



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO (HdC)
MEDIANTE LA CUANTIFICACIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)
DERIVADOS DE LAS ACTIVIDADES COMERCIALES Y DE SERVICIO EN UNA EMPRESA
AUTOMOTRIZ EN GUATEMALA**

José Alejandro Cortez López

Asesorado por el Msc. Ing. Byron de Jesús López Maldonado

Guatemala, agosto de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO (HdC)
MEDIANTE LA CUANTIFICACIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)
DERIVADOS DE LAS ACTIVIDADES COMERCIALES Y DE SERVICIO EN UNA EMPRESA
AUTOMOTRIZ EN GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOSÉ ALEJANDRO CORTEZ LÓPEZ

ASESORADO POR EL MSC. ING. BYRON DE JESÚS LÓPEZ MALDONADO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|------------|---------------------------------------|
| DECANA | Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada |
| VOCAL I | Ing. José Francisco Gómez Rivera |
| VOCAL II | Ing. Mario Renato Escobedo Martínez |
| VOCAL III | Ing. José Milton de León Bran |
| VOCAL IV | Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente |
| VOCAL V | Br. Fernando José Paz González |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|------------|---------------------------------------|
| DECANO | Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada |
| EXAMINADOR | Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez |
| EXAMINADOR | Ing. Hugo Leonel Alvarado De León |
| EXAMINADOR | Inga. Mayra Saadeth Arreaza Martínez |
| 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 ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO (HdC)
MEDIANTE LA CUANTIFICACIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)
DERIVADOS DE LAS ACTIVIDADES COMERCIALES Y DE SERVICIO EN UNA EMPRESA
AUTOMOTRIZ EN GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 26 de marzo de 2022.



José Alejandro Cortez López



EEPFI-PP-0636-2022

Guatemala, 26 de abril de 2022

Director
César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial
Presente.

Estimado Ing. Urquizú

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 ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO (HDC) MEDIANTE LA CUANTIFICACIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI) DERIVADOS DE LAS ACTIVIDADES COMERCIALES Y DE SERVICIO EN UNA EMPRESA AUTOMOTRIZ EN GUATEMALA**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Gestión y manejo ambiental - Estimación del ciclo de vida, mitigación y medidas de mejora continua.**, presentado por el estudiante **José Alejandro Cortez López** carné número **201504372**, 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"


Byron de Jesús López Maldonado
Ingeniero Químico
Colegiado 1086
Mtro. Byron De Jesús López Maldonado
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-EIMI-0636-2022

El Director de la Escuela Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería 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 ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO (HDC) MEDIANTE LA CUANTIFICACIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI) DERIVADOS DE LAS ACTIVIDADES COMERCIALES Y DE SERVICIO EN UNA EMPRESA AUTOMOTRIZ EN GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **José Alejandro Cortez López**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, abril de 2022

LNG.DECANATO.OI.587.2022

La Decana 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 Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO (HdC) MEDIANTE LA CUANTIFICACIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI) DERIVADOS DE LAS ACTIVIDADES COMERCIALES Y DE SERVICIO EN UNA EMPRESA AUTOMOTRIZ EN GUATEMALA**, presentado por: **José Alejandro Cortez López**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Inga. Aurelia Anabela Cordova 
Decana

Guatemala, agosto de 2022

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

| | |
|-------------------|--|
| Dios | Por las bendiciones que he recibido a lo largo de mi vida, entre ellas el permitirme realizar una más de mis metas junto a mis seres queridos. |
| Mi madre | Esmeralda López por amarme y ser la mayor bendición en mi vida, gracias a su amor puedo celebrar este triunfo. |
| Mi padre | Hugo Cortez (q.d.e.p) quién inculcó en mí los más altos valores, que mi triunfo sea una honra a su nombre. |
| Mi hermano | Diego Cortez por su compañía en cada etapa de mi vida, que este logro sea una motivación para cumplir sus metas. |
| Mi abuela | Enma Muñoz (q.d.e.p) por haberme enseñado el valor de la familia. |
| Mis tíos | Sonia, Flor, Jorge, Miriam, Lily, Ericka y Manlio López, por apoyarme a salir adelante pese a las dificultades. |
| Mi novia | Karla Marroquín por su confianza, amor, motivación y apoyo incondicional. |

AGRADECIMIENTOS A:

| | |
|---|--|
| Universidad de San Carlos de Guatemala | Por ser el <i>alma mater</i> , que permitió formarme profesionalmente, considerados los mejores años de mi vida. |
| Facultad de Ingeniería | Por proporcionarme los conocimientos y darme la oportunidad de conocer a mis compañeros. |
| Empresa Automotriz | Por haberme permitido trabajar esta investigación en sus instalaciones. |
| Mis amigos | Por las experiencias y recuerdos vividos a lo largo de la carrera. |
| Mi Asesor | Msc. Ing. Byron López, por haberme guiado durante el trabajo de graduación. |
| Gerente de Servicio | Por darme la oportunidad de realizar mi investigación y por el apoyo brindado. |
| Mis primos | Por aportar su participación en los momentos de mi vida que han hecho la persona que soy. |

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|-----|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES | V |
| LISTA DE SÍMBOLOS | VII |
| GLOSARIO | IX |
| RESUMEN..... | XI |
| | |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| | |
| 2. ANTECEDENTES | 5 |
| | |
| 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 9 |
| 3.1 Descripción del prolema | 10 |
| 3.2 Formulación del prolema | 11 |
| 3.3 Delimitación del prolema | 12 |
| | |
| 4. JUSTIFICACIÓN | 13 |
| | |
| 5. OBJETIVOS | 17 |
| 5.1 General..... | 17 |
| 5.2 Específicos | 17 |
| | |
| 6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN | 19 |
| | |
| 7. MARCO TEÓRICO..... | 21 |
| 7.1 Medio ambiente | 21 |
| 7.1.1 Degradación del medio ambiente | 21 |
| 7.1.2 Clima | 22 |

| | | |
|-------|--|----|
| 7.1.3 | Cambio climático | 22 |
| 7.1.4 | Calentamiento global..... | 23 |
| 7.1.5 | Efecto invernadero | 25 |
| 7.1.6 | Gases de efecto invernadero | 26 |
| 7.1.7 | Dióxido de carbono (CO ₂) | 27 |
| 7.1.8 | Emisiones de gases de efecto invernadero..... | 28 |
| 7.2 | Huella de carbono | 29 |
| 7.2.1 | Metodologías para el cálculo de la huella de carbono | 30 |
| 7.2.2 | Protocolo de gases de efecto invernadero | 31 |
| 7.2.3 | Medidas de mitigación..... | 31 |
| 7.2.4 | Carbono neutralidad..... | 32 |
| 7.3 | Actividades productivas en una empresa automotriz | 33 |
| 7.3.1 | Principales actividades productivas..... | 33 |
| 7.3.2 | Empresas ante el cambio climático | 34 |
| 7.3.3 | Consideraciones de las empresas para conocer su huella de carbono..... | 34 |
| 7.4 | Marco regulatorio ambiental en Guatemala | 35 |
| 7.4.1 | Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático..... | 35 |
| 7.4.2 | Protocolo de Montreal | 36 |
| 7.4.3 | Acuerdo de París..... | 36 |
| 7.4.4 | La Ley de Creación del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales..... | 36 |
| 8. | PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS | 37 |
| 9. | METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN | 41 |
| 9.1 | Características del estudio | 41 |

| | | | |
|-----|-------|--|----|
| | 9.1.1 | Diseño | 41 |
| | 9.1.2 | Enfoque | 41 |
| | 9.1.3 | Tipo..... | 42 |
| | 9.1.4 | Alcance..... | 42 |
| | 9.1.5 | Unidad de análisis | 43 |
| 9.2 | | Variables..... | 43 |
| | 9.2.1 | Operación de las variables | 44 |
| 9.3 | | Fases del estudio | 45 |
| | 9.3.1 | Fase 1: revisión documental..... | 46 |
| | 9.3.2 | Fase 2: clasificación de actividades según el alcance | 46 |
| | 9.3.3 | Fase 3: estimación de gases de efecto invernadero..... | 47 |
| | 9.3.4 | Fase 4: interpretación de información..... | 47 |
| | 9.3.5 | Fase 5: propuesta de medidas de mitigación | 48 |
| 9.4 | | Población y muestra | 48 |
| 9.5 | | Resultados esperados..... | 48 |
| 10. | | TÉCNICAS DE ANÁLISIS | 51 |
| | 10.1 | Estadística descriptiva..... | 51 |
| | 10.2 | Matriz de datos | 52 |
| 11. | | CRONOGRAMA..... | 53 |
| 12. | | FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO | 55 |
| | 12.1 | Recursos humanos..... | 55 |
| | 12.2 | Recursos físicos | 55 |
| | 12.3 | Recursos financieros | 56 |

| | | |
|-----|-------------------|----|
| 13. | REFERENCIAS | 57 |
| 14. | APÉNDICES | 61 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|----|--|----|
| 1. | Anomalía del promedio global en superficie, terrestre y oceánicas, combinadas..... | 23 |
| 2. | Diagrama efecto Invernadero..... | 25 |
| 3. | Cronograma | 53 |

TABLAS

| | | |
|------|--|----|
| I. | Principales gases de efecto invernadero..... | 26 |
| II. | Metodologías para el cálculo de la huella de carbono | 30 |
| III. | Definición teórica y operativa de las variables de investigación..... | 44 |
| IV. | Resumen de resultados de la cuantificación de gases de efecto invernadero en emisiones de CO ₂ según su alcance. | 45 |
| V. | Recursos necesarios para la investigación | 56 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|------------------------|--------------------------------|
| CO₂ | Dióxido de carbono |
| CO_{2e} | Dióxido de carbono equivalente |
| \$ | Dólar estadounidense |
| ° | Grados |
| °C | Grados Celsius |
| °C/h | Grados Celsius por hora |
| SF₆ | Hexafluoruro de azufre |
| HFC | Hidrofluorocarbonos |
| kW | Kilovatio |
| kWh | Kilovatio hora |
| CH₄ | Metano |
| m³ | Metro cúbico |
| N₂O | Óxido nitroso |
| PFC | Perfluorocarbonos |
| % | Porcentaje |

GLOSARIO

| | |
|------------------------------------|---|
| Cambio climático | Variabilidad en el clima debido al aumento de temperatura. |
| Capa de ozono | Zona de la estratosfera que contiene una alta concentración de ozono. |
| Dióxido de carbono | Compuesto de dos átomos de oxígeno y uno de carbono. |
| Efecto Invernadero | Fenómeno natural de retención de radiación ultravioleta sobre la atmósfera. |
| Empresa automotriz | Sector dedicado a la venta y manutención de vehículos. |
| Gases de efecto Invernadero | Componentes gaseosos de la atmósfera, naturales y resultantes de la actividad humana, que absorben y emiten radiación infrarroja. |
| GEI | Gases de efecto invernadero. |
| <i>GreenHouse Protocol</i> | Protocolo que establece los pasos a seguir para determinar la huella de carbono. |
| HdC | Huella de carbono. |

| | |
|-------------------------------|--|
| Huella de carbono | Metodología para cuantificar los gases de efecto invernadero. |
| IPCC | Panel Intergubernamental para el cambio climático. |
| Medio Ambiente | Conjunto de recursos naturales que rodean a los seres vivos |
| Protocolo de Kioto | Acuerdo que establece los objetivos de reducción de emisiones netas de gases de efecto invernadero para los países involucrados. |
| Radiación ultravioleta | Radiación electromagnética cuya longitud de onda está comprendida entre los 100 nm y los 400 nm. |

RESUMEN

La huella de carbono es una herramienta útil para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero. Se utiliza en organizaciones, instituciones y/o personas individuales, con el objeto de realizar un diagnóstico inicial que permita medir su impacto ambiental, en términos de emisiones de gases de efecto invernadero. Por ello es una herramienta fundamental para sentar las bases, implementar indicadores y proponer contramedidas que permitan mejorar las actividades y lograr un desarrollo sostenible.

Existen varias metodologías para su cálculo y estas se enfocan en medir las emisiones de gases contaminantes dependiendo de la información, alcance y recursos disponibles. Siendo una tendencia actual en muchas organizaciones asignar recursos para el estudio de las emisiones, con el objeto de mejorar las actividades que desempeñan y buscar un desarrollo sostenible. Adoptar la metodología del cálculo de la huella de carbono permite implementar medidas de mitigación para mejorar los procesos y actividades.

El presente diseño de investigación pretende estimar la huella de carbono derivada de las actividades comerciales y de servicio de una empresa dedicada a la distribución de vehículos nuevos y servicios de taller, al cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero. Según los resultados se establecerán recomendaciones y propuestas de mitigación con el objeto de reducir las emisiones y buscar un desarrollo sostenible.

1. INTRODUCCIÓN

La huella de carbono es una herramienta que permite cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero. Siendo esta una de las principales causas del calentamiento en la atmósfera derivado a la formación de una capa de gases contaminantes que retienen los rayos ultravioletas. Este fenómeno ha llamado la atención de gobiernos, ONGs, organizaciones internacionales, universidades y científicos, debido a que la temperatura en la Tierra aumenta con el pasar de los años.

Las actividades del ser humano como la producción de bienes y servicios por su naturaleza llegan a ser muy contaminantes. Por ello se acuerda en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, el Protocolo de Kioto en donde los países en vías de desarrollo y partes involucradas, entre ellos Guatemala, se comprometen en promover el desarrollo sostenible para reducir las emisiones de los gases contaminantes que contribuyen al efecto invernadero.

Tomando en cuenta la necesidad corporativa de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, cada vez más empresas se comprometen en medir sus impactos ambientales y así buscar mejoras en sus procesos y actividades. Una herramienta que permite esta medición es el cálculo de la huella de carbono, diagnóstico que permite demostrar la situación actual de las corporaciones en relación con las consecuencias de sus actividades con el medio ambiente. Por ello la tendencia actual, comprende que las corporaciones calculen su huella de carbono y puedan establecer medidas de mitigación que mejoren sus actividades y logren la carbono-neutralidad en sus operaciones.

En el presente proyecto se desarrollará una investigación que permita medir las emisiones de gases de efecto invernadero en una empresa automotriz, para luego establecer la huella de carbono. La empresa tiene interés en identificar la cantidad de emisiones contaminantes que se generan derivado a sus actividades. El proyecto forma parte del plan estratégico, ya que es uno de los compromisos establecidos por la gerencia general para los próximos tres años.

El objetivo principal de la estimación es detallar las afectaciones al medio ambiente y cuantificar las emisiones de gases contaminantes en la organización. Para ello se realizará el estudio de las emisiones de las actividades que se realizan tales como almacenamiento, transporte, comercialización, generación de residuos y actividades administrativas; ya que cada una de estas aporta directa e indirectamente a la generación de gases de efecto invernadero. Mediante los resultados obtenidos se plantea establecer propuestas de mejora que al ser implementadas permitan reducir las emisiones de algunos de estos gases contaminantes.

La necesidad de realizar este proyecto recae a partir de que la organización en estudio no cuenta con un análisis previo para la medición de las emisiones de gases contaminantes en sus procesos, así como tampoco se cuenta con la claridad de un método que permita cuantificar estas emisiones y así calcular la huella de carbono corporativa; razón por la cual el interés de parte de la empresa en clasificar las actividades según el alcance y proponer medidas de mitigación según los resultados para contribuir con el medio ambiente.

La investigación estará estructurada en cinco capítulos, en el primer capítulo se desarrollará el marco teórico, que dará sustento a toda la investigación, se definirán conceptos básicos, así como normativas y acuerdos medioambientales.

El segundo capítulo, consiste en describir el marco metodológico que será utilizado para la recopilación y clasificación de los datos. En el tercer capítulo, se detalla el cálculo de la huella de carbono, así como el análisis de la información obtenida. El cuarto capítulo, comprende propuestas de mitigación dependiendo de los resultados obtenidos para finalizar con el capítulo cinco, con conclusiones e interpretación de los resultados de la investigación.

2. ANTECEDENTES

Para efectos de esta investigación, servirán como referencia estudios realizados tanto a nivel internacional como nacional, con el objeto de identificar bibliografía, referencias, resultados, metodologías, casos de estudio e informes que serán utilizados para enriquecer la investigación. También se contempla la búsqueda bibliográfica del funcionamiento en empresas dedicadas al sector automotriz y la relevancia de estas en el desarrollo económico, por ende, en el estudio se tomará como referencia las siguientes investigaciones:

El inventario nacional de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero (2012) detalla el total de fuentes de emisiones en Guatemala para el año 2005, haciendo énfasis en cinco sectores productivos que generaron tres cuartas partes de las emisiones en ese año. Siendo mencionados junto a su proporción: corte de bosques para establecer cultivos o pastos para la ganadería 26 %, quema de combustibles fósiles para transporte de personas o productos 18 %, manejo y fertilización de los suelos agrícolas 14 %, el manejo del hato ganadero 9 % y quema de combustibles para la producción energética 9 % (p.8).

Se estableció que para el año 2005, en Guatemala, se emitieron alrededor de “31.40 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO_{2eq})”. (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2012).

La medición de la huella de carbono en una organización es documentada en el trabajo titulado Determinación de la Huella del Carbono mediante el Método Compuesto de las Cuentas Contables (MC3) para una Empresa Vitivinícola en Chile, (Quezada et al. ,2013), y Quezada et al. (2013) afirma lo siguiente:

La adopción en las empresas sobre el concepto de la huella de carbono, llega a ser un elemento claro sobre qué tan amigables con el medio ambiente ha sido el proceso de elaboración de sus productos. Hoy en día, y en el futuro cercano, el contar con una medición adecuada de la huella de carbono constituye un factor de competitividad importante, en especial en el mercado internacional que inevitablemente impondrá restricciones basadas en producción sustentable. (p.3)

Este apartado sustenta la importancia de su investigación y de la razón para calcular la huella de carbono utilizando el método de cuentas contables (MC3), como resultado del estudio obtuvieron una huella de carbono de 0.2 Kg. De CO₂ por botella de vino producida (Quezada et al. ,2013).

La investigación titulada Análisis de la Huella de Carbono de la producción y transporte de pellets (Díaz et al., 2015) tiene como objeto aplicar una metodología basada en un análisis de ciclo de vida para determinar la huella de carbono en la producción de biomasa forestal, producción de pellets de pino y transporte a una comunidad beneficiada como biocombustible para producción energética.

Este análisis surge debido a la inquietud de estimar la huella de carbono de unas de las principales actividades productivas de las comunidades gallegas en España, como lo es la producción forestal.

En donde se obtuvieron las primeras mediciones de la huella de carbono mediante el análisis del flujo de trabajo para cuantificar el rendimiento de los equipos, consumo y distancia recorrida de transporte. Vale la pena mencionar que los autores señalan que el método de análisis difiere de un caso a otro y, a veces, hay una diferencia en los resultados de la medición (Díaz et al., 2015).

De igual manera, para sustentar el método para determinar el cálculo adecuado de la huella de carbono, se utiliza el artículo Huella del carbono. parte 1: conceptos, métodos de estimación y complejidades metodológicas (Espíndola & Valderrama, 2012), en el cual definen la medición de la huella de carbono como “una herramienta que permite cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero” (p.2).

Espíndola y Valderrama (2012) también enfatizan en su investigación lo importante de “explorar las complejidades metodológicas de los principales enfoques, previo a la cuantificación, con el objeto de reducir la incertidumbre del cálculo y determinar la validez de la determinación de la huella de carbono” (p.2), de manera que los autores incitan a no limitarse en el cálculo solamente y trabajar en comprender la situación actual y adecuar el método con el objetivo de darle validez a la estimación.

En el artículo Huella del carbono. parte 2: a visión de las empresas, los cuestionamientos y el futuro (Espíndola & Valderrama, 2012), se detallan el objetivo principal de los métodos cuantitativos para su cálculo, entre los cuales se busca brindar una herramienta para segmentar las actividades según sus emisiones, cuales son críticas y como las una institución o individuo pueda realizar medidas correctivas que permitan reducir los impactos ambientales.

La huella de carbono además de ser un indicador de diagnóstico inicial se considera como un factor que permite determinar el valor de un producto a través del análisis de la relación de precio y utilidad. Por lo que concluyen en su investigación lo siguiente: “medir la huella de carbono de un producto aporta un valor añadido, mejora la imagen de una organización o ciudad y es independientemente del método utilizado para calcular las emisiones contaminantes” (Espíndola & Valderrama, 2012).

Otro estudio de referencia es la Determinación de la huella de carbono en la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito Campus Sur, Año Base 2012 (Vilches, et al., 2012)”. En cual se determina la huella de carbono en una Universidad chilena. En esta investigación Vilches et al. (2012) determinan que en la Universidad se emiten alrededor de 873,88 toneladas de CO_{2eq} por año y para el cálculo utilizan la metodología del *Protocolo de gases de efecto invernadero*.

En la investigación también se concluye que cualquier actividad realizada por una persona en el campus universitario, genera gases de dióxido de carbono equivalente los cuales contribuyen a las emisiones de gases de efecto invernadero de la Universidad (Vilches et al., 2012).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cambio climático en los últimos años sobre la superficie terrestre ha sido un foco de análisis a nivel mundial, además de la amenaza que representa para el futuro de ecosistemas, sociedades, países e incluso el planeta. Este fenómeno se ha identificado ante las variaciones climáticas, junto al aumento de la temperatura en el planeta.

La causa principal para estos cambios es la intensificación del efecto invernadero, el cual se genera derivado a las emisiones en las actividades que realiza el ser humano como agricultura, minería, transporte, producción, entre otras, las cuales no están enfocadas en un desarrollo sostenible. Por lo que varios gobiernos y entidades buscan concientizar la sustentabilidad ambiental, midiendo el impacto de las actividades humanas a través de la estimación de la huella de carbono.

La empresa del estudio es una distribuidora oficial de vehículos nuevos en Guatemala de varias marcas reconocidas en la industria automotriz y entre sus principales actividades comprenden: a) comercialización de vehículos; b) venta de repuestos y accesorios; c) transporte de productos; d) logística; e) enderezado y pintura; f) reparación y servicio de mantenimiento. La organización tiene una fuerte presencia a nivel república siendo líderes en el mercado automotriz.

Las actividades descritas anteriormente, por su naturaleza tienden a generar emisiones de gases de efecto invernadero, en virtud que, para su desarrollo se utilizan combustibles fósiles, consumo de energía y generación de desechos sólidos.

Ante la problemática ambiental y especialmente las consecuencias del cambio climático, la empresa con el objeto de identificar el impacto ambiental de sus actividades y su afán en la búsqueda de soluciones que permitan reducir sus emisiones. Establece como un tema prioritario la sostenibilidad ambiental con el objeto de que en los próximos años se implementen medidas de mitigación que permitan reducir las afectaciones al medio ambiente derivadas de sus actividades.

3.1 Descripción del problema

En forma general, la huella de carbono representa la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera derivados de las actividades de producción o consumo de bienes y servicios, se considerada una herramienta clave de su cuantificación y se obtiene mediante el análisis de las emisiones de gases de efecto invernadero durante un periodo predeterminado.

El problema radica en el desconocimiento de la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero en la organización en estudio, por ende, al no haber un estudio previo sobre esta medición, no existe un diagnóstico inicial que permita establecer los impactos ambientales derivados de las actividades productivas y administrativas; además la implementación de medidas para reducir y mitigar estas emisiones de estos gases contaminantes se complica por la falta de esta información.

Contar con la medición adecuada de la huella de carbono, representaría una ventaja competitiva, ya que la tendencia actual enfoca a las organizaciones a un desarrollo sustentable, con la presente investigación se pretende la búsqueda de soluciones viables para la organización que puedan ser implementada.

3.2 Formulación del problema

Con base en lo expuesto anteriormente con relación al problema, se plantean las siguientes preguntas, cuyas respuestas se pretende resolver a través de la presente investigación.

- Pregunta central

¿Cuál es la cantidad de gases de efecto invernadero medible mediante la huella de carbono, generados en las actividades productivas y administrativas de la organización automotriz en estudio?

- Preguntas auxiliares

- ¿Cuál será el enfoque del análisis, y que alcances se plantean, para determinar la huella de carbono en una empresa automotriz?
- ¿Qué actividades dentro de la empresa automotriz, serán estudiadas para el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero?
- ¿Qué medidas de mitigación para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, pueden proponerse a la organización en estudio, considerando su viabilidad técnica y financiera para su futura implementación?
- ¿Cómo se calcula la huella de carbono?

3.3 Delimitación del problema

La necesidad de determinar la huella de carbono, para cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero que se derivan de las actividades venta de vehículos, venta de repuestos y prestación de servicios en la organización; siendo este cálculo la guía inicial para proponer medidas de mitigación, que permitan reducir estas emisiones a corto, mediano y largo plazo, tomando en cuenta la factibilidad técnica y financiera.

El estudio se limitará a cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero durante el periodo de enero a diciembre del año 2021, en la sede central de distribución y servicio en la ciudad de Guatemala. La realización experimental del proyecto, el análisis de resultados y el informe de este, abarca un período aproximado de cinco meses, a partir de mayo del año 2022, utilizando métodos disponibles en la organización, para el cálculo de la huella de carbono, con el fin de confrontar los resultados y asegurar el cálculo adecuado de la huella de carbono.

4. JUSTIFICACIÓN

A continuación, se presenta el proyecto de tesis correspondiente a la maestría en Energía y Ambiente, en base a la línea de investigación estimación de huellas ecológicas y medidas de mitigación; enfocado específicamente en un diseño de investigación para la estimación de la huella de carbono (HdC) mediante la cuantificación de los gases de efecto invernadero (GEI) generados de las actividades comercialización y servicio en una empresa automotriz de Guatemala.

Considerando la huella de carbono, como un indicador muy acertado para cuantificar las emisiones de gases efecto invernadero emitidos por las actividades de producción, consumo y servicios (Espíndola & Valderrama, 2012), se analizarán las emisiones derivadas de las actividades de una empresa automotriz ubicada en la ciudad de Guatemala. Con el objeto de brindar un indicador que permita sintetizar los impactos ambientales en términos de emisiones de gases efecto invernadero.

Durante la Convención de las Naciones Unidas sobre el cambio climático, el 11 de diciembre de 1997, fue aprobado el Protocolo de Kioto, que pone en funcionamiento la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático, comprometiendo a los países involucrados a limitar y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

De conformidad con las metas individuales acordadas por cada país, también se definen los gases de efecto invernadero, como emisiones que forman una capa permanente en la parte media de la atmósfera que impide que toda la radiación solar que es devuelta por el planeta pueda salir, provocando con ello que la temperatura bajo la capa aumente.

Guatemala como miembro de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, el 10 de julio de 1998, ratifica el Protocolo de Kioto, quedando obligada a prevenir, proteger y conservar el medio ambiente, ante tal compromiso nace la inquietud de cuantificar los gases de efecto invernadero que emite la organización en estudio. Se pretende iniciar con una herramienta de gestión y un estímulo para adoptar una estrategia proactiva en el logro de la sustentabilidad de la organización y contribuir en el acuerdo para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (Wiedmann & Minx, 2008).

Se plantea clasificar las emisiones en tres alcances, con el objeto de identificar las actividades que más gases emiten y establecer medidas de mitigación. Tomando en cuenta que el cambio climático ya es una realidad y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero representa un mejoramiento en la responsabilidad ambiental de la organización. Considerando necesario la realización de un estudio que permita determinar las actividades que generan los gases de efecto invernadero e identificar soluciones que demuestren el compromiso con resguardar el medio ambiente.

La organización en estudio no cuenta con una investigación previa sobre la cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero, por tal razón el desarrollo de esta investigación pretende establecer el método adecuado que permita cuantificar las emisiones de dichos gases según las limitaciones e información que se obtenga.

La presente investigación se realizará basándose en los lineamientos del área ambiental de la maestría, con énfasis en la línea de investigación sobre la estimación de huellas ecológicas y medidas de mitigación. Tomando en cuenta el ámbito profesional de la maestría se investigaron las actividades desempeñadas por la organización, con el objeto de establecer el impacto al medio ambiente, ya que no existe una medición previa sobre el cálculo de la huella de carbono.

Se estima adecuado y pertinente en una empresa contar con un inventario de gases de efecto invernadero derivados de las actividades que se realizan. Con el objeto de conocer sus emisiones e identificar las medidas de mitigación que se puedan aplicar de acuerdo con la factibilidad técnica y financiera. De esta manera, se contribuye al cumplimiento de los compromisos ambientales adquiridos por el país, al adaptar medidas de gestión para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en las industrias guatemaltecas.

5. OBJETIVOS

5.1 General

Determinar la huella de carbono mediante la cuantificación de gases de efecto invernadero generados, en las actividades comerciales y de servicio en una empresa automotriz.

5.2 Específicos

- Definir el enfoque de análisis y el alcance considerado para la determinación de la huella de carbono en una empresa automotriz.
- Identificar y clasificar las emisiones de gases de efecto invernadero según las actividades comerciales y de servicio a medir.
- Proponer medidas de mitigación que permitan mejorar los procesos administrativos y comerciales con el fin de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Determinar la metodología para calcular la huella de carbono en la empresa automotriz.

6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

A partir de la siguiente investigación se determinará la huella de carbono de una empresa automotriz guatemalteca, con ello se pretende aportar una guía inicial que permita concientizar el impacto ambiental en las actividades y fomentar el planteamiento de medidas que reduzcan estas emisiones. Mencionando a la vez que no existe un análisis previo en esta organización, correspondiente a la huella de carbono, como tampoco se cuentan con métodos que permitan cuantificarla.

La necesidad de identificar la huella de carbono es debido al interés de la empresa en conocer su impacto ambiental de sus principales actividades comerciales y de servicio, en términos de emisiones de gases de efecto invernadero, para así identificar las oportunidades de mejora con el objeto de ser más amigable con el medio ambiente al mejorar sus procesos. Tomando en cuenta el dinamismo del sector automotriz por su constante reestructuración, innovación tecnológica y competitividad del mercado, los fabricantes de vehículos cada vez se ven más comprometidos en mejorar el impacto ambiental desde la producción hasta la comercialización de sus productos.

Asimismo, con el presente estudio se pretende fomentar a nivel nacional y regional, sobre la necesidad de cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero en iniciativas privadas del sector automotriz, a efecto de proponer medidas de mitigación y adaptación ante el aumento emisiones de gases de efecto invernadero en el planeta.

El problema central radica en el desconocimiento de la huella de carbono que se generan derivado las actividades comerciales y de servicio en la empresa automotriz, siendo el aporte principal de la presente investigación, la cuantificación de gases de efecto invernadero de cada actividad. Para ello se definirá el alcance y el método para calcular las emisiones, se clasificarán las emisiones según cada alcance y se definirán que actividades serán investigadas según la información disponible.

Finalmente, con los resultados obtenidos de la medición de la huella de carbono se plantearán propuestas de mitigación y adaptación que permitan reducir el impacto ambiental de las emisiones generadas.

El estudio según el marco profesional de la maestría en Energía y Ambiente seguirá los lineamientos del área ambiental específicamente en la línea de investigación gestión y manejo ambiental y estimación de huellas ecológicas y medidas de mitigación. La investigación utilizando variables cuantitativas y cualitativas para el análisis del cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero.

7. MARCO TEÓRICO

7.1 Medio ambiente

Se entiende como la integración entre el conjunto de recursos naturales y de factores abióticos y bióticos, como el aire, el agua, la tierra, la flora, la fauna; así como también su interacción con el patrimonio cultural; y los aspectos característicos del paisaje. También se incluyen elementos artificiales como viviendas, culturas y poblaciones (García, 2018).

Conjuntamente, el medio ambiente puede ser descrito según las características químicas, biológicas, naturales o artificiales que existen en un sistema y bajo el conjunto de condiciones, circunstancias e influencias bajo las cuales suelen coexistir. Normalmente al utilizar la expresión medio ambiente nos referiremos a todas las circunstancias en las que el ser humano se adapta a lo largo de su existencia (Urzainqui et al., 2002).

7.1.1 Degradación del medio ambiente

Díaz (2012) menciona factores que contribuyen a la ocurrencia del fenómeno de degradación ambiental, siendo los principales: el uso desmedido de combustibles fósiles; escasez de agua; declive de ecosistemas silvestres; contaminación de mares, lagos y ríos; deforestación, aumento de temperatura; y principalmente el cambio climático. Estos factores presentan impactos ambientales e influyen en problemas globales tanto en países subdesarrollados como países del primer mundo (Díaz, 2012).

7.1.2 Clima

Se define como el estado medio del tiempo o como una descripción estadística del tiempo (IPCC, 2014), además de ser el producto de la interacción de variables atmosféricas (temperatura, precipitación pluvial, viento) determinados con valores de altitud y latitud definidas (Rodas, 2014).

7.1.3 Cambio climático

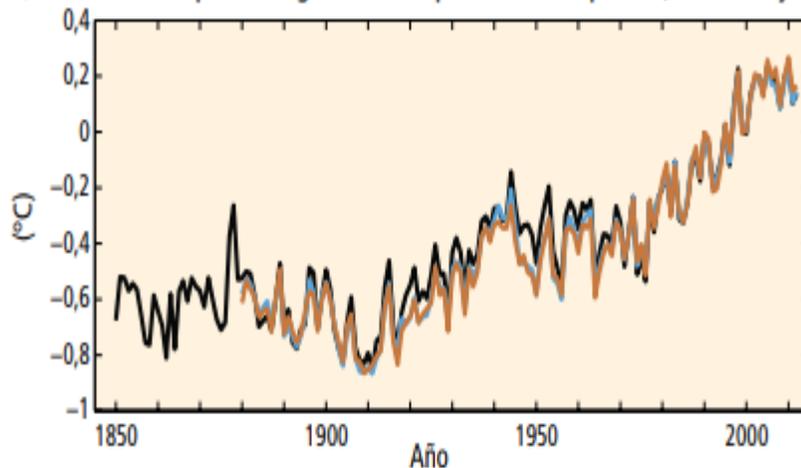
La Convención Marco Sobre el cambio climático (1992) en su primer artículo define el cambio climático como “el cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana. Esto afecta en la composición de la atmósfera media, provocando variabilidad natural del clima y este fenómeno se viene estudiando desde hace varios años” (p.3).

Entre los principales factores que contribuyen al cambio climático se encuentran las altas tasas de contaminación que se presentan en los ecosistemas, ocasionando cambios en la disponibilidad de recursos naturales, además de afectaciones en la salud y bienestar de los seres vivos, destrucción de los ecosistemas, la capacidad de recuperación y regeneración de recursos naturales, y en el funcionamiento de comunidades y sociedades.

Según Cáceres (2018), “el ser humano presenta una gran amenaza medioambiental denominada cambio climático. Situación que afecta a todas las sociedades e individuos; y que se ve afectada debido a la falta de actividades enfocadas en el desarrollo sostenible” (p.44). Siendo un fenómeno que se presenta ante el aumento de las concentraciones de los GEI presentes en la superficie terrestre (Cáceres, 2018).

A continuación, se presenta un gráfico con información de la IPCC (2014) sobre las anomalías del promedio global de la temperatura en el planeta para los últimos años.

Figura 1. **Anomalía del promedio global en superficie, terrestre y oceánicas, combinadas**



Fuente: R.K. Pachauri y L.A. Meyer IPCC. (2014). *Cambio climático 2014: Informe de síntesis*.

Según el gráfico de anomalía de la temperatura promedio global, la Tierra ha presentado una tendencia creciente desde el año 1900. Este aumento de temperatura va acorde a la globalización y los avances en las actividades humanas que contribuyen a que estas variaciones se presenten y afecten los ecosistemas y la vida en la Tierra.

7.1.4 Calentamiento global

Se entiende por calentamiento global al aumento gradual y progresivo de temperatura en la superficie terrestre, esto provoca cambios en los patrones climáticos del mundo.

González et al. (2003) en su investigación cambio climático mundial: origen y consecuencias mencionan lo siguiente con relación a la variabilidad de temperatura:

A lo largo de la historia, en la Tierra se ha presentado la variabilidad de temperaturas ya sea al aumentar o disminuir como resultado de influencias naturales, por lo que el término calentamiento global se refiere comúnmente al calentamiento de la superficie terrestre. (p.378)

A inicios de los años 1900, el calentamiento global ha sido un objeto de estudio, en donde se identifican las variaciones de clima, se determinan factores que contribuyen a estos cambios y se inicia el registro, estudio y análisis en el incremento de concentraciones de gases de efecto invernadero en la superficie terrestre (González et al., 2003).

Caballero et al (2007) menciona un método para identificar las variaciones de la temperatura en la superficie terrestre:

La variación de temperatura se monitorea a través de mediciones rutinarias en estaciones meteorológicas, en diversas regiones del planeta desde finales del siglo XIX. En donde se observa que el calentamiento de la superficie terrestre se relaciona ante el aumento de gases contaminantes presentes en la atmosfera. (p.176)

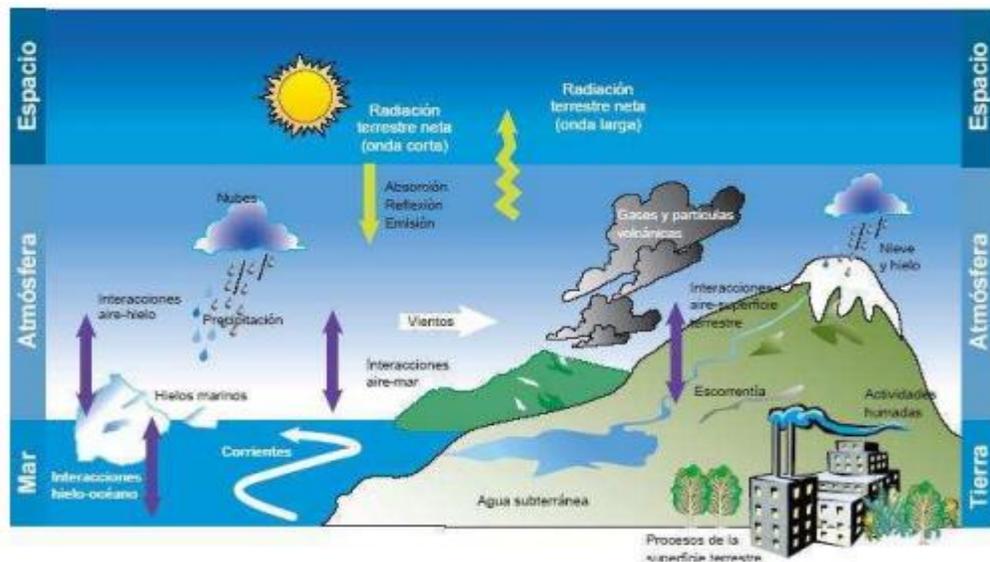
Caballero, concluye que esta intensificación del efecto invernadero contribuye gravemente en el calentamiento global.

7.1.5 Efecto invernadero

Espíndola y Valderrama (2011) definen el efecto invernadero como el resultado de la reacción entre la energía proveniente del sol, en forma de ondas de alta frecuencia, contra la atmósfera. “Las ondas son absorbidas por los gases en la atmósfera lo que provoca el efecto invernadero. Fenómeno que provoca el aumento de temperaturas” (p.165).

El efecto invernadero se ha intensificado en las últimas décadas debido al aumento gases retenidos en la atmósfera, los cuales provocan una pérdida de radiación infrarroja hacia el espacio, mientras la energía solar permanece en la superficie durante un mayor periodo de tiempo. Este fenómeno ocasiona un incremento en la temperatura de la atmósfera. (Espíndola & Valderrama, 2011).

Figura 2. Diagrama efecto Invernadero



Fuente: R.K. Pachauri y L.A. Meyer IPCC. (2014). Cambio climático 2014: Informe de síntesis.

En la figura descrita se observa gráficamente el fenómeno del efecto invernadero, el cual sucede de manera natural y derivado a las actividades humanas, se intensifica provocando que los rayos ultravioletas sean retenidos en la atmosfera y la temperatura en el planeta aumente.

7.1.6 Gases de efecto invernadero

Según el Protocolo de Kioto (1997) se considera que un GEI es cualquier gas en la superficie terrestre que absorbe radiaciones infrarrojas. Como se describe a continuación, hay seis principales de estos gases sobre la atmósfera terrestre: dióxido de carbono (CO₂), gas metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆).

Tabla I. Principales gases de efecto invernadero

| Nombre | Compuesto Químico | Fuentes de emisión | Potencial de calentamiento global a 100 años |
|------------------------|-------------------|---|--|
| Dióxido de Carbono | CO ₂ | Combustibles fósiles (CF), deforestación, cemento | 1 |
| Metano | CH ₄ | Rellenos sanitarios, fermentación entérica, arroz, CF | 25 |
| Óxido Nitroso | N ₂ O | CF, fertilizantes, fibras sintéticas, estiércol | 298 |
| Hidrofluorocarbonos | HFC | Gases refrigerantes, fundición de aluminio, producción de semiconductores | 1300-11700 |
| Perfluorocarbonos | PFC | Producción de aluminio, producción de semiconductores | 6 500-9 200 |
| Hexafluoruro de azufre | SF ₆ | Transmisión y distribución de electricidad, disyuntores, producción de magnesio | 22 800 |

Fuente: Frohmann y Homos CEPAL (2014). Huella de carbono, exportaciones y estrategias empresariales frente al cambio climático.

Además de estos gases, existen varios otros gases conocidos como halocarbonos que son artificiales y pueden afectar seriamente la capa de ozono debido a la presencia de elementos como flúor, bromo, carbono y cloro.

La intensificación del fenómeno de efecto invernadero en la atmósfera también sucede mediante el proceso de vaporización de agua, que ocurre naturalmente derivado a el ciclo de esta y depende de la temperatura en la superficie del planeta y esto hace que el planeta genere sus propios GEI (Benavides & León, 2007).

Según el Protocolo de Kioto (1997), se definen los principales sectores emisores de gases contaminantes:

- El sector energético con la quema de combustibles que emiten varios gases.
- El sector industrial con la manufactura, químicos, producción de metales, minerales y producción de hidrocarburos.
- El sector agrícola con los procesos de cultivo, aprovechamiento de suelos, fermentación y manejo de plagas.

7.1.7 Dióxido de carbono (CO₂)

Compuesto conformado por un átomo de carbono y dos de oxígeno. Se considera como el gas con mayor presencia en la superficie terrestre, se presenta naturalmente en la tierra en forma de gas y es la quema de combustibles fósiles la principal fuente de emisión de este gas. Cabe mencionar que los seres humanos y animales transpiran CO₂ contribuyendo de forma natural al aumento de concentración de este gas en la atmósfera.

7.1.8 Emisiones de gases de efecto invernadero

Las actividades humanas como la sobreproducción, el consumo excesivo de bienes, la explotación de recursos, la minería, extracción planificada, entre otras, son algunas de las principales causas del aumento de la contaminación del aire y el daño ambiental por la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero de estas actividades. Siendo un factor común la falta de conciencia ambiental en la búsqueda de un desarrollo sostenible.

En virtud de lo cual, la mayoría de estos gases provienen de la actividad del hombre, aunque también naturalmente en la tierra se producen vapores que contribuyen en este efecto. Entre las principales actividades que causan el aumento de concentraciones de GEI se encuentran las actividades productivas y energéticas, ya que utilizan grandes cantidades de combustibles fósiles, sustancias químicas, y el aprovechamiento desmesurado de los recursos ya sean hídricos, forestales y naturales (Benavides & León, 2007).

Según Gonzáles (2003): “la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera ha aumentado en los últimos 250 años, desde 280ppm en 1750 a 353ppm en 1990 y sigue en aumento de 1.8ppm aproximados anualmente” (p.3).

7.2 Huella de carbono

Se considera una herramienta que permite diagnosticar la situación actual en términos medioambientales ya sea de organizaciones e individuos. Cuantifica las emisiones de actividades comerciales, administrativas, productivas de consumo, entre otras. Representa en forma muy general para la cuantificación de GEI que se emiten en la atmósfera (Pandey et al., 2010; Wiedman, 2009). Siendo un indicador muy confiable para cuantificar y medir el impacto de las emisiones de dichos gases a la atmósfera.

Según Córdova (2017) en su artículo Nuevas formas de reporting corporativo menciona que “la huella de carbono puede medir la totalidad de gases de efecto invernadero emitidos por una sociedad, empresa o productos” (p.538).

Los gases contaminantes son liberados a la atmósfera sin ninguna medida de mitigación, tratamiento, reducción y entre los principales contaminantes está el dióxido de carbono, que es considerado el foco de análisis para medir las emisiones de carbono (Córdova, et al., 2017).

Realizar la cuantificación de gases contaminantes para medir la huella de carbono, en organizaciones, poblados, ciudades y viviendas es una tendencia que permite establecer parámetros iniciales con el objeto de realizar contramedidas y mejoras en las actividades hasta lograr un desarrollo sostenible.

En general, estimar la huella de carbono permite identificar los comportamientos y patrones que conducen al incremento de emisiones, además se comprenden los comportamientos y se recomienda medidas correctivas que puedan reducir emisiones de gases contaminantes y mejorar las actividades.

7.2.1 Metodologías para el cálculo de la huella de carbono

En décadas recientes, agencias, organizaciones, universidades y empresas se han enfocado en desarrollar programas orientados a estimar las emisiones de GEI. En este sentido, existen diferentes técnicas analíticas, bibliografía y métodos de cálculo de la HdC, cualquiera de los cuales puede ser aplicado según las necesidades del investigador, organización o familia profesional.

Dependiendo de la actividad se puede enfocar la medición de la HdC en organizaciones, o bien se pueden estimar las emisiones al prestar un servicio o fabricar un producto. Cada metodología presenta técnicas muy similares para la recopilación de la información, sin embargo, difieren según su enfoque y alcance. Para cada medición es importante delimitar el proceso y extraer la información disponible. En la siguiente tabla se resumen los cuatro métodos principales y algunas características para cuantificar la huella de carbono. (Quezada, et Al. 2013).

Tabla II. **Metodologías para el cálculo de la huella de carbono**

| Método | Enfoque | Referencia/País | Unidad |
|--|------------------------|------------------------------------|---|
| “Protocolo de Gases Efecto Invernadero (GEI Protocol)” | Corporativo | GEI Protocol (2001), Multinacional | Ton CO2/año; Ton CO2/unid |
| “Balance de Carbono (Bilan Carbone)” | Corporativo | ABC (2012), Francia | Ton CO2/año; Ton CO2/unid |
| “Especificaciones Públicamente Disponibles (PAS 2050)” | Producto | BSI (2008), UK | Ton CO2/ unid. |
| “Método Compuesto de las Cuentas Contables (MC3)” | Corporativo y producto | Doménech (2004) España | Ton CO2/año /unid Hectárea Global |

Fuente: Valderrama et al. (2011). *Determinación de la huella del carbono mediante el método compuesto de las cuentas contables (MC3) para una empresa vitivinícola en Chile.*

7.2.2 Protocolo de gases de efecto invernadero

Según Espíndola y Valderrama (2011) en su investigación *huella de Carbono. Parte 1* definen:

“El protocolo de gases de efecto invernadero contiene un marco metodológico general que brinda las pautas de trabajo para utilizar programas y herramientas para el cálculo de emisiones de gases contaminantes” (p.70).

El protocolo es mundialmente conocido por su alta aceptación y puede considerarse junto con la norma ISO 14064 como la principal referencia para el cálculo de GEI derivados de actividades humanas (Espíndola & Valderrama, 2012).

Además de ser una referencia como pauta universal, el *GHG Protocol* también ha desarrollado paquetes de herramientas (software) para estimar la HdC de una empresa, localidad o institución. La difusión y reconocimiento de esta metodología, y por supuesto la naturaleza libre de su aplicación, han llevado a su éxito y alta demanda de sus aplicaciones (Pandey et al., 2010).

7.2.3 Medidas de mitigación

Según indican las Naciones Unidas (2015) las medidas de mitigación están directamente relacionadas con las políticas y las medidas a tomar para reducir las emisiones de GEI propuestas por el encargado de cada institución. Se propone también, mejorar los sumideros de los GEI para evitar el incremento en estos gases y reducir así el impacto ambiental (Álvarez, 2014).

7.2.4 Carbono neutralidad

El carbono neutral, es un término que se utiliza para definir todas las acciones y actividades realizadas con el objeto de lograr cero emisiones de carbono, equilibrando así la cantidad de dióxido de carbono liberado a la atmósfera. Para muchas organizaciones e instituciones es todo un reto alcanzar un resultado neto de cero de emisiones de gases de efecto invernadero.

Las tendencias actuales consisten en enfocar recursos gradualmente para iniciar con iniciativas que permitan crear planes de acción que logren compensar, reducir y remover las emisiones generadas por sus actividades. Fomentando el crecimiento económico y sostenible a largo plazo, mejorando la gestión ambiental (Segeplan, 2016).

Las organizaciones e instituciones no deben limitarse únicamente en reducir sus emisiones, ya que pueden compensarlas reciclando, reutilizando y manteniendo sus equipos y recursos tanto como sea posible.

Realizar actividades de limpieza, reforestación, entre otras, contribuyen en el equilibrio de emisiones de gases contaminantes. Siendo buenas prácticas que al ser empleadas reflejan el compromiso de una organización hacia el desarrollo sostenible.

7.3 Actividades productivas en una empresa automotriz

Una empresa automotriz es toda aquella organización que se dedica a la actividad económica de fabricar automóviles, carrocerías, partes para vehículos, así como brindar servicios a los automóviles que elaboran, desde un chequeo, hasta un mantenimiento tanto preventivo como correctivo, entre otras actividades (AMIA, 2018).

7.3.1 Principales actividades productivas

El sector automotriz en Guatemala se caracteriza por ser importador, ya que no se ensamblan ni fabrican vehículos. Dentro de las principales actividades en el sector automotriz guatemalteco se encuentran: comercialización de vehículos y repuestos; servicios de mantenimiento, reparación general, enderezado y pintura; logística y transporte de productos; entre otras actividades administrativas.

En Guatemala, según los registros de la Superintendencia de Administración Tributaria -SAT- (2021) para finales de 2021 el parque vehicular está constituido por más de cuatro millones de vehículos, siendo en su mayoría vehículos con motores de combustión interna, que utilizan gasolina y diesel como combustibles para su funcionamiento.

Datos que demuestran la influencia de este sector en el país y la oportunidad en estas organizaciones para contribuir con su huella de carbono. Derivado que el ciclo de vida de un automóvil comprende desde el momento de la venta, reparaciones y mantenimientos, hasta el momento de una nueva venta o el fin de la vida útil del vehículo.

7.3.2 Empresas ante el cambio climático

El calentamiento global y sus consecuencias como el aumento de temperatura, escasez, etcétera. Han acelerado la búsqueda de soluciones para prevenir mayores efectos adversos. Ante esta preocupación es una realidad en las empresas iniciar a mitigar las emisiones de gases, debido a las consecuencias políticas que puedan llegar ante la falta de conciencia.

Organizaciones e instituciones se han planteado como grandes objetivos reducir el impacto al medio ambiente derivado de sus actividades. Mediante cuantificar los GEI, controlar las actividades que representan la mayor proporción de gases contaminantes; y así adoptar medidas necesarias que permitan conocer con detalle el impacto y disminuir las concentraciones de estos gases en el ambiente (Córdova et al, 2017).

Cabe mencionar, que, al tomar esas medidas de reducción, generan que las instituciones creen políticas sostenibles o bien, se adapten a ellas.

7.3.3 Consideraciones de las empresas para conocer su huella de carbono

El compromiso ambiental de las organizaciones inicia con la estimación de los gases contaminantes. Según Espíndola y Valderrama (2011) la huella de carbono se adapta según el método de estimación a políticas, normas y consideraciones que permite realizar un estudio de emisiones de una manera eficaz, accesible, rápida y confiable. Dependiendo de intereses de las instituciones se miden las diferentes actividades comerciales, productivas y de servicio que consideren cruciales para establecer medidas que permitan mitigar las emisiones y mejorar los procesos.

La protección ambiental ha generado que cada vez más consumidores, organizaciones e instituciones se esfuercen por reducir el impacto ambiental de sus actividades, usando la estimación de la HdC como un mecanismo útil que se convierte en un valor añadido a la imagen de la institución. (Espíndola & Valderrama, 2011).

7.4 Marco regulatorio ambiental en Guatemala

El 21 de octubre de 2015, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), en alianza con el Programa Nacional de Competitividad (PRONACOM), presentaron durante la Reunión Anual LEDES GP, en República Dominicana la iniciativa Guatemala Huella Cero Carbono.

Esta iniciativa surge para promover en el sector industrial estrategias que permitan lograr la sostenibilidad ambiental en el país. Se pretende agrupar todos los proyectos, programas, actividades y estrategias ejecutados para fomentar la rebaja en las emisiones de gases de efecto invernadero.

7.4.1 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático

Este convenio tiene como objeto principal lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, de tal forma que las actividades antropogénicas no afecten significativamente al cambio climático del planeta (Naciones Unidas, 1992).

Conforme a este objetivo, las partes involucradas se comprometen a la búsqueda de un desarrollo sostenible entre la relación ambiente-ser humano, es decir, lograr un desarrollo económico sin afectar al medio ambiente.

7.4.2 Protocolo de Montreal

El objetivo del Protocolo de Montreal es limitar la producción y el consumo de los principales productos químicos que destruyen la capa de ozono que protege a la Tierra. Este acuerdo contribuye también a los esfuerzos mundiales contra el cambio climático, dado que la mayoría de las sustancias que agotan el ozono eliminadas en el protocolo son también potentes gases de efecto invernadero (Secretaría del Ozono, 2016).

7.4.3 Acuerdo de París

Este acuerdo se presentó por primera vez en la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Siendo un compromiso de los países involucrados “reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial y fomentar el desarrollo sostenible” (Naciones Unidas, 2015).

7.4.4 La Ley de Creación del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

Ley guatemalteca que tiene por objeto formular y ejecutar las políticas relativas con relación a la conservación, sostenibilidad y mejoramiento del ambiente y los recursos naturales del país, así como asegurar un ambiente saludable y libre de contaminación, esto para evitar la pérdida del patrimonio natural (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2000).

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Contexto general

Descripción del problema

Formulación del problema

Delimitación del problema

OBJETIVOS

HIPÓTESIS

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

MARCO REFERENCIAL

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Medio ambiente

1.1.1 Degradación del medio ambiente

1.1.2 Clima

1.1.3 Cambio climático

1.1.4 Calentamiento global

1.1.5 Efecto invernadero

1.1.6 Gases de efecto invernadero

1.1.7 Dióxido de carbono (CO₂)

1.1.8 Emisiones de gases de efecto invernadero

1.2 Huella de carbono

1.2.1 Metodologías para medir la huella de carbono

1.2.2 Protocolo de gases de efecto invernadero

1.2.3 Medidas de mitigación

1.2.4 Huella de carbono en cero

1.3 Actividades administrativas en una empresa automotriz

1.3.1 Principales actividades

1.3.2 Empresas ante el cambio climático

1.3.3 Consideraciones de las empresas para conocer su huella de carbono

1.4 CAPITULO 4 Marco regulatorio ambiental en Guatemala

1.4.1 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático

1.4.2 Protocolo de Montreal

1.4.3 Acuerdo de París

1.4.4 La ley de Creación del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

1.4.5 Ley Orgánica del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

2 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 FASE 1: revisión documental

2.2 FASE 2: clasificación de actividades a medir

2.3 FASE 3: estimación de emisiones de gases de efecto invernadero

2.4 FASE 4: cálculo de la huella de carbono

2.5 FASE 5: propuestas de medidas de mitigación y reducción de emisiones

PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

9. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

A continuación, se presenta la metodología de investigación, la cual detalla los siguientes aspectos: diseño, enfoque, tipo, alcances, variables, fases del estudio y resultados esperados en la presente investigación.

9.1 Características del estudio

Se presentan las características principales del estudio, con el objeto de brindar una mejor perspectiva según su enfoque, diseño y alcance.

9.1.1. Diseño

Para la siguiente investigación se adopta un diseño no experimental, ya que la investigación consiste en observar y recopilar información, datos y resultados sobre las operaciones comerciales y de servicio en una empresa automotriz; con el objeto de realizar un estudio que cuantifique el impacto de las emisiones de gases de efecto invernadero. Basándose en la observación y análisis de los datos el investigador establecerá propuestas de mejora para implementar en la organización.

9.1.2. Enfoque

En la investigación se analizan tanto variables cuantitativas como las emisiones de gases de efecto invernadero y la medición de la huella de carbono, así como también variables cualitativas como en el caso de describir el alcance

de las actividades comerciales y de servicio que serán analizadas. Identificando un enfoque mixto en esta investigación.

9.1.3. Tipo

En la investigación se analizan las emisiones de gases de efecto invernadero en una organización automotriz durante un periodo de tiempo que comprende de enero a diciembre del año 2021, se determinó que la investigación es de tipo longitudinal.

9.1.4. Alcance

Relacionado al alcance de la investigación se define un carácter descriptivo, ya que el objeto principal de esta investigación es determinar la huella de carbono para demostrar el impacto ambiental de las emisiones de gases de efecto invernadero que se generan derivado a las actividades de dicha organización.

Conjuntamente mediante un análisis descriptivo se pretende determinar la huella de carbono, siguiendo los lineamientos del protocolo de gases de efecto invernadero, en donde se deben clasificar las actividades según tres alcances al considerar el tipo de emisiones.

Se entiende como alcance uno, todas las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas del consumo de combustibles fósiles, por alcance dos a las emisiones generadas por el consumo de energía eléctrica y finalmente el alcance tres toda actividad que genere residuos y desechos.

9.1.5. Unidades de análisis

La unidad de análisis serán las actividades comerciales y de servicio en una empresa automotriz ubicada en la ciudad de Guatemala. Se medirá cada actividad con información disponible y se analizará el impacto en emisiones de gases de efecto invernadero, tomando como referencia el dióxido de carbono (CO₂) ya que así lo indica el protocolo de gases de efecto invernadero para la estimación de la huella de carbono. Los datos utilizados comprenden un año calendario, siendo este el 2021.

9.2 Variables

Las variables en la presente investigación serán del tipo cuantitativo y cualitativo, se estudiaron dos variables cuantitativas en la investigación; el cálculo de la huella de carbono y la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero, ambas variables son del tipo cuantitativas continuas. En el caso de la tercera variable, se clasificaron las actividades de la empresa automotriz en estudio según el alcance definido por el protocolo de gases de efecto invernadero, siendo esta última variable de carácter cualitativo ordinal.

9.2.1 Operación de las variables

A continuación, se muestra la siguiente tabla:

Tabla III. **Definición teórica y operativa de las variables de investigación.**

| Variable | Definición teórica | Definición Operativa |
|--|--|---|
| Cálculo de la huella de carbono | La huella de carbono (HdC), representa la cantidad de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos a la atmósfera derivados de las actividades de producción o consumo de bienes y servicios (Pandey et al., 2010; Wiedmann, 2009), y es considerada una de las más importantes herramientas para cuantificar las emisiones de dichos gases. | Con la medición de la huella de carbono en la organización, se tendrá el estado actual en términos medioambientales de las actividades de la organización. Este indicador permitirá sentar las bases para mejorar las actividades en futuros años. |
| Cuantificación de las emisiones de CO ₂ | Los GEI, definidos en el Protocolo de Kioto el año 1997, forman una capa permanente en la parte media de la atmósfera que impide que toda la radiación solar que es devuelta por la tierra pueda salir, provocando con ello que la temperatura bajo la capa aumente, provocando el cambio climático. | Aunado al cálculo de la huella de carbono se tendrá las emisiones de dióxido de carbono de las principales actividades en la empresa automotriz. Con esto se pretende identificar por área cuanta es la emisión y así establecer propuestas para reducir estas emisiones. |
| Clasificación de las actividades productivas de una empresa automotriz | El sector automotriz se caracteriza por ser altamente importador, su cadena productiva comprende diferentes actividades. Dentro de las principales actividades del sector se encuentran; el ensamblaje de vehículos, la fabricación de partes de vehículos, comercialización, servicios de postventa, entre otros. (Fenalco, 2008) | Se pretende clasificar cada actividad según su alcance y definir cuáles son las que representan un mayor impacto en la operación, en términos de emisiones de dióxido de carbono, para establecer las propiedades para tratar los temas. |

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel, 2022.

Para realizar las mediciones de estas variables se tomarán datos del año 2021, según cada actividad se convertirá en la unidad de medida para la equivalencia en kg de dióxido de carbono (CO₂) y se utilizará la siguiente tabla para resumir los resultados obtenidos.

Tabla IV. **Resumen de resultados de la cuantificación de gases de efecto invernadero en emisiones de CO₂ según su alcance.**

| No | Alcance | Tipo de Actividad | Fuente de Energía | Cantidad | Unidad de medida | Factor de Emisión | Emisiones (kg CO ₂) |
|----|---------|-------------------|-------------------|----------|------------------|-------------------|---------------------------------|
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel,2022

9.3 Fases del estudio

A continuación, se describen las fases del trabajo de investigación, el cual se estructura en cinco fases, que se expondrán con más detalle. La primera fase, comprende una revisión documental en donde se recopiló toda la información que será utilizada para desarrollar el estudio, seguido de la fase dos que comprende la selección y clasificación de actividades a medir.

En la tercera fase, comprende el trabajo de campo con la cuantificación de gases de efecto invernadero y el cálculo de la huella de carbono, para evaluar los resultados en la fase cuatro y definir propuestas de mitigación en la última fase.

9.3.1 Fase 1: revisión documental

En la primera fase de la investigación, se tendrá una revisión bibliografía de las variables que serán analizadas, con el fin de contar con suficiente información para sustentar el cálculo de las emisiones de dióxido de carbono, ya que existen varias técnicas que pueden ser empleadas según el tipo de medición que el investigador desee realizar.

Esta fase tomará cuatro semanas, se revisarán libros, artículos, informes, reportes y tesis relacionadas principalmente a la metodología para el cálculo de la huella de carbono. Esto para definir qué técnica se adopta más según los recursos e información disponible.

Además, en esta fase se plantea enriquecer la metodología de cálculo, al buscar una herramienta o software que permita determinar el cálculo de la huella de carbono de una manera estandarizada según el criterio que se utilizará.

9.3.2 Fase 2: clasificación de actividades según el alcance

Debido que el cálculo de la huella de carbono corporativa puede llegar a comprender el análisis de todas las actividades que se llevan a cabo en una organización, se plantea en esta fase: seleccionar la información que se tiene disponible. Esto con el objetivo de realizar un cálculo más eficiente sin abarcar actividades que no sean representativas para el cálculo.

Para ello utilizando el formato descrito anteriormente en la tabla IV. Se establecerán las actividades que se medirán junto al alcance considerado según el tipo de emisión.

Finalmente, en esta fase de la investigación se recopiló la información necesaria como facturas de electricidad y combustible, registros de desechos, etcétera. para iniciar en la fase tres con la estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero.

9.3.3 Fase 3: estimación de gases de efecto invernadero

Una vez seleccionadas qué actividades entrarán en la medición, se fijarán los factores de emisión, mediante la revisión documental para identificar fuentes confiables. Se procederá en esta fase iniciar con la estimación y cálculo de la huella de carbono recopilando información sobre registros de consumo de electricidad y combustible para el año 2021, así como la cantidad de residuos; la información se recopilará y se evaluará al multiplicar las cantidades sobre el factor de emisión correspondiente.

Para estimar las emisiones de cada actividad, se deben segmentar las actividades según el alcance de emisiones, con el objeto de clasificar la información según el área y realizar un análisis adecuado tomando en cuenta este aspecto.

9.3.4 Fase 4: interpretación de información

Con la clasificación y medición de los gases de efecto invernadero, se interpretará los resultados obtenidos. Se plantea utilizar la huella de carbono como el principal indicador para definir la situación actual de la organización.

Según la huella de carbono se redactarán las conclusiones, recomendaciones y se presentarán en el informe final de la investigación.

9.3.5 Fase 5: propuesta de medidas de mitigación

En esta última fase, se evaluarán propuestas de mitigación para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de la organización en estudio.

9.4 Población y muestra

La población y muestra comprende el número de colaboradores, que se presentan todos los días en las instalaciones de la agencia central ubicada en la ciudad de Guatemala, así como también la estimación de clientes mensuales y todos los equipos que se cuenta para sustentar la operación en esta sucursal.

9.5 Resultados esperados

Tomando como base las interrogantes de la investigación, los objetivos (general y específicos) y las cinco fases de estudio descritas, se espera obtener los siguientes resultados.

- Huella de carbono de las actividades comerciales y de servicio de la organización en estudio.
- Resultado de la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero según los alcances planteados.
- Establecer propuestas de mitigación y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero según los resultados obtenidos en cada área.

- Determinar la metodología adecuada para la estimación de la huella de carbono en una empresa automotriz.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS

Para analizar los datos e información recopilada se utilizarán estadística descriptiva como modelo de análisis, mediante la recopilación y tabulación de resultados, análisis y representación gráfica de la información. Esto con el fin de darle una imagen visual a los resultados que se desean llegar, usando gráficos de pastel, barras entre otros.

10.1 Estadística descriptiva

Se procederá a utilizar datos históricos de consumos de combustible y electricidad en la organización, además de identificar cantidad de residuos generados en el transcurso del año 202; se usará estadística descriptiva para desarrollar dicho análisis, principalmente en el cálculo de la media de consumos y generación de desecho en el año. Esto con el objetivo de determinar la tendencia y la variabilidad de la información en cada mes, e identificar la tendencia en los meses presentes una mayor generación de gases de efecto invernadero.

Para los cálculos de estos estadísticos se utilizarán las siguientes ecuaciones:

- Media

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \cdots x_n}{N}$$

Donde:

\bar{X} = Consumo energético promedio para el año en estudio

x_n = Datos de consumo energético por mes del año en estudio

N = Total de meses que serán analizados

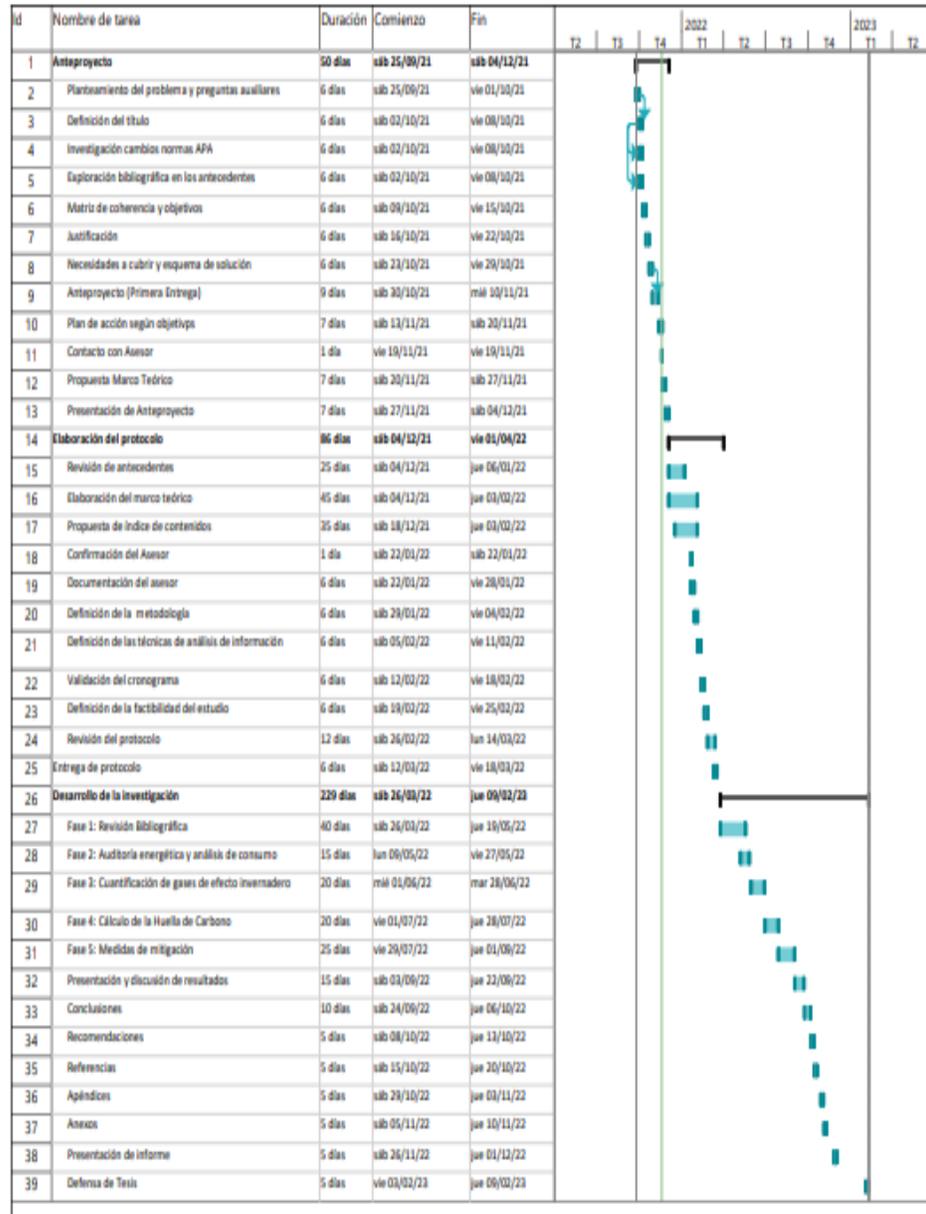
10.2 Matriz de datos

Después de recopilar la información y analizar los datos se procederá a graficarlos utilizando las siguientes herramientas:

- *GHG Emisssions Calulation Tool* (Herramienta en Excel para el cálculo de la huella de carbono).
- Tablas de datos para describir los consumos y desechos en cada actividad.
- Gráficos de barras para ilustrar y comparar las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Calculadora para determinar los factores de emisión de cada fuente de energía.
- Gráficos de pastel, para demostrar proporcionalmente las emisiones de gases de efecto invernadero en cada actividad, según el alcance.

11. CRONOGRAMA

Figura 3. Cronograma



Fuente: Elaboración propia en Microsoft Project, 2021.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El presente trabajo se realizará con recursos propios, debido a que es una investigación del tipo descriptiva, se tendrán en cuenta los siguientes recursos:

12.1 Recursos humanos

- Acompañamiento de parte del asesor de tesis.
- Soporte de información de parte del personal del departamento de contabilidad, mantenimiento, ingeniería, métodos y desarrollo.
- Seguimiento de parte del investigador.

12.2 Recursos físicos

- Equipo de computación, impresora, laptop, internet, software y herramientas de Microsoft Office.
- Vehículo y gasolina para el traslado al centro de investigación.
- Luz, comida, agua y demás servicios.
- Teléfono, redes sociales y llamadas para comunicar con el personal pertinente.
- Permisos para recopilar la información y desarrollar la investigación dentro de la empresa.

12.3 Recursos financieros

En el siguiente apartado se define el presupuesto requerido para desarrollar la investigación correctamente.

Tabla V. **Recursos necesarios para la investigación**

| No. | Descripción | Cantidad | Costo Unitario (Q) | Costo Total (Q) |
|-----|--|----------|--------------------|-----------------|
| 1 | Honorarios asesoría (Ad Honorem) | 1 | - | - |
| 2 | Honorarios de Investigación (del estudiante) | 1 | 1000.00 | 1000.00 |
| 3 | Impresiones del trabajo de graduación | 10 | 80.00 | 800.00 |
| 4 | Papelería y útiles | 1 | 200.00 | 200.00 |
| 5 | Digitalización de trabajo de tesis y CD | 5 | 15.00 | 75.00 |
| 6 | Imprevistos | 1 | 1000.00 | 1000.00 |
| 7 | Combustible | 20 | 30 | 600.00 |
| 8 | Internet | 8 | 200.00 | 1600.00 |
| | Permisos y autorizaciones | 1 | - | - |
| 9 | Línea Telefónica | 8 | 150.00 | 1200.00 |
| | Total | | | 6475.00 |

Fuente: elaboración propia en Microsoft Excel, 2022.

Siendo los recursos aportados suficientes para la investigación, se considera que es factible la realización del estudio.

13. REFERENCIAS

1. AMIA. (2018). *Conociendo la industria automotriz*. INEGI, Mexico.
2. Benavides, H., & León, G. (2007). *Información técnica sobre gases de efecto invernadero y cambio climático*. Colombia.
3. Caballero, M., Lozano, S., & Ortega, B. (2007). *Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático*. *Rivista Digital Universitaria*, 8(10). Obtenido de <http://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/int78.htm>
4. Cáceres, A. (2018). *La responsabilidad social y la huella de carbono en las organizaciones*. *Revista Estrategia Organizacional*, 43-49.
5. Canaza-Choque, F. (2019). *De la educación ambiental al desarrollo sostenible: desafíos y tensiones en los tiempos del cambio climático*. *Revista de Ciencias Sociales*(165), 155-172. Obtenido de <https://www.aacademica.org/franklin.americo.canazachoque/9>
6. Córdova, C., Zorio-Grima, A., & García-Benau, M. (2017). *Nuevas formas de reporting corporativo: información sobre la huella de carbono en España*. Brasil: Adriana Marotti de Mello. doi:<https://doi.org/10.1590/S0034-759020180603>

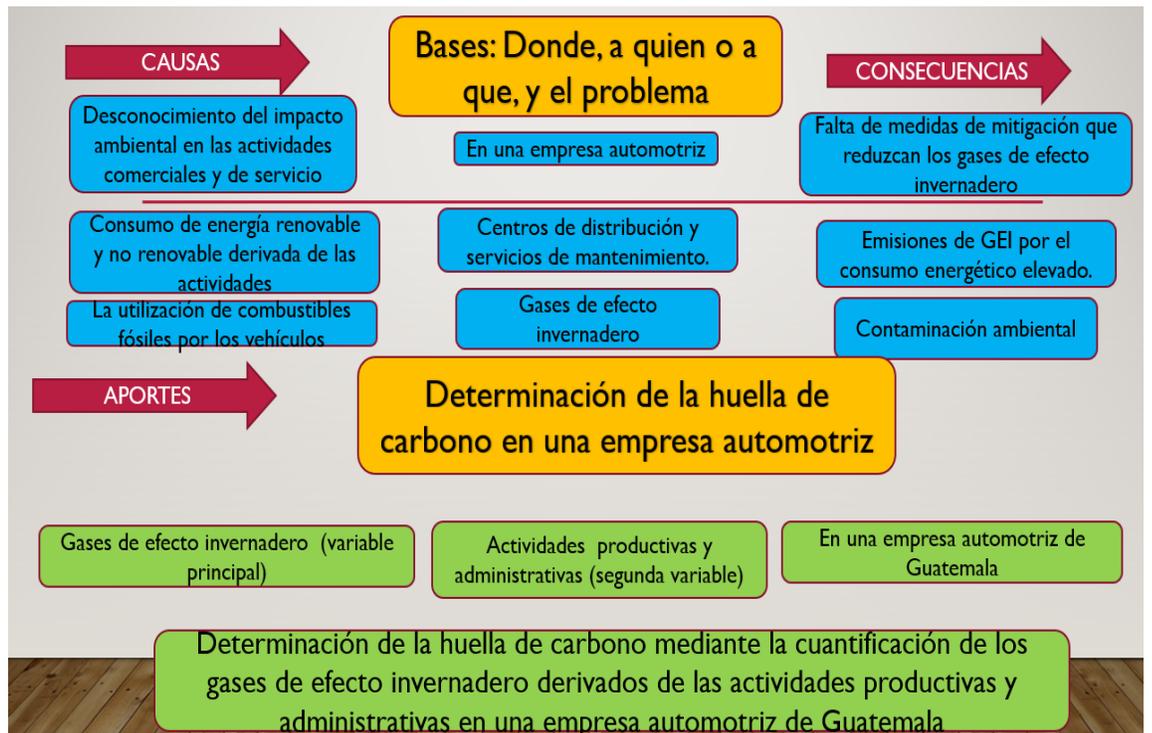
7. Díaz, G. (2012). *El cambio climático*. Portugal. Obtenido de <http://repositoriobiblioteca.intec.edu.do/handle/123456789/1392>
8. Díaz, R., Sanglier, G., & Adib, G. (2015). *Análisis de la huella de carbono de la producción y transporte de pellets*. España. doi: 10.6036/ES7513
9. Espíndola, C., & Valderrama, J. (2011). *Huella del carbono. Parte 2: la visión de las de las empresas, los cuestionamientos y el futuro*. Chile. doi:10.4067/S0718-07642012000100018
10. Espíndola, C., & Valderrama, J. (2012). *Huella del carbono. Parte 1: conceptos, métodos de estimación y complejidades metodológicas*. Chile. doi:10.4067/S0718-07642012000100017
11. García, E. (2018). *El medio ambiente sano: la consolidación de un derecho*. *Rev. Boliv. de Derecho N 25*, 550-569. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2070-81572018000100019&script=sci_arttext
12. González, M., Jurado, E., Gonzáles, S., Aguirre, Ó., Jiménez, J., & Navar, J. (2003). *Cambio climático mundial: origen y consecuencias*. *Ciencia UANL*, VI(3).
13. IPCC. (2014). *Cambio climático 2014: informe de síntesis*. Suiza.

14. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2000). *Decreto número 90-2000*.
- 15.
16. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2012). *Inventario nacional de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero*. Guatemala.
17. Moran, D., Kanemoto, K., Jiborn, M., Wood, R., Tobben, J., & Seto, K. (2018). *Carbon footprints of 13000 cities*. doi:<https://doi.org/10.1088/1748-9326/aac72a>
18. Naciones Unidas. (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*.
19. Naciones Unidas. (2015). *Acuerdo de París*.
20. Quezada, R., Hsieh, T., & Valderrama, J. (2013). *Determinación de la huella de carbono mediante el método compuesto de las cuentas contables (MC3) para una empresa vitivinícola en Chile*. doi:10.4067/S0718-07642013000400002
21. Rodas, S. (2014). *Estimación y gestión de la huella de carbono del Campus Central de la Universidad Rafael Landívar*. Guatemala.
22. Secretaría del Ozono. (2016). *Manual del Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono*.

23. Segeplan. (2016). *Plan de acción nacional del cambio climático*. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Obtenido de <https://www.marn.gob.gt/blog/marn-y-pronacom-presentan-guatemala-huella-cero-carbono/>
24. Urzainqui, Elvira, & Gomez de Barreda. (2002). *El medio ambiente natural y el consumo*. España.
25. Vilches, R., Dávila, F., & Varela, S. (2015). *Determinación de la huella de carbono en la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito, campus Sur*. 2012. Ecuador. doi: 10.17163/lgr.n21.2015.03
26. Wiedmann, T., & Minx, J. (2008). *A Definition of 'Carbon Footprint'*. Hauppauge NY, USA. Obtenido de https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=5999.

14. APÉNDICES

Apéndice 1. Árbol del problema



Fuente: Elaboración propia en Microsoft PowerPoint, 2021.

Apéndice 2. Matriz de coherencia

| PROBLEMA GENERAL | | OBJETIVO GENERAL | |
|------------------|---|------------------|---|
| PG | ¿Cuál es la huella de carbono de las actividades comerciales y de servicio en una empresa automotriz? | OG | Determinar la huella de carbono generada debido a las actividades comerciales y de servicio en una empresa distribuidora de vehículos nuevos. |

| PROBLEMAS ESPECÍFICOS | | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | |
|-----------------------|---|-----------------------|---|
| PE1 | ¿Cuántas emisiones de gases de efecto invernadero se generan en la empresa derivado de sus actividades? | OE1 | Cuantificar los gases de efecto invernadero emitidos en las actividades comerciales y de servicio. |
| PE2 | ¿Existen medidas de mitigación en la organización con el objeto de reducir el impacto ambiental de las actividades? | OE2 | Definir medidas de mitigación que permitan reducir el impacto ambiental de las actividades dentro de la empresa automotriz. |
| PE2 | ¿Cuál de las actividades llevadas a cabo dentro de la organización automotriz genera una mayor cantidad de gases de efecto invernadero? | OE2 | Establecer la actividad en la organización que genera una mayor cantidad de gases de efecto invernadero. |

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel, 2021.