



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE GRADUACIÓN

**REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI) MEDIANTE EL
USO DE HIDROGENO EN EL SECTOR TRANSPORTE PÚBLICO DE TIPO BUSES Y SIMILARES
EN SAN PEDRO SULA.**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO

INGENIERO EN ENERGÍA

PRESENTADO POR:

11741248 CARLOS ALFONSO ALDANA LÓPEZ

ASESOR METODOLÓGICO: ING. RAFAEL AGUILAR

ASESOR TEMÁTICO: ING. MARTHA LACAYO

CAMPUS TEGUCIGALPA; JULIO, 2022

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA

Agradezco principalmente a Dios por haberme bendecido, protegido y guiado durante mi vida hasta este momento.

Agradezco a mi madre que siempre estuvo a mi lado en cada uno de mis logros apoyándome e impulsándome cada día más para lograr los objetivos propuestos y siempre aterrizándome los pies en la tierra. A mi padre que fue por muchos años mi apoyo económico para poder llegar hasta donde estoy. Agradezco con mi hermana, que ha sido también un apoyo moral y siempre dispuesta a ayudarme en lo que necesite.

Agradezco a mi abuelo y a mis abuelas por siempre seguir de cerca mis pasos y aconsejarme en todo momento que lo he necesitado, así como mis tíos.

Agradezco a cada colega y catedrático con los cuales he compartido este largo trayecto de ingeniería. Todos me han enseñado valiosas lecciones de vida en las cuales he podido reír, llorar, pero, sobre todo disfrutar de la vida lo más posible.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe investigativo permite observar los resultados de la implementación de la metodología AMS.III.C de Clean Development Mechanism, para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero orientado principalmente al sector transporte público de tipo buses y similares en San Pedro Sula, Cortes. Esto anterior, sustituyendo los combustibles fósiles por la implementación del hidrógeno verde. Se reconoce al sector transporte uno de los más influyentes en el sector energía por su amplio campo de mejora. Además, este sector es de vital importancia para la economía de las naciones debido a la movilización de la población, así como facilitar a la llegada de estos a diferentes sectores económicos como restaurantes, centros comerciales, oficinas empresariales, etc.

Hoy en día, el hidrógeno verde es una tecnología emergente que va tomando más fuerza al pasar los años debido a que su fuente es abundante ya que se encuentra en nuestro día a día de diferentes formas, pero, siendo la principal el agua. Su método de obtención sería por medio de la electrólisis utilizando electricidad recolectada mediante alguna fuente primaria y así obtener el hidrógeno al separar los átomos de oxígeno del mismo hidrógeno y como resultante se obtendría lo que es vapor de agua como residuo. Siendo el vapor de agua totalmente natural, no presenta ningún peligro al medio ambiente. Con lo anterior mencionado, el hidrógeno es una energía 100% limpia y abundante en nuestro planeta.

ABSTRACT

This research report allows us to observe the results of the implementation of the AMS methodology. III.C of Clean Development Mechanism, for the reduction of greenhouse gas emissions oriented to the public transport sector of buses and similar types in San Pedro Sula, Cortes. Achieving this by replacing fossil fuels with the implementation of green hydrogen. The transport sector is recognized as one of the most influential in the energy sector for its wide field of improvement. In addition, this sector is of vital importance for the economy of nations due to the mobilization of the population, as well as facilitating the arrival of these to different economic sectors such as restaurants, shopping centers, business offices, etc.

Nowadays, green hydrogen is an emerging technology that is gaining more strength over the years due to its source abundant source since it is found in our day to day in diverse ways, but the main one being water. Its method of obtaining would be by means of electrolysis using electricity collected by some primary source of energy and thus obtain hydrogen by separating the oxygen atoms from the hydrogen ones and as a result, we would obtain water vapor as waste. Being the water vapor natural, it does not present any danger to the environment. With the above mentioned, hydrogen is a 100% clean and abundant energy on our planet.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. Introducción.....	1
II. Planteamiento del Problema.....	3
2.1 Precedentes del Problema.....	3
2.2 Definición del Problema.....	3
2.3 Justificación.....	4
2.4 Preguntas de Investigación.....	4
2.5 Objetivos.....	5
2.5.1 Objetivo General.....	5
2.5.2 Objetivos específicos.....	5
III. Marco Teórico.....	6
3.1 Combustibles fósiles derivados del Petróleo.....	6
3.1.1 Características del Petróleo.....	6
3.1.2. Usos del petróleo.....	7
3.2 Procesos de obtención del petróleo.....	8
3.2.1 Exploración del recurso.....	8
3.2.2 Métodos Geológicos.....	8
3.2.3 Métodos Geofísicos.....	9
3.2.4 Extracción.....	9
3.2.5 Procedimiento de rotación.....	9
3.2.6 Encamisado.....	10
3.2.7 Aprovechamiento del yacimiento.....	11
3.2.8 Bombeo del petróleo.....	11

3.2.9 Inyección de agua	11
3.2.10 Inyección de vapor	11
3.2.11 Sustracción en el océano	12
3.2.12 Reservas Mundiales.....	12
3.2.13 Refinamiento y Obtención de Productos	14
3.2.14 Procesos de Refino.....	14
3.2.15 Conversión.....	14
3.2.16 Tratamiento.....	15
3.2.17 Distribución de los Derivados del Petróleo	15
3.3 Sector transporte.....	16
3.4 Demanda de Energía del Sector Transporte	16
3.5 Parque automotriz Transporte Público en Honduras	17
3.6 Relación del Sector Transporte y el Cambio Climático	20
3.7 Acciones de Mitigación.....	21
3.7.1 Diseño de un sistema de transporte sustentable y efectivo	21
3.7.2 Nuevos sistemas de propulsión y vehículos más eficientes	22
3.7.3 Inclusión de fuentes combustibles bajas en carbono	22
3.8 Hidrógeno Como Combustible.....	23
3.8.1 Tipos de Hidrogeno.....	25
3.8.1.1 Hidrogeno Negro/ Gris / Marrón	25
3.8.1.2 Hidrógeno azul	25
3.8.1.3 Hidrógeno verde	25
3.8.2 Propiedades Energéticas	25

3.8.3 Emisiones.....	26
3.8.4 Motor de Combustión.....	26
IV. Metodología.....	29
4.1 Enfoque.....	29
4.2 Variables de Investigación.....	29
4.3.1 AMS-III.C Reducción de emisiones de vehículos eléctricos e híbridos.....	29
4.3.1.1 Línea de Base.....	30
4.3.1.5 Reducción de Emisiones.....	33
4.4 Metodología de Estudio.....	34
4.4.1 Recopilación de Data para análisis.....	34
4.5 Cronograma de Actividades.....	38
V. Resultados y Análisis.....	40
5.1 Factor de Emisión CO ₂ para los Vehículos Diesel.....	40
5.2 Emisiones de CO ₂ de Buses y Similares en San Pedro Sula desde 2016 hasta 2020.....	40
5.3 Emisiones de CO ₂ proyectadas para los siguientes años hasta 2030 emitidas por Buses y Similares.....	40
5.4 Factor de Emisión N ₂ O para los Vehículos Diesel.....	41
5.5 Emisiones de N ₂ O Buses y Similares en San Pedro Sula para los años 2016 a 2020.....	41
5.6 Emisiones de N ₂ O proyectadas de Buses y Similares en San Pedro Sula hasta el año 2030.....	42
5.7 Factor de Emisión CH ₄ para los Vehículos Diesel.....	42
5.8 Emisiones de CH ₄ Buses y Similares en San Pedro Sula del 2016 al 2020.....	43
5.9 Emisiones de CH ₄ proyectadas de Buses y Similares en San Pedro Sula hasta el año 2030.....	43

5.10 Emisiones totales de Gases de Efecto Invernadero por Buses y Similares en San Pedro Sula del año 2016 hasta el 2030	44
5.11 Reducción de Emisiones por cambio de combustible a celdas de hidrógeno.....	45
VI. Conclusiones.....	47
VII. Recomendaciones	49
VIII. Aplicabilidad/Implementación	50
IX. Evolución del Trabajo Actual	51
X. Bibliografía.....	52

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Parque Vehicular por Año (2016 al 2020)	19
Ilustración 2 Parque Vehicular por Año (2016 al 2020)	19
Ilustración 3 Pila de Hidrógeno	28
Ilustración 4 Emisiones de GEI Totales.....	45
Ilustración 5 Número de Vehículos Reducidos.....	46
Ilustración 6 Reducciones de emisiones por porcentaje de vehículos reducidos	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Reservas comprobadas de petróleo en Barriles	12
Tabla 2 Parque Vehicular por Departamento (2016 al 2020)	17
Tabla 3 Parque vehicular según categoría del vehículo 2016 - 2020.....	20
Tabla 4 Rutas disponibles en San Pedro Sula.....	34
Tabla 5 Datos de Población y Vehículo	35
Tabla 6 Datos demográficos y vehiculares para el año 2030	35
Tabla 7 Reducción de Vehículos en porcentaje variados para el año 2030.....	35
Tabla 8 Datos de combustible utilizado en 100 km.....	36
Tabla 9 Consumo específico de combustible en g/km	36
Tabla 10 Factores de emisiones de combustible fósil.....	36
Tabla 11 Consumo específico y valor calorífico del combustible	37
Tabla 12 Factor de Emisión de CO2	40
Tabla 13 Emisiones de CO2 de Buses y Similares de 2016 al 2020.....	40
Tabla 14 Emisiones de CO2 de Buses y Similares de 2021 al 2030.....	41

Tabla 15 Factor de Emisión de N2O	41
Tabla 16 Emisiones de N2O de Buses y Similares de 2016 al 2020	42
Tabla 17 Emisiones de N2O de Buses y Similares de 2021 al 2030	42
Tabla 18 Factor de Emisión de CH4	43
Tabla 19 Emisiones de CH4 de Buses y Similares de 2016 al 2020	43
Tabla 20 Emisiones de CH4 de Buses y Similares de 2021 al 2030	44
Tabla 21 Emisiones Totales de CO2, CH4 y N2O de Buses y Similares de 2016 al 2030	44
Tabla 22 Emisiones Reducidas de CO2, CH4 y N2O de Buses y Similares al 2030 con porcentaje de cambio de 15%,30% y 50%	46

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1	30
Ecuación 2	30
Ecuación 3	32
Ecuación 4	32
Ecuación 5	33

LISTA DE SIGLAS Y GLOSARIO

GHG Protocol: Protocolo de Gases de Efecto Invernadero Greenhouse Gas Protocol

INE: Instituto Nacional de Estadística de Honduras

IP: Instituto de la Propiedad

IHHT: Instituto Hondureño del Transporte Terrestre

CDM: Mecanismo de Desarrollo Limpio

GEI: Gases de Efecto Invernadero

I. INTRODUCCIÓN

En estos momentos el planeta está en una crisis climática y por ello, se están realizando múltiples investigaciones, proyectos e innovaciones tecnológicas para poder mitigar esta crisis. Las circunstancias con respecto al calentamiento global giran en torno a múltiples actividades que hoy en día son cotidianas como lo es la deforestación, construcciones tanto de edificios o casas como lo son los proyectos energéticos, el transporte, entre otros más. Para poder reducir las emisiones de gases de efecto invernadero se han encontrado muchas alternativas, pese a ser viables, requieren de mucho tiempo para empezar a apreciar un cambio o su inversión es bastante alta en términos monetarios.

La energía de hidrógeno es una de las tecnologías emergentes más abundante dado a la naturaleza de su elemento el cuál, está presente en nuestro día a día y se mantendrá siempre presente en abundancia ya que lo podemos encontrar en el agua el cual forma parte de nuestro ecosistema. Por medio de varios procesos se puede producir energía limpia por medio de la electrólisis y así separar los átomos de hidrógeno para ser utilizados como energético 100% limpio y renovable. Este se utilizaría en forma de pilas o baterías de hidrógeno para así sustituir al combustible fósil y reducir las emisiones de GEI con el fin de mitigar el calentamiento global y mejorar la calidad de aire y de vida de las personas en las ciudades. Por ello, se enfoca este estudio en el sector transporte público de buses y similares ya que este sector es de los que más ha contaminado y ha venido creciendo exponencial mente a través de los años. Al ser el sector transporte público el que cuenta con unidades más descuidadas o antiguas, su proceso de consumo de combustible puede llegar a ser desmedido por la ineficiencia de su motor con el paso de los años, así como la calidad de mantenimiento que se le da al mismo. Se presenta con esta idea, la sustitución de estos vehículos por buses y similares que funcionen con pilas de hidrógeno. Ya que al ser una tecnología nueva se pueden reducir en grandes cantidades las emisiones de GEI al ser obtenidas por un proceso completamente renovable y amigable con el medio ambiente.

El propósito de este proyecto es de tomar una iniciativa al cambio generacional del uso de los combustibles fósiles y así reducir la dependencia en ellos y colaborar con el medio ambiente y la calidad de vida y de salud de las personas al reducir la producción y emisión de los gases de efecto invernadero ya que estos tienen consecuencias bastante altas no solo para el medio ambiente, si no, para los seres humanos al tener que inhalar estos y provocar el deterioro del cuerpo mismo.

El contenido de esta investigación incluye la justificación del problema y los precedentes de este mismo y los objetivos a alcanzar. La sección III, estará conformada por el marco teórico que está conformado por los conocimientos teóricos que rodean la temática a tratar. La sección IV se compone por la metodología implementada. La parte número V será la sección de los Resultados obtenidos mediante el análisis y datos obtenidos. La sección VI será la perteneciente a las conclusiones de la investigación tomando en cuenta los resultados y la sección VII se abordarán las sugerencias que el autor desee hacer con respecto a la investigación.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 PRECEDENTES DEL PROBLEMA

A través de los años el cambio climático y el uso de los combustibles fósiles han venido siendo una de las temáticas a tratar por parte de las diferentes naciones alrededor del mundo. Solamente en Latinoamérica se cuenta con que el sector transporte es la mayor influencia en lo que respecta al CO₂ que se emite al medio ambiente siendo esto debido al rápido crecimiento poblacional, así como a la urbanización y al ser países en vías de desarrollo en su mayoría, se podría esperar que este número siga aumentando en el transcurso de los siguientes años.

Teniendo en cuenta el desarrollo continuo que está dando a través de los años, es importante recalcar el avance tecnológico que acompañan a este crecimiento generacional. Muchas de las tecnologías implementadas en el mercado han brindado una solución al manejo y control en el consumo de los combustibles fósiles como es la innovación en los automóviles, buses, entre otros. Sin embargo, no todos los países cuentan con este tipo de tecnologías por diferentes motivos tanto sociales como económicos.

2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Al ser el sector transporte mayormente dominado por los combustibles derivados del petróleo, al año 2017 se puede observar que en los diagramas Sankey del Observatorio de Energía de Unitec, que Honduras tiene una gran variedad en lo que respecta a diferentes energéticos. Durante el año mencionado, se llegaron a consumir 19,982.3 kBEP de petróleo siendo 10,337 de estos destinados al sector transporte. Durante el año 2018 según el Balance Energético realizado por la Secretaría de Estado en el Despacho de Energía se contabilizó una emisión del 56% de CO₂ por parte de estos combustibles fósiles siendo los principales el Diesel y la Gasolina. Con estos antecedentes mencionados, podemos relacionar a los energéticos derivados del petróleo como una de las mayores fuentes de emisiones de CO₂ al ambiente el cual no solo perjudica al mismo si no también a la población, además, de que el Sector Transporte es uno de los sectores que más ha participado y contribuido en este tipo de emisiones en los últimos años.

2.3 JUSTIFICACIÓN

Tomando en cuenta los múltiples conflictos geopolíticos que rodean al sector energético, ha significado un incremento en el precio de los combustibles derivados del petróleo. Agregando los múltiples factores climáticos como son el calentamiento global y los gases de efecto invernadero a este problema anterior, es necesario explorar nuevas tecnologías y posibles alternativas para poder expandir lo que es el mercado energético como para mitigar el cambio climático.

Teniendo en consideración lo anterior, esta investigación se enfocará en la opción de reducir las emisiones de CO₂ sin tener que sacrificar el uso de los medios de transporte ni la cantidad de estos mismos brindando una solución renovable e innovadora, está siendo el uso del hidrógeno como alternativa de combustible. El hidrógeno cuenta con un gran potencial y valor como energético gracias a sus diferentes propiedades físicas y químicas, ya que este está presente en el recurso más abundante que cuenta el planeta siendo el agua y posee características renovables agregando que este mismo posee 0 emisiones contaminantes ya que el residuo que este emanaría sería vapor de agua. Gracias a esto, lo convierte en un candidato perfecto como sustituto de los combustibles derivados del petróleo.

2.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Cuáles son los diferentes tipos de combustibles involucrados en el sector transporte público en Honduras?
2. ¿Cuál es la relación entre el uso de combustibles fósiles con la producción masiva de emisiones de CO₂?
3. ¿Qué tipos de hidrogeno hay disponibles en el mercado energético y cuáles son sus diferencias?
4. ¿La implementación del Hidrógeno Verde reducirá significativamente las emisiones de CO₂ por parte del sector transporte público de San Pedro Sula?
5. ¿Qué factores deben de tomarse en cuenta para hacer un cambio porcentual de las unidades que utilizan combustibles derivados del petróleo a otras que utilizarían hidrogeno?

2.5 OBJETIVOS

2.5.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar qué impacto tendrá el hidrógeno como combustible en el Sector transporte público en San Pedro Sula.

2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Compilar información acerca de los combustibles utilizados en el sector transporte público.
2. Relacionar el uso de combustibles con la producción de emisiones de CO₂.
3. Describir los tipos y usos del hidrogeno orientados al sector transporte y su importancia en dicho sector.
4. Recomendar diferentes tipos de vehículos y proponer algunos cambios regulatorios para facilitar la implementación del hidrógeno como alternativa de combustible.
5. Analizar el impacto de las emisiones de gases de efecto invernadero que habría si se reemplaza el uso de combustible fósil con pilas de hidrogeno.

III. Marco Teórico.

3.1 Combustibles fósiles derivados del Petróleo.

El petróleo, también conocido como crudo u oro negro, es un hidrocarburo de origen fósil y de los recursos naturales más utilizados como fuente de energía no renovable y materia prima para la elaboración de diversos productos. El petróleo es encontrado en su estado natural como líquido bituminoso en algunas regiones de la Tierra, específicamente, entre las diversas capas de profundidad del suelo, tanto en la zona continental como en las profundidades marinas. Se le considera como una de las materias primas más valiosas y utilizadas por el humano por lo que todo el proceso de tratamiento de este, desde su extracción hasta sus múltiples usos finales, afectan directamente a la economía de todos los países del mundo.

El origen del petróleo es enteramente orgánico debido a que es un hidrocarburo que se ha formado a partir un proceso químico y físico que experimentan los restos fósiles y sedimentos que se hallan acumulados en las capas de la Tierra. Este proceso es sumamente lento y sucede cuando las altas temperaturas y la presión que se concentran en las capas terrestres son capaces de transformar grandes cantidades de materia orgánica proveniente de los fósiles depositados en el suelo.

Por tanto, estos sedimentos orgánicos y de rocas al acumularse capa tras capa por millones de años se han ido transformando en petróleo e incluso en gas natural. Este proceso todavía se da en la actualidad, pero deben de transcurrir una cantidad de años hasta que los sedimentos se transformen en petróleo. Finalmente, según las características geológicas del suelo, el petróleo puede ascender a la superficie gracias a la porosidad de los sedimentos y las rocas. Pero, por lo general este hidrocarburo queda acumulado en el suelo, dando origen a los yacimientos petrolíferos que luego son perforados con maquinarias especiales, con el fin de extraerse el petróleo.

3.1.1 Características del Petróleo.

El petróleo cuenta con características muy que comparte con otros combustibles derivados de este mismo, pero entre sus principales características se pueden encontrar las siguiente:

- Se encuentra en estado líquido oleoso.
- Proviene de diferentes compuestos de sedimento y materia orgánica.
- Tiene por lo general un color oscuro, sin embargo, este varía dependiendo del tipo de petróleo que se esté refiriendo y tratando.
- Mantiene una textura viscosa.
- Dentro de este se pueden encontrar una variada mezcla de hidrocarburos en los cuales se pueden encontrar nitrógeno, azufre, olefinas entre otros.

3.1.2. Usos del petróleo.

Con respecto a su uso, se han encontrado pruebas de que el petróleo fue usado por la gente a partir de, alrededor de, hace 6 mil años en distintas sociedades de Oriente como los babilonios, asirios y de Egipto tanto con objetivos medicinales, como para pegar ladrillos y engrasar pieles. Asimismo, en las sociedades precolombinas usaban el petróleo para pintar figuras y esculturas. Durante el siglo XIX se empezó a refinar el petróleo, desde entonces se obtuvo un aceite que terminó eficaz para el servicio del iluminado. Mientras se fueron descubriendo las distintas utilidades de los productos derivados del petróleo, más grande ha sido la inquietud por su sustracción y refinamiento.

En el presente, lo utilizamos para movilizarnos por medio de diferentes medios de transporte como son los vehículos personas, autobuses públicos, trenes, aviones entre muchos otros. Así como su uso doméstico para la cocina o generación de energía.

Actualmente existe la Organización de Territorios Exportadores de Petróleo (OPEP), establecida el 14 de septiembre de 1960 en Bagdad, Irak. Esta organización tiene como finalidad implantar los niveles de producción y costo del crudo entre las naciones miembros. No obstante, no todas las naciones productoras de petróleo son parte de esta organización. Entre los primordiales exportadores de petróleo tienen la posibilidad de nombrar los próximos territorios: Angola, Argelia, Arabia Saudita, Emiratos Árabes Unidos, Irak, Noruega, Rusia, USA, Brasil, Ecuador, Venezuela, entre otros.

3.2 Procesos de obtención del petróleo

Cada tipo de obtención de materia prima o derivada de esta pasa por ciertos métodos para su obtención. Desde su planificación y estudio del potencial del recurso, hasta su método de refinación y sustracción, El petróleo no es la excepción de este tipo de procesos, ya que al ser un recurso con mucha importancia como energético, con un alto valor en el mercado y con una relevancia actual muy importante, es necesario conocer el proceso de obtención de este mismo. Cuenta con múltiples etapas de reconocimiento, análisis y varias técnicas para el manejo de extracción del recurso para las diferentes ubicaciones en el cual puede ser encontrado.

3.2.1 Exploración del recurso

Para encontrar los sitios donde hay yacimientos de petróleo no existe un procedimiento científico preciso. Los procedimientos empleados, dependiendo del tipo de terreno varían entre geológicos o geofísicos.

3.2.2 Métodos Geológicos

El primer objetivo es descubrir una piedra que se haya conformado en un medio propicio para la realidad del petróleo, o sea, suficientemente porosa y con la composición geológica de estratos idónea para que logren existir bolsas de petróleo. Se debe buscar, después, una cuenca sedimentaria que logre tener materia orgánica enterrada hace bastante más de diez millones de años. Para todo ello, se hacen estudios geológicos del área, se recogen muestras de lote, se hacen estudios por Rayos X, se perfora para aprender los estratos y, al final, con todos aquellos datos se hace la carta geológica del territorio que se estudia.

Tras nuevos estudios "sobre el terreno" que determinan si hay piedras petrolíferas alcanzables por medio de prospección, la hondura a la que habría que perforar, etcétera., se puede llegar ya a la conclusión de si merece la pena o no hacer un pozo-testigo o pozo de investigación. Por cierto, sólo en uno de cada 10 pozos exploratorios se llega a hallar petróleo y solamente 2 de cada cien proporcionan resultados que permiten su explotación de manera rentable.

3.2.3 Métodos Geofísicos

Una vez que el lote no muestra una composición igual en su área que en el subsuelo (por ejemplo, en desiertos, en selvas o en regiones pantanosas), los procedimientos geológicos de análisis del área no resultan útiles, por lo que se debe usar la Geofísica, ciencia que estudia las propiedades del subsuelo sin tener en cuenta las del área.

Instrumentos como el gravímetro permiten estudiar las piedras que hay en el subsuelo. Este artefacto mide las diferencias de la fuerza de la gravedad en las distintas regiones de suelo, lo cual posibilita decidir qué tipo de piedra existe en el subsuelo. Con los datos logrados se prepara un "mapa" del subsuelo que dejará establecer en qué regiones es más factible que logre existir petróleo. Además, se emplea el magnetómetro, artefacto que detecta la disposición interna de los estratos y de los tipos de piedra gracias al análisis de los campos magnéticos que se generan.

Por igual se usan técnicas de prospección sísmica, que estudian las ondas de ruido, su meditación y su refracción, datos éstos que permiten establecer la estructura de las piedras del subsuelo. De esta forma, por medio de una explosión, se crea artificialmente una onda sísmica que atraviesa varios terrenos, que es refractada (desviada) por ciertos tipos de piedra y que es reflejada (devuelta) por otros y todo ello a distintas velocidades. Estas ondas son medidas en el área por sismógrafos. Empero, con todo, la existencia de petróleo no está demostrada hasta que no se nace a la perforación de un pozo.

3.2.4 Extracción

Aun cuando en un inicio se empleó el procedimiento de percusión, una vez que los pozos petrolíferos estaban situados a escasa hondura y bajo piedras de gran dureza, esa técnica a partir de mediados del siglo XX abandonó paso al procedimiento de rotación, debido a que la mayoría del petróleo se ha definido que está a una hondura de entre 900 y 5.000 metros, aun cuando hay pozos que llegan a los 7.000 u 8.000.

3.2.5 Procedimiento de rotación

Se apoya en un sistema de tubos acoplados unos en seguida de otros que, impulsados por un motor, van girando y perforando hacia debajo. En el extremo se encuentra una broca o trépano

con dientes que rompen la piedra, cuchillas que la separan y diamantes que la perforan, dependiendo del tipo de lote. Además, existe un sistema de polea móvil del que se suspende el grupo de los tubos que impide que todo el peso de los tubos –los pozos poseen profundidades de una cantidad enorme de metros– recaiga sobre la broca.

3.2.6 Encamisado

Para evadir que los muros del pozo se derrumben a lo largo de la perforación y, simultáneamente, la composición de los estratos del subsuelo permanezca inalterada, según se va perforando el pozo, éste va siendo revestido por medio de unas paredes –o camisas– de acero de un grosor de entre 6 y 12 milímetros.

3.2.7 Aprovechamiento del yacimiento

Los cálculos hechos históricamente permiten asegurar que usualmente una bolsa de petróleo únicamente frecuente ser aprovechada entre un 25% y un 50% de su capacidad total. El petróleo frecuente estar en compañía en las bolsas por gas. Los dos, por la hondura a la que se encuentran, permanecen sometidos a altas presiones—el gas, por dicha situación, se conserva en estado líquido—. Al llegar la broca de perforación, la rotura de la piedra impermeable hace que la presión baje, por lo cual, por un lado, el gas deja de estar disuelto y se expande y el petróleo deja de tener el problema de la piedra impermeable y frecuente ser empujado por el agua salada que impregna principalmente la piedra porosa que está por abajo de la bolsa de petróleo. Estas 2 situaciones hacen que el petróleo suba a el área.

3.2.8 Bombeo del petróleo

Sin embargo, llega un momento en que la presión interna del surco disminuye inclusive un punto en que el petróleo deja de elevar solo y, no obstante, el gas, cada vez menor, deja de presionar sobre el crudo, por lo que se debería forzarlo mediante bombas para que suba. Este bombeo se hace inclusive el momento en que los costos del sistema de extracción son mayores que la productividad que se obtiene del petróleo, por lo que la cavidad es abandonada

3.2.9 Inyección de agua

Para incrementar la productividad de un depósito se frecuente utilizar un sistema de inyección de agua por medio de pozos paralelos. En lo que de una cavidad se extrae petróleo, en otro llevado a cabo cerca del antedicho se inyecta agua en el surco, lo cual hace que la presión no baje y el petróleo siga siendo empujado a el área, y de una forma más productivo que las bombas. Este sistema posibilita incrementar la probabilidad de explotación de un pozo inclusive, más o menos de, un 33% su capacidad. Dependiendo de las propiedades del lote, esta eficacia llega al 60%.

3.2.10 Inyección de vapor

En yacimientos con petróleo muy viscoso (con textura de cera) se usa la inyección de vapor, en ocasión de agua, lo cual posibilita alcanzar 2 efectos: 1.) Por un lado, se incrementa, parecido que,

con el agua, la presión de la bolsa de petróleo crudo para que siga ascendiendo libremente. 2.) Por otro, el vapor disminuye la untuosidad del crudo, con lo que se hace más simple su sustracción, justo a que fluye más deprisa.

3.2.11 Sustracción en el océano

El mejoramiento en las técnicas de perforación permitió que se logren idear pozos a partir de plataformas situadas en el océano (off-shore), en aguas de una hondura de cientos de metros. En ellos, para agilizar la sustracción de la piedra perforada se hace circular una y otra ocasión lodo por medio del agujero de perforación y un sistema de toberas en la broca. Con ello, se consiguieron perforar pozos de 6,400 metros de hondura a quebrantar del grado del océano, lo cual permitió acceder a una gran parte de las reservas internacionales de petróleo.

3.2.12 Reservas Mundiales

Venezuela es, por excelencia, el territorio con las mayores reservas de petróleo del mundo. Tiene incluso 309,000 millones de barriles de petróleo, de acuerdo información estadística de la Central de Inteligencia de Estados Unidos (CIA). El segundo es Arabia Saudita, con una reserva de petróleo de 266,005 millones de barriles y el tercero Canadá con 169,000 millones de barriles en provisiones. Como dato de interés, solo dos países de América Latina aparecen en el listado: tras Venezuela, está Brasil, con una obtención anual mucho menor de apenas 12,007 millones de barriles.

Tabla 1 Reservas comprobadas de petróleo en Barriles

País	Petróleo - reservas comprobadas (barriles)	Año
Venezuela	302,300,004,352	2020
Arabia Saudí	266,200,006,656	2020
Canadá	170,499,997,696	2020
Irán	157,200,007,168	2020
Iraq	148,799,995,904	2020

Kuwait	101,500,002,304	2020
Emiratos Árabes Unidos	97,800,003,584	2020
Rusia	80,000,000,000	2020
Libia	48,360,001,536	2020
Nigeria	37,449,998,336	2020
Kazajistán	30,000,001,024	2020
China	25,629,999,104	2020
Qatar	25,240,000,512	2020
Brasil	12,629,999,616	2020
Argelia	12,199,999,488	2020

Fuente: (CIA,2020)

3.2.13 Refinamiento y Obtención de Productos

Una refinería es un asentamiento industrial en la que se transforma el petróleo crudo en mercancías útiles para los individuos. La asociación de operaciones que se hacen en las refinerías para alcanzar dichas mercancías es llamada "procesos de refino". La industria del refino tiene como meta obtener del petróleo la más grande ración viable de mercancías de calidad adecuadamente definida, que van a partir de los gases ligeros, como el propano y el butano, inclusive las fracciones más pesadas, fuelóleo y asfaltos, pasando por otras mercancías intermedias como las gasolinas, el gasoil y los aceites lubricantes. El petróleo bruto tiene todas dichas mercancías en potencia pues está compuesto casi solamente de hidrocarburos, cuyos 2 recursos son el carbón y el hidrógeno.

3.2.14 Procesos de Refino

Los procesos de refino en una refinería tienen la opción de clasificar, por escalafón de ejecución y de manera general, en destilación, conversión y procedimiento. Previo a iniciar este proceso se hace una investigación de laboratorio del petróleo, pues nunca todos los petróleos son equivalentes, tampoco de todos tienen la opción de sustraer las mismas sustancias. Posteriormente se hacen una secuencia de refinados "piloto" donde se experimentan a escasa escala cada una de las operaciones de refino. Una vez verificados los pasos a llevar a cabo, se inicia el proceso.

3.2.15 Conversión

Para llevar a cabo más productivo el crecimiento de refino y adaptar la obtención a la demanda, se necesita volver las mercancías, usando técnicas de conversión. Los primordiales métodos de conversión son el "cracking" y el "reformado". Los métodos de "cracking" o craqueo consisten en una disolución molecular y tienen la opción de llevar a cabo, generalmente, con 2 técnicas: el craqueo térmico, que rompe las moléculas por medio de calor, o el craqueo catalítico, que hace la misma operación por medio de un catalizador, que es una sustancia que causa cambios químicos sin que ella sola padezca modificaciones en el proceso.

Las técnicas de conversión además tienen la opción de utilizar a elementos más ligeros. Debido a este proceso, la nafta puede progresar en asistencia de platino, en elementos de alta calidad para las gasolinas.

3.2.16 Tratamiento

Generalmente, las mercancías logradas en los procesos anteriores son imposibles de tener en cuenta mercancías finales. Previo a su liquidación tienen que ser sometidos a diferentes tratamientos para corregir o modificar los compuestos no deseados que llevan consigo. Dichos compuestos son, primordialmente, derivados del azufre. Con este último proceso, las refinerías obtienen mercancías que cumplen con las reglas y especificaciones del mercado. El proceso de craqueo catalítico, Previamente dicho, posibilita la obtención de varios hidrocarburos diferentes que posteriormente tienen la opción de recombinarse por medio de la alquilación, la isomeración o reformación catalítica para formar mercancías químicos y combustibles de alto octanaje para motores especializados. La construcción de dichas mercancías dio origen a una enorme industria petroquímica que genera alcoholes, detergentes, caucho sintético, glicerina, fertilizantes, azufre, disolventes, materias primas para formar medicinas, nailon, plásticos, pinturas, poliésteres, aditivos y accesorios alimenticios, explosivos, tintes y materiales aislantes, de este modo como otros elementos para la obtención de abonos. Las plantas de medio más habituales son: MTBE, para enmendar la calidad de la gasolina, Alquilación, para minimizar los derivados de plomo, e isomeración, para conseguir mercancías de elevado índice de octano que son usados para las gasolinas.

3.2.17 Distribución de los Derivados del Petróleo

Los productos derivados del petróleo alimentan no solamente a otras industrias, sino, más que nada, a los clientes industriales o privados. Inicialmente resultaba más económico poner las refinerías al costado de las explotaciones petrolíferas, en lo que ahora, los progresos hechos en la técnica de los oleoductos han dado sitio a un desarrollo que conduce a instalar las refinerías cerca de los monumentales centros de consumo. Una ocasión conseguidos los derivados petrolíferos, las organizaciones tienen que esparcir sus productos a los consumidores. Generalmente, dichos productos salen de las refinerías a granel, inclusive cuando ciertos se

envasan en latas o bidones, listos para su uso. Los enormes clientes, como las eléctricas o las industrias químicas, reciben el abastecimiento de manera directa de la refinería, por oleoducto o por carretera. Los clientes de menos porciones son abastecidos, principalmente, a quebrantar de centros de almacenamiento y repartición. Aun cuando los derivados del petróleo conforman una gama suficiente variada, el 90% de ellos se destinan a saciar las necesidades energéticas de todo el mundo. O sea, hablamos de los combustibles.

3.3 Sector transporte

Este sector es de los más primordiales en la economía para el desarrollo de los diferentes países alrededor del mundo. Es tan importante dado a que nos brinda una perspectiva también de los aspectos socioculturales de importancia y nos brinda una visión de todo lo que engloba a las naciones y su población. Los modelos de movilización se han ido aumentando a través de los años, estos afectando el ecosistema al momento de ampliar las vías de transporte o al realizar estaciones y con estas ampliaciones el parque vehicular ha aumentado en todos los sectores. (Lizárraga, 2006). Teniendo en cuenta el crecimiento poblacional, es evidente que el aumento de la tasa vehicular es un indicio del crecimiento económico al haber mayor tránsito, se intuye que hay mayores ofertas de trabajo y con ello se aumentan los flujos económicos. Sin embargo, las emisiones de gases de efecto invernadero se incrementan además de que se comienza a generar una cultura vial más variada y se incrementa las necesidades de implementar nuevas políticas públicas para el tránsito vehicular.

3.4 Demanda de Energía del Sector Transporte

Para el 2011, el consumo de energía del total mundial para este sector ha sido del 27%, donde el subsector de transporte terrestre (por carretera) encierra cerca del 90% transporte. Para su manejo, la zona es dependiente casi exclusivamente del uso del petróleo y en menor medida de otras fuentes como energías renovables (etanol y biodiesel), electricidad, gas natural y carbón.

Según Kahn Ribeiro et al. (2007), el 95% de la energía usada en este sector procede del petróleo (gasolina, diésel, queroseno y jet fuel). Esa dependencia se relaciona con el hecho de que el

subsector que más demanda energía es el de transporte terrestre, donde los vehículos ligeros y los camiones abarcan más del 50% de esta.

En lo que es Latinoamérica, la predominancia del petróleo como fuente energética del sector transporte además es notable, sin embargo, la utilización de fuentes no dependientes del petróleo ha ido en incremento con el pasar de los años.

3.5 Parque automotriz Transporte Público en Honduras

El parque vehicular es un elemento con una gran importancia dentro del país, ya que una muy buena parte de la actividad productiva y de movilización de los bienes y servicios que sustenta el que hacer de una nación es parte de esta misma. Como se mencionaba anteriormente, debido a la evolución del sector transporte se han venido acortando las distancias y ampliando los entornos del sector transporte y esto nos ha traído como consecuencia, el crecimiento continuo del parque vehicular.

Como se presenta en la siguiente gráfica, el parque vehicular hondureño ha tenido un gran ascenso a través de estos últimos 5 años. Siendo predominado por los departamentos de Cortés, Francisco Morazán y Atlántida debido a que estos departamentos son los que se conocen como las zonas de mayor crecimiento económico y de urbanización. Se muestra que Honduras ha tenido un crecimiento vehicular alrededor del 40.61%. (INE.2021)

Tabla 2 Parque Vehicular por Departamento (2016 al 2020)

DEPARTAMENTO	2016	2017	2018	2019	2020
FRANCISCO MORAZÁN	451,224	488,373	531,934	568,329	597,857
CORTES	387,981	423,402	462,986	498,081	526,599
ATLANTIDA	100,042	112,597	125,337	140,571	151,284
YORO	90,693	100,748	113,052	123,492	132,651
COMAYAGUA	84,344	93,558	103,111	111,665	119,397
OLANCHO	74,750	83,788	94,687	104,952	113,543
CHOLUTECA	59,088	65,313	73,150		86,826
EL PARAÍSO		61,823	67,667	80,578	79,012
	56,046			73,409	
COLON	45,720	52,944	60,329	68,750	76,624
COPAN	48,765	54,551	61,116		71,544
				66,358	

SANTA BÁRBARA	45,600	50,398	55,841	61,002	66,018
LEMPIRA	24,224	27,588	31,034	34,414	37,945
VALLE	22,699	24,990	28,274	30,924	32,948
OCOTEPEQUE	21,029	23,104	25,027	27,076	29,573
INTIBUCÁ	19,259	21,543	24,266	27,105	29,370
LA PAZ	17,922	19,929	22,283	24,474	26,388
ISLAS DE LA BAHÍA	13,495	14,970	16,872	18,644	19,528
GRACIAS A DIOS	1,803	2,021	2,266	2,650	2,930
Total	1,564,684	1,721,640	1,899,232	2,062,474	2,200,037

Fuente:(INE,2021)

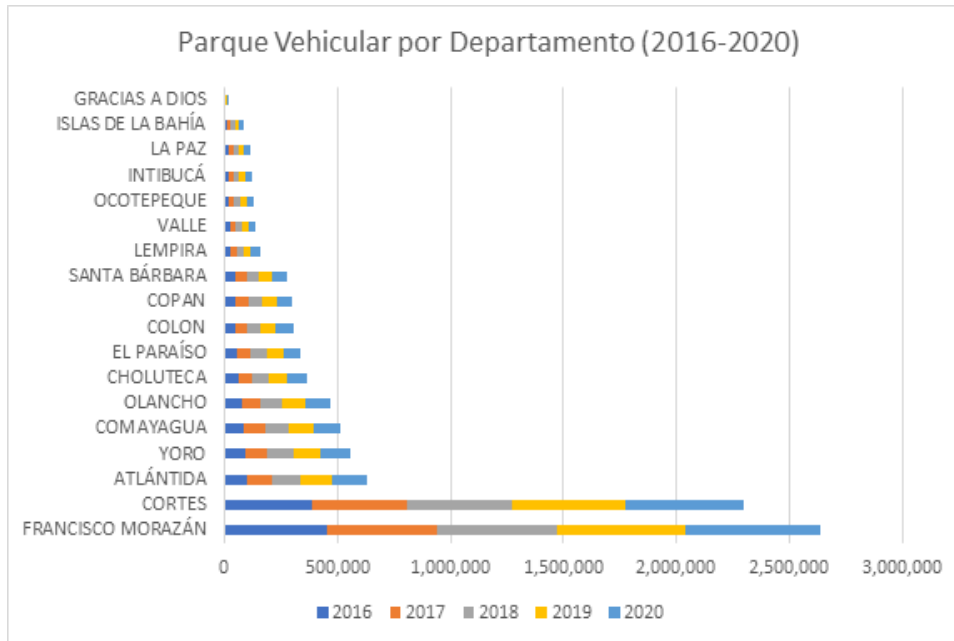


Ilustración 1 Parque Vehicular por Año (2016 al 2020)

Fuente: (INE,2021)

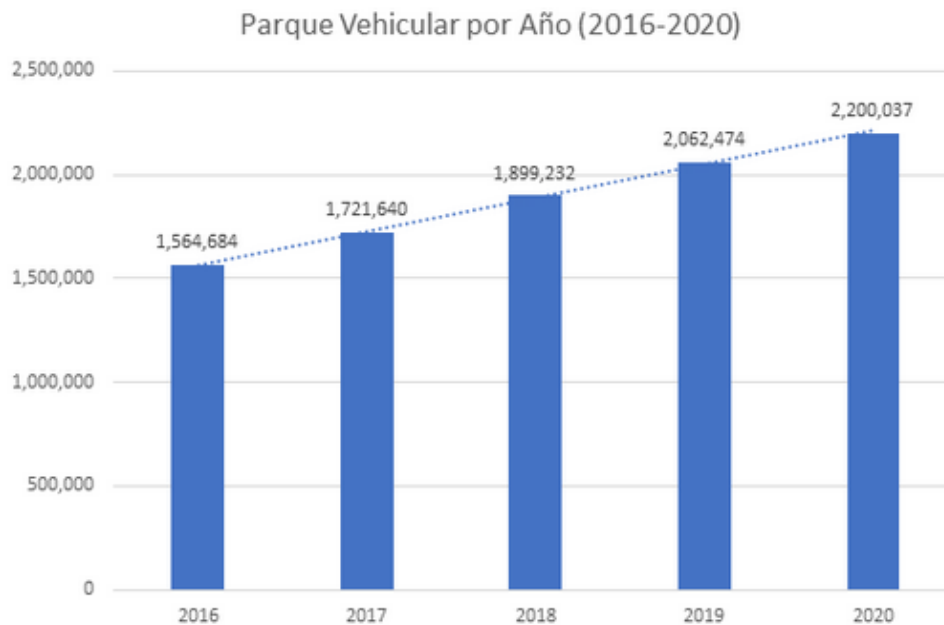


Ilustración 2 Parque Vehicular por Año (2016 al 2020)

Fuente: (INE,2021)

Tabla 3 Parque vehicular según categoría del vehículo 2016 - 2020

No.	Categoría	Cantidad de Placas				
		2016	2017	2018	2019	2020
1	Pick up y Jeep	377,207	388,696	401,423	413,591	424,524
2	Turismo	311,426	336,940	361,578	379,626	390,908
3	Motocicletas	544,784	641,202	752,250	857,349	951,209
4	Camionetas de lujo y trabajo	143,201	159,638	180,529	199,665	214,443
5	Camión	65,397	67,990	71,210	74,510	77,325
6	Buses y similares	43,388	44,646	46,057	47,652	48,532
7	Vehículos pesados	62,783	65,432	68,516	71,800	74,314
8	Otras categorías	16,498	17,096	17,669	18,281	18,782
Total		1,564,684	1,721,640	1,899,232	2,062,474	2,200,037

Fuente: (INE,2021)

Durante los años mostrados (2016-2020), el crecimiento de la mayoría de las muestras ha sido constantes, pero, mínimo. Sin embargo, haciendo una excepción con respecto a las motocicletas que vemos un incremento anual de casi 100,000 unidades en los últimos 5 años.

3.6 Relación del Sector Transporte y el Cambio Climático

Debido a que el sector transporte es en gran medida dependiente de los combustibles fósiles para su funcionamiento, su participación a la retransmisión de gases con efecto invernadero se realiza a través de la combustión, liberando CO₂ principalmente.

A nivel de subsectores, en el año 2013 el transporte terrestre produjo 5,547 millones de toneladas de CO₂, siendo la principal fuente de producción de este GEI. El transporte marino internacional generó 608.83 millones de toneladas y el transporte aéreo internacional 490.35 millones de toneladas. Entre los subsectores de tráfico doméstica, aviación doméstica y otro transporte, aportaron 1,837.9 millones de toneladas de CO₂.

Adicionalmente, si se descompone la fuente de las emisiones de CO₂ del sector transporte por tipo de carburante empleado, el predominio del petróleo es significativo. De las emisiones totales del año 2013 por parte de oriente sector, que alcanzaron las 7,384.9 millones de toneladas, donde el 97% provino de la utilización de petróleo y sus derivados y en el caso de transporte de carretera, el 98.5% las emisiones se generan a partir de la utilización del petróleo.

Estas cifras dejan en evidencia la preponderancia de la utilización de combustibles fósiles en el sector transporte, cuya quema genera el principal gas de efecto invernadero (CO₂). A altura temporal, se ha evidenciado un alza en la reclamación energética para la energía de pasajeros y de carga, sobre todo en países en desarrollo que han visto incrementado sus niveles de ingreso y población.

3.7 Acciones de Mitigación

Dado sus antecedentes, los planes de mitigación del sector transporte deben apuntar a diversificar la utilización de fuentes de energía, vinculando mejoras tecnológicas y la planificación de sistemas de transporte más eficientes. En la literatura existen varios ejemplos de este tipo de medidas, por ejemplo, la utilización de medidas para corregir el rendimiento energético del sistema de transporte que incluyen normativas sobre emisiones (e.g. emisiones de CO₂ por kilómetro), impuestos verdes al consumo de gasolinas que se extienden a la compra de autos, impuestos a la congestión, o impuestos para internalizar los daños de la contaminación atmosférica o el utilización y defecto de las carreteras. Algunas de las opciones que se encuentran en la literatura son las siguientes:

3.7.1 Diseño de un sistema de transporte sustentable y efectivo

Una opción es planificar sistemas de transporte sustentables en ciudades que reduzcan la utilización exhaustiva de medios individuales de transporte generadores de GEI (automóviles), a través de incentivos en la utilización de transporte no motorizado, por ejemplo, a través de la obra de ciclo vías y estacionamientos seguros para bicicletas, y diseñando un transporte público competente y moderno. Todas estas son medidas de largo plazo que contribuyen a disminuir la constante presión sobre el ambiente. La incorporación de sistemas de metro y trenes ligeros generan menores emisiones de CO₂ que los automóviles, e igualmente los trenes de alta velocidad para pasajeros han demostrado ser más eficientes que el transporte aéreo para distancias cortas. En conexión al movimiento de carga, la utilización de trenes o de transporte por agua incluso ha demostrado producir menos GEI que su movimiento vía carretera. Este ámbito es consistente con la política pública hondureña que, en el sector del transporte, está impulsando dos NAMAs. Primero, la implementación de un programa de transporte público urbano sostenible en las

principales ciudades del país, que busca la disminución de emisiones de carbono, ahorros en gasolina, mejoras en la calidad del aire, menor contaminación auditiva, menor accidentalidad, mejor calidad de desplazamiento del usuario, entre otros. Segundo el progreso de la eficiencia de vehículos en operación a nivel nacional, la cual estará enfocada en el ahorro de combustible y merma de GEI.

3.7.2 Nuevos sistemas de propulsión y vehículos más eficientes

Los avances tecnológicos en el sector automotriz han anotado a introducir vehículos con nuevos sistemas de propulsión, lo que podría implicar una eminente merma en los niveles de emisión de GEI. Dentro de estos se cuenta con vehículos que usan motores eléctricos propulsados por baterías o pila de combustible, cuyas emisiones se consideran bajas si se basan en electricidad generada con bajos niveles de carbono. Su principal inconveniente es que sus costos todavía son elevados y su nivel de autonomía es en general más reducido que el de un vehículo tradicional. De allí que el acoplamiento de vehículos híbridos (con motor térmico y eléctrico) tiene una facultad mayor, ya que inclusive cuando genera niveles de emisiones en los momentos de utilización del motor térmico, sus niveles son menores. Estos vehículos (con tecnología térmico-eléctrica) pueden llegar a producir reducciones en las emisiones de incluso un 35% en comparación con los vehículos tradicionales. Otra faceta en la que la industria automotriz ha buscado economizar es en el uso de combustible, y con ello rebajar los niveles de emisiones, es a través del diseño y la mejora tecnológica de los vehículos, tanto livianos como pesados, a partir de la aerodinámica, mejora en sus componentes auxiliares (aire acondicionado y calefacción), la fabricación de mejores neumáticos, y la disminución del peso de los vehículos.

3.7.3 Inclusión de fuentes combustibles bajas en carbono

Dentro de estas opciones de combustibles están el gas natural comprimido (CNG), gas licuado de petróleo (LPG), biocombustibles (como el etanol y el biodiésel), electricidad generada por fuentes de poder bajas en carbono y el hidrógeno. Algunos de ellos son fáciles de mezclar en la utilización de vehículos livianos, no obstante, para vehículos pesados el incremento de biocombustibles puede ser la entrada más factible.

3.8 Hidrógeno Como Combustible

El hidrógeno como elemento es un combustible potencial en todos los medios de transporte, en donde, aunque los procesos de combustión podrán cambiar debido a diferencias de tamaño entre otros factores, el elemento principal de alimentación será el mismo y en donde destacamos la recurrencia al estado gas. A modo de comparación podemos destacar las siguientes características que presenta tanto el hidrógeno como los principales combustibles convencionales (gasolina y metano):

- La densidad del elemento es de 0.084 kg/m³, siendo la de la gasolina de 4.40 kg/cm³ y la del metano de 0.65 kg/cm³.
- El coeficiente de difusión del hidrógeno es de 0.61 cm² /s, siendo el de la gasolina de 0.05 y el del metano de 0.16. Por lo tanto, podemos destacar que es cuatro veces más difusivo que el gas natural y doce veces más que la gasolina, debido a que es ligero y su densidad es de 6.9% la del aire.
- Densidad energética del hidrógeno que es de 0.01 MJ/L, siendo un tercio de lo que conseguiría con el metano.

Aunque existen una gran variedad de características a comparar, las cuales también afectan directamente a la decisión de si es una buena alternativa o no, estas se pueden destacar como las tres principales características que afectan directamente

La historia del hidrógeno como combustible ya es largamente popular, debido a que ha tenido y tiene distintas aplicaciones en la industria de la ingesta de alimentos, metal, vidrio y química. La industria mundial del hidrógeno está bien fundada y genera bastante más de 50 millones de toneladas de hidrógeno al año. Ciertos ejemplos de su uso en diferentes industrias serían, la producción de plásticos como el poliéster o el nylon, pasando por la industria aeroespacial, donde es usado como combustible para los cohetes. Si se reúne el asunto en su implementación como un combustible puro, puede utilizarse de 2 maneras diversas; la primera de ellas podría ser como combustible al uso, por medio de su quema se crea una energía que puede aprovecharse de alguna forma. Por otro lado, además puede usarse para la generación de energía eléctrica por medio de los procesos que se hacen en las pilas de combustible. En lo relacionado al sector de la

automoción, hay las mismas 2 tendencias comentadas; la de generación de energía eléctrica para alimentar las baterías o motores de vehículos eléctrico, o la utilización del hidrógeno en motores de combustión interna adaptados, los cuales tienen la posibilidad de llegar a ser un 30% más eficientes que los MCI convencionales de gasolina y funcionar en condiciones climáticas más severas, más que nada de frío.

3.8.1 Tipos de Hidrogeno

Como se estableció anteriormente, el hidrógeno es el elemento químico más abundante del planeta. El problema es que no se encuentra disponible como molécula en ningún yacimiento por lo que debe de obtenerse por otros métodos y fuentes.

3.8.1.1 Hidrogeno Negro/ Gris / Marrón

Es el que genera más emisiones durante el proceso de producción ya que utiliza combustibles no renovables como el carbón o el petróleo.

3.8.1.2 Hidrógeno azul

Este es el más común de todas las versiones de hidrógeno disponible en la actualidad. Este se logra extraer de los campos de gas natural y una de sus ventajas es que el proceso de producción es muy limpio, dado a que este logra liberar muy pocas dosis de dióxido de carbono a la superficie terrestre. Con esto, el calentamiento global se ve beneficiado a reducir las emisiones en comparación a otros energéticos, pero, una desventaja muy clara es que su costo económico para la reducción de sus emisiones es considerablemente alto.

3.8.1.3 Hidrógeno verde

El hidrógeno verde es el hidrógeno producido a partir de fuentes de energía renovables. El hidrógeno verde se obtiene mediante un proceso llamado electrólisis. Este método utiliza electricidad para separar el hidrógeno y el oxígeno del agua, por lo que, si la electricidad proviene de energías renovables, produciríamos energía sin emitir dióxido de carbono a la atmósfera.

3.8.2 Propiedades Energéticas

El hidrógeno muestra una secuencia de características energéticas que lo realizan tan llamativo para su uso como combustible. Por situar un caso muestra, un kg de hidrógeno libera más energía que cualquier otro combustible (casi el triple de la gasolina o gas natural). Esto se debería a que tiene un gran poder calorífico por unidad de masa, tanto preeminente como inferior, siendo dichos de 141 MJ/kg y 119 MJ/kg, en lo que la gasolina tiene alrededor de unos 45-50 MJ/kg.

Dichos valores citados en el párrafo preeminente únicamente se otorgan en unas condiciones específicas, o sea, el hidrógeno a presión y temperaturas clásicas tiene una densidad bastante baja, por lo cual su densidad energética y su poder calorífico reducen en gran medida. Por esto, el hidrógeno que se usa como combustible está guardado a gran presión y a una temperatura bastante baja, con lo cual se incrementa mucho su densidad y tienen la posibilidad de llegar a aquellos poderes caloríficos del orden de 3 veces mejores a los de combustibles convencionales como la gasolina.

3.8.3 Emisiones

En sus usos en la zona de la automoción, la implementación del hidrógeno tanto como combustible de un MCI, como para su uso en pilas de combustible, dará como consecuencia una producción de emisiones contaminantes básicamente nula, debido a que, por su naturaleza química, el hidrógeno al ser quemado crea $2H_2O$ y una pequeña proporción de óxido de nitrógeno, que se podría intentar de forma sencilla con sistemas de postratamiento de gases. El más grande problema del uso de hidrógeno, en lo cual a emisiones hace referencia, se proveería en su etapa de generación. De instante, los procesos que se aplican, si bien permanecen bastante optimizados para las porciones que se crean, siguen produciendo varias emisiones de gases contaminantes, sin embargo, sobre todo tiene una emisión de gases de impacto invernadero para tener en cuenta, como el CO_2 . Por esto, y como después se comentará, si se quiere que el hidrógeno tenga una vida en la zona de la automoción, lo primero que este debería abordar es que su producción sea lo más limpia viable, utilizando procesos de generación de hidrógeno que no tengan un gran efecto ambiental y que usen energías renovables.

3.8.4 Motor de Combustión

En los motores de combustión interna existirían 2 tipos de versiones, los de desplazamiento lineal, o sea, los motores de pistones convencionales y los motores Wankel o rotativos, cada cual tiene una secuencia de peculiaridades lo cual provoca que logren ser más o menos eficiente a lo largo de su uso con hidrógeno. En el fondo, lo cual ha llevado a cabo la industria, es adaptar los motores convencionales que funcionan con gasolina para comenzar a funcionar con hidrógeno, empero ello entraña una secuencia de inconvenientes por la estructura del hidrógeno en sí. Al usar el

hidrógeno como combustible, se utiliza el compuesto químico con más interacción de energía por unidad de masa, por lo cual se puede optimizar el rendimiento de 1 gr de hidrógeno muchísimo más que en 1 gr de gasolina. Su primordial diferencia en interacción a un motor de gasolina radica en que, en vez de gases NOx tóxicos, los motores de hidrógeno generan agua como el primordial producto de su periodo de combustión. Nombrar que, debido al calor producido por el motor, aún se otorgan emisiones de NOx, aun cuando resultan muy inferiores a las de un motor de gasolina y tienen la posibilidad de remover con sistemas de postratamiento. Por otro lado, y dadas las diferencias entre los dos combustibles, los tipos de interacciones existentes entre aire-combustible, compresión, tiempo y energía de ignición resultan muy diferentes.

Ejemplificando, el hidrógeno puede tener una interacción aire-combustible tan pobre como 180:1, empero una interacción de compresión muchísimo más alta al tener un índice de octano máximo. Al fin y al cabo, poseemos un combustible con la más grande interacción de energía por unidad de masa, se puede usar con un dosado bastante pobre lo cual asegura reducir el consumo y, además de esto, tiene un octanaje alto por lo cual tenemos la posibilidad de incrementar la relación de compresión lo cual proporciona más potencia. Aun de esta forma, cabe resaltar que no todo son ventajas. El más grande problema del hidrógeno es que al ser un gas, su energía es dependiente de su densidad en masa, por lo cual se necesita tenerlo a gran presión para lograr un rendimiento tan alto, lo cual en un carro no ocurre.

Además, se debe tomar en cuenta que, por arquitectura general, los motores de combustión interna movidos por pistones poseen una secuencia de restricciones bastante importantes, lo cual hacen que el rendimiento de este no supere 1/3 del rendimiento que puede ofrecer el combustible. Es aquí donde la probabilidad retomar el motor Wankel podría ser una elección, debido a que éste por arquitectura posibilita un mejor control del llenado y vaciado de las cámaras de combustión. Esto facilitaría que el hidrógeno pudiera llegar al motor en más grande medida incrementando el rendimiento, además, que uno de los más importantes inconvenientes de dichos tipos de motores era que necesitaban un alto número de octanaje para que no se produjeran auto combustiones, lo que subsana el hidrógeno.

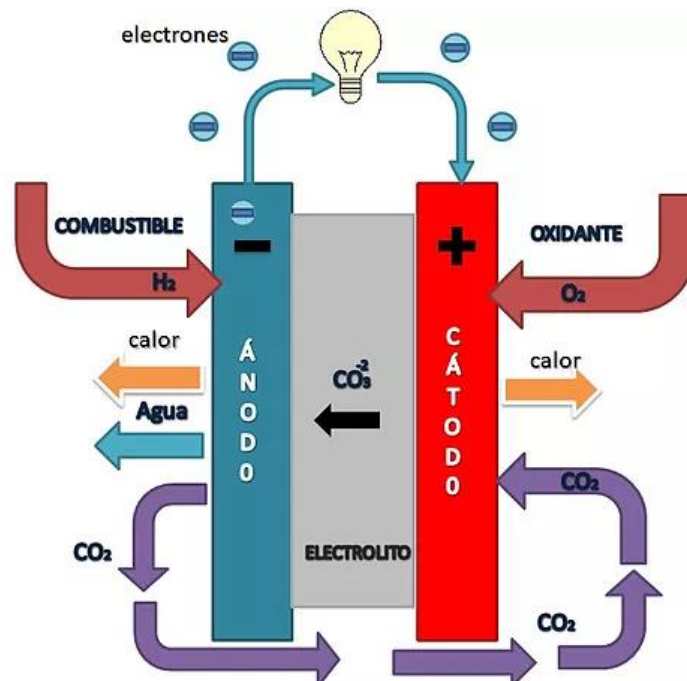


Ilustración 3 Pila de Hidrógeno

Fuente: (Asociación Español de Operadores de Productos Petrolíferos, 2002)

IV. Metodología.

4.1 Enfoque

Debido a la temática y lo planeado para realizar la investigación, se ha considerado que la naturaleza de esta sea de carácter mixto. Se realizan cálculos, así como comparaciones sobre la temática. Seguido de brindar conclusiones y sugerencias para la implementación de esta tecnología emergente en el país.

4.2 Variables de Investigación

- Emisiones de CO2 anuales
- Factor de emisión por vehículo
- Distancia total anual recorrida por el vehículo
- Número de vehículos eléctricos / híbridos operados en el marco del proyecto
- Cantidad de combustible fósil utilizado
- Distancia media anual recorrida por los vehículos del proyecto
- Combustible consumido por los vehículos del proyecto
- Reducción de emisiones anuales

4.3 Técnicas e Instrumentos Aplicados

4.3.1 AMS-III.C Reducción de emisiones de vehículos eléctricos e híbridos

Esta herramienta desarrollada por CDM (Clean Development Mechanism) se da en proyectos de la operación y/o carga de vehículos eléctricos e híbridos para proporcionar servicios de transporte de pasajeros y/o carga. El tipo de acción de mitigación de emisiones de GEI puede ser de cambio completo de combustible o reemplazo de vehículos más intensivos en GEI.

Esta herramienta es la que nos ayudara a realizar el estudio del caso base y una proyección de la sustitución de microbuses y buses que utilizan gasolina o diésel a microbuses y buses que funcionan a base de hidrogeno.

4.3.1.1 Línea de Base

El escenario de línea de base en caso de operación de vehículos eléctricos es la operación de vehículos comparables que se habrían utilizado para proporcionar el mismo servicio de transporte. En este caso los vehículos de proyecto y de referencia pertenecen a la misma categoría de vehículos siendo estos autobuses.

4.3.1.2 Emisiones de Línea de Base

Las emisiones de referencia se calcularon utilizando el siguiente enfoque:

Las emisiones de línea base se calculan con base en la unidad de servicio proporcionada por los vehículos del proyecto (distancia recorrida) multiplicado por el factor de emisión del vehículo de referencia para proporcionar la misma unidad de servicio según la siguiente ecuación:

$$BE_y = \sum_i EF_{BL,km,i} \times DD_{i,y} \times N_{i,y} \times 10^{-6}$$

Ecuación 1

Fuente: (CDM, 2021)

Donde:

BE_y: Emisiones totales de referencia en el año y (t CO₂)

EF_{BL, km, i}: Factor de emisión para la categoría de vehículo de referencia i (gCO₂/km)

DD_{i,y}: Distancia media anual recorrida por la categoría de vehículos del proyecto i en el año y (km)

N_{i,y}: Número de vehículos operativos del proyecto en la categoría i en el año y

El factor de emisión para la categoría de vehículo de referencia (EF_{BL, km, i}) se determinará como sigue:

$$EF_{BL,km,i} = SFC_i \times NCV_{BL,i} \times EF_{BL,i} \times IR^t$$

Ecuación 2

Fuente: (CDM, 2021)

Donde:

SFC_i: Consumo específico de combustible de la categoría de vehículo de referencia *i* (g/km)

NCVBL_i: Valor calorífico neto del combustible fósil consumido por la categoría de vehículo de referencia *i* (J/g)

EFBL_i: factor de emisión del combustible fósil consumido por el vehículo de referencia categoría *i* (g CO₂/J)

IR_t: Factor de mejora tecnológica para el vehículo de referencia en el año *t*. La tasa de mejora se aplica a cada año calendario. El valor predeterminado del factor de mejora tecnológica para todas las categorías de vehículos de referencia es 0,99.

T: Contador de año para la mejora anual (depende de la antigüedad de los datos por categoría de vehículo)

4.3.1.3 Emisiones Proyectadas

Las emisiones del proyecto incluyen el consumo de electricidad y combustibles fósiles asociados con la operación de los vehículos del proyecto y se calcularán de la siguiente manera:

$$PE_y = \sum_i EF_{PJ,km,i,y} \times DD_{i,y} \times N_{i,y}$$

Ecuación 3

Fuente: (CDM, 2021)

Donde:

PE_y: Emisiones totales proyectadas en el año y (t CO₂)

EF_{PJ, km, y i}: Factor de emisión por kilómetro recorrido por el vehículo del proyecto tipo i (t CO₂/km)

DD_{i, y}: Distancia media anual recorrida por la categoría de vehículos del proyecto i en el año y (km)

N_{i, y}: Número de vehículos operativos del proyecto en la categoría i en el año y

El factor de emisión de los vehículos del proyecto se establecerá de la siguiente manera:

$$EF_{PJ,km,i,y} = \sum_i SEC_{PJ,km,i,y} \times EF_{elect,y} / (1 - TDL_y) \times 10^{-3} \\ + \sum_i SFC_{PJ,km,i,y} \times NCV_{PJ,i} \times EF_{PJ,i} \times 10^{-6}$$

Ecuación 4

Fuente: (CDM, 2021)

Donde:

SECPJ, km,i,y: Consumo específico de electricidad por categoría de vehículo del proyecto i por km en el año y en condiciones urbanas (kWh / km)

EFelect, y factor de emisión de CO2 de la electricidad consumida por la categoría de vehículo del proyecto i en el año y (kg CO2 / kWh)

SFCPJ, km,i,y: Consumo específico de combustible fósil³ por categoría de vehículo del proyecto i por km en el año y en condiciones urbanas (g / km)

EFPJ,i: Factor de emisión de CO2 del combustible fósil consumido por la categoría de vehículo del proyecto i en año y (g CO2 / J)

NCVPJ,i: Valor calorífico neto del combustible fósil consumido por la categoría de vehículos del proyecto i en el año y (J / g)

TDLy: Pérdidas técnicas promedio de transmisión y distribución para el suministro de electricidad en el año y

4.3.1.4 Fugas

No se requiere cálculo de fugas en esta metodología.

4.3.1.5 Reducción de Emisiones

Las reducciones de emisiones se calculan de la siguiente manera:

$$ER_y = BE_y - PE_y - LE_y$$

Ecuación 5

Fuente: (CDM, 2021)

Donde:

ERy: Emisiones totales de referencia en el año y (t CO2)

BEy: Emisiones totales de referencia en el año y (t CO2)

PEy: Emisiones totales del proyectadas en el año y (t CO2)

LEy: Emisiones por fugas en el año y (t CO2)

Según la guía de CDM, este procedimiento puede utilizarse para encontrar las emisiones de otros gases de efecto de invernadero siempre y cuando se tenga su factor de emisión del combustible consumido por el vehículo en cuestión.

4.4 Metodología de Estudio

Para el estudio se utilizaron 4 bases de datos diferentes siendo el INE, IHTT, IP y GHG Protocol.

4.4.1 Recopilación de Data para análisis

Mediante la base de datos del IHTT y Google maps se logró calcular el kilometraje de cada ruta actualmente utilizada en San Pedro Sula las cuales son 44. Resultando en un promedio de 35.35 kilómetros en promedio del total de rutas el cual se puede verificar en la siguiente tabla.

Tabla 4 Rutas disponibles en San Pedro Sula

# de Ruta	Kilometros	# de Ruta	Kilometros	# de Ruta	Kilometros	# de Ruta	Kilometros	# de Ruta	Kilometros	# de Ruta	Kilometros	# de Ruta	Kilometros
1	8.8	8	11.2	15	5.2	22	15.4	29	13.2	36	8.6	43	12.9
2	9.2	9	13.1	16	12.3	23	9.8	30	8.4	37	12.2	44	19.9
3	13.4	10	13.4	17	15.5	24	11.4	31	13.2	38	6.2	45	
4	9.6	11	10.1	18	20.1	25	16.8	32	13.5	39	13	46	
5	7.9	12	11.8	19	4.6	26	15.5	33	28.2	40	261.5	47	
6	7.5	13	11.5	20	8	27	6.6	34	11.8	41	14.8	48	
7	17.2	14	23.2	21	8.6	28	10.2	35	9.8	42	9.1	49	
												Promedio (KM)	35.35

Fuente: Elaboración propia

Seguido de esto, se presenta una proporción de cuantas personas hay por buses disponibles en San Pedro Sula con ayuda de la base de datos de la INE.

Tabla 5 Datos de Población y Vehículo

Año	Población de San Pedro Sula	Buses y Similares en San Pedro Sula	Población/Bus
2016	754,061	5849	128.9213541
2017	765,999	5974	128.2221292
2018	777,877	6117	127.1664214
2019	789,645	6286	125.6196309
2020	801,259	6352	126.1427897
Promedio Población/Bus			127.2144651

Fuente: Elaboración Propia

Con los datos previamente adquiridos, se realizó el cálculo estimado de la cantidad de vehículos y de población para el año 2030.

Tabla 6 Datos demográficos y vehiculares para el año 2030

Año	Población de San Pedro Sula	Buses y Similares en San Pedro Sula
2021	812,689	7805.2
2022	823,908	9778.608
2023	834,883	11536.496
2024	845,586	13068.16
2025	855,990	14888.448
2026	866,071	16392.08
2027	875,810	17905.76
2028	885,179	19496.256
2029	894,153	21106.848
2030	902,714	23198.432

Fuente: Elaboración Propia

Para concluir con esta sección, se establecieron estándares de sustitución vehicular en porcentajes equivalentes al 15%, 30% y 50% de las unidades y se realizó el cálculo de distancias anuales promedio con las rutas brindadas previamente.

Tabla 7 Reducción de Vehículos en porcentaje variados para el año 2030

Porcentaje de Cambio de Combustible	Distancia Media Anual	Número de vehículos
15%	12,904.58	3479.7648
30%	12,904.58	6959.5296
50%	12,904.58	11599.216

Fuente: Elaboración Propia

4.4.2 Datos Generales de las Emisiones de CO2 de Buses y Similares

Según el GHG Protocol, el autobús promedio de combustible tipo Diesel llega a utilizar 8 galones por cada 100 kilómetros esto vendría siendo más o menos 36.37 litros de Diesel.

Tabla 8 Datos de combustible utilizado en 100 km

Galones/100Km	Litros/100Km	Gramos/100Km
8	36.3687	32,400

Fuente: (GHG Protocol, 2017)

Con ello, se logra un consumo específico de 324 gramos por kilómetro

Tabla 9 Consumo específico de combustible en g/km

Consumo Específico de Combustible (g/km)
324

Fuente: Elaboración Propia

En lo que respecta a los factores de emisión del combustible Diesel consumido por los vehículos, GHG Protocol nos brinda los siguientes datos para el CO2, N2O y CH4.

Tabla 10 Factores de emisiones de combustible fósil

Factor de emisión del combustible fósil consumido por el vehículo (g CO2/J)	Factor de emisión del combustible fósil consumido por el vehículo (g N2O/J)	Factor de emisión del combustible fósil consumido por el vehículo (g CH4/J)
0.0000741	0.0000000006	0.00000001

Fuente: (GHG Protocol, 2017)

Los valores correspondientes de un autobús con funcionamiento a base de celdas de combustible de hidrógeno. GHG Protocol especifica los siguientes valores de consumo específico de combustible y valor calorífico neto respectivamente del combustible utilizado.

Tabla 11 Consumo específico y valor calorífico del combustible

Consumo Específico de Combustible (g/km)	Valor calorífico neto del combustible (J/g)
60.9	120,000

Fuente: (GHG Protocol, 2017)

Para concluir con esta sección, los factores de emisión GEI se tomarán en cero ya que como se ha mencionado previamente el hidrógeno utilizado será el verde el cual no contribuye a las emisiones de GEI durante su combustión.

4.5 Cronograma de Actividades

Cronograma	Semana 1							Semana 2					
	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1
Actividad	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D
Reuniones on asesores temáticos													
Elaboración del plantamiento del problema													
Marco Teórico													
Recopilación de Información													
Revisión Bibliográfica													
Avance I													
Avance II													
Redacción de Metodología													
Avance III													
Resultados y análisis													
Conclusiones y Rcomendaciones													
Avance Iv													
Dedicatoria y agradecimientos, Epigrafe, Resumen Ejecutivo (Español e ingles), Indices, Lista de siglas y glosarios													
Amplicabilidad/Implementación, Evaluación del Trabajo Actual/ Trabajo Futuro, Bibliografía, Anexos													
Avance V													

Cronograma	Semana 2	Semana 3							Semana 4							Semana 5							Semana 6							Semana 7	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Actividad	D	L	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	
Reuniones on asesores temáticos																															
Elaboración del plantamiento del problema																															
Marco Teórico																															
Recopilación de Información																															
Revisión Bibliográfica																															
Avance I																															
Avance II																															
Redacción de Metodología																															
Avance III																															
Resultados y análisis																															
Conclusiones y Rcomendaciones																															
Avance Iv																															
Dedicatoria y agradecimientos, Epigrafe, Resumen Ejecutivo (Español e ingles), Indices, Lista de siglas y glosarios																															
Amplicabilidad/Implementación, Evaluación del Trabajo Actual/ Trabajo Futuro, Bibliografía, Anexos																															
Avance V																															

Cronograma	Junio																						
	Semana 7					Semana 8					Semana 9					Semana 10							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Actividad	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J
Reuniones on asesores temáticos																							
Elaboración del plantamiento del problema																							
Marco Teórico																							
Recopilación de Información																							
Revisión Bibliográfica																							
Avance I																							
Avance II																							
Redacción de Metodología																							
Avance III																							
Resultados y análisis																							
Conclusiones y Recomendaciones																							
Avance Iv																							
Dedicatoria y agradecimientos, Epigrafe, Resumen Ejecutivo (Español e ingles), Indices, Lista de siglas y glosarios																							
Amplicabilidad/Implementación, Evaluación del Trabajo Actual/ Trabajo Futuro, Bibliografía, Anexos																							
Avance V																							

Tiempo de Trabajo Entrega de Avance

V. Resultados y Análisis.

5.1 Factor de Emisión CO2 para los Vehículos Diesel

Con los datos previamente mostrados y con ayuda de la herramienta utilizada se calculó el factor de emisión de CO2 para un autobús en San Pedro Sula.

Tabla 12 Factor de Emisión de CO2.

Factor de Emisión (gCO2/Km)	1,084
------------------------------------	--------------

Fuente: Elaboración Propia

5.2 Emisiones de CO2 de Buses y Similares en San Pedro Sula desde 2016 hasta 2020

En la siguiente tabla se pueden apreciar las diferentes emisiones totales en toneladas de CO2 durante el período de 2016 hasta 2020.

Tabla 13 Emisiones de CO2 de Buses y Similares de 2016 al 2020

Año	Número de Vehículos	Emisiones Totales (t CO2)
2016	5849	81.80664515
2017	5974	83.55494925
2018	6117	85.55500913
2019	6286	87.91871627
2020	6352	88.84182083

Fuente: Elaboración Propia

5.3 Emisiones de CO2 proyectadas para los siguientes años hasta 2030 emitidas por Buses y Similares

En la tabla mostrada, se muestran las emisiones totales desde el año 2021 hasta el 2030 en las cuales podemos apreciar el aumento constante de las emisiones al pasar de los años. Esta muestra comparte el mismo comportamiento que la muestra del 2016 hasta el 2020.

Tabla 14 Emisiones de CO2 de Buses y Similares de 2021 al 2030

Año	Número de Vehículos	Emisiones Totales (t CO2)
2021	7805.2	109.1669049
2022	9778.608	136.7678432
2023	11536.496	161.3544255
2024	13068.16	182.776941
2025	14888.448	208.2362767
2026	16392.08	229.2667246
2027	17905.76	250.4377081
2028	19496.256	272.6830734
2029	21106.848	295.2095101
2030	23198.432	324.4633091

Fuente: Elaboración Propia

5.4 Factor de Emisión N2O para los Vehículos Diesel

Tomando en consideración los datos previamente encontrados y según los estándares de la herramienta utilizada, el siguiente factor de emisión de N2O por unidad de Bus y Similares en San Pedro Sula.

Tabla 15 Factor de Emisión de N2O

Factor de Emisión (gN2O/Km)	0.01
------------------------------------	------

Fuente: Elaboración Propia

5.5 Emisiones de N2O Buses y Similares en San Pedro Sula para los años 2016 a 2020

En la siguiente tabla se pueden apreciar las diferentes emisiones totales en toneladas de N2O durante el período de 2016 hasta 2020.

Tabla 16 Emisiones de N2O de Buses y Similares de 2016 al 2020

Año	Número de Vehículos	Emisiones Totales (t N2O)
2016	5849	4.528731551
2017	5974	4.625515863
2018	6117	4.736237117
2019	6286	4.867089507
2020	6352	4.918191624

Fuente: Elaboración Propia

5.6 Emisiones de N2O proyectadas de Buses y Similares en San Pedro Sula hasta el año 2030

En la tabla mostrada, se muestran las emisiones totales desde el año 2021 hasta el 2030 en las cuales podemos apreciar el aumento constante de las emisiones al pasar de los años. Esta muestra comparte el mismo comportamiento que la muestra del 2016 hasta el 2020.

Tabla 17 Emisiones de N2O de Buses y Similares de 2021 al 2030

Año	Número de Vehículos	Emisiones Totales (t N2O)
2021	7805.2	6.043367327
2022	9778.608	7.57132682
2023	11536.496	8.932414672
2024	13068.16	10.11834305
2025	14888.448	11.52774563
2026	16392.08	12.69196955
2027	17905.76	13.86397337
2028	19496.256	15.09545387
2029	21106.848	16.34249418
2030	23198.432	17.96195434

Fuente: Elaboración Propia

5.7 Factor de Emisión CH4 para los Vehículos Diesel

Considerando los datos encontrados anteriormente y con apoyo de la herramienta utilizada se obtuvo el siguiente factor de emisión de CH4 para un autobús promedio en San Pedro Sula.

Tabla 18 Factor de Emisión de CH4

Factor de Emisión (gCH4/Km)	0.14
--	------

Fuente: Elaboración Propia

5.8 Emisiones de CH4 Buses y Similares en San Pedro Sula del 2016 al 2020

En la siguiente tabla se pueden apreciar las diferentes emisiones totales en toneladas de N2O durante el período de 2016 hasta 2020.

Tabla 19 Emisiones de CH4 de Buses y Similares de 2016 al 2020

Año	Número de Vehículos	Emisiones Totales (t CH4)
2016	5849	75.47885918
2017	5974	77.09193105
2018	6117	78.93728528
2019	6286	81.11815845
2020	6352	81.9698604

Fuente: Elaboración Propia

5.9 Emisiones de CH4 proyectadas de Buses y Similares en San Pedro Sula hasta el año 2030

En la tabla mostrada, se muestran las emisiones totales desde el año 2021 hasta el 2030 en las cuales podemos apreciar el aumento constante de las emisiones al pasar de los años. Esta muestra comparte el mismo comportamiento que la muestra del 2016 hasta el 2020.

Tabla 20 Emisiones de CH4 de Buses y Similares de 2021 al 2030

Año	Número de Vehículos	Emisiones Totales (t CH4)
2021	7805.2	100.7227888
2022	9778.608	126.1887803
2023	11536.496	148.8735779
2024	13068.16	168.6390508
2025	14888.448	192.1290938
2026	16392.08	211.5328258
2027	17905.76	231.0662229
2028	19496.256	251.5908978
2029	21106.848	272.374903
2030	23198.432	299.3659056

Fuente: Elaboración Propia

5.10 Emisiones totales de Gases de Efecto Invernadero por Buses y Similares en San Pedro Sula del año 2016 hasta el 2030

Uniendo todos los resultados obtenidos de las emisiones previamente calculadas nos brinda la siguiente tabla con las emisiones totales en toneladas para CO₂, CH₄ y N₂O.

En cada una de las secciones podemos apreciar que, sin hacer ningún cambio, las emisiones seguirán aumentando.

Tabla 21 Emisiones Totales de CO₂, CH₄ y N₂O de Buses y Similares de 2016 al 2030

Año	Emisiones Totales (t CO₂)	Emisiones Totales (t CH₄)	Emisiones Totales (t N₂O)
2016	81.8	75.48	4.53
2017	83.55	77.09	4.63
2018	85.55	78.94	4.74
2019	87.92	81.12	4.87
2020	88.84	81.97	4.92
2021	109.17	100.72	6.04
2022	136.76	126.12	7.57
2023	161.35	148.87	8.93
2024	182.78	168.64	10.12
2025	208.24	192.13	11.53
2026	229.27	211.53	12.69
2027	250.44	231.07	13.86
2028	272.68	251.59	15.1
2029	295.21	272.37	16.34
2030	324.46	299.37	17.96

Fuente: Elaboración Propia

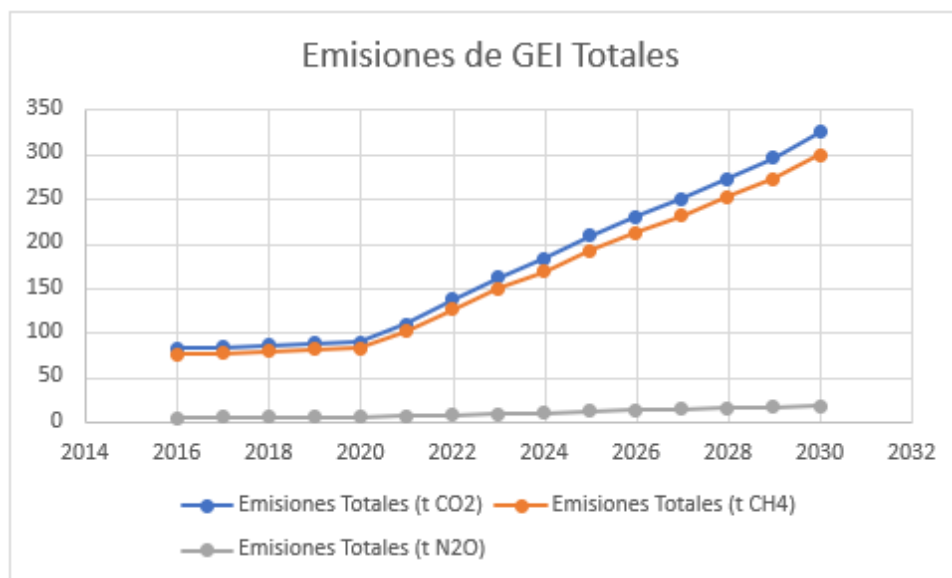


Ilustración 4 Emisiones de GEI Totales

Fuente: Elaboración Propia

5.11 Reducción de Emisiones por cambio de combustible a celdas de hidrógeno

La sugerencia propuesta es hacer un cambio gradual de sustitución de unidades en el sector transporte público de Buses y Similares en 3 porcentajes los cuales vendrían siendo el 15%, 30% y 50%. El cambio propuesto es con respecto a la sustitución del Diesel por Celdas de Combustible de Hidrógeno. Se utilizó la proyección del 2030 para el cálculo de los vehículos y las Emisiones Reducidas para los 3 escenarios propuestos.

Tabla 22 Emisiones Reducidas de CO2, CH4 y N2O de Buses y Similares al 2030 con porcentaje de cambio de 15%,30% y 50%

Porcentaje de Cambio de Diesel a Celdas de Hidrógeno.	Número de vehículos	Emisiones Reducidas (t CO2)	Emisiones Reducidas (t N2O)	Emisiones Reducidas (t CH4)
15%	3479.7648	48.669	2.694	44.90488584
30%	6959.5296	97.338	5.388	89.80977169
50%	11599.216	162.23	8.98	149.69307

Fuente: Elaboración Propia

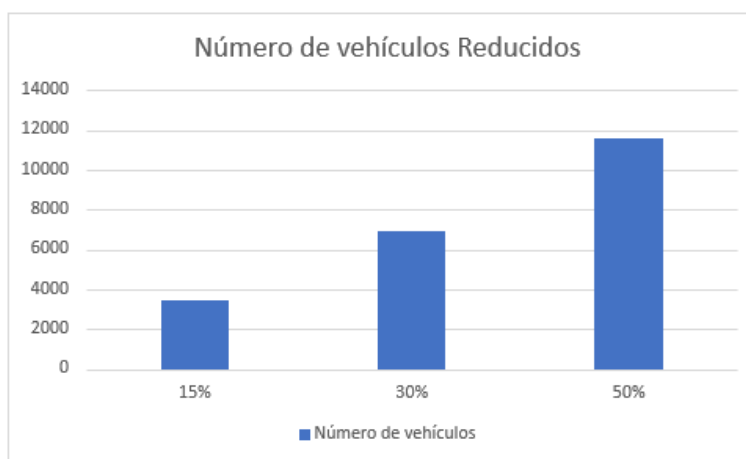


Ilustración 5 Número de Vehículos Reducidos

Fuente: Elaboración Propia

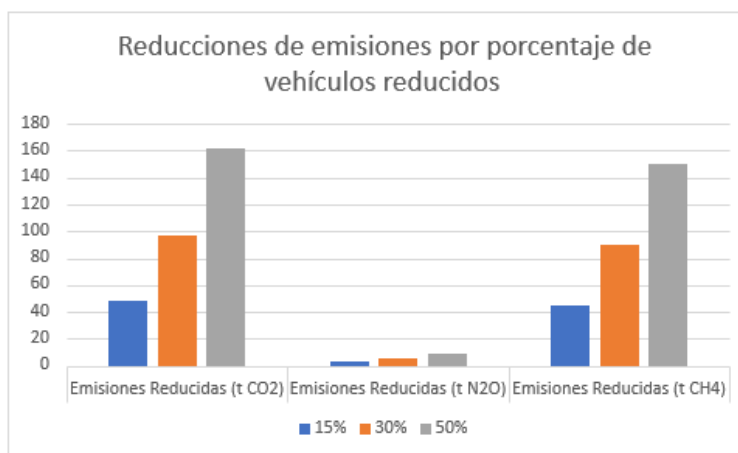


Ilustración 6 Reducciones de emisiones por porcentaje de vehículos reducidos

Fuente: Elaboración Propia

VI. Conclusiones

1. Por medio de los datos de la proyección, se concluyó que para el año 2030 las emisiones correspondientes a las toneladas de CO₂ serán de 324.46 toneladas, para N₂O serán de 17.96 toneladas y las de CH₄ serían de alrededor 299 toneladas. Sin embargo, al hacer el cambio propuesto de Diesel a Celdas de Hidrógeno al 50%, las emisiones de CO₂ emitidas se reducirían hasta 162.23 toneladas, las emisiones de N₂O a 8.98 toneladas y las de CH₄ serían de aproximadamente 149.69 toneladas. Apreciando esta disminución de emisiones, el cambio de combustible sería muy provechoso para mejorar la calidad de vida de los habitantes de San Pedro Sula en términos de la calidad del Aire.
2. Al utilizar hidrógeno verde, las emisiones de gases de efecto invernadero del sector transporte se verían severamente disminuidas en vez del usual Diesel. Esto debido a que las emisiones resultantes del uso del hidrógeno verde son 100% limpias y no dañinas, así que, no aportarían a la emisión de gases nocivos a la atmosfera. Sin embargo, el hidrogeno marrón y azul tienen dentro de sus componentes, factores que podrían causar emisiones de CO₂.
3. Al ser el sector transporte el más influyente a nivel americano en lo que respecta a emisiones de gases de efecto invernadero, es importante seguir explorando nuevos métodos de sustitución de combustibles fósiles, explorar alternativas para la reducción del parque vehicular no solo a nivel público, pero a nivel de vehículos particulares y brindar capacitaciones sobre el mantenimiento de los vehículos y su tiempo de vida óptimo. Se concluyó que en el sector transporte hondureño están muy presentes los combustibles denominados Diesel, gasolina super y regular, así como el centro de recarga de energía eléctrica para autos eléctricos.
4. Se evidenció que el sector transporte público necesita mejoras en el marco regulatorio ya que las unidades que transitan hoy en día emiten demasiado CO₂ a la atmosfera con lo cual se recomienda hacer un cambio de unidades convencionales a las nuevas y en proceso de producción de "The e.City Gold" sumado a su pila de batería "The H₂.City Gold" las cuales están siendo patentadas por CaetanoBus (empresa portuguesa) junto a Toyota. Con el marco regulatorio actual no se cuenta con leyes orientadas al hidrógeno lo cual en

los siguientes años se debería de tomar en cuenta facilitar la introducción al país de dicha energía por medio de nuevas regulaciones e incentivos, así como socializar los posibles proyectos a la población para su rápida y fácil aceptación y uso de las unidades.

5. Se necesitan hacer revisiones en las bases de datos para obtener información más actualizada, así como explorar la alternativa para implementar nuevas tecnologías y blindarlas por medio el marco legal para que estas puedan tener un desarrollo controlado y beneficioso para la sociedad y complementar más la matriz energética del país.

VII. Recomendaciones

1. Es necesario contar con una base de datos más actualizada y extensa para poder brindar mayores soluciones y resultados. Contar con mayor apoyo a la investigación por parte de las instituciones públicas para poder facilitar la obtención de los datos necesarios para llevar a cabo estudios investigativos. Pese a que el INE y el IHTT tienen cierta información en sus portales web, siguen estando desactualizados en lo que corresponde al sector transporte.

VIII. Aplicabilidad/Implementación

Este estudio puede ser tomado en cuenta como base para futuras investigaciones con respecto al sector analizado. Dado que el hidrogeno es una tecnología emergente y que todo indica a que las energías renovables en un futuro serán las principales fuentes de energía a nivel mundial, es importante empezar a contar con estos tipos de trabajos para agilizar la conversión y desintoxicación del sector transporte público y ver los múltiples beneficios que trae el cambio a esta tecnología no solo para el medio ambiente si no, para la salud de la población hondureña.

IX. Evolución del Trabajo Actual

La evolución de este trabajo puede orientarse a cubrir el territorio hondureño en su totalidad siempre y cuando se sigan actualizando los datos de las diferentes instituciones hondureñas para el cálculo preciso de unidades a sustituir y emisiones a reducir. Se pueden agregar otros estudios relacionando los otros grupos de hidrógeno disponibles para poder dar un enfoque variado a las investigaciones y tomar en cuenta los diferentes cambios en los marcos regulatorios que va dictando el estado hondureño con el pasar del tiempo.

X. Bibliografía

Kahn Ribeiro, S. K. (2007). Climate change: Transport and its infrastructure.

INE. (20 de mayo de 2022). Boletín Parque Vehicular de Honduras. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística: <https://www.ine.gob.hn/V3/imag-doc/2021/06/PARQUE-VEHICULAR-DE-HONDURAS-2016-2020.pdf>

GHG Protocol. (Marzo de 2017). Greenhouse Gas Protocol. Obtenido de WRI GHG Emission Factors Compilation: <https://ghgprotocol.org/calculation-tools>

IHTT. (2021). IHTT. Obtenido de Portal de Rutas: <https://satt.transporte.gob.hn:93/Portal/RutasIngresadas.aspx>

CEPAL. (2017). La demanda de energía del sector transporte y el cambio climático en Honduras.

CDM. (08 de 2021). Clean Development Mechanism (CDM). Obtenido de AMS-III.C.: Emission reductions by electric and hybrid vehicles --- Version 15.0: <https://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/AWVYMI7E3FP9BDRQ646203OVPKFPQB>

CIA. (2020). Crude Oil - proved reserves. Obtenido de The World Factbook: <https://www.cia.gov/the-world-factbook/field/crude-oil-proved-reserves/country-comparison>

Asociación Española de Operadores de Productos Petrolíferos. (2002). Enerclub. Obtenido de El Petróleo:

https://www.enerclub.es/extfrontenerclub/img/File/nonIndexed/petroleo/secciones/pdf/caps_todos/AOP%20FICHAS%20DIDACTICAS.pdf