IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS DE OPORTUNIDAD Y MEJORA																	■	■	■	■								
EVALUACIÓN DEL PLAN DE ACCIÓN																	■	■	■	■								
FASE 6: RESULTADOS																					■	■	■	■				
DESARROLLO DE INFORME FINAL																									■	■	■	■
PRESENTACIÓN DE INFORME FINAL																												■

*Nota.* Detalle sobre el tiempo necesario para realizar el proyecto de investigación. Elaboración propia, realizado con Excel.





## 12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

La elaboración del diseño de implementación de verificación vehicular se llevará a cabo en la ciudad de Guatemala.

Para el sistema de verificación se aplicarán dos métodos: el dinámico y el estático los cuales dependerán de las características del automóvil.

El vehículo dinámico se deberá realizar bajo condiciones de aceleraciones simuladas mediante la aplicación de una carga externa controlada por el dinamómetro.

Prueba estática consiste en una medición de las emisiones en marcha crucero (vehículo detenido con la transmisión en neutral y accionando el pedal del acelerador para alcanzar una velocidad angular de 2,500 rpm).

### Tabla 2.

#### *Recursos necesarios para la investigación*

<b>Recursos</b>	<b>Costos</b>
• TRANSPORTE PARA ENTREVISTAS E INVESTIGACION	• Q 400.00
• MATERIALES Y EQUIPO	• Q 200.00
• VARIOS	• Q 250.00
• TOTAL	• Q 850.00

*Nota.* Detalle del presupuesto para la realización del proyecto de investigación, propia, realizado con Excel.



### 13. REFERENCIAS

- Arroche (2013). *Impacto de las emisiones contaminantes del parque vehicular en la calidad del aire en el campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Archila (2017). *Vulnerabilidad del derecho a un ambiente sano derivado de la contaminación ambiental del transporte colectivo en Cobán, Alta Verapaz*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Curí (2019). *Estimación de las emisiones del correlacionado con el consumo de combustible y recorrido del servicio urbano de auto – colectivo en la ciudad de Cerro de Pasco 2017*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.
- Fonseca Natalia (2012). *Aspecto de la medición dinámica instantánea de emisiones de motores. Aplicación al desarrollo de un equipo portátil y una metodología para estudios de contaminación de vehículos en tráfico real*. Universidad Politécnica de Madrid.
- González (2000). *Estimación de un vehículo de emisiones provenientes de fuentes móviles para la ciudad de Chihuahua*. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
- Nuñez Carlos (2018). *Estudio de emisiones de gases en vehículos a gasolina en la universidad técnica de Ambato campus huachi*. Universidad Técnica de Ambato.

Perez Fernando (2018). *Análisis de las variables que inciden en la movilidad en vehículos motorizados de dos ruedas en la ciudad de Barcelona*.  
Universidad Politecnica de Catalunya

Saldaña Robinson (2016). *Emisión de gases por el parque automotor y su repercusión en la contaminación del aire en la ciudad De Iquitos en el año 2016*. Universidad Nacional de Trujillo.

Zuriel Jorge (2019). *Estimación de las emisiones del co2 relacionado con el consumo de combustible y recorrido del servicio urbano de auto*.  
Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

## 14. APÉNDICES

### Apéndice 1.

#### Árbol de problemas



Nota. Problemas que conforman el árbol de problemas. Elaboración propia, realizado con Canva.

## Apéndice 2.

### Matriz de coherencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGIA	PLAN DE ACCION
Pregunta Principal ¿Podrá un sistema de verificación vehicular memorar la calidad del aire?	Objetivo General  Evaluar si un sistema de verificación vehicular puede mejorar la calidad del aire.	Independiente <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mala calidad del aire.</li> <li>• Contaminación ambiental.</li> </ul>	Diseño de un sistema de verificación vehicular	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visitas a instituciones relacionadas al tema.</li> <li>• Revisión de informes, tesis datos o fichas.</li> </ul>
Preguntas Auxiliares:  ¿Cuáles son los daños que causa la mala calidad del aire?	Objetivos específicos:  Diseñar un sistema de verificación vehicular.	Dependientes <ul style="list-style-type: none"> <li>• Enfermedades</li> <li>• Contaminación</li> <li>• Humo negro</li> <li>• Fuentes de combustión</li> </ul>	Revisión que se llevaran a cabo en los centros de verificación vehicular.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visitas técnicas.</li> <li>• Revisión de estructuras vehiculares.</li> </ul>
¿Cuáles son los riesgos críticos que repercuten en los habitantes de la ciudad de Guatemala por una mala verificación vehicular?	Estimar el beneficio ambiental de una mejor calidad del aire.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lluvia acida</li> <li>• Emisiones vehiculares</li> </ul>	Investigación de normas legales regulen las emisiones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recopilación de información.</li> <li>• Revisión de datos históricos.</li> </ul>
¿cuáles serían los beneficios para los habitantes de la ciudad de Guatemala si implementáramos un sistema de verificación vehicular?	Evaluar las diferentes medidas de mitigación para las emisiones vehiculares.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejor calidad del aire.</li> <li>• Disminución de humo negro</li> </ul>	Investigación de sobre el parque vehicular actual en Guatemala	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación de la información recopilada e investigaciones realizadas.</li> <li>• Evaluación histórica de la calidad del aire en Guatemala.</li> </ul>

*Nota.* Variables utilizadas para el desarrollo de objetivo general y específico. Elaboración propia, realizado con Excel.