

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA**



**Alternativas tecnológicas en el sector transporte liviano  
para el proceso de descarbonización en la Provincia del  
Santa**

**Tesis para obtener el Título Profesional de  
Ingeniero en Energía**

**AUTORES :**

Bach. Quispe Sulca, Maryluz.  
Bach. Lázaro Valderrama, Soliz Evelit.

**ASESOR :**

Mg. Guevara Chinchayan, Robert Fabian  
DNI 32788460  
Código ORCID: 0000-0002-3579-3771  
Nuevo Chimbote-Perú

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA**



**CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR**

La presente Tesis para Título ha sido revisada y desarrollada en cumplimiento del objetivo propuesto y reúne las condiciones formales y metodológicas, estando en cuadrado dentro de las áreas y líneas de investigación conforme al reglamento general para obtener el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa (R.D: N°580-2022-CU-R-UNS) de acuerdo a la denominación siguiente

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero en  
Energía

Alternativas tecnológicas en el sector transporte liviano para el proceso de  
descarbonización en la Provincia del Santa

Autores :  
Bach. Quispe Sulca, Maryluz.  
Bach. Lázaro Valderrama, Soliz Evelit.

-----  
Mg. Guevara Chinchayan, Robert Fabian  
Asesor  
DNI 32788460  
Código ORCID: 0000-0002-3579-3771



# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA E.P. INGENIERÍA EN ENERGÍA

---

## ACTA DE CONFORMIDAD DEL JURADO

El presente jurado evaluador da la conformidad del presente informe, desarrollado en el cumplimiento del objetivo propuesto y presentado conforme al reglamento General para obtener el grado Académico de Bachiller y Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa (R.D N°580-2022-CU-R-UNS); titulado:

Alternativas tecnológicas en el sector transporte liviano para el proceso de descarbonización en la Provincia del Santa

Autores:

Bach. Quispe Sulca, Maryluz.  
Bach. Lázaro Valderrama, Soliz Evelit.

Revisado y evaluado por el siguiente Jurado Evaluador.

.....  
Mg. Benites Villegas, Hector Domingo  
Presidente  
DNI 17826239  
Código ORCID: 0000-0002-8809-6371

.....  
Dr. Aranguri Gayetano, Denis Javier  
Integrante  
DNI 42008679  
Código ORCID: 0000-0002-6119-2072

.....  
Mg. Guevara Chinchayán, Robert Fabian  
Integrante  
DNI 32788460  
Código ORCID: 0000-0002- 3579-3771

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 10:30 a.m., del día lunes 14 del mes de abril del año dos mil veinticinco, en el Aula E-3 de la Escuela Profesional de Ingeniería en Energía, en cumplimiento al Art. 68 del Reglamento General de Grados y Títulos, aprobado con Resolución N°337-2024-CU-R-UNS de fecha 12.04.24, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante Resolución N° 659-2024-UNS-CFI de fecha 14.10.24, integrado por los siguientes docentes:

- Mg. Héctor Domingo Benites Villegas : Presidente
- Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayán : Secretario
- Dr. Denis Javier Aranguri Cayetano : Integrante

Y según la Resolución Decanal N°134-2024-UNS-FI de fecha 08.04.25., se DECLARA EXPEDITO a los bachilleres para dar inicio a la sustentación y evaluación de la Tesis, titulada: "ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EN EL SECTOR TRANSPORTE LIVIANO PARA EL PROCESOS DE DECARBONIZACIÓN EN LA PROVINCIA DEL SANTA", perteneciente a los bachilleres: QUISPE SULCA MARYLUZ con código de matrícula N°201511005 y LÁZARO VALDERRAMA SOLIZ EVELIT código de matrícula N°0201511032, teniendo como asesor al docente Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayán, según Resolución Decanal N°545-2023-UNS-FI de fecha 02.08.23.

Terminada la sustentación del bachiller, respondió las preguntas formuladas por los miembros del jurado y el público presente.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, en concordancia con el artículo 73° del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Santa, declara:

BACHILLER	PROMEDIO	PONDERACIÓN
QUISPE SULCA MARYLUZ	DIECISIETE (17)	BUENO

Siendo las 11:00 a.m. del mismo día, se da por terminado el acto de sustentación, firmando los integrantes del jurado en señal de conformidad.

Mg. Héctor Domingo Benites Villegas  
PRESIDENTE

Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayán  
SECRETARIO

Dr. Denis Javier Aranguri Cayetano  
INTEGRANTE

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 10:30 a.m., del día lunes 14 del mes de abril del año dos mil veinticinco, en el Aula E-3 de la Escuela Profesional de Ingeniería en Energía, en cumplimiento al Art. 68 del Reglamento General de Grados y Títulos, aprobado con Resolución N°337-2024-CU-R-UNS de fecha 12.04.24, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante Resolución N° 659-2024-UNS-CFI de fecha 14.10.24, integrado por los siguientes docentes:

- Mg. Héctor Domingo Benites Villegas : Presidente
- Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayán : Secretario
- Dr. Denis Javier Aranguri Cayetano : Integrante

Y según la Resolución Decanal N°134-2024-UNS-FI de fecha 08.04.25., se **DECLARA EXPEDITO** a los bachilleres para dar inicio a la sustentación y evaluación de la Tesis, titulada: "ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EN EL SECTOR TRANSPORTE LIVIANO PARA EL PROCESOS DE DECARBONIZACIÓN EN LA PROVINCIA DEL SANTA", perteneciente a los bachilleres: **QUISPE SULCA MARYLUZ** con código de matrícula N°201511005 y **LÁZARO VALDERRAMA SOLIZ EVELIT** código de matrícula N°0201511032, teniendo como asesor al docente **Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayán**, según Resolución Decanal N°545-2023-UNS-FI de fecha 02.08.23.

Terminada la sustentación del bachiller, respondió las preguntas formuladas por los miembros del jurado y el público presente.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, en concordancia con el artículo 73° del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Santa, declara:

BACHILLER	PROMEDIO	PONDERACIÓN
LÁZARO VALDERRAMA SOLIZ EVELIT	Diecisiete (17)	BUENA

Siendo las 11:00 a.m. del mismo día, se da por terminado el acto de sustentación, firmando los integrantes del jurado en señal de conformidad.

  
Mg. Héctor Domingo Benites Villegas  
PRESIDENTE

  
Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayán  
SECRETARIO

  
Dr. Denis Javier Aranguri Cayetano  
INTEGRANTE



## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: LAZARO VALDERRAMA  
Título del ejercicio: TESIS  
Título de la entrega: ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS EN EL SECTOR TRANSPORTE LI...  
Nombre del archivo: TESIS\_MARYLUZ\_LAZARO.pdf  
Tamaño del archivo: 2.9M  
Total páginas: 146  
Total de palabras: 36,971  
Total de caracteres: 179,774  
Fecha de entrega: 16-abr.-2025 07:28p. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entrega: 2648457065



## ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS EN EL SECTOR TRANSPORTE LIVIANO PARA EL PROCESO DE DESCARBONIZACION EN LA PROVINCIA DEL SANTA

INFORME DE ORIGINALIDAD



ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

9%

★ [repositorio.uns.edu.pe](https://repositorio.uns.edu.pe)

Fuente de Internet

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo

## *DEDICATORIA*

*A mi madre Celedonia Sulca de la Cruz  
por su gran apoyo en esta mi trayectoria de vida,  
y quien hasta el día de hoy es mi pilar más importante.*

*A mi hermano ALEXANDER en el cielo,  
quien en vida fue uno de los pilares de la mía,  
quien me sostenía e impulsaba en todo momento.*

*A mi tía Carmen Muñoz,  
quien me enseñó el significado del valor y la valentía,  
quien para mi representa fortaleza.*

*Maryluz Quispe Sulca*



*DEDICATORIA*

*Para mi Mamá: Martha Valderrama Gonzales, por su gran amor.*

*Para mi Papá: Marcial Lázaro Rodríguez*

*Para mi Tío: Wilmer Valderrama Gonzales*

*Para mis tres hermanos con todo aprecio:*

*Royle Lázaro Valderrama*

*Mirelita Lázaro Valderrama*

*Marlo Lázaro Valderrama*

*Lázaro Valderrama, Soliz Evelit*

## AGRADECIMIENTO

*Mi gratitud a mis profesores  
de la Escuela profesional de  
Ingeniería en Energía  
por sus enseñanzas.*

*A mis amigos de la escuela  
con quienes hasta hoy  
nos apoyamos e instamos  
a seguir logrando metas y  
superando obstáculos.*

*Al Ing. Robert Guevara  
por su invaluable asesoría  
en el presente informe.*

*Maryluz Quispe Sulca*

## *AGRADECIMIENTO*

*Agradezco a mi Padre Celestial y a mi familia  
Por su apoyo y motivación en cumplir mis metas  
a mi asesor Ing. Robert Guevara  
por impartir sus conocimientos y experiencias  
que me guiaron en la  
culminación de mi informe de tesis.*

*Lázaro Valderrama, Soliz Evelit*

## Índice General

### Índice General

#### Resumen

I	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Realidad Problemática	1
1.2	Antecedentes	2
1.3	Justificación	4
1.4	Hipótesis	5
1.5	Objetivos	5
II.	MARCO TEÓRICO	7
2.1	Descarbonización	7
2.2	Motores de combustión interna	18
2.3	Transporte vehicular con gas natural vehicular	27
2.4	Electromovilidad	34
III.	MATERIAL Y MÉTODO	50
3.1	Material	50
3.2	Método	54
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	60
4.1	Determinación de la autonomía de autos eléctricos	60
4.2	Determinar el equivalente en combustible ante la migración a gas Natural	68
4.3	Condiciones para implementar un parque automotor con gas natural	72
4.4	Análisis de la implementación de la electromovilidad en la Provincia del Santa	79
4.5	Propuestas del proceso de descarbonización de la Provincia del Santa	95
4.6	Discusión de resultados	97
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	99
5.1	Conclusiones	99
5.2	Recomendaciones	100
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
VII.	ANEXOS	111

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Índice de transición energética 2021	9
Figura 2 Posible reducción del 80% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en la UE	15
Figura 3 Ubicación de un MCI en un vehículo convencional	19
Figura 4 Comparativo de eficiencia de pozo a ruedas entre vehículos	22
Figura 5 Embrague electrónico para MCI livianos	23
Figura 6 Vehículo híbrido	24
Figura 7 Normativa EURO IV	27
Figura 8 Vehículo con GNV	28
Figura 9 Vehículo Bicomcombustible Diesel-GNV	30
Figura 10 Numero acumulado de vehículos a gas natural en el mundo	31
Figura 11 Arquitectura de un BEV	36
Figura 12 Arquitectura de un HEV	39
Figura 13 Arquitectura de un PHEV	41
Figura 14 Autonomía de vehículos eléctricos al 2023	43
Figura 15 Modos de carga de vehículos eléctricos	46
Figura 16 Curvas de potencia y torque de un BEV	49
Figura 17 Ruta interdistrital Chimbote-Nuevo Chimbote	51
Figura 18 Ruta urbana Chimbote	52
Figura 19 Modelo IONIQ V Hyundai	54
Figura 20 Distribución porcentual de la muestra para ruta interurbana	60
Figura 21 Distribución porcentual de la muestra para ruta urbana	61
Figura 22 Matriz de rendimientos para ruta interurbana con GLP	62
Figura 23 Rendimiento de vehículos de la muestra para ruta urbana	64
Figura 24 Participación porcentual de emisiones según combustible utilizado para ruta interurbana	66
Figura 25 Participación porcentual de emisiones según combustible utilizado para ruta urbana	67
Figura 26 Participación porcentual de emisiones según combustible total	67
Figura 27 Talleres autorizados para reconversión a GNV-Chimbote	77
Figura 28 Componentes del kit de 5° generación de GNV	78
Figura 29 Modelos disponibles-Programa Mi Taxi Eléctrico	86
Figura 30 Estación de carga lenta domiciliaria	89

Figura 31 Estación de carga lenta domiciliaria con SFV	89
Figura 32 Estación de carga publica	91
Figura 33 Propuesta de comercialización para el suministro de energía eléctrica para cero emisiones	94
Figura 34 Propuesta de proceso de descarbonización GNV-Electromovilidad suministro SEIN	95
Figura 35 Propuesta de proceso de descarbonización GNV-Electromovilidad suministro SFV Autónomos	96
Figura 36 Propuesta de comercialización para el suministro de energía eléctrica para cero emisiones	96

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Estadísticas de ingreso de Tecnología motriz eléctrica al Perú	50
Tabla 2 Número de vehículos y principales rutas de transporte interurbano	50
Tabla 3 Número de vehículos y principales rutas de transporte urbano	51
Tabla 4 Rendimientos de motores de combustión interna	52
Tabla 5 Factor de emisiones según m.c.i	53
Tabla 6 Especificaciones técnicas de IONIQ5 Hyundai	53
Tabla 7 Matriz de rendimientos para ruta interurbana con GLP	62
Tabla 8 Matriz de emisiones para ruta interurbana	65
Tabla 9 Matriz de emisiones para ruta urbana	66
Tabla 10 Matriz de sustitución de combustibles por GN para ruta interurbana	69
Tabla 11 Matriz de sustitución de combustibles por GN para ruta urbana	69
Tabla 12 Matriz de emisiones de GNV para ruta interurbana	71
Tabla 13 Matriz de emisiones de GNV para ruta urbana	71
Tabla 14 Matriz de Costos para promoción del GNV-Proceso de descarbonización	73
Tabla 15 Matriz de GN asociado a la recarga eléctrica-Ruta interurbana	82
Tabla 16 Matriz de GN asociado a la recarga eléctrica-Ruta urbana	82
Tabla 17 Matriz de emisiones asociadas a la recarga eléctrica-Ruta interurbana	84
Tabla 18 Matriz de emisiones asociadas a la recarga eléctrica-Ruta urbana	84
Tabla 19 Inversión de electromovilidad para el proceso de descarbonización	90

## RESUMEN

La descarbonización es un proceso progresivo de reducción de nuestras emisiones de carbono a la atmósfera. Estas emisiones, principalmente de dióxido de carbono, son consecuencia de la actividad humana y la manera en que producimos nuestra energía, así como la ganadería y la agricultura intensivas y para nuestro estudio el empleo de combustibles en el sector transporte liviano de la Provincia del Santa.

La muestra es de 1 380 vehículos de 5 rutas interurbanas y 5 rutas urbanas, con un total de emisiones de 3 371 Ton CO<sub>2</sub>/mes equivalente a 40 452 Ton CO<sub>2</sub>/año, donde el 84,6% de la muestra de estudio analizada representa vehículos que consumen GLP, el 10,1% consumen gasohol y 5,2% consumen petróleo DB5.

La implementación del uso masivo de gas natural vehicular implica la reconversión tecnológica de los 1 380 vehículos, reduciendo las emisiones de CO<sub>2</sub> de 475 Ton CO<sub>2</sub>/mes igual a 5 700 Ton CO<sub>2</sub>/año, lo que significa una reducción del 14,1% de las emisiones emitidas. Con un costo de U\$ 20'186 991,70.

La mejor propuesta para el proceso de descarbonización implica un tránsito por la reconversión tecnológica a GNV y luego optar por la electromovilidad implementando un suministro de energía, mediante un PPA con un comercializador de energía, según contrato de mercado libre de energía, con un costo de U\$ 59'367 600,00 reduciéndose en 100% las emisiones de CO<sub>2</sub>.

**PALABRA CLAVE:** Descarbonización, transporte liviano, alternativas tecnológías.



## **ABSTRACT**

Decarbonization is a progressive process of reducing our carbon emissions into the atmosphere. These emissions, mainly carbon dioxide, are a consequence of human activity and the way we produce our energy, as well as intensive livestock farming and agriculture, and for our study the use of fuels in the light transportation sector of the Province of Santa .

The sample is 1,380 vehicles on 5 interurban routes and 5 urban routes, with a total of emissions of 3,371 Ton CO<sub>2</sub>/month equivalent to 40,452 Ton CO<sub>2</sub>/year, where 84.6% of the analyzed study sample represents vehicles that consume LPG, 10.1% consume gasohol and 5.2% consume DB5 oil.

The implementation of the massive use of natural gas for vehicles implies the technological reconversion of the 1,380 vehicles, reducing CO<sub>2</sub> emissions from 475 Ton CO<sub>2</sub>/month equal to 5,700 Ton CO<sub>2</sub>/year, which means a reduction of 14.1% the emissions emitted. With a cost of U\$ 20,186,991.70.

The best proposal for the decarbonization process involves a transition through technological reconversion to NGV and then opting for electromobility by implementing an energy supply, through a PPA with an energy marketer, according to a free energy market contract, with a cost of U\$ 59,367,600.00, reducing CO<sub>2</sub> emissions by 100%

**KEYWORD:** Decarbonization, light transport, alternative technologies

## **I. INTRODUCCIÓN.**

### **1.1 Realidad problemática.**

El sector transporte terrestre es el mayor consumidor de combustible a nivel mundial, con cerca del 60% de las emisiones de gases de efecto invernadero son producidos por este importante sector económico (Red Española, 2022). El sector de transporte liviano se caracteriza por el consumo de petróleo BD, gasohol 90, 95 y 97 octanos, gas licuado de petróleo y gas natural vehicular, ordenados según el grado de emisiones que se origina en cada proceso asociado a cada combustible. El combustible ingresa al motor de combustión interna, el cual aprovecha el flujo de energía calorífica suministrada en energía mecánica con un bajo grado de aprovechamiento, esto es para los motores de combustión interna con encendido por compresión 30% y con motores con encendidos por explosión en 25%, luego debe transformarse en energía final útil en los neumáticos con eficiencias de pozo a rueda de 14-17% según la tecnología del motor, con lo cual los sistemas automotrices son los sistemas energéticos de muy baja eficiencia. Los sistemas automotrices son de muy baja eficiencia, y están ligados a la disipación de calor en los sistemas de enfriamiento, lubricación y con los gases de la combustión. Esta última pérdida este asociado a las emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente el dióxido de carbono, que es el causante del efecto invernadero y la ruptura de la capa de ozono. Lo que implica la carbonización de la atmosfera, lo cual es un problema álgido que afecta no solo a las poblaciones, sino a la estabilidad del clima, generando cambios bruscos en las estaciones, y en muchas regiones del mundo, generándose no solo un problema de índole local, sino de carácter mundial.

La existencia de tecnologías automotrices más eficientes es evidente en la actualidad, tal como es la electromovilidad con automóviles HEV y BEV, así como los autos con hidrogeno, pero aun sus altos costos, hacen inviable acorto plazo su masificación. Por lo cual se presenta un periodo de transicion energética hacia la descarbonización, que es responsabilidad de los gobiernos locales, en este caso aun en Chimbote el grado de penetración del gas natural es, mínimo, con menos del 2 % de los autos de carga liviana emplean GNV ( Quillos, 2023). Y mucho menos aun no se encuentran vehículos eléctricos en la provincia. En la provincia del Santa el transporte liviano incluye el transporte particular y el transporte público, siendo los mayores generadores de emisiones de gases de efecto invernadero concentrándose entre las ciudades de Chimbote y Nuevo Chimbote la gran parte de emisiones emitidas, muy al margen de

las revisiones técnicas que cada cierto periodo de tiempo se aplica, lo cual perjudica el proceso de descarbonización.

Como parte de la presente investigación se plantea el problema:

¿Cuáles son las alternativas tecnológicas que se pueden implementar en el sector transporte liviano para el proceso de descarbonización en la Provincia del Santa?

## **1.2 Antecedentes:**

Se presenta los antecedentes internacionales de la tesis:

González, T. (2018) en su tesis análisis de escenarios de descarbonización de la matriz energética chilena mediante la incorporación de geotermia y CSP para la Universidad de Chile, concluye que al desarrollar 4 escenarios de descarbonización de la matriz eléctrica chilena al largo plazo, reemplazando la potencia instalada en carbón por geotermia y concentración solar CSP. Adicionalmente se procedió a hacer un análisis técnico económico de las centrales de reemplazo con la reutilización del bloque de poder, en particular, la turbina de vapor de la central térmica desmantelada. Para los escenarios de reemplazo de largo plazo se utilizó el modelo desarrollado en la Mesa de Geotermia con software PLP. Este proceso ocurre en el periodo que abarca desde enero del 2017 hasta diciembre del año 2050.

Moreno, L. & Zambrano, R. (2022) en su tesis propuesta de descarbonización del sistema de transporte público de la ciudad de Guayaquil en la Escuela Superior Politécnica del Litoral en Ecuador concluye que los vehículos eléctricos son una alternativa muy atractiva, tanto por la suficiencia energética como por la disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub>, además de que son económicamente rentables. Se evidenció en el estudio de calidad de energía que los cargadores de los VE y BE no constituyen un riesgo para contaminar o perturbar la red pública de suministro de electricidad. En el análisis económico y contaminación al medio ambiente, los VE y BE son una solución definitiva al problema de los altos costos de combustible y reducción de las emisiones GEI en Ecuador.

Valencia, V. (2022) en su tesis opciones de descarbonización del transporte terrestre en ciudades de Colombia: escenarios a partir de un modelo de dinámica de sistemas en la Universidad Nacional de Colombia concluye que la crisis climática y la mala calidad del aire urbano han puesto la descarbonización del sector transporte en la agenda de la mayoría de los gobiernos. Sin embargo, la descarbonización del transporte

generalmente se aborda a partir de la sustitución de tecnologías de vehículos, dejando de lado el potencial de los cambios modales en el camino hacia la reducción de emisiones. Este trabajo tiene como propósito evaluar posibles vías de descarbonización del transporte terrestre urbano para Bogotá D.C. y el Área Metropolitana del Valle de Aburrá -dos regiones de Colombia, un país en desarrollo- incluyendo el análisis del cambio tecnológico en vehículos y la dinámica de los viajes. Los resultados indican que bajo las condiciones actuales alrededor de un tercio del total de vehículos de Bogotá y del AMVA podrían ser vehículos eléctricos para 2050, porcentaje de mercado que si bien evitaría un total de 57 Mt de CO<sub>2</sub>eq y 6 t de PM entre las dos regiones hasta 2050, es bajo considerando el crecimiento del número de vehículos y la lenta renovación del parque antiguo de vehículos de combustión interna.

Zamora, R. (2021) en su artículo científico movilidad y transporte descarbonizados en aras de la salud: un reto para las administraciones públicas para la Universidad de Málaga concluye que la movilidad y el transporte requieren de un esfuerzo adicional en la labor de regulación y planificación porque nos encontramos ante una materia transversal, que compromete el desarrollo social, territorial y económico; y que, además, está configurada por distintos modos de transporte con unos caracteres y desafíos propios. La movilidad urbana, el transporte marítimo, el ferrocarril, el transporte por carretera o el transporte aéreo tienen elementos comunes, pero necesitan de una planificación específica para atender a sus singularidades. En materia de movilidad urbana es clave recordar que los desplazamientos no siempre necesitan de un vehículo motorizado, que han fomentarse los desplazamientos no motorizados: a pie y en bicicleta. Estas formas de desplazamiento no generan emisiones de gases ni sonora, fomentan la salud y la calidad de vida, no impactan negativamente sobre el medio ambiente, no necesitan grandes infraestructuras ni cuantiosas inversiones, y permiten abarcar un mayor volumen de población

En los antecedentes nacionales tenemos los siguientes:

Aldana, J. et al. (2022) en su tesis propuesta para la sustitución del combustible Diésel en los vehículos de transporte de pasajeros en la Universidad ESAN concluye que con relación a la rentabilidad del combustible diésel y sus alternativas para el transporte de pasajeros (evaluación privada), se concluye que los buses a GN son más rentables que los buses eléctricos, mientras que los buses eléctricos son más rentables cuando se

realiza una evaluación social. Con relación a la evaluación del impacto ambiental y las alternativas que estamos planteando para cambiar el combustible de los buses diésel, concluimos que existe una mayor reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> de los buses eléctricos comparados con los buses a combustible GN.

Hilario, N. (2017) en su tesis doctoral emisiones contaminantes de vehículos en la ciudad de Huancayo, Universidad Nacional del Centro, concluye que en los contaminantes criterio, la categoría automóvil es la fuente que emitió la mayor cantidad de 25 046,3 toneladas, seguido de moto-motocicleta de 17 680,6 toneladas, camioneta rural de 1 014,7 toneladas, camioneta pick up de 343,1 toneladas, custer de 299,3 toneladas, camión de 124,1 toneladas y ómnibus de 3,3 toneladas. En cuanto a gases de efecto invernadero la categoría automóvil es la fuente que emitió la mayor cantidad de 114 683 toneladas, seguido de camioneta rural de 58 922,4 toneladas, moto-mototaxi de 26 203,5 toneladas, camioneta pick up de 33 908,8 toneladas, custer de 16 746,3 toneladas, camión de 5 274,3 toneladas y ómnibus de 87,6 toneladas.

Quenaya, E. (2018) en su tesis impacto de la contaminación del aire por el parque automotor en la población del área urbana de Arequipa 2016 – 2017 para la universidad de San Agustín en Arequipa, concluye que el parque automotor en las principales ciudades de Latinoamérica han experimentado un aumento por ende también el transporte público, lo que ha generado muy poca contaminación del aire, debido a que su transporte el periodo de antigüedad bordea los 4 ó 5 años, además sus habitantes han hecho conciencia en este aspecto y en su locomoción utilizan bicicletas y motos (Colombia) con miras a futuro a utilizar vehículos eléctricos. No obstante la Ciudad de Lima Perú en términos globales ocupa el segundo lugar en el ranking de contaminación (86 ug/m<sup>3</sup> de PM<sub>10</sub>) según la OMS en el año 2016.

### **1.3 Justificación.**

El suministro de energía para el sector del transporte juega un papel importante para la sostenibilidad de cualquier proyecto a implementarse, debido a que no solo se requiere tener el activo circulando, sino que también involucra muchos aspectos que deben tomarse en cuenta para tener éxito.

El sector del transporte se encuentra ante una etapa de grandes desafíos que nacen de la necesidad de descarbonizar la economía, fomentando la conectividad y las cadenas logísticas intermodales y aplicando la digitalización y los avances

tecnológicos. Para hacerles frente, ya se están observando algunas innovaciones y tendencias que marcarán el futuro del sector:

- Movilidad descarbonizada para cumplir con el objetivo de la neutralidad. Esta tendencia se caracteriza por fomentar los combustibles alternativos que reduzcan las emisiones de carbono, restringir la circulación dentro de las ciudades, en este caso en la provincia del Santa, a vehículos contaminantes y fomentar la renovación de las flotas de vehículos más limpios y eficientes para el transporte privado, colectivo y de mercancías.
- Modelos alternativos de movilidad. Bicicletas, vehículos de movilidad personal, transporte público y sobre todo la movilidad compartida como alternativa al vehículo privado han proliferado en los últimos años y la tendencia es que se afiancen y aumente su demanda, por lo que las empresas tienen grandes oportunidades de negocio en esta área.
- Conectividad y automatización del transporte. Como en todos los sectores la conectividad y la automatización juegan un papel fundamental en el transporte. Estos avances en los vehículos nos proporcionan multitud de ventajas, como optimizar la circulación con las aplicaciones que nos indican la mejor ruta para reducir el tiempo en carretera, evitar atascos y accidentes de tráfico, localizar aparcamientos disponibles o incluso controlar a remoto el vehículo.

#### **1.4 Hipótesis.**

Las alternativas tecnológicas a implementar en el sector transporte liviano para el proceso de descarbonización en la Provincia del Santa, es en los primeros años el gas natural vehicular y en los años siguientes la electromovilidad.

#### **1.5 Objetivos.**

##### **Objetivo general**

Evaluar las alternativas a implementar en el sector transporte liviano para el proceso de descarbonización en la Provincia del Santa

##### **Objetivos específicos:**

- Realizar un diagnóstico del sector transporte liviano en la provincia del Santa.
- Estimar las condiciones de implementación del uso masivo del gas natural vehicular en la provincia del Santa.

- Determinar las condiciones futuras para la implementación de la electromovilidad en el sector transporte liviano de la Provincia del Santa.
- Realizar propuestas para el proceso descarbonización del sector transporte liviano en la provincia del Santa.

## **II. MARCO TEÓRICO.**

### **2.1 Descarbonización.**

#### **2.1.1 Transición energética.**

El término calentamiento global se refiere, en líneas generales, al largo proceso de calentamiento del planeta a raíz de actividades humanas desde el siglo XIX y hasta la actualidad. Se listan entre sus consecuencias, más allá del mencionado aumento de temperatura, las variaciones en los modos de precipitación, el uso social del agua, la calidad del aire, la biodiversidad, y decenas de otras afecciones a diferentes ámbitos de nuestra vida cotidiana. Esa serie de cambios en los promedios y patrones en los modos de darse del clima, suelen inscribirse bajo el paraguas de lo que habitualmente se denomina cambio climático. (Clavaguera, 2020)

El Acuerdo de París, firmado por las Naciones Unidas a mediados de 2016, supone el primer gran paso hacia un marco legislativo para mitigar el Cambio Climático. Sus principales metas son: a. Mantener el aumento de la temperatura media mundial por debajo de 2 °C con respecto a los niveles de la era preindustrial, y proseguir esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5 °C. Aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promover la resiliencia al clima y un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero, de un modo que no comprometa la producción de alimentos; y situar los flujos financieros en un nivel compatible con una trayectoria que conduzca a un desarrollo resiliente al clima y con bajas emisiones de gases de efecto invernadero. (Clavaguera, 2020)

La transición energética es un cambio en la forma que tiene una economía de aprovisionarse de la energía primaria que requiere para su funcionamiento; haciendo hincapié en que dicho cambio es gradual. Las distintas formas de aprovisionamiento de energía hacen referencia tanto a los combustibles como a las máquinas motoras capaces de extraer la energía de esos combustibles. En general, se acepta por transición energética a la serie de cambios consistentes en la incorporación de nuevas técnicas de generación y aprovechamiento de la energía; cambiando con ellas los vectores energéticos<sup>4</sup> en los que se sustenta el desarrollo de una sociedad y teniendo muy presente las ideas manifestadas por Smil, J Nordensvärd y F Urban de cambio gradual



y extensión en el tiempo; despojando a la concepción de transición energética de cualquier connotación de cambio radical y revolucionario.(Roa, 2018)

La transición energética surge como la principal responsable para solucionar, o al menos frenar esa situación, considerando que el sector energético es el mayor responsable de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). De esta manera, considerando la relación entre medio ambiente, economía y sociedad, la propuesta del desarrollo sostenible parece ser más que necesaria para lograr una relación de equilibrio entre estos principales agentes, satisfaciendo las necesidades actuales sin comprometer a la de las generaciones futuras. En esta línea, los principales órganos mundiales han implementado medidas que convergen hacia esta búsqueda, y aunque se haya notado un avance, el mundo está muy lejos de alcanzar la situación ideal. (Da Silva, 2022)

En el que respecta a la energía y la transición energética, el acuerdo de París es el principal acuerdo a nivel global legalmente vinculante sobre el cambio climático, en el que los países se comprometen a reducir sus emisiones de GEI, basándose principalmente en estimular el uso responsable y de fuentes renovables de energía. Pero ese proceso de transición hacia las energías limpias ha resultado ser difícil, igual que la cantidad de energía utilizada, que sigue creciendo cada vez más. (Da Silva, 2022)

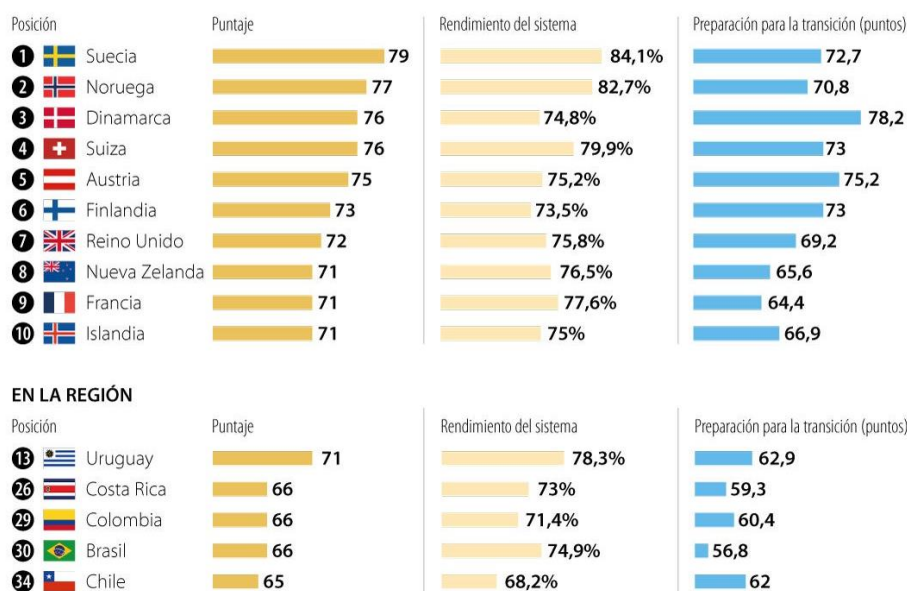
El primer elemento de la definición deviene de la organización IRENA, esta es, una organización referente en relación a la transición hacia las energías renovables: “El éxito de la transición energética depende de una transformación del sector energético mundial de fuentes fósiles a fuentes de carbono cero para la segunda mitad de este siglo, reduciendo las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía para mitigar el cambio climático y limitar la temperatura global a menos de 1,5° respecto a los niveles preindustriales”. (Godfrid, 2023)

No existe una definición o interpretación única sobre lo que se entiende por transiciones energéticas. Escrito en plural ya indicaría que son varias en el sentido de que dependerán del país o de la región que se considere. En este sentido también hay

que tener en cuenta la situación de partida y el pretendido objetivo final. A lo largo de la historia se han producido varias transiciones energéticas. Los estudios de las mismas muestran que fueron diversos los factores o las causas que las han generado o que han influido sobre ellas, si bien no parecían tener una finalidad predefinida, ni unos plazos de consecución. Esta observación resulta relevante, ya que en la actualidad y en Europa, como posteriormente se verá, sí existe un sentido de finalidad, con metas y plazos. (Álvarez, 2021)

Figura 1

*Índice de transición energética 2021*



Fuente: Foro Económico Mundial / Gráfico: LR-ER

*Nota.* Diario La República de Colombia (2022)

Los pilares del proceso de descarbonización son:

Ahorro de energía. Se relaciona de forma directa con la reducción de emisiones de dióxido de carbono y otros gases GEI que afectan a la salud de los seres humanos, también se relaciona a la reducción de los costos energéticos (una menor demanda de energía implica un mayor dinamismo en el mercado energético). La reducción de la demanda, así como el ingreso de las fuentes de energía renovables, es un tema de discusión y preocupación para las empresas de generación de energía, lo cual involucra una reducción de sus ingresos al ser los sistemas energéticos de consumo de mayor eficiencia. Pero se pone en cuestión esa problemática de los generadores, lo cual puede

tener su factor positivo como el incremento de la cobertura eléctrica. El ahorro de energía tiene por finalidad tres aspectos, la primera de ellas asociada a la reducción del consumo de energía, luego la reducción de costos y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. (Clavaguera, 2020)

Energías renovables. La sustitución de los combustibles y de la energía eléctrica producida con derivados de hidrocarburos, en el futuro será reemplazada por fuentes renovables como lo representan la energía fotovoltaica, eólica, biomasa y geotérmica, la cual presenta una alta inversión pero su efecto en la descarbonización es muy alta. (Clavaguera, 2020)

La transición energética sostenida requiere de la transformación del sector de energía y de la sociedad. Debe estar inmersa dentro de un proceso de planificación seria por parte de las instituciones estatales, en las cuales se planteen normativas y políticas promocionales para comprometer a los diversos actores de generación y consumo de energía, opten por alternativas energéticas más amigables al medio ambiente. Estos objetivos energéticos y climáticos no pueden tener éxito sino existe el compromiso de toda la sociedad. Debe enfocarse en un sistema bottom-up incluyendo la participación de los diversos sectores públicos y privadas. (Godfrid, 2023)

Desarrollo tecnológico e innovación. La penetración de las tecnologías limpias ha traído consigo el avance de los estudios de investigación y desarrollo, automatización, nuevos materiales, novedosos sistemas de almacenamiento, así como la explotación de recursos naturales como el litio y las tierras raras. Además, el uso eficiente y ahorro de energía implica el uso de técnicas de conservación y uso eficiente para la recuperación de calor residual y tecnologías eficientes como el empleo de variadores de velocidad y sistemas de iluminación eficiente, que de alguna manera reducen el consumo de los combustibles tradicionales. Del mismo modo la universalización de la energía, cogeneración y la generación distribuida son formas de abastecimiento muy eficientes que se están implementando. (Clavaguera, 2020)

Los avances conseguidos con la transición energética y la preservación del medio ambiente deben incluir políticas relevantes en los diversos niveles de gobierno, así

tenemos ministerios, gobiernos regionales y locales, los cuales juegan un papel, preponderante a la fecha, por estar estos últimos en mayor contacto con los problemas de contaminación dentro de su jurisdicción. Las gobernanzas municipales tienen el principal rol en el proceso de descarbonización. (Godfrid, 2023)

La transición energética en el sector transporte y su logística para su sostenibilidad representa un tema relevante de actualidad, sobre todo por los objetivos ambientales que persigue para garantizar un futuro sostenible. Ante lo evidente que representa el empleo de combustibles fósiles y su efecto sobre el medio ambiente, requiere toma de decisiones urgentes y planificadas. Por ejemplo, si una política de transición energética involucra el cambio de combustible tal como el gas natural vehicular, debe tener consigo una cadena de suministro segura y confiable, del mismo modo la logística debe incluir talleres autorizados, centro de ventas de repuestas originales, así como el aspecto formativo en los centros de enseñanza superior y técnica cumplen su rol. El sector del transporte representa el primer responsable de las emisiones de gases de efecto invernadero, así como de la contaminación del aire, agua y tierra en las ciudades modernas. Al adoptarse fuentes de energía renovables se podrá disminuir con mayor énfasis las emisiones y darle mayor calidad a nuestra vida. (Big data marketer, 2023)

La movilidad sostenible se presenta como una tecnología apropiada a implementarse en el proceso de la descarbonización para ello se requiere migrar a combustibles de menor impacto ambiental como el GLP y el GNV o hacia la electromovilidad o el transporte de vehículos con hidrógeno. Para ello el desempeño de los vehículos no debe radicar tan solo en los costos operativos, sino el mejor rendimiento distancia recorrida/unidad de combustible consumido. En estos aspectos se deben tener en cuenta factores como rendimiento de la transmisión mecánica, modelo aerodinámico, material de construcción, peso de los componentes del vehículo, entre otros. Existen otros factores intervinientes como la forma y hábitos de conducción, estado de las carreteras, nivel de mantenimiento e intensidad del tráfico. (Álvarez, 2021)

Algunos de los principales beneficios de la transición energética son:

- Disminución de emisiones: Al emplearse fuentes de energía renovables se reducirán las emisiones de gases de efecto invernadero y se contribuye en la mitigación del medio ambiente.
- Mejora de la calidad del aire: Al reducirse gases de efecto invernadero se hace más saludable la calidad del aire y la salud humana. (Big data marketer, 2023)
- Menor dependencia del petróleo debido a la diversificación de la matriz energética con RER permite el incremento de la seguridad energética.
- Innovación y generación de empleo: dinamizando la economía y los sectores asociados al cambio de combustible.
- Reducción de los costos en el largo plazo, al margen de las fuertes inversiones que implica el futuro empleo de la electromovilidad, en lo referente a los vehículos, puntos de recarga, remodelación de redes de distribución, entre otros. El beneficio económico en la operación compensa con la inversión. (Big data marketer, 2023)

La transición energética en el transporte y su cadena de suministro enfrenta desafíos importantes tal como:

- Infraestructura de carga: La ausencia de la infraestructura de recarga eléctrica adecuada es uno de los principales obstáculos para la adopción masiva de vehículos eléctricos. Es necesario expandir y mejorar la red de estaciones de carga para impulsar la transición.
- La autonomía de los autos eléctricos: Al margen que la tecnología de los vehículos eléctricos ha avanzado significativamente, aún existen limitaciones en términos de autonomía y tiempos de recarga. Mejorar la capacidad de las baterías y la eficiencia de carga sigue siendo un desafío importante. (Big data marketer, 2023)
- Costos iniciales: Es cierto que los precios de los vehículos eléctricos se han reducido, pero aun ostentan costos de venta muy elevados en comparación a los vehículos con combustibles tradicionales. Pero aún no están al alcance de adquisición del volumen mayor de mercado.

- **Gestión de la demanda energética:** Dentro de la cadena de suministro en las redes de distribución implica tomar medidas de adecuación de la infraestructura para evitar la congestión o alteración de la red. Otras acciones que se toman en cuenta son la carga inteligente y la gestión inteligente de la red.
- **Reciclaje de baterías:** El empleo de vehículos eléctricos implica el empleo de sistemas de acumulación, trayendo consigo la problemática del reciclaje de las baterías. Es relevante el desarrollo de sistemas muy eficientes para el reciclaje y reuso de las baterías. (Big data marketer, 2023)

### **2.1.2 Proceso de descarbonización.**

La descarbonización radica a disminuir la intensidad de generación del carbono cuando se consume un determinado recurso energético. La intensidad de carbono en el contexto de la generación de energía eléctrica, esta referida a la razón entre la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> y la energía eléctrica generada o consumida independiente de su fuente. Las reservas probadas de combustibles convencionales son altas, por lo tanto el proceso de descarbonización está ligado a la toma decisiones de cada estado comprometido a mitigar el efecto al medio ambiente que se hace con combustibles de alto impacto contaminante. (González, 2018)

La descarbonización del transporte esta referido al empleo en el corto o largo plazo de fuentes energéticas limpias y sostenibles en el sector del transporte público, particular y de mercancías. Esto incluye el empleo de vehículos eléctricos, implementación de la eficiencia energética de los vehículos de combustión interna, o empleo de combustibles menos contaminantes como el gas natural, orientando también al transporte por trenes y uso bicicletas. (Transeop, 2022)

Los objetivos para el año 2050 son:

- **Total descarbonización de la generación de energía en Europa.** Se entiende dicha vía supone un desarrollo notable de inversión en generación renovable, de la mano de una electrificación masiva del sistema energético europeo. En el periodo 1990-2017 han bajado las emisiones de gases de efecto invernadero un 22% al tiempo que el PIB europeo ha subido un 58%. Se trata de una cifra más

que positiva, pues disminuir emisiones en periodos de recesión es algo connatural a dichos periodos.

- Implementación de movilidad limpia, de alta disponibilidad e interconectada. Lo cual implica la masificación del uso de los vehículos eléctricos y de combustibles de menor efecto contaminante. (Clavaguera, 2020)
- Maximización de la eficiencia energética en los edificios públicos y privados. ( al 2050).
- implementación de los Smart grid o networks, con lo cual se desarrollará una infraestructura idónea e implementar la inteligencia artificial para la gestión eficiente de la demanda.
- Economía circular e implementación de modelos industriales eficientes y sostenibles en el tiempo.
- Implantar tecnologías de captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub> .(Clavaguera, 2020)

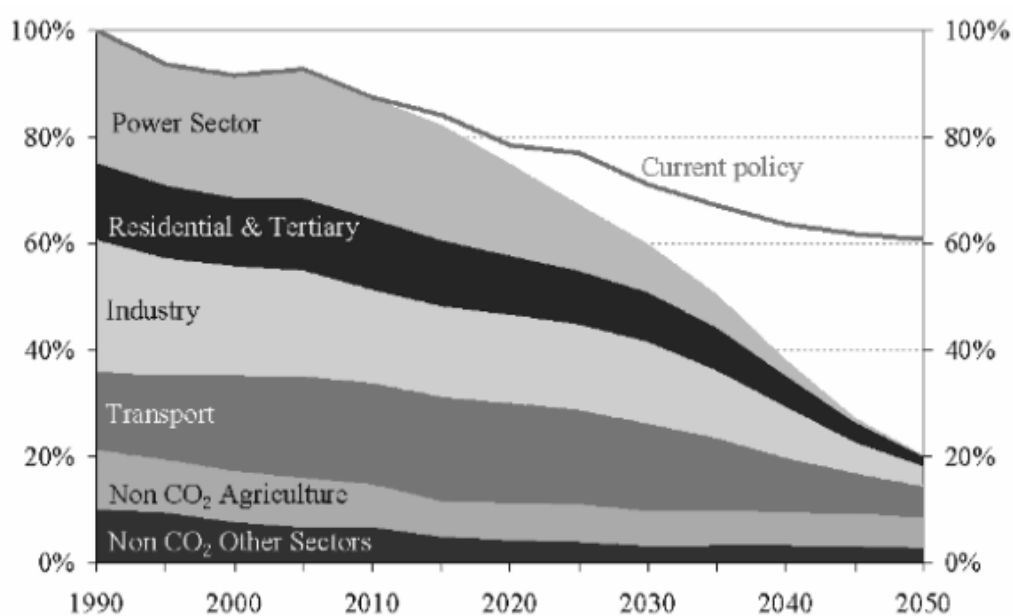
El Desarrollo y modernización del sector transporte radica principalmente en optar en un sistema de movilidad limpia, segura, y con una cadena de suministro y logística segura y solida que permita su sostenibilidad. El sector de transporte por carretera representa aproximadamente el 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero. Se pretende la promoción del empleo de vehículos convencionales con combustibles con un menor factor de emisiones como lo es el gas natural y vehículos abastecidos eléctricamente por fuentes de energías renovables. Del mismo modo conlleva a tener una infraestructura de caminos y vías muy eficientes en su construcción, un estudio de las rutas de transporte para hacerlas más eficientes a través de sistemas de gestión de la demanda inteligente. El Connecting Europe Facility asigna un presupuesto de 30.6 billones de euros para la inversión en la sostenibilidad en el transporte terrestre entre 2021-2027. Del mismo modo el desarrollo de sistemas de almacenamiento de batería de mayor capacidad, con precios aún muy elevados. (Clavaguera, 2020)

En la COP 26 que tuvo lugar en Glasgow el 2021, se acordó el Pacto Climático de Glasgow cuyo objetivo primordial es que la temperatura ambiental no exceda de 1,5 °C , y se reconoce que para limitar el calentamiento global es necesario la reducción

sostenida de las emisiones de gases de efecto invernadero como compromiso global, esto implica la disminución de las emisiones de dióxido de carbono en 45 % para el 2030 con respecto al año 2010, con la finalidad de alcanzar el cero neto para el año 2050. Este acuerdo se firmó por 196 países, acordándose importantes compromisos sobre la reducción gradual del carbón e incrementar la promoción financiera, subsidios cruzados, entre otros. El Perú también forma parte de este acuerdo. (Gobierno de España, 2023)

Figura 2

*Posible reducción del 80% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en la UE*



Nota. Comisión Europea 2011

Hay dos grandes aspectos en el entorno social y regulatorio, que está promocionando e induce a los cambios del sector transporte en los sistemas de transporte, en este caso lo es las emisiones de gases de efecto invernadero y de otros contaminantes con alto impacto sobre el equilibrio global. En ambos casos los objetivos son la disminución de los valores absolutos de los GEI y la reducción de las emisiones contaminantes en términos específicos y en la concentración de contaminantes en el aire en los ámbitos local y regional, que permitan la perduración del mundo. (Álvarez, 2021)



Los gases de efecto invernadero presentan un alto impacto sobre el calentamiento global. Los GEI más importantes son el CO<sub>2</sub> y el metano (CH<sub>4</sub>). Las emisiones contaminantes, con mayor efecto nocivo local, son de varios tipos son los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y en material particulado (PM). El primero de ellos de grandes afectos sobre el sistema respiratorio. En ambos casos se debe tener en cuenta que si se pretende comparar alternativas de fuentes de energía, sistemas energéticos como vehículos, las emisiones de pozo a rueda, deben contemplar las emisiones desde la cadena de suministro del combustible hasta su empleo final como energía útil en el sistema de transmisión de un vehículo. (Álvarez, 2021)

Un estudio referente a la disminución de emisiones contaminantes necesita que inicialmente se haya comprobado el grado de cumplimiento de los standar normados y dispuestos para cada país, tal como lo tiene por ejemplo España desde el 2016. Los principales incumplimientos de los niveles de concentración establecidos de los contaminantes son aquellos que más deterioran la salud, localizándose en zonas urbanas con alta concentración de tráfico vehicular, el cual tiene diferente connotación cuando se aplica a zonas de carretera ubicadas en zonas no urbanas o rurales. En Europa se han establecido 2 escenarios de control del parque vehicular a través de la norma Euro 6 y el «BEV». (Álvarez, 2021)

El escenario Euro 6 tiene en cuenta los estándares más rigurosos referente a emisiones a raíz de la norma Euro 6 para emisiones vertidas por autos ligeros, la cual esta normada desde el año 2015, en la cual se tomó en consideración la renovación total del parque vehicular europeo. Para el parque vehicular español, debido a su antigüedad, se compone en su mayor porcentaje por vehículos que han cumplido con la norma Euro 4, por lo tanto, el reemplazo de estos vehículos por vehículos eléctricos mayor disminución de emisiones de óxidos de nitrógeno NO<sub>2</sub> y material particulado PM<sub>2.5</sub>. El parque vehicular se deberá renovar por nuevos vehículos, que incluye desde el GLP, Gas natural vehicular y por autos electrificados HEV, BEV o PHEV y de hidrogeno. (Álvarez, 2021)

Mientras que el escenario «BEV» pretende renovar el parque vehicular actual exclusivamente con el vehículo eléctrico, BEV o 100% eléctrico. Al igual que en el

escenario anterior, se considera un parque en su mayor parte cumplidor de la norma Euro 4 reemplazado por estos vehículos, sin otra disminución adicional. En esta situación se puede alcanzar, una mayor disminución de las emisiones de tráfico en ciudades y carretera, e igualmente el cumplimiento de los parámetros de calidad del aire referente al NO<sub>2</sub> en todos los lugares que actualmente las superan a los valores máximos permitidos. (Álvarez, 2021)

El sector de transporte terrestre se encuentra dentro de un periodo de grandes retos que sugieren la urgente necesidad de descarbonizar la economía, promoviendo la conectividad y una sólida cadena de suministro y logística, aplicando la digitalización y los avances tecnológicos. Actualmente se están asumiendo innovaciones y tendencias que influirán significativamente en el sector:

- Movilidad descarbonizada para alcanzar la neutralidad. Esta preferencia se caracteriza por fomentar los combustibles alternativos que reduzcan las emisiones de carbono, restringir la circulación dentro de las ciudades a vehículos contaminantes y fomentar la renovación de las flotas de vehículos más limpios y eficientes para el transporte privado, colectivo y de mercancías. (Red Española, 2022)
- Modelos alternativos de movilidad. Tal como el uso de Bicicletas, vehículos de movilidad personal, transporte público a raves de metros o ferrocarriles, también se recomienda la movilidad compartida como alternativa de transporte al vehículo de uso particular, lo cual se presenta como una tendencia para afianzar e incrementar la demanda, por lo cual las empresas de transporte público masivo presentan oportunidades de negocio en este sector.
- Conectividad y automatización del transporte. Como en todos los sectores la conectividad y la automatización realiza un papel relevante en el transporte. Estos avances tecnológicos en los sistemas de transporte nos proporcionan muchas ventajas, tal como la optimización de la circulación con las aplicaciones que nos indican la mejor ruta (con Google Maps) para disminuir el tiempo en carretera, reducir atascos y accidentes de tráfico, ubicar aparcamientos disponibles o incluso el control remoto del vehículo. Esto último actualmente

está en proceso de crearse sus normativas de aplicación para poder controlarlo.  
(Red Española, 2022)

## **2.2 Motores de combustión interna.**

### **2.2.1 Generalidades.**

Un motor de combustión interna es una maquina térmica que opera según la combustión de una mezcla comprimida de aire comburente y combustible confinado en un cilindro o cámara, con la finalidad de aumentar la presión y generar potencia mecánica para lograr el desplazamiento del vehículo a una determinada velocidad y según la carga que se deba transportar. En la reacción de combustión, la energía química almacenada en el combustible es transformada en energía calorífica, una fracción de ella se transforma en energía cinética, la que a su vez se transforma en potencia útil aplicable en el sistema motriz y ruedas. La mayor parte de la energía en forma de calor se disipa en el sistema de refrigeración del motor y en el sistema de escape de gases de combustión, en el accionamiento de elementos, enfriamiento del sistema de lubricación y en pérdidas por calentamiento por fricción. (Hilario, 2017)

Los motores de combustión interna en su mayor parte operan en ciclo termodinámico de cuatro tiempos. Algunos operan con el ciclo termodinámico Otto (operante con gasohol o gas) y otros con el ciclo termodinámico Diésel (con Diesel y otros combustibles). El rendimiento se basa en la variación de la temperatura durante el proceso de compresión isentrópico, así como el proceso de calentamiento a volumen constante o a presión constante. (Hilario, 2017)

El motor de encendido por chispa se basa en principios formulados por Beau de Rochas, en el cual la combustión se realiza a volumen constante, llegando a patentarse por el alemán Otto, en 1862. Este tipo de motores es de gran aplicación en motores de gran tamaño o capacidad, empleándose en motores de maquinaria pesada, motores de automóviles de gran capacidad, motores para tracción industrial, motores para motocicletas y aviones y la mayor parte de motores marinos. Existen también mci de dos tiempos empleados en motores fuera de borda y los pequeños motores de motocicleta. El combustible es el gasohol, esto es, hidrocarburos ligeros de elevado

poder calorífico. Se emplean combustibles gaseosos GNV o GLP, son más livianos y ocupan menor espacio que los motores diesel. (Rafael & Hernández, 2014)

El motor de encendido por compresión se fundamenta en los trabajos de Rudolph Diesel, el año 1892. En este tipo motor, la combustión se efectúa en un proceso isobárico, alcanzando una mayor presión en comparación al motor con encendido por chispa. Los combustibles empleados son hidrocarburos líquidos, presentan menor volatilidad y con un peso específico mayor, tomando el nombre de combustibles pesados. El tipo más empleado para los motores de los vehículos es el Diesel. El Diesel es una mezcla de hidrocarburos que se obtiene por destilación del petróleo, más densa y de menor volatilidad que la gasolina. Su característica principal es que se inflama a alta presión. (Rafael & Hernández, 2014)

Figura 3

*Ubicación de un MCI en un vehículo convencional*



*Nota.* Diario El Sol de México 2023

El rendimiento de un motor esta referido al porcentaje del flujo de energía útil que podemos extraer por cada unidad de combustible adicionado al motor. En otras palabras, cada litro de combustible proporciona una cierta cantidad teórica de energía. El rendimiento del motor varía según el tipo de ciclo termodinámico, por ejemplo, para mci diesel se alcanza rendimientos de 35-30%, mientras que los motores con encendido por chispa alcanzan rendimientos entre 27 a 25%. La eficiencia energética del motor

será un porcentaje menores al 100%, básicamente porque siempre existe una fracción de energía no utilizada y cedida en forma de calor. Para los vehículos se debe tener en cuenta que la eficiencia engloba desde la energía suministrada por el combustible hasta las ruedas. (Viso, 2022)

Desde su diseño y construcción, los motores de combustión interna presentan una eficiencia energética mucho menor de lo que uno podría imaginar. No nos referimos a los valores teóricos, sino a los reales: en el caso de los motores de gasolina que operan bajo el ciclo Otto, su eficiencia suele situarse entre el 20% y el 25% en condiciones óptimas. Por su parte, los motores diésel alcanzan rendimientos energéticos que van del 30% al 45%, aunque este rango superior se da únicamente en versiones sobrealimentadas poco comunes en vehículos ligeros. Aunque estos porcentajes podrían parecer bajos, no lo son tanto si se analizan en contexto. Sin embargo, el hecho de que entre el 60% y el 70% de la energía disponible se pierda, plantea la necesidad de explorar alternativas más sostenibles y eficientes para el futuro. (Viso, 2022)

La eficiencia "del pozo a la rueda", conocida como well-to-wheel (W2W), abarca todas las etapas por las que pasa una fuente de energía primaria desde su extracción en la naturaleza (pozo) hasta que se convierte en energía utilizable por un vehículo. Este enfoque considera tanto el proceso hasta que la energía llega al depósito de combustible o a la batería (tank), como la transformación de esa energía en movimiento. Por ello, el análisis W2W se divide en dos partes: well-to-tank (W2T) y tank-to-wheel (T2W). La fase W2T contempla el consumo energético involucrado en la extracción del petróleo, su transporte, refinación y distribución hasta el punto de carga. Por su parte, el concepto T2W se refiere a la eficiencia del propio vehículo, es decir, al proceso mediante el cual la energía almacenada (en forma de combustible o electricidad) se convierte en energía mecánica para desplazar el vehículo. (Gil, 2015)

También se emplea el concepto de eficiencia "well-to-wheel" "como la proporción de energía de un combustible que se convierte en energía útil. Por su parte el consumo "well-to-wheel" se define como el contenido de energía primaria que se necesita para recorrer 1 km y se expresa en MJ/km. Desde luego, en la energía se deben contabilizar todos los procesos del combustible primario necesarios para que finalmente el vehículo

recorra 1 km. Para un vehículo convencional que funciona con nafta, cuya eficiencia *well-to-tank* (W2T) ronda el 20%, la eficiencia total *well-to-wheel* (W2W) se sitúa aproximadamente en un 15%, al considerar una eficiencia *tank-to-wheel* (T2W) cercana al 73,5%. Si además consideramos que, en muchos casos, la masa del vehículo es entre 15 y 20 veces mayor que la del pasajero, se concluye que un automóvil que transporta a una sola persona presenta una eficiencia energética real, en términos del traslado de la carga útil (el pasajero), que no supera el 1%. Con lo cual los sistemas de transporte terrestre vehicular de carga liviana resultan ser sistemas energéticos de muy bajo rendimiento técnico y grandes emisores de gases de efecto invernadero. (Gil, 2015)

Rendimiento de la transmisión mecánica desde el motor a los neumáticos:

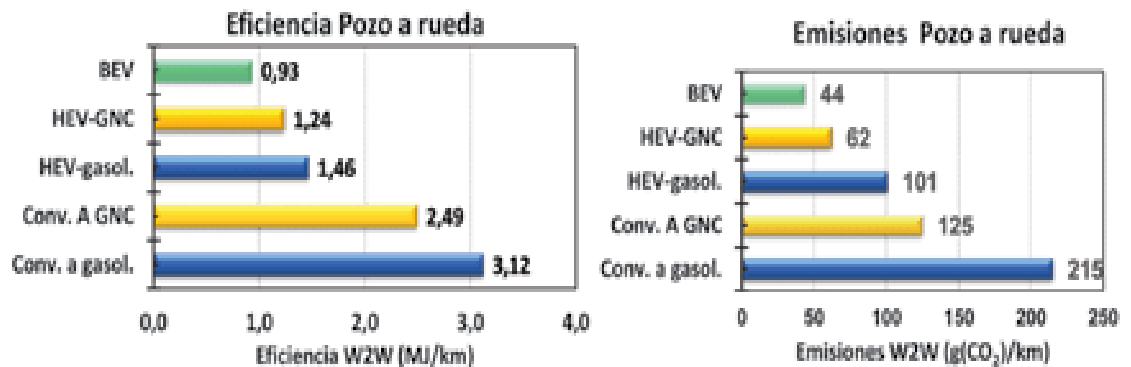
- 2% para el accionamiento del vehículo.
- 2% para la generación de energía eléctrica en el dinamo.
- 3% para vencer la resistencia del filtro de aire.
- 5% en el aire bajo el capo, que es el aspirado por los cilindros, el cual se encuentra 20°C más caliente que la temperatura externa, y por lo cual el llenado no es eficiente, debido a que el aire caliente ocupa mayor espacio que el aire fresco y para el mismo volumen de aire aspirado, entra un menor % oxígeno.
- 8% para la transmisión automática, en el convertidor de par.
- 3% en el rozamiento interno del puente trasero.
- 7% en el múltiple de escape y silenciador,
- 6% por rozamiento y calentamiento de los neumáticos, que aumenta proporcionalmente con la velocidad. (Arias Paz, 2022)

En el caso de una transmisión automática, dado que su eficiencia mejora a medida que aumenta la velocidad, las pérdidas por fricción en los neumáticos (alrededor del 6%) se ven compensadas por una menor pérdida en la transmisión, resultando en un total combinado de aproximadamente un 8%. En los vehículos con transmisión manual, a la pérdida del 6% en los neumáticos se le suma un 2% correspondiente a la caja de cambios, alcanzando igualmente el mismo 8%. En cualquiera de los dos casos, el conjunto de pérdidas mecánicas representa cerca del 30%, lo que significa que solo el 70% de la potencia declarada por el fabricante está efectivamente disponible en las

ruedas. Esta potencia útil, que debe superar la resistencia al avance (aceleraciones, pendientes, rozamiento y aerodinámica), representa en el mejor de los casos un 17% de la energía inicial, y puede llegar a ser tan baja como el 14%. (Arias Paz, 2022)

Figura 4

*Comparativo de eficiencia de pozo a ruedas entre vehículos*



*Nota.* Los vehículos híbridos a gas (GNC) 2018

### 2.2.2 Avances tecnológicos en el transporte terrestre liviano.

Dentro de las alternativas de poder mejorar el transporte terrestre liviano se tiene lo siguiente:

La fricción representa uno de los principales obstáculos para lograr una mayor eficiencia energética. Por ello, el uso de rodamientos en diversos sistemas mecánicos ha permitido reducir significativamente las pérdidas por fricción. Un ejemplo concreto se encuentra en los turbocompresores, donde la incorporación de rodamientos puede disminuir la fricción en frío hasta en un 80%, mejorando así la respuesta del sistema y elevando la eficiencia general en aproximadamente un 2,5%. Otra mejora tecnológica en desarrollo, como la que explora actualmente Ford, consiste en sustituir los tradicionales cojinetes del cigüeñal por rodamientos, lo que podría representar un avance notable en la reducción de pérdidas internas del motor. (Rep Expert, 2023)

Desconexión de cilindros: Aunque tradicionalmente asociada a motores de gran cilindrada, esta tecnología también puede aplicarse eficazmente en motores más pequeños de tres o cuatro cilindros, aportando beneficios en la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>. Un ejemplo de esta innovación es el sistema eRocker, un balancín

electromecánico de fácil integración que permite desactivar selectivamente ciertos cilindros. Esta función contribuye a disminuir tanto el consumo de combustible como las emisiones contaminantes, optimizando el rendimiento del motor en condiciones de baja demanda. (Rep Expert, 2023)

El 43% de los vehículos comercializados en el mundo disponen de un cambio manual y aunque su cuota de mercado se reduce diariamente. Tienen a su favor un bajo costo, pero en rendimientos ya se han visto superadas por modernas cajas automáticas. (Rep Expert, 2023)

Figura 5

*Embrague electrónico para MCI livianos*



*Nota.* Report Expert (2023).

Los combustibles alternativos presentan un enfoque adicional, que implica no solo el diseño del motor para disminuir las emisiones. El gas natural empleado como combustible y alrededor de un 25% menos de CO<sub>2</sub> que la gasolina. A medio y largo plazo es viable sintetizar gas metano en un proceso PtG. Los motores diésel no se quedarán atrás y también se investiga en combustibles sintéticos basados en un proceso PtL (power to liquid). Si la energía primaria requerida durante su generación también proviene de fuentes renovables, como la energía eólica o fotovoltaica, combustibles no

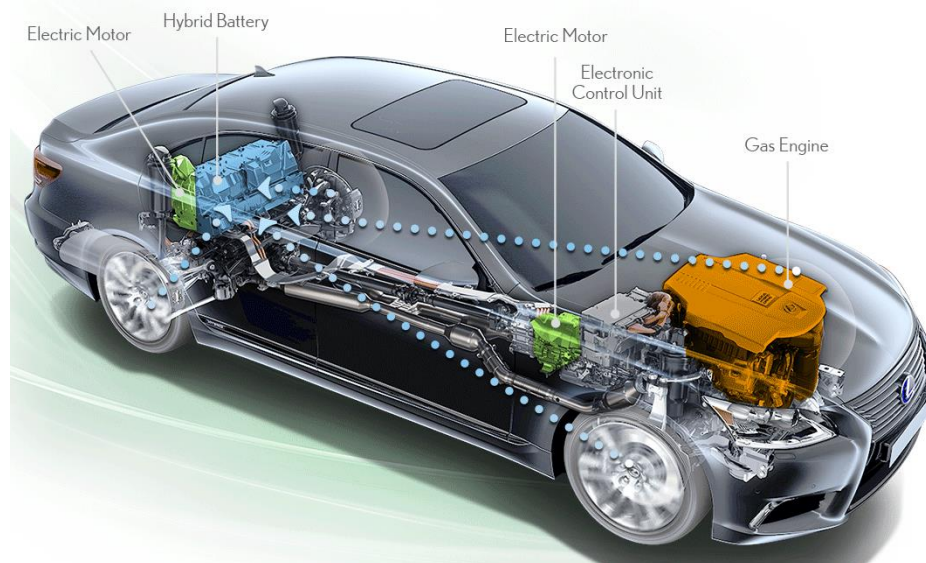


convencionales y podrán considerarse como de emisiones neutras de CO<sub>2</sub>. (Rep Expert, 2023)

Hibridación: La combinación de un motor de combustión interna con uno eléctrico, junto con un sistema de recuperación y almacenamiento de energía, ha demostrado ser una solución eficaz para disminuir tanto el consumo de combustible como las emisiones contaminantes. Esta tecnología continuará teniendo un rol relevante en los próximos años, con previsiones que indican que los vehículos híbridos representarán alrededor del 40% del mercado automotor para el año 2030. Los motores de combustión seguirán evolucionando para integrarse de manera más eficiente con los sistemas híbridos, buscando siempre una mayor optimización del rendimiento conjunto. En un sistema híbrido, se utilizan dos fuentes de energía independientes para impulsar el vehículo: generalmente un motor térmico (gasolina o diésel) y un motor eléctrico. Este tipo de motorización destaca por su alta eficiencia energética, ya que logra reducir significativamente el consumo, las emisiones y también el nivel de ruido, resultando en un funcionamiento notablemente más silencioso. Además, los vehículos híbridos suelen incorporar tecnologías complementarias como los frenos regenerativos, que permiten convertir la energía cinética producida durante la frenada o el desplazamiento en energía eléctrica, la cual se almacena en la batería para su uso posterior. (Rep Expert, 2023)

Figura 6

*Vehículo híbrido*



*Nota.* Motorkote (2024)

Sincronización variable de válvulas: Las válvulas del motor controlan el ingreso de aire a la cámara de combustión y la expulsión de los gases generados tras la combustión de la mezcla aire-combustible. En los sistemas tradicionales, estas válvulas operan con una apertura y cierre constantes, sin considerar las distintas condiciones de funcionamiento del motor. La tecnología de sincronización variable de válvulas permite ajustar dinámicamente el momento y la velocidad de apertura y cierre de las válvulas, en función de la carga y las revoluciones del motor. Esto se traduce en una mayor eficiencia del proceso de combustión, mejorando tanto el rendimiento como la reducción de emisiones contaminantes. (Motorkote, 2021)

Alternador activo: El alternador es el componente encargado de generar energía eléctrica para recargar la batería del vehículo mientras el motor está en funcionamiento. Funciona a través de una polea conectada al motor, que transforma el movimiento rotacional en energía eléctrica. En los sistemas convencionales, el alternador opera constantemente, incluso cuando la batería ya está completamente cargada. Sin embargo, los alternadores activos incorporan un sistema de gestión inteligente que permite desconectarlos temporalmente una vez que la batería ha alcanzado su carga óptima. Esto reduce la carga sobre el motor, disminuye el consumo de combustible y libera más potencia útil para la propulsión, mejorando así la eficiencia general del vehículo. (Motorkote, 2021)

### **2.2.3 Efectos sobre el medio ambiente.**

Contaminación vehicular: La contaminación generada por vehículos proviene de diversos medios de transporte, como automóviles, camiones o camionetas. Este tipo de contaminación es una de las principales fuentes de polución urbana, especialmente en contextos donde el uso diario de vehículos motorizados es elevado. La mayoría de estos vehículos funcionan mediante motores de combustión interna, los cuales son responsables de la emisión de gases contaminantes, partículas en suspensión y humo, todos ellos perjudiciales para el medio ambiente y la salud pública. Los países industrializados, debido a su alta densidad vehicular y nivel de actividad económica, tienen una mayor responsabilidad en la generación de este tipo de emisiones. Los

vehículos más utilizados en estos países son los responsables del 30% y 90% de los gases contaminantes producidos por el tráfico vehicular mundial. (Lago, 2022)

Las emisiones de los vehículos son función de la antigüedad, el uso, la calidad del combustible, rendimiento de la combustión, el mantenimiento del motor y el uso de dispositivos reductores (por ejemplo, convertidores catalíticos), entre otros. (Hilario, 2017)

Gases expulsados: Este es uno de los tipos más comunes y frecuentes de contaminación. Su impacto en el aire es considerable, ya que los diferentes gases emitidos por los vehículos afectan directamente a la atmósfera. Los principales gases contaminantes liberados por los automóviles incluyen: monóxido de carbono, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y vapor de emisión. (Lago, 2022)

Aceites vertidos: Este es uno de los principales factores de contaminación vehicular a nivel global. Muchos vehículos experimentan fallas después de un uso prolongado, lo que provoca fugas de aceite que terminan derramándose sobre el suelo. Además, estos aceites contaminan el agua. Según la US EPA de 1994, un galón de aceite usado puede contaminar hasta un millón de galones de agua dulce, haciéndolos no aptos para el consumo. Además, una capa de aceite sobre el agua impide la entrada de oxígeno y bloquea la luz solar. Los aceites usados se descomponen muy lentamente, con solo entre el 20% y el 80% de ellos degradándose al cabo de un año. (Lago, 2022)

Contaminación sónica: Los seres humanos estamos expuestos de manera constante a este tipo de contaminación vehicular, especialmente en áreas urbanas, donde el tránsito vehicular se vuelve caótico a diario. Las principales fuentes de esta contaminación incluyen el transporte, la construcción de edificios, la actividad industrial, entre otras. El ruido generado por los vehículos proviene del motor y de la fricción entre el vehículo y el suelo o el aire. (Lago, 2022)

El ECA fija los valores máximos permisibles de los contaminantes en el medio ambiente, el propósito de garantizar la conservación del medio ambiente, el uso de los instrumentos de gestión ambiental sofisticados y de las evaluaciones detallada. La

normativa europea EURO IV es un estándar internacional que evalúa según procedimientos para controlar las emisiones que producen los motores, para reducir los gases contaminantes al medio ambiente, la nueva modificación de esta resolución es brindar un control más estricto sobre la contaminación ambiental, siendo el primer paso para preservar nuestro entorno. Por lo tanto, el objetivo del cambio de la resolución es reducir hidrocarburos, monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxido de nitrógeno y material particulado que produce mayor contaminación en la atmósfera. La implementación de motores EURO IV, hará un bien a nuestra ciudad, a nuestro planeta, y obviamente a nuestra salud; la reducción de emisiones al pasar el Euro III a Euro IV, actualmente en el Perú se aplica el euro IV que establece desde el 1° de abril del 2018, se debería de aplicar esta norma. (Torrejón & Quiñones, 2019)

Figura 7

*Normativa EURO IV*

Contaminante de aire	Euro IV	Euro III	Reduccion de emisiones
Monoxido de Carbono CO ( gramos / km)	0.50	0.64	22%
Oxidos de Nitrogeno Nox (gramos/Km)	0.25	0.50	50%
Hidrocarburos + Nox (gramo/Km)	0.30	0.56	46%
Material Particulado PM ( gramos/Km)	0.025	0.05	50%

*Nota.* Tesis Torrejón & Quiñones (2019)

## 2.3 Transporte vehicular con gas natural vehicular.

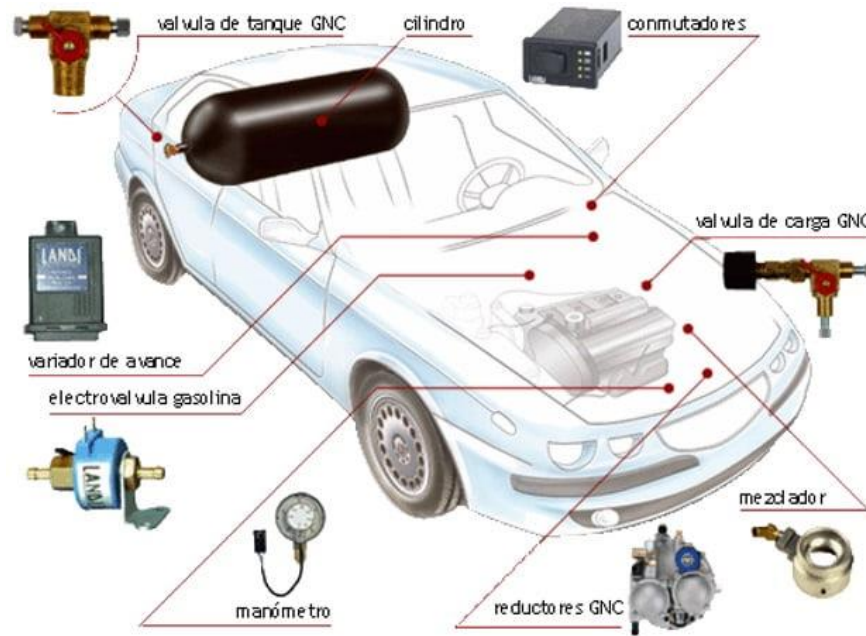
### 2.3.1 Tecnología del GNV.

El gas natural puede utilizarse en los vehículos de dos maneras: realizando conversiones a partir de los motores diseñados para operar con gasolina o diesel, o pueden ser diseñados directamente desde fábrica para que funcionen con tal combustible; en este último caso las eficiencias percibidas son mayores que en la de los motores convertidos. Así mismo, el gas natural puede usarse en toda clase de vehículos: las motocicletas de

tres ruedas (moto-taxis), los vehículos ligeros, las camionetas, los camiones, los autobuses, los montacargas, las locomotoras, incluso lanchas y barcas. (López, 2008)

Figura 8

*Vehículo con GNV*



*Nota.* Pruebas de Ruta. (2023)

El índice de octanaje del GNC es más alto que en la del gasohol premium, con un valor de 115-120, con lo cual se retarda la detonación y aporta la ventaja de presentar un menor ruido y vibración durante la operación del motor.

Las principales ventajas del empleo del GNV son:

- Genera menores cantidades de emisiones.
- Ofrece una mayor vida útil del motor.
- Incrementa la durabilidad del aceite lubricante.
- Es seguro.
- Puede ser empleado en motores que operan con gasohol. (Pérez, 2010)

Los vehículos que funcionan con gas natural se clasifican según a la clase de motor que, generalmente, dependen de la manera en la que el sistema está instalado y estos pueden ser:

Motores dedicados, monovalentes o Monocombustibles: Estos motores están diseñados para vehículos que funcionan exclusivamente con gas natural como fuente de energía. En algunos casos, se les añade un pequeño tanque de gasolina de reserva, que solo se utiliza en situaciones de emergencia, cuando el gas se agota. Un motor dedicado al gas natural no presenta grandes diferencias en términos de tamaño, peso, construcción o materiales en comparación con un motor de gasolina. (López, 2008)

Bi-combustible: Los sistemas bi-combustible permiten que los vehículos operen alternativamente con gasolina (o cualquier otro combustible) y gas natural, sin necesidad de apagar el motor. Estos vehículos son el resultado de un proceso de conversión. La mayoría de ellos utiliza gasolina para arrancar el motor, y una vez en marcha, cambia al sistema de gas. El concepto de bi-combustible se basa en modificar el motor para incluir un carburador específico para gas natural (comúnmente conocido como mezclador gas/aire) o un sistema de inyección de gas, además del carburador estándar o sistema de inyección de combustible, los cuales se instalan durante el proceso de conversión en el taller, como parte de los kits de conversión. (López, 2008)

Sistema Dual: También conocido como dual-fuel, este sistema incluye los componentes necesarios para convertir un vehículo y permitir que funcione utilizando simultáneamente combustible líquido (generalmente diésel) y gas natural. Un sistema dual emplea una mezcla de gas y aire, la cual es encendida por un "piloto" o iniciador, compuesto por el diésel que se inyecta en la cámara de combustión. El diésel se introduce directamente en la cámara, mientras que el gas es suministrado a través del carburador o inyector de gas hacia la toma de aire. (López, 2008)

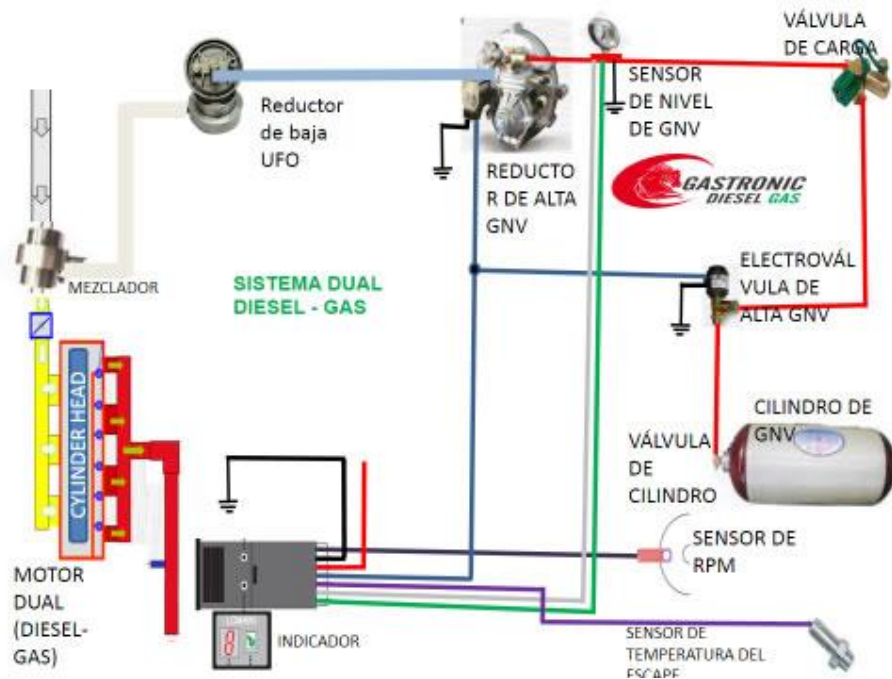
En un motor bi-combustible, el gas natural entra al sistema a través del pico de carga, ya sea interno o externo, a una presión cercana a los 200 bares, lo cual se verifica con el manómetro ubicado junto a la válvula correspondiente. El gas recorre las tuberías y pasa por la válvula de carga, que regula el paso del gas hacia el motor, permitiendo o bloqueando su flujo mediante un accionamiento manual. El gas natural es conducido por un conducto de alta presión hasta el cilindro de almacenamiento. Este cilindro de distintos diámetros y largos, según la cantidad de gas a almacenar, cuenta en su entrada con una válvula de cilindro o servicio que permite cerrar la entrada o salida del gas,

también mediante accionamiento manual. Desde el cilindro de almacenamiento, el gas fluye a través de la tubería de alta presión hasta llegar al compartimiento del motor. En este punto, el regulador de presión reduce la presión a niveles cercanos a la presión atmosférica (0.3 - 0.5 bares). Esta caída de presión provoca una reducción de temperatura en el reductor, lo que se compensa mediante el sistema de refrigeración del vehículo. (López, 2008)

Después de pasar por el regulador de presión, el gas se mezcla con aire en el mezclador y fluye hacia el motor a través del carburador, pasando antes por una válvula limitadora de caudal o de máxima. En los vehículos carburados, el mezclador se coloca entre el filtro de aire y el carburador, o entre el carburador y el múltiple de admisión. En los vehículos con inyección electrónica, se instala entre el filtro de aire y la mariposa del conjunto inyector, o entre la mariposa y el múltiple de admisión. Un selector de combustibles o llave conmutadora, ubicado en el tablero de instrumentos y al alcance del conductor, permite elegir el tipo de combustible que se desea utilizar. (López, 2008)

Figura 9

*Vehículo Bicomcombustible Diesel-GNV*

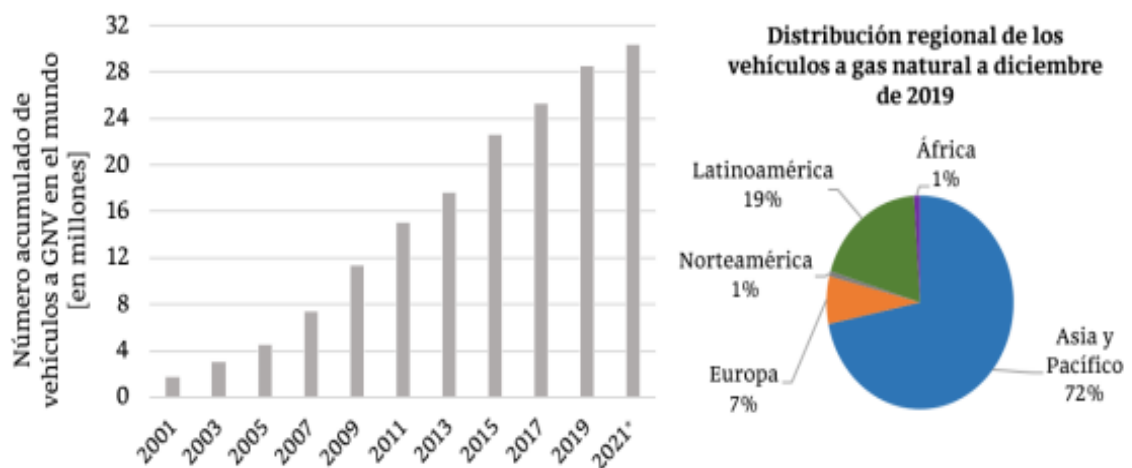


Nota. Gastronic del Perú. (2023)

En los kits de conversión más avanzados, se incluye un dispositivo electrónico para la variación del avance de encendido (y mecanismos auxiliares en algunos modelos) que asegura un funcionamiento adecuado tanto con gasolina como con gas natural. Esto es necesario porque, cuando el vehículo opera con gas natural, requiere un avance de encendido mayor que cuando utiliza gasolina. Este variador o corrector electrónico ajusta automáticamente los valores de avance según el tipo de combustible en uso. En los vehículos con inyección electrónica, además del mezclador, es necesario añadir otros componentes, como emuladores de inyectores monopunto o multipunto, emuladores de sonda lambda, y correctores de avance, entre otros. (López, 2008)

Figura 10

*Numero acumulado de vehículos a gas natural en el mundo*



*Nota.* Imagen obtenida de IANGV, 2021

### 2.3.2 Desempeño.

El Gas Natural Vehicular (GNV) se ha establecido como una opción cada vez más popular entre los propietarios de vehículos que buscan reducir sus costos de combustible y minimizar su impacto ambiental. El GNV es una fuente de energía más limpia y asequible en comparación con la gasolina o el diésel, lo que lo hace una alternativa atractiva para quienes desean mejorar el rendimiento de su vehículo. Una de las principales ventajas de utilizar GNV es su bajo costo. El precio del gas natural comprimido es más bajo que el de la gasolina o el diésel, lo que significa que los conductores pueden ahorrar una cantidad significativa de dinero en combustible a largo



plazo. Además, el GNV es más eficiente en términos de consumo de energía, lo que se traduce en una mayor economía de combustible y, por lo tanto, en una mayor cantidad de kilómetros recorridos por depósito llenado. (Cervantes, 2022)

Otra ventaja del uso de GNV es su menor impacto ambiental. A diferencia de los combustibles fósiles convencionales, el GNV emite menos contaminantes, lo que ayuda a reducir la contaminación del aire y disminuye la huella de carbono. Esto es especialmente relevante en un contexto en el que la sostenibilidad y la protección del medio ambiente son prioridades a nivel mundial. Para maximizar el rendimiento de tu vehículo con GNV, es esencial asegurarse de que el sistema de combustible esté en buenas condiciones. Esto implica realizar un mantenimiento regular y verificar que todas las piezas estén funcionando correctamente. (Cervantes, 2022)

El rendimiento de un motor que utiliza GNV es inferior al de un motor que usa gasohol, ya que opera con una mayor relación de compresión. Sin embargo, el índice de octanaje del GNV es considerablemente más alto, lo que dificulta la detonación, contribuyendo así a una mayor durabilidad de los componentes del motor. Además, el motor presenta menos ruido y vibraciones. La combustión del GNV genera menos depósitos de residuos no quemados en las paredes de los cilindros, lo que reduce la frecuencia de las limpiezas. Por otro lado, también ofrece ventajas notables en el sistema de lubricación, lo que incrementa significativamente la vida útil del aceite. (Plaza, 2020)

Uno de los factores clave a considerar al utilizar GNV en un vehículo es la autonomía que se puede lograr. La distancia que un automóvil puede recorrer con GNV depende de varios factores. En primer lugar, es importante considerar el tipo de vehículo, ya que no todos los autos tienen el mismo consumo de gas, lo que puede hacer que la autonomía varíe considerablemente. Los vehículos más grandes y pesados suelen consumir más gas, lo que reduce su alcance. Otro factor crucial es el tamaño del tanque de GNC. Los vehículos con GNV pueden tener diferentes capacidades de almacenamiento de gas, por lo que aquellos con tanques más grandes podrán recorrer una mayor cantidad de kilómetros antes de tener que recargar. Además, la eficiencia del motor es un elemento clave. Un motor en buen estado y correctamente afinado permitirá un mayor rendimiento y, por lo tanto, una mayor autonomía. Si el motor no se encuentra en óptimas

condiciones de operación, es posible que se produzca un mayor consumo de gas natural y, como consecuencia, una menor cantidad de kilómetros recorridos durante su operación. (Cervantes, 2022)

En términos generales, se calcula que un vehículo equipado con un sistema de GNV consume entre 15 y 20 metros cúbicos de gas por cada 100 km. No obstante, esta cifra puede variar considerablemente. Por ejemplo, un automóvil más antiguo o menos eficiente puede consumir más gas que un vehículo más moderno y eficiente. Además, el estilo de conducción también influye en el consumo de GNV. Una conducción agresiva, caracterizada por aceleraciones y frenadas bruscas, puede incrementar el consumo, mientras que una conducción más suave y constante puede contribuir a un ahorro de gas. (Cervantes, 2022)

Debido a su alta concentración de energía, el gas natural vehicular es una opción ideal como combustible para la industria automotriz. El GNV tiene un índice de octanaje cercano a 120, en comparación con los 91 de la gasolina premium. Este mayor octanaje permite una mayor compresión del motor y mejora la eficiencia de la combustión. Además, la combustión de GNV genera significativamente menos emisiones de CO<sub>2</sub> que la de la gasolina, por ejemplo. Dado que el GNV es un combustible altamente rentable en varios mercados, los fabricantes están mostrando un creciente interés en el desarrollo de vehículos compatibles con esta fuente de energía alternativa. El principal desafío para optimizar un motor de combustión interna para operar con GNV radica en regular la presión de inyección en el sistema de combustible. (Technical Motors, 2022)

El gas natural se almacena a unos 200 bar y se inyecta al motor a una presión que varía entre dos y nueve bar. Dependiendo de las necesidades del motor, se inyectará a baja presión en los rangos de velocidad más bajos para lograr una conducción más eficiente en cuanto al consumo de combustible, y a presiones más altas cuando se necesita mayor potencia y torque. El rendimiento de la combustión dentro del cilindro de un motor está influenciada por variables como la temperatura y la presión del GNC: un aumento de la presión a un volumen constante dará como resultado una mayor densidad de masa del gas, aumentando así su energía calorífica. Sin embargo, aunque la temperatura inicial y la presión de inyección pueden variar, si no se calibran con precisión durante la vida del

motor, los vehículos de gas natural comprimido pueden sufrir pérdidas de energía y en consecuencia reducir su autonomía. (Technical Motors, 2022)

De acuerdo a información de Ministerio de Energía y Minas (Minem) y la aplicación Facilito de OSINERGMIN, un vehículo convertido a GNV suele rendir 40 kilómetros por galón. Si el carro cuenta con un tanque de cuatro galones, podrás recorrer 160 kilómetros en cada ‘tanqueada’ con un presupuesto de 15 a 18 soles; esto dependerá del precio del combustible en cada estación de recarga. A diferencia de la gasolina, hay un ahorro significativo. Por ejemplo, por cada 100 kilómetros que se recorre con un auto que emplea gasohol de 95, un ciudadano debe gastar un aproximado de S/ 64; mientras que con gasohol de 90, S/ 57,08 y con diésel, S/ 44,90. En el caso de GLP, le demanda al usuario desembolsar S/ 33,26. (Rufasto, 2022)

## **2.4 Electromovilidad.**

### **2.5.1 Generalidades.**

La Electromovilidad esta referido al empleo de vehículos eléctricos, en este caso para aquellos que emplean combustibles y/o una energía alternativa suministrada por uno o más motores eléctricos. Incluye una serie de tecnologías como los vehículos con batería eléctrica BEV (battery-electric vehicle) 100% eléctricos, los PHEV o híbridos enchufables (plug-in hybrid) y vehículos con celdas de combustible (fuel cell vehicles) que incluyen vehículos de dos y tres ruedas, automóviles, camionetas livianas SUV, autobuses, camiones de diversas capacidades y scooters. En la electromovilidad existen 2 tipos de tecnologías: la primera es el vehículo con batería de ion-litio, y el vehículo fuel cell, donde se produce energía eléctrica con hidrógeno, y eso permite accionar al motor eléctrico. En este caso el primero requiere una recarga eléctrica que toma un determinado tiempo, el fuel cell de hidrógeno se recarga en dos minutos y tiene una autonomía mayor al auto eléctrico, pero es de muy elevado costo. (García, 2019)

Un motor eléctrico de este tipo aprovecha mejor el bobinado y reduce el tamaño y el peso, por lo que es capaz de enviar hasta cuatro veces más par generando menos calor. Este se transmite directamente desde la bobina hacia la carcasa exterior del motor. También contribuye a disminuir los costos asociados al uso de metales preciosos. En

resumen, logra un mayor rendimiento utilizando menos recursos y con una eficiencia superior. La única desventaja notable es en cuanto a la velocidad máxima del vehículo, un factor que tiene poca relevancia para la mayoría de los conductores sea de servicio público o particular. (García, 2023)

Dentro de las ventajas de los autos eléctricos tenemos:

**Disminución del ruido** Los vehículos de transporte público que emplean combustibles fósiles producen elevados ruidos durante su operación, cercano a los 80 dB en horas de congestión en cambio los autos eléctricos son más silenciosos en su operación.

**Disminución en el empleo de lubricantes** al tener menos elementos móviles.

**Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero** de cerca de 29 MtCO<sub>2</sub>e para el año 2050, con respecto al valor del año 2020, y una disminución de casi 76 MtCO<sub>2</sub>e con respecto al valor del escenario base del año 2018. La descarbonización del sector transporte permitirá un beneficio de US\$92.000 millones acumulados al 2050. (Perrone, 2020)

Los beneficios en la salud de las personas es un tema prioritario ya que está relacionado de forma directa al empleo de vehículos con tecnología libre o de bajo nivel de emisiones.

En comparación de autos eléctricos con vehículos tradicionales. Por ejemplo, el rendimiento de los autos a gasolina varía entre el 25% y el 27%, la de los autos con diésel oscilan entre el 25% y el 35%. Por el contrario, los vehículos eléctricos a plena carga muestran una eficiencia general de hasta el 80% en operaciones reales de trabajo. (Álvarez et al., 2022)

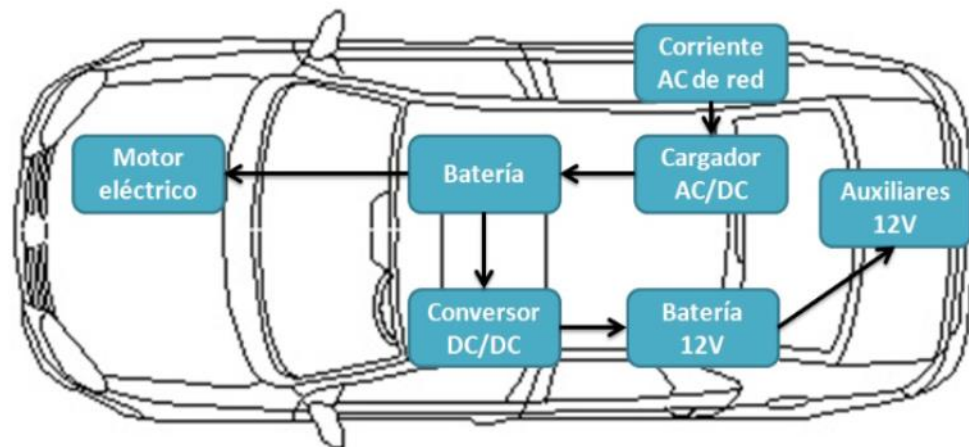
Dentro de los vehículos eléctricos tenemos los siguientes:

**BEV:** Son vehículos completamente eléctricos que funcionan únicamente mediante un motor eléctrico, sin utilizar ningún tipo de combustible fósil. Obtienen su energía de baterías recargables, las cuales se cargan conectando el vehículo a una fuente de electricidad o mediante la recuperación de energía durante las frenadas. El sistema de frenado regenerativo les permite aprovechar la energía de frenado y les hace más eficientes. Además, destacar su bajo consumo, nula emisión de gases contaminantes. No emiten apenas algún tipo de ruido o vibración y su mantenimiento durante su vida

útil es menor que en los vehículos de motor térmico. Sin embargo, no todo son beneficios. Uno de los principales inconvenientes de estos vehículos es que las baterías ofrecen una autonomía moderada, además de tener un costo elevado y un peso considerable.

Figura 11

*Arquitectura de un BEV*



*Nota.* Blog Simon Perú, 2019

Aunque existen diversas clases de baterías, las de ion de litio se han consolidado como la opción principal debido a sus ventajas: no sufren efecto memoria, tienen una vida útil prolongada y resisten numerosos ciclos de carga. Estas baterías almacenan la energía suministrada por el cargador (que se conecta a una fuente de corriente alterna) en forma de corriente continua. En los vehículos eléctricos con motor de corriente continua, la batería principal se conecta directamente al motor. En cambio, si el automóvil cuenta con un motor de corriente alterna, es necesario incorporar un inversor, que convierte la corriente continua en alterna para alimentar el sistema.. (Simon, 2019)

El tiempo de carga es igual a la capacidad de la batería dividida entre la capacidad del cargador. Siguiendo nuestro ejemplo hay que dividir 45 Ah entre 15A, lo que nos da como resultado el número 3. Esto significa que 3 serían las horas necesarias para poder cargar esta batería por completo. Cada batería tiene una capacidad máxima de kW que puede almacenar. Este factor es indispensable para entender por qué unos vehículos

tardan más en cargarse que otros. Una batería de mayor capacidad ofrece una duración más prolongada y requiere menos recargas, aunque su tiempo de carga completa es más largo una vez que se agota. Actualmente, los fabricantes de autos eléctricos están enfocados en desarrollar baterías de alto rendimiento que brinden una gran autonomía, sin aumentar considerablemente su peso ni sus dimensiones. (Enchufesolar, 2023)

La potencia de carga se refiere a la cantidad de energía que puede ingresar a la batería por unidad de tiempo, generalmente por hora. Esta depende de varios factores: la red eléctrica, el cargador interno del vehículo y el punto de carga. El valor final de la potencia de carga será el menor entre todos estos elementos. Por ejemplo, si la red doméstica proporciona 4,4 kW, mientras que tanto el punto de carga como el cargador del coche soportan hasta 7,4 kW, la carga se realizará a 4,4 kW, ya que es el límite más bajo entre los tres componentes. (Enchufesolar, 2023)

El motor de un vehículo eléctrico es un componente clave en su diseño y funcionamiento, ya que influye directamente en la necesidad de otros sistemas como inversores o convertidores. Estos motores pueden funcionar tanto con corriente continua como con corriente alterna. Aunque existen distintas clases de motores eléctricos, todos comparten una estructura básica compuesta por tres elementos principales: el estátor, el rotor y la carcasa. El estátor, que es la parte fija, puede estar conformado por electroimanes o láminas magnéticas. En su interior se encuentra el rotor, que es la parte que gira. Ambos están contenidos dentro de una carcasa metálica. Aunque hay diferentes variantes según la tecnología, los tipos más comunes son los utilizados para la tracción eléctrica. (Simon, 2019)

Motores asíncronos o de inducción: La principal particularidad de los motores asíncronos o de inducción es que el rotor gira a una velocidad diferente a la del campo magnético generado por el estátor. Todos estos elementos se encuentran alojados en una carcasa, cuya función es protegerlos y mantenerlos resguardados en un solo conjunto. Este tipo de motor está conformado por un rotor, pudiendo ser de tipo jaula de ardilla o bobinado, y presenta una alta eficiencia, un bajo coste y una gran fiabilidad. Sin embargo, tiene una densidad de potencia baja (poca potencia para su tamaño) y par de arranque bajo. Aun así, es el motor más empleado en la industria del automóvil

eléctrico; por ejemplo, Tesla a incorporado este tipo de motores en sus vehículos eléctricos. (Simon, 2019)

Los motores síncronos con imanes permanentes mantienen una velocidad de rotación constante. Existe una variante conocida como in-wheel motor, que puede instalarse directamente en el eje del vehículo, lo que permite ahorrar espacio y reducir el peso. Aunque su coste es elevado, estos motores son ampliamente aplicados tanto en autos eléctricos como en híbridos. Marcas como Nissan, Opel, Lexus y Toyota han apostado por esta tecnología. Estos motores, que funcionan con corriente continua y carecen de escobillas, se regulan fácilmente, son extremadamente silenciosos y no requieren mantenimiento. A pesar de estas ventajas, aún se encuentran en fase de desarrollo. (Simon, 2019)

Los autos híbridos, o con sistema de propulsión híbrido, integran un motor de combustión interna junto con un motor eléctrico. Esta combinación puede darse en forma de hibridación convencional, donde la energía eléctrica proviene de la regeneración o del propio motor térmico, o mediante una conexión externa para recarga eléctrica, conocidos como PHEV (Vehículos Eléctricos Híbridos Enchufables). Su principal beneficio en la actualidad es la posibilidad de operar en modo totalmente eléctrico durante trayectos urbanos, lo que reduce las emisiones contaminantes en la ciudad, y utilizar el motor térmico en rutas más largas o a mayor velocidad. (Gallego, 2022)

Las principales ventajas que podemos encontrar en los vehículos híbridos son: mejor rendimiento, menor consumo específico de combustible, reducción de emisiones que afectan a la calidad del aire, disminución de emisiones (toneladas CO<sub>2</sub> equivalentes) y uso de combustible e infraestructuras existentes. (Gallego, 2022)

Las configuraciones de vehículos híbridos son:

Configuración en serie: En esta configuración el motor eléctrico funciona como un generador de energía eléctrica y la propulsión la realiza únicamente el motor eléctrico. El motor de combustión funciona en su óptimo para el consumo y generación eléctrica.

Configuración en paralelo. Ambos motores están vinculados mecánicamente a la transmisión, lo que permite que ambos contribuyan con potencia y par al mismo tiempo. Esto simplifica la estructura del vehículo, aunque reduce su eficiencia.

Configuración combinada: Permite el funcionamiento combinado o independiente de ambos motores, lo que implica una mayor complejidad tecnológica debido a los sistemas de control y la mecánica, pero ofrece una mayor eficiencia que las dos configuraciones previas. (Gallego, 2022)

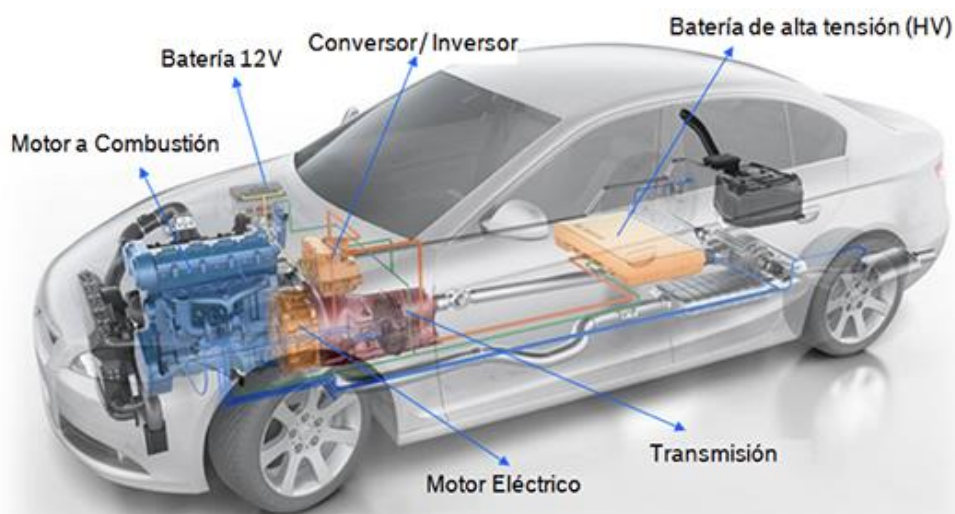
Los vehículos híbridos combinan un motor de combustión interna convencional con un motor eléctrico. A diferencia de los PHEVs, los HEVs no pueden conectarse a la red eléctrica. En su lugar, la batería que alimenta el motor eléctrico se recarga utilizando la energía generada por el motor de combustión. En los modelos más recientes, también se recarga aprovechando la energía producida durante las frenadas, convirtiendo la energía cinética en electricidad. El Toyota Prius, en su versión híbrida no enchufable, tiene una batería de 1.3 kWh que le permite recorrer hasta 50 km en modo eléctrico. (Torres, 2018)

Estos vehículos están equipados con un motor de combustión interna, un motor eléctrico de imán permanente, batería y supercondensadores, que actúan como unidad de almacenamiento eléctrico. La batería y los supercondensadores permiten la transferencia de energía de manera bidireccional entre las ruedas, las baterías o los supercondensadores, según sea necesario. Además, incluyen un sistema de gestión de energía (EMC) que controla todo el sistema y determina las funciones de cada unidad. Al utilizar un conjunto de supercondensadores en lugar de solo una batería, se reduce considerablemente la potencia y los ciclos de energía necesarios, lo que prolonga la vida útil de la batería. No obstante, la eficiencia disminuye a medida que el EMC maneja la mayor parte de la transferencia de energía entre las baterías y los supercondensadores. El EMC se intercomunica con los controladores del condensador y la batería, el motor de combustión interna, y los controles de conducción para decidir el par requerido de los motores de la batería y los condensadores. (Acosta y Carbajal, 2021)



Figura 12

*Arquitectura de un HEV*

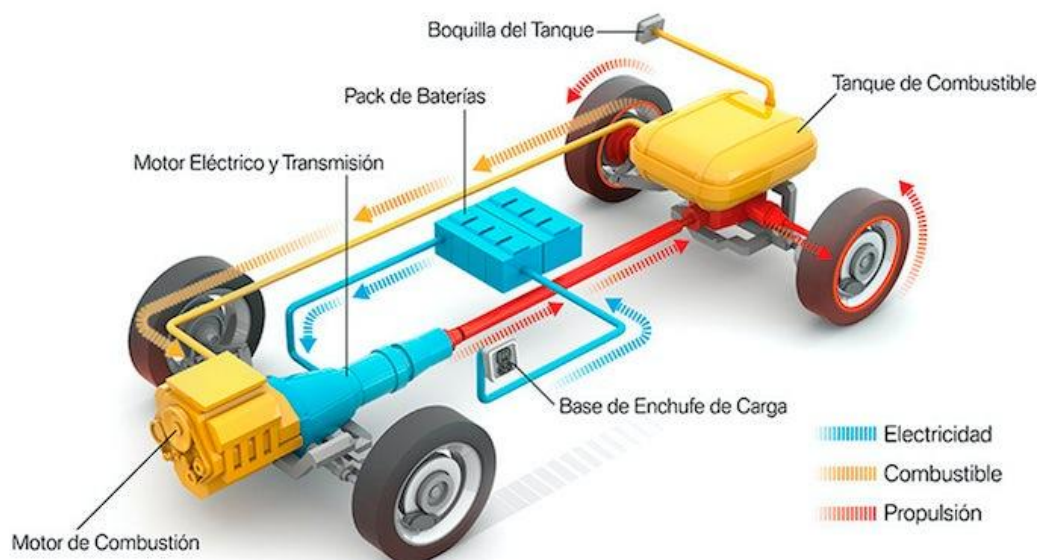


*Nota.* Blog Enterados de Colombia, 2022.

Los vehículos híbridos enchufables (PHEV) combinan un motor de combustión interna con un motor eléctrico que se recarga mediante una fuente externa de electricidad. Estos vehículos son capaces de almacenar suficiente energía de la red eléctrica, lo que les permite reducir considerablemente el uso de combustible durante la conducción habitual. El Mitsubishi Outlander PHEV, por ejemplo, tiene una batería de 12 kWh que le permite recorrer hasta 54 km solo con el motor eléctrico. (Torres, 2018)

Estos vehículos son similares a los híbridos eléctricos, ya que pueden cargar sus baterías mediante el motor de combustión interna (MCI), pero a diferencia de los HEV, los PHEV tienen baterías de mayor densidad energética, lo que les permite recorrer distancias mayores. Las baterías de los PHEV pueden cargarse tanto a través del motor de combustión interna como conectando el vehículo a una toma de corriente eléctrica. El uso de la energía proveniente de la red eléctrica reduce la dependencia de los combustibles fósiles para cargar las baterías, lo que constituye una ventaja sobre los HEV, que requieren el motor de combustión para recargar sus baterías. El PHEV es un vehículo que puede utilizarse en distancias cortas de 60 km, sin necesidad de utilizar el MCI, lo cual lo convierte en un vehículo de cero emisiones. (Zuñiga, 2014)

Figura 13  
*Arquitectura de un PHEV*



*Nota.* Blog Carcow, 2022.

### 2.5.2 Autonomía.

La autonomía se refiere a la distancia, en kilómetros, que un vehículo puede recorrer antes de necesitar repostar combustible o recargar la batería. En los coches de combustión interna, se calcula dividiendo la cantidad de combustible consumido por la distancia recorrida. La autonomía puede variar dependiendo del consumo, el tipo de recorrido y la velocidad; por lo tanto, un depósito más grande generalmente ofrece mayor autonomía. Además, la relación entre el peso del depósito y el peso total del vehículo también influye en la autonomía. En los vehículos eléctricos, el peso de las baterías afecta su autonomía, y factores como el tipo de terreno, la temperatura y el estilo de conducción también juegan un papel importante. (Renting Finders, 2022)

La autonomía del vehículo eléctrico es un término técnico que hace referencia a la máxima distancia que puede recorrer el vehículo con una batería al 100%, sin recarga de combustible o de baterías eléctricas. En la actualidad, un vehículo eléctrico de tamaño medio cuenta con una batería de al menos 70 kWh de capacidad, en el mínimo de casos el consumo medio es de 20 kWh/100 km circulando sobre carreteras a velocidades de 120 km/h permitiendo una autonomía de 350 km. Considerando que no

es recomendable técnicamente la descarga por completo de la batería ni su recargo al 100% la autonomía real sería de 80% equivalente a 280 km. Por lo cual la carga completa o descarga completa no es recomendable. (Pacheco, 2022)

En la actualidad, existen vehículos eléctricos con autonomías impresionantes, como los 741 kilómetros del Mercedes-Benz EQS (con una batería de 107,8 kWh), los 652 del Tesla Model S (batería de 100 kWh) o los 632 del BMW iX (batería de 111,5 kWh). Sin embargo, en modelos más asequibles, la autonomía suele estar entre los 500 y 600 kilómetros según la homologación en el ciclo mixto WLTP. Muchos vehículos más económicos y compactos no superan los 400 o incluso los 300 kilómetros. A pesar de esto, los fabricantes afirman que se avecina una revolución a corto plazo, con coches de segmentos populares, como los SUV-C (del tamaño del Hyundai Tucson o Nissan Qashqai), que pronto podrán superar los 600 e incluso los 700 kilómetros de autonomía. (Martin, 2023)

Las estrategias para mejorar la tecnología de los coches eléctricos son diversas, y un buen ejemplo de ello es la gama e-tron de Audi, cuya autonomía ha mejorado gracias a diversas optimizaciones. Tomemos el caso del e-tron 55 Quattro, lanzado en 2019 con una batería de 95 kWh, que le permitía homologar una autonomía de 417 kilómetros WLTP. Sin embargo, en 2021, a pesar de mantener los 95 kWh de capacidad de la batería, su autonomía aumentó a 437 kilómetros. Esto se logró mediante una actualización de software que optimizó la capacidad útil de la batería, es decir, la cantidad de energía que realmente se puede utilizar. En términos concretos, la capacidad utilizable pasó de 83,6 kWh a 86,5 kWh, lo que resultó en una mejora de 20 kilómetros adicionales. (Martin, 2023)

En resumen, observamos que la eficiencia de los coches eléctricos está mejorando, aunque de manera gradual, o incluso más despacio de lo que muchos desearían. Esto significa que el consumo real de energía está disminuyendo, y cada vez necesitaremos menos energía para recorrer la distancia entre dos puntos al conducir un coche eléctrico. Pero, hasta que lleguen nuevas tecnologías de batería, como las de estado sólido, serán progresos pequeños a base de optimizar por separado cada componente, y los fabricantes deberán seguir aumentando el tamaño de las baterías como método

más rápido y práctico para ofrecer las cifras de autonomía que exigen sus clientes. Al menos, hasta que la red de estaciones de carga se amplíe, los puntos de recarga ultrarrápida se vuelvan más comunes y podamos viajar sin la preocupación que actualmente genera el proceso de carga en muchas áreas y en gran parte del territorio. (Martin, 2023)

Figura 14

*Autonomía de vehículos eléctricos al 2023*

Modelo	Autonomía (100-5%)	Vueltas a la GRA	Autonomía WLTP	Diferencia % WLTP	Capacidad útil de la batería
BMW i7	436 km	6,4	625 km	-27%	101,7 kWh
Mercedes-Benz EQE	423 km	6,2	639 km	-30%	90,6 kWh
Polestar 2	395 km	5,8	551 km	-24%	75 kWh
Skoda Enyaq Coupé RS	368 km	5,4	505 km	-23%	77 kWh
MG 4	357 km	5,2	450 km	-16%	61,7 kWh
Kia e-Niro	347 km	5,1	463 km	-21%	64,8 kWh
smart #1	328 km	4,8	440 km	-22%	64 kWh
Volkswagen ID.Buzz	300 km	4,4	423 km	-25%	77 kWh
Renault Megane E-Tech	295 km	4,3	450 km	-31%	60 kWh
Aiways U5	289 km	4,2	410 km	-26%	60 kWh

*Nota.* Borrontoni de Blog EMotor, 2023.

Se detalla los siguientes aspectos que alteran la autonomía:

- Conducir en condiciones frías requiere más energía: cuando la temperatura desciende por debajo de  $\pm 0^{\circ}\text{C}$ , la energía necesaria para calentar el habitáculo es comparable a la que se usa para mover el vehículo a bajas velocidades, como en la conducción urbana.
- Las carreteras cubiertas de nieve o resbaladizas incrementan la fricción entre los neumáticos y la superficie, lo que provoca un mayor consumo de energía.
- Por encima de  $25^{\circ}\text{C}$  o  $30^{\circ}\text{C}$  se pueden considerar condiciones de conducción cálida. El principal impacto en la autonomía será la necesidad de enfriar el habitáculo donde se ubica los componentes motrices. (LEVC, 2021)

- La mayor parte de la energía se utilizará a bajas velocidades (como en el tráfico urbano) y para enfriar el vehículo cuando ha estado estacionado bajo el sol. El uso del aire acondicionado reducirá la autonomía del coche. La batería de alto voltaje solo requiere refrigeración adicional cuando el vehículo es conducido de manera intensa. (LEVC, 2021)
- Es fundamental planificar el viaje y calcular cuánta carga será necesaria para completar el recorrido. ¿Cuánta carga se requiere al inicio del viaje y en qué momento será necesario hacer la primera recarga? Si se está realizando un trayecto largo y es necesario detenerse a recargar, puede ser más eficiente hacer dos paradas y cargar entre el 50% y el 80% en cada una, en lugar de hacer una única parada para cargar la batería por completo. Esto se debe a que la carga del último 20% de la batería ocurre a un ritmo mucho más lento.
- La autonomía es menos relevante si se conduce principalmente en entornos urbanos con acceso a numerosos puntos de recarga. Esto permite cargar el vehículo mientras se realizan otras actividades, como ir de compras, a restaurantes o a la oficina. (LEVC, 2021)

### **2.5.3 Gestión de carga.**

La recarga de los vehículos eléctricos puede tomar desde unos minutos hasta varias horas. Se recomienda realizar la recarga por la noche, cuando la demanda de energía es más baja. Durante el proceso de carga, los ventiladores de la batería ayudan a mantener una temperatura estable. El tiempo de recarga depende del amperaje y el voltaje utilizados; por ejemplo, la carga doméstica no permite una recarga rápida. Además, las baterías se recargan más rápidamente cuando están más vacías. La primera mitad de la carga es más rápida, mientras que la segunda parte de la batería tarda más en completarse. (Pacheco, 2022)

La recarga del vehículo eléctrico no es únicamente un avance tecnológico, sino que se adapta al comportamiento de uso de los vehículos por los usuarios. La recarga de un vehículo eléctrico es útil para la planificación de viajes en cuanto a tiempo, trayecto y destino, por lo que su recarga es un factor decisivo. (Pacheco, 2022)

La carga lenta es el método de recarga más común entre los vehículos eléctricos debido a su simplicidad y accesibilidad, ya que se puede realizar en cualquier enchufe "doméstico" tipo Schuko. Este tipo de carga se realiza mediante corriente alterna monofásica a 230 V, 16 A y con una potencia máxima de 3,6 kW, similar a la que se encuentra en las viviendas. Es ideal para recargar durante la noche, cuando la demanda de energía es más baja y, por lo tanto, el coste por kWh es más económico. El tiempo de carga suele ser de entre 5 y 8 horas, dependiendo del tipo de batería del vehículo. Además, existe una variante de carga lenta que utiliza corriente alterna trifásica a 400 V y 16 A, con una potencia de hasta 11 kW, lo que permite realizar una carga completa en 2-3 horas. (Diez, 2019)

**Carga Semirapida:** Este tipo de carga es menos común que la carga lenta, pero se encuentra en lugares públicos, semipúblicos y privados, como aparcamientos de flotas, centros comerciales, cines, entre otros. Utiliza corriente monofásica de 230 V, 32 A y entre 8 y 14 kW, lo que permite un tiempo de carga de entre 1,5 y 3 horas. Como es de esperar, a mayor rapidez de carga, mayor es la potencia e intensidad necesarias. Esto requiere un control de temperatura e incluso sistemas de refrigeración para prevenir el sobrecalentamiento, ya que muchas baterías pueden presentar riesgo de combustión, como se explicó en el capítulo sobre baterías. También existe una variante que emplea corriente alterna trifásica de 400 V, hasta 63 A y entre 22 y 43 kW, capaz de cargar una batería en tan solo 30 minutos. (Diez, 2019)

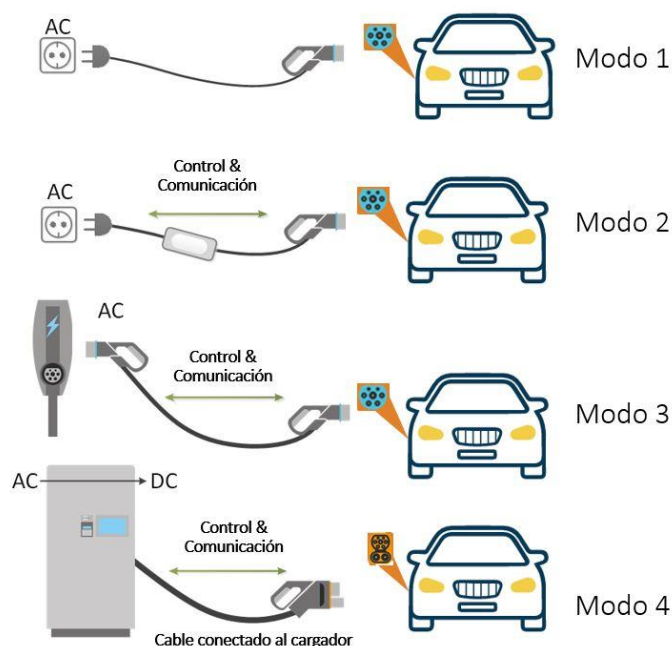
**Carga Rápida:** Este tipo de recarga se encuentra en estaciones de servicio que ofrecen carga eléctrica. Es un sistema de recarga más potente, ya que utiliza corriente continua de hasta 600 V y 400 A, alcanzando hasta 240 kW de potencia. Este sistema permite cargar el 80 % de la batería en un tiempo que varía entre 5 y 30 minutos. También, mediante el uso de corriente alterna a 500 V y 250 A, con 220 kW de potencia, se puede cargar el 80 % de la capacidad de la batería en tan solo 10 minutos. (Diez, 2019)

El modo de carga es la forma en la que el vehículo eléctrico se abastece de la red eléctrica para recargar sus baterías. La diferenciación entre los diferentes modos tiene que ver con el nivel de comunicación entre el vehículo eléctrico y la infraestructura de

carga, y el control que se tiene durante el proceso de recarga; para programarla, ver el estado, pararla o reanudarla.

Figura 15

*Modos de carga de vehículos eléctricos*



*Nota.* Blog de Tuvatio, 2023.

**Modo de carga 1**

Se trata de una carga lenta desde una base de enchufe doméstico, (enchufe Schuko) y sin comunicación entre vehículo y punto de recarga. No excediendo de 32A y 250V en corriente alterna monofásica o 480V en corriente alterna trifásica. El tiempo de recarga es función de la capacidad de la batería. Sus principales características son:

- Corriente: Alterna monofásica o trifásica
- Velocidad de carga: Lenta
- Intensidad máxima: 16A
- Comunicación: Sin comunicación. (Tuvatio, 2023)

**Modo de carga 2:** Conexión del vehículo a la red eléctrica sin exceder de 32A y 250V en corriente alterna monofásica o 480V en corriente alterna trifásica. En este caso existe una función de control piloto y una protección diferencial entre el vehículo eléctrico y el cargador. Sus principales características son:

- Corriente: Alterna
- Velocidad de carga: Lenta
- Intensidad máxima: 32A
- Comunicación: Cable-Vehículo. Control piloto CP. (Tuvatio, 2023)

Modo de carga 3: Conexión del vehículo eléctrico a la red de alimentación de corriente alterna a través de un SAVE (Wall Box), donde la función de control piloto se amplía al sistema de control del SAVE, estando conectado permanentemente a la red eléctrica. En monofásica permite la recarga del vehículo eléctrico en la mitad de tiempo que los modos anteriores, esto hace que sea la solución más habitual en viviendas unifamiliares y garajes comunitarios. Sus principales características son:

- Corriente: Alterna
- Velocidad de carga: Rápida
- Intensidad máxima: 63A
- Comunicación: Coche-cargador. Monitorización de carga. (Tuvatio, 2023)

Modo de carga 4: Este modo de recarga se ejecuta en corriente continua, es lo que se denomina carga rápida del vehículo eléctrico y suele hacerse en «electrolineras». El punto de carga está dotado de un transformador AC/DC para convertir la corriente alterna de la red en corriente continua. La intensidad y la tensión de 600V y hasta 400A y la demanda máxima oscila entre 125 y 400kW. Sus principales características son:

- Corriente: Continua
- Velocidad de carga: Rápida
- Intensidad máxima: 400A
- Comunicación: Avanzada entre vehículo y cargador. (Tuvatio, 2023)

Una estación de carga, también conocida como electrolinera o electrineria, es un lugar que suministra electricidad para la recarga rápida de las baterías de vehículos eléctricos, incluyendo los híbridos enchufables, utilizando métodos que no suelen superar los diez minutos (como dispensadores rápidos de electricidad o estaciones de intercambio de baterías). Las tarifas de carga son generalmente establecidas por los gobiernos locales. Los diseños más relevantes incluyen el estacionamiento y la carga, tanto en América del Norte como en Europa, siendo PARVE un diseño abierto con



unidades de enchufes compatibles con vehículos convertidos. Actualmente, el desarrollo de estas instalaciones se divide en dos enfoques principales: los sistemas de recarga de baterías y los sistemas de intercambio de baterías. (Cuno, 2020).

La infraestructura de recarga consiste en el conjunto de dispositivos físicos y lógicos diseñados para recargar vehículos eléctricos, asegurando que cumplan con los requisitos de seguridad y disponibilidad establecidos para cada caso, y con la capacidad de ofrecer un servicio de recarga completo e integral. Esta infraestructura incluye las estaciones de recarga, el sistema de control, las canalizaciones eléctricas, los cuadros eléctricos de mando y protección, así como los equipos de medición, cuando estos sean exclusivos para la recarga de vehículos eléctricos. (Cuno, 2020)

#### **2.5.4 Diferencias entre vehículos convencionales y vehículos eléctricos.**

Emisiones de CO<sub>2</sub>: La principal y más destacada diferencia radica en la emisión de gases contaminantes, ya que en los vehículos eléctricos estas emisiones son considerablemente menores. Esto se debe a la menor participación del motor de combustión durante su operación, lo cual varía según el tipo de vehículo eléctrico y el grado en que este motor intervenga en su funcionamiento. (Diez, 2019)

La eficiencia energética durante la conducción se define como la relación entre la energía generada y la energía consumida. Una de las diferencias más notables entre los tipos de motores es su eficiencia: mientras que los motores de combustión interna alcanzan aproximadamente un 25 %, los eléctricos pueden superar el 90 %. Esta diferencia se debe a la falta de engranajes y a una menor pérdida de energía en forma de calor. Además, los vehículos eléctricos presentan costos de mantenimiento significativamente más bajos (hasta un 50 % menos) gracias a la sencillez de su sistema de propulsión, que prescinde de elementos como correas de distribución, sistemas de aceite, refrigeración e incluso embrague. (Diez, 2019)

Las baterías que hay actualmente en el mercado no son capaces de competir y ofrecer la misma autonomía que el vehículo de combustión, por eso se trabaja por mejorar éste gran condicionante, un claro ejemplo de ello son las baterías de estado sólido. A pesar del considerable peso de las baterías, los vehículos eléctricos suelen ser más

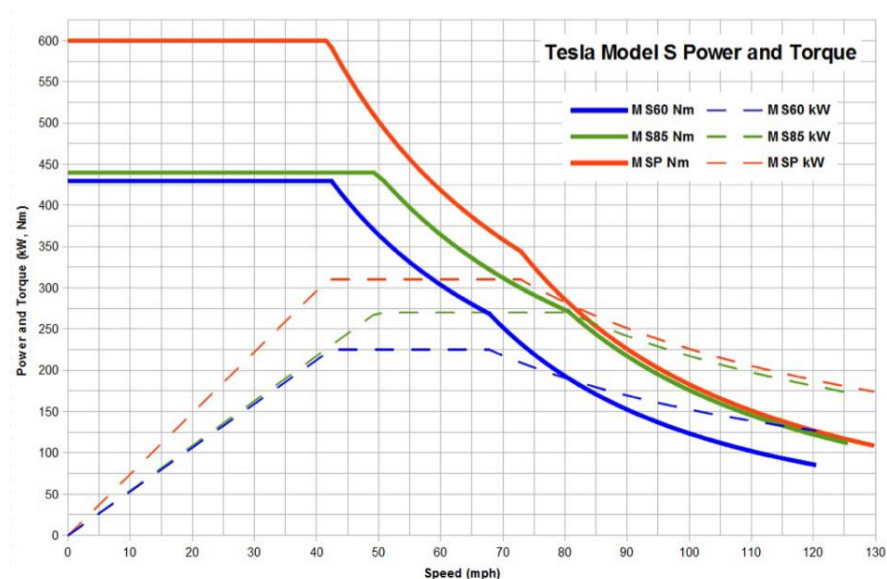
livianos en conjunto, ya que su estructura incluye hasta un 60 % menos de componentes en comparación con los vehículos convencionales, aunque en ciertos casos aún requieren el respaldo de un motor de combustión. (Diez, 2019)

La menor complejidad mecánica y la reducida cantidad de componentes sujetos a fricción y desgaste hacen que los vehículos eléctricos presenten menos fallos, lo que prolonga su vida útil en comparación con los de combustión. En cuanto al coste inicial, estos vehículos suelen ser más caros debido al elevado precio de las baterías y al hecho de tratarse de una tecnología aún en evolución. A esto se suma el gasto adicional que implica la instalación de un punto de carga en el hogar. (Acosta y Carbajal, 2021)

Los motores eléctricos destacan por ofrecer una curva de potencia prácticamente perfecta en aplicaciones de tracción, ya que entregan una potencia constante. Esto les permite alcanzar el par máximo incluso a bajas revoluciones y reducirlo a medida que aumenta la velocidad. Gracias a ello, el vehículo puede iniciar su marcha desde 0 rpm con el par máximo, alcanzando rápidamente su velocidad máxima. (Diez, 2019)

Figura 16

*Curvas de potencia y torque de un BEV*



*Nota.* Foro Club España Tesla.

### III. MATERIAL Y MÉTODO.

#### 3.1 Material

##### 3.1.1 Vehículos eléctricos en el Perú.

Tabla 1

*Estadísticas de ingreso de Tecnología motriz eléctrica al Perú*

<b>Año</b>	<b>Tecnología HEV Híbridos convencionales</b>	<b>Tecnología BEV Eléctricos puros</b>	<b>Tecnología PHEV Híbridos enchufables</b>	<b>Total</b>
2023	3 928	267	289	4 484
2022	2 408	135	107	2 650
2021	1 364	33	58	1 455
2020	450	26	8	484
2019	338	23	5	366
2018	155	18	2	175
2017	85	10	1	96
2016	9	2	0	11
Total				9 721

*Nota.* Información tomada de SUNARP y AAP (Asociación Automotriz Automotor)

##### 3.1.2 Número de vehículos y principales rutas de transporte interurbano.

Tabla 2

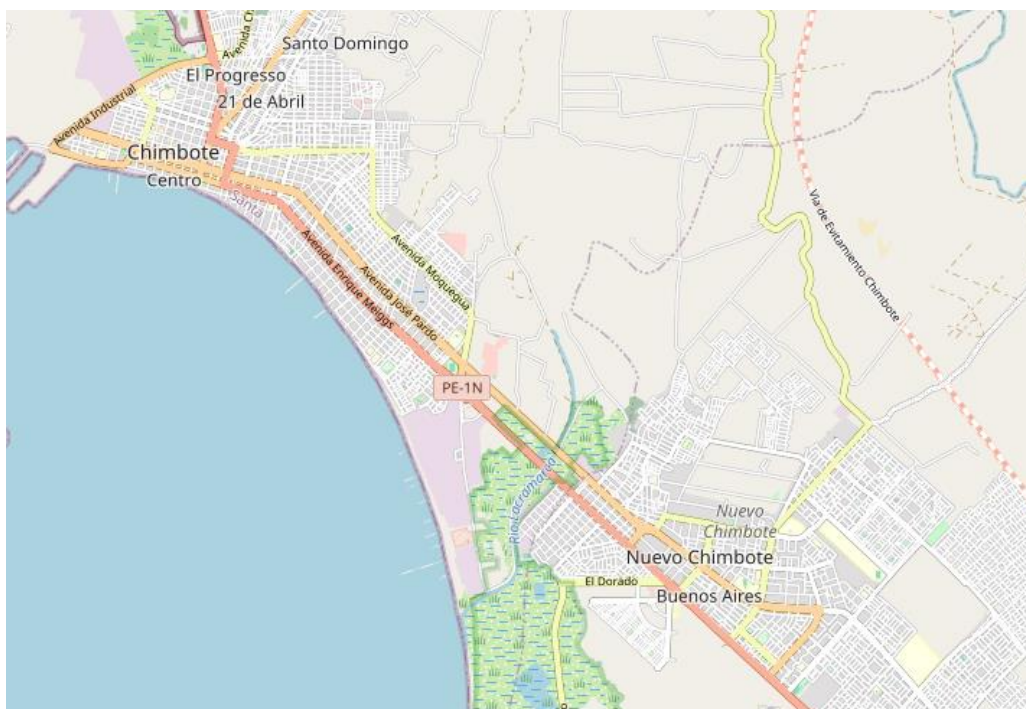
*Número de vehículos y principales rutas de transporte interurbano*

<b>Ruta</b>	<b>N° Vehículos</b>	<b>Diesel B5</b>	<b>Gasohol 90-95</b>	<b>GLP</b>	<b>Recorrido (km)</b>
Garatea- Seguro	225	10	25	190	14
Garatea-San Pedro	180	10	15	155	17
Garatea-El Carmen	240	11	22	207	16,5
San Luis-San Pedro	225	8	30	187	16,6
San Luis-El Carmen	217	7	25	185	17,1

*Nota.* Elaboracion propia con información de Municipalidad Provincial del Santa.

Figura 17

*Ruta interdistrital Chimbote-Nuevo Chimbote*



Nota. Imagen obtenida Observatorio minero energético OSINERGMIN

Tabla 3

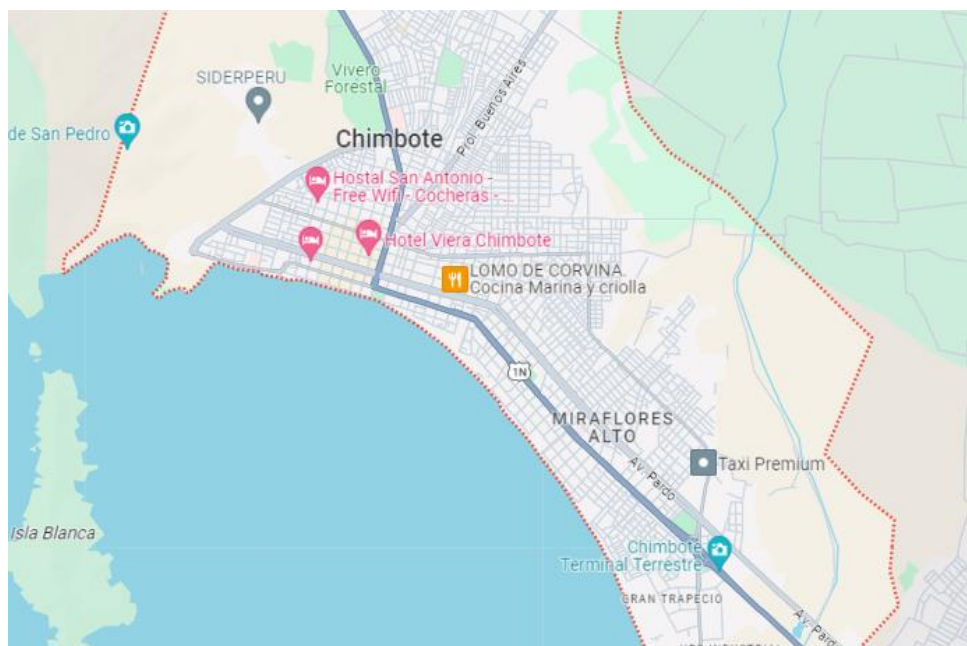
*Número de vehículos y principales rutas de transporte urbano*

<b>Ruta</b>	<b>N° Vehículos</b>	<b>Diesel B5</b>	<b>Gasohol 90- 95</b>	<b>GLP</b>	<b>Recorrido (km)</b>
Urb. Caleta-PJ Unión	75	18	25	32	6,1
Urb. Caleta-Urb. El Trapezio	60	20	18	22	7,8
Urb. Caleta -Urb. Los Pinos	78	32	28	18	5,8
Centro Urbano-PJ 2 de mayo	40	19	7	14	3,4
Centro Urbano-San Juan	40	25	5	10	4,3

Nota. Elaboracion propia con información de Municipalidad Provincial del Santa.

Figura 18

*Ruta urbana Chimbote*



*Nota.* Observatorio minero energético OSINERGMIN

3.1.3 Información técnica referente a los vehículos según el tipo de motor de Combustion interna. Se presentan los rendimientos de los motores de combustión interna vehiculares de transporte publico los cuales utilizan motores de combustión interna de aspiración natural.

Tabla 4

*Rendimientos de motores de combustión interna*

<b>Tipo de mci</b>	<b>Rendimiento (%)</b>
Diesel B5	30
Gasohol 90-95	27
GLP	25
GNV	26

*Nota.* Tesis de Zavaleta 2023

Referente a las emisiones de dióxido de carbono, emitidas por la combustión de combustibles se toma en cuenta la informacion de la tesis de Zavaleta (2023).

Tabla 5

*Factor de emisiones según m.c.i*

<b>Tipo de mci</b>	<b>Factor de emisiones (Ton. CO<sub>2</sub>/TJ)</b>
Diesel B5	70,8
Gasohol 90-95	69,3
GLP	63,1
GNV	56,1

*Nota.* Tesis de Zavaleta 2023

### 3.1.4 Información técnica de autos eléctrico tomado como muestra

Auto 1: IONIQ5 Hyundai.

Tabla 6

*Especificaciones técnicas de IONIQ5 Hyundai*

<b>Características</b>	<b>Detalle</b>
Modelo	IONIQ5 Hyundai
Tipo de motor	Motor Síncrono de Imán Permanente (PMSM)
Potencia máxima de motor eléctrico	160 kW
Tipo de batería	Polímero de Ion-Litio
Capacidad de la batería	72,6 kW/h
Tipo de Enchufe Carga Rápida/Normal	DC Tipo 2
Tipo de cargador	Compatible con infraestructuras de 600 y 800 v
Dimensiones(mm)	4 635* 1 890 * 1 605
Peso bruto vehicular	2 430 kg
Autonomía	481 km
Cargador rápido DC hasta 350kW	18 minutos (del 10 % al 80%)
Cargador rápido DC hasta 100 kW	43 minutos (del 10 % al 80%)
Cargador rápido DC hasta 50kW	1 hora (del 10 % al 80%)
Carga semi-rápida AC trifásica (10.5kW)	6 h 50 minutos
Consumo por 100 km	14,4 kWh /100 km

*Nota.* Hyundai Perú (2023)

Figura 19

*Modelo IONIQ V Hyundai*



*Nota.* Hyundai Perú.

## 3.2 Método.

### 3.2.1 Metodología.

Método de la investigación.

La presente investigación es del tipo correlacional, de naturaleza descriptiva.

El diseño de la investigación es no experimental, ya que no manipula deliberadamente variables. Se basa en la observación de los fenómenos tal como se presentan en su contexto natural y luego son analizados.



O1: Indicadores de descarbonización antes de implementación de alternativas tecnológicas.

O2: Indicadores de descarbonización luego de implementación de alternativas tecnológicas.

X: Implementación progresiva de alternativas tecnológicas.

G.E: Parque automotor de carga liviana del sector transporte público de la Provincia del Santa, representada por las primeras líneas de colectivos de transporte interdistrital Chimbote-Nuevo Chimbote y de transporte urbano en la ciudad de Chimbote (según las tablas 2 y 3)

### 3.2.2 Método de cálculo.

Se tiene en cuenta la siguiente secuencia

- a. Se realiza un diagnóstico al sector de transporte liviano de pasajeros según la muestra trabajada de acuerdo a las tablas 2 y 3 para ello se ha trabajado con matrices para obtener los indicadores de transporte característico según las rutas de transporte urbano e interurbano.

Para cada tipo de ruta y según el tipo de combustible empleado en el motor vehicular, determinándose según las siguientes características:

- 8 desplazamientos de ida y vuelta, 16 viajes para la ruta interurbana.
- 12 desplazamientos de ida y vuelta, 24 viajes para la ruta urbana.
- Se realizó una encuesta de costos diarios que incurren los propietarios de cada vehículo según su ruta y tecnología.
- El costo promedio ponderado de cada ruta  $cpp_{r,t}$  según su tecnología se obtiene según la siguiente ecuación:

$$cpp_{r,t} = \frac{\sum_{i=1}^n ci_i * nv_i}{\sum_{i=1}^n nv_i} \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

$nv_i$  es el número de vehículos de una determinada ruta y tecnología con un costo  $ci_i$  es el costo asociado al número de vehículos de una determinada ruta y tecnología.

Del mismo modo se determinó el consumo promedio diario  $cpd_{r,t}$  para cada grupo de vehículos según su ruta y tecnología.

$$cpd_{r,t} = \frac{cpp_{r,t}}{\text{costo unitario de combustible}} \text{ (galones) } \dots \dots \dots (2)$$

Los costos promedio de los combustibles han sido obtenidos de la página de Osinergmin, mes de marzo 2024 Chimbote.

<https://www.facilito.gob.pe/facilito/actions/PreciosCombustibleAutomotorAction.do>

- Para el Petróleo DB5 16.5 S/. / galón.



- Para el Gasohol 90 a 95 en promedio 15.3 S/. / galón.
- Para el GLP 7,29 S/. / galón.
- Para el GNV 2,3 S/./m3

Seguidamente se determinó el rendimiento por distancia recorrida para cada grupo de vehículos según su ruta y tecnología.

$$r_{r,t} = \frac{\text{ruta diaria recorrida} \left( \frac{\text{km}}{\text{galon}} \right)}{cpd_{r,t}} \dots \dots \dots (3)$$

Seguidamente teniendo en cuenta un valor de 30 días al mes, se determinan las emisiones vertidas por cada tecnología vehicular, teniendo en cuenta los factores de emisiones de la tabla 5.

- b. Se determina los indicadores energéticos característicos de los combustibles:  
 Para la potencia térmica suministrada a cada mci con GLP, Petróleo diesel B5 y gasohol.

$$P_{sum} = \dot{m}_c * PCI_c \dots \dots \dots (4)$$

Donde:

$\dot{m}_c$  = Flujo másico de combustible.

$PCI_c$  = Poder calorífico del combustible.

Para las emisiones emitidas por los mci.

$$Emisiones\ emitidas_c = \dot{m}_c * Factor\ de\ emisiones_c * Factores\ de\ conversión \dots (5)$$

Donde:

$\dot{m}_c$  = Flujo másico de combustible.

$PCI_c$  = Poder calorífico del combustible.

Para la determinación del flujo másico de los combustibles por mes:

$$\dot{m}_{cMES} = \dot{m}_c * \frac{\text{horas de operacion}}{\text{mes}} \dots \dots \dots (6)$$

Para la energía mensual consumida por los motores de combustión interna:

$$\text{Energia}_{mes} = \dot{m}_{cMES} * PCI_c * \frac{\text{horas de operacion}}{\text{mes}} \dots \dots \dots (7)$$

Para la determinación del flujo de gas natural equivalente para cada vehículo con GLP, gasohol y petróleo diesel B5.

$$P_{sum} = P_{GNV} \dots \dots \dots (8)$$

Para la reducción de dióxido de carbono emitido por sustitución del GLP, Gasohol y petróleo diesel B5 por GNV en el proceso descarbonización es:

$$\begin{aligned} & \text{Reduccion de emisiones emitidas} \\ & = \text{Emisiones emitidas}_c - \text{Emisiones emitidas}_{GNV} \dots \dots (9) \end{aligned}$$

- c. Se determinó la autonomía promedio de los autos BEV tomados como muestra. Teniendo en cuenta que las baterías tienen condiciones de operación máxima de 80% de carga hasta un mínimo de capacidad de descarga de 10%

Capacidad de batería a1 80%:

$$\text{Capacidad de bateria al 80\%} = \text{Capacidad de la bateria} * 0,8 \dots \dots (10)$$

Capacidad de batería a110%:

$$\text{Capacidad de bateria al 10\%} = \text{Capacidad de la bateria} * 0,1 \dots \dots (11)$$

Capacidad efectiva:

Capacidad efectiva de bateria

$$= \text{Capacidad de bateria al 80\%} - \text{Capacidad de bateria al 10\%} \dots (12)$$

Autonomía efectiva:

$$\text{Autonomia efectiva} = \frac{\text{Capacidad efectiva de bateria}}{\text{Consumo por 100 km}} \dots \dots \dots (13)$$

- d. Se realizó la estimación de las condiciones de implementación del uso masivo del gas natural vehicular en la provincia del Santa para el proceso de descarbonización. Cuyo principal factor de motivación para la implementación de reducción de costos.

$$\text{Reduccion de costos} = \text{Costo por consumo}_C - \text{Costo por consumo}_{GNV} \dots \dots (14)$$

- e. Para la determinación de la energía eléctrica y emisiones asociadas a la recarga eléctrica se presentan las siguientes ecuaciones.

Eficiencia del m.c.i independiente de su tecnología.

$$\eta_{mci} = \frac{P_{util}}{P_{sum}} * 100\% \dots \dots \dots (15)$$

Donde:

$P_{sum}$  es la potencia suministrada al mci por el combustible.

Del mismo modo se considera que la potencia útil desarrollada por un vehículo convencional es igual a potencia útil desarrollada por un vehículo eléctrico BEV.

$$P_{util} = P_{util\ BEV} \dots \dots \dots (16)$$

Eficiencia del BEV es igual a.

$$\eta_{BEV} = \frac{P_{util}}{P_{sumBEV}} * 100\% \dots \dots \dots (17)$$

Donde:

$P_{sumBEV}$  es la potencia suministrada al BEV por la red eléctrica.

En el caso del abastecimiento de energía eléctrica para un vehículo eléctrico a batería (BEV) a través de la red del SEIN, se consideran las eficiencias de los distintos componentes del sistema eléctrico, como la distribución, la transmisión y la generación. Esta última está vinculada al tipo de combustible utilizado, en este caso, gas natural consumido por una central termoeléctrica con turbina a gas, la cual suele ser la unidad marginal en la curva de demanda del SEIN.

La eficiencia de la red de distribución es:

$$\eta_{RD} = \frac{P_{sumBEV}}{P_{RD}} * 100\% \dots \dots \dots (18)$$

Donde:

$P_{RD}$  es la potencia eléctrica inyectada a la red de distribución.

La eficiencia de la red de transmisión compara la potencia eléctrica inyectada a la red de transmisión por la central de generación con la potencia inyectada a la red de distribución:

$$\eta_{RT} = \frac{P_{RD}}{P_{RT}} * 100\% \dots \dots \dots (19)$$

La eficiencia de una central termoeléctrica con turbina a gas con gas natural es:

$$\eta_{CT} = \frac{P_{RT}}{P_{SCTG}} * 100\% \dots \dots \dots (20)$$

Donde:

$P_{SCTG}$  es la potencia térmica suministrada por el combustible en la central termoeléctrica con turbina a gas en el SEIN.

- f. Se estima las condiciones futuras para la implementación de la electromovilidad en el sector transporte liviano de la Provincia del Santa según las características del grupo experimental, para el proceso descarbonización.

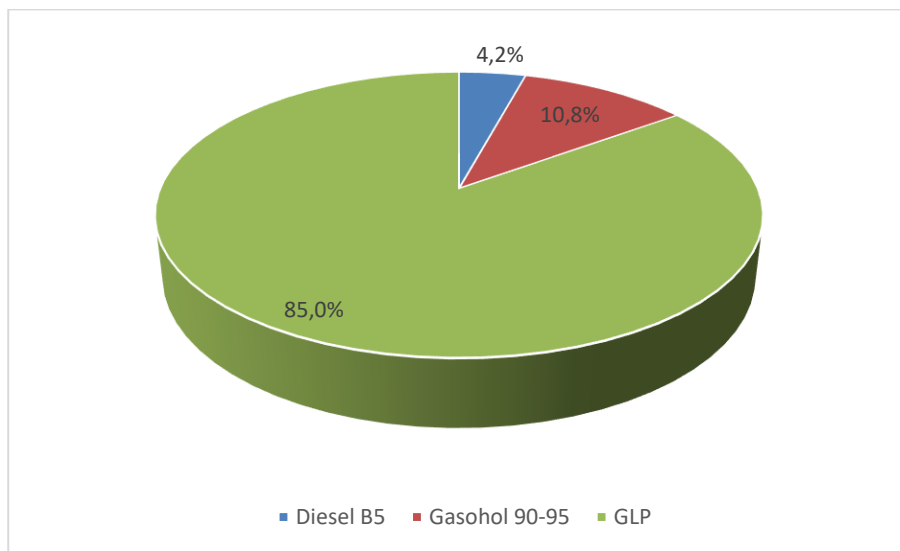
#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

##### 4.1 Análisis del parque automotor actual.

Se presenta la distribución porcentual de la muestra un total de 1 087 vehículos de las 5 rutas interurbanas Chimbote-Nuevo Chimbote y viceversa, de los cuales el 85% de los vehículos consumen GLP sumando un total de 924, mientras que el 10,8% de la muestra consume gasohol con un total de 117 vehículos y tan solo el 4,2% opta por consumir petróleo DB5 con un total de 46 vehículos.

Figura 20

*Distribución porcentual de la muestra para ruta interurbana*

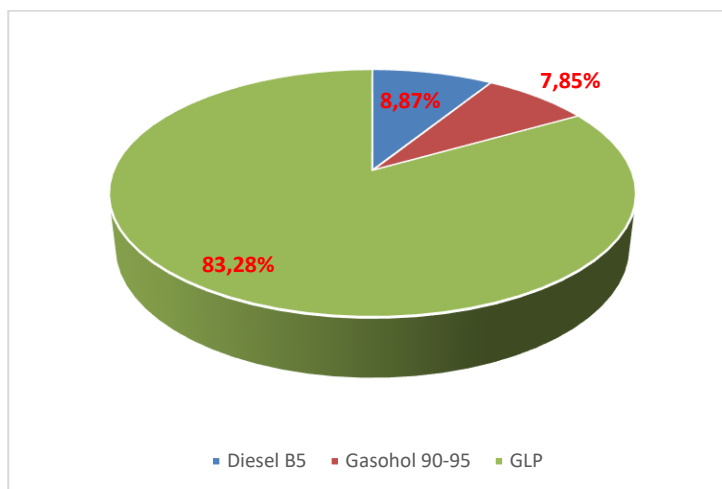


*Nota.* Elaboracion propia.

Se presenta la distribución porcentual de la muestra un total de 293 vehículos de las 5 rutas urbanas en la ciudad de Chimbote, de los cuales el 83,3% de los vehículos consumen GLP sumando un total de 244, mientras que el 8,9% de la muestra consume petróleo DB5 gasohol con un total de 26 vehículos y tan solo el 7,8% opta por consumir gasohol con un total de 23 vehículos.

Figura 21

*Distribución porcentual de la muestra para ruta urbana*



*Nota.* Elaboracion propia.

Se presentan los resultados para determinar el rendimiento para las 5 rutas interurbanas, con los tres tipos de tecnologías para las 5 rutas interurbanas Chimbote-Nuevo Chimbote, en la cual el rendimiento para la ruta interurbana Garatea-Seguro para tecnología GLP es la siguiente:

Se toma en consideración la información del Anexo 1.

- N° de vehículos: 190.
- N° de vehículos con gasto diario de GLP de S/ 110,00: 10
- N° de vehículos con gasto diario de GLP de S/ 100,00: 180

El costo promedio ponderado es:

$$cpp_{r,t} = \frac{(110 * 10) + (100 * 180)}{10 + 180} = 100,50 \text{ S./dia}$$

Del mismo modo se determinó el consumo promedio diario  $cpd_{r,t}$  para cada grupo de vehículos según su ruta y tecnología.

Para el GLP 7,29 S/. / galón.

$$cpd_{r,t} = \frac{100,50 \text{ S./dia}}{7,29 \text{ S./galon}} = 13,8 \text{ galon/dia}$$

Seguidamente se determinó el rendimiento por distancia recorrida.

$$r_{r,t} = \frac{13,8}{14 * 2 * 8} \left( \frac{\text{km}}{\text{galon}} \right) = 16,2 \text{ km/galon}$$

Para la mencionada ruta se presentan los resultados de la matriz de rendimientos. De las restantes tecnologías y rutas se detallan en el Anexo 1.

Tabla 7

*Matriz de rendimientos para ruta interurbana con GLP*

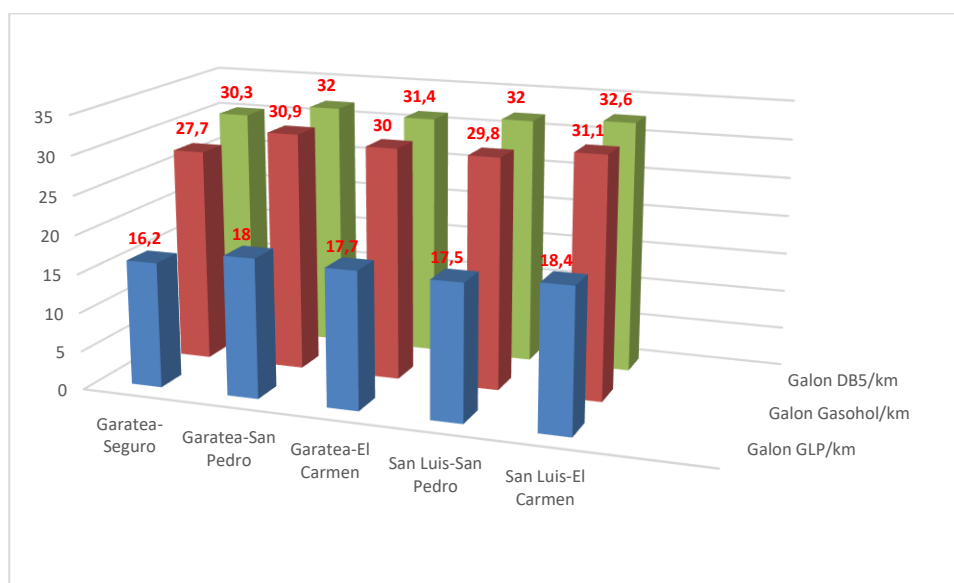
GLP	N°	Gasto al día (S./día)				Promedio (S./día)	Consumo Gal/día	Rendimiento km/galón
		130	120	110	100			
Garatea- Seguro	190	0	0	10	180	100,5	13,8	16,2
Garatea-San Pedro	155	0	5	150	0	110,3	15,1	18,0
Garatea-El Carmen	207	0	1	180	26	108,8	14,9	17,7
San Luis-San Pedro	187	0	20	167	0	111,1	15,2	17,5
San Luis-El Carmen	185	0	5	155	25	108,9	14,9	18,4

*Nota.* Elaboracion propia.

Se presentan los resultados para la mencionada ruta se presentan los resultados de la matriz de rendimientos de las restantes tecnologías para ruta interurbana.

Figura 22

*Rendimiento de vehículos de la muestra para ruta interurbana*



*Nota.* Elaboracion propia.

Para vehículos con GLP donde se concentra el 85% de la muestra se presenta un rendimiento que oscila entre 18,4 km/galón para la ruta San Luis-El Carmen, debido a ser una ruta con menor tráfico y longitudinal, salvo, si existen pasajeros que se trasladan por la Av. Gálvez, y 16,2 km/galón para la ruta Garatea-Seguro (P.J Manuel Arévalo) la cual presenta el menor rendimiento por la congestión en la avenida pardo en la zona urbana.

Para los vehículos que operan con gasohol donde se concentra 10,8% de la muestra se presenta un rendimiento que oscila entre 31,1 km/galón para la ruta San Luis-El Carmen, debido a ser una ruta con menor tráfico y longitudinal, salvo, si existen pasajeros que se trasladan por la Av. Gálvez, y 27,7 km/galón para la ruta Garatea-Seguro (P.J Manuel Arévalo) la cual presenta el menor rendimiento por la congestión en la avenida pardo en la zona urbana.

Mientras que para los vehículos que operan con petróleo DB5 donde solo se concentra el 4,2% de la muestra se presenta un rendimiento que oscila entre 32,6 km/galón para la ruta San Luis-El Carmen, debido a ser una ruta con menor tráfico y longitudinal, salvo, si existen pasajeros que se trasladan por la Av. Gálvez, y 30,3 km/galón para la ruta Garatea-Seguro (P.J Manuel Arévalo) la cual presenta el menor rendimiento por la congestión en la avenida pardo en la zona urbana.

Para la ruta urbana, para vehículos con GLP donde se concentra el 83,3% de la muestra se presenta un rendimiento que oscila entre 19,5 km/galón para la ruta Urb. La Caleta-Urb. El Trapecio debido a ser una ruta con menor tráfico en la Urb. La Caleta y longitudinal el resto de la ruta, y 11,8 km/galón para la ruta Casco Urbano de Chimbote-P. J 2 de mayo (Mercado Mayorista) la cual presenta el menor rendimiento debido al mal estado de la ruta (no asfaltada).

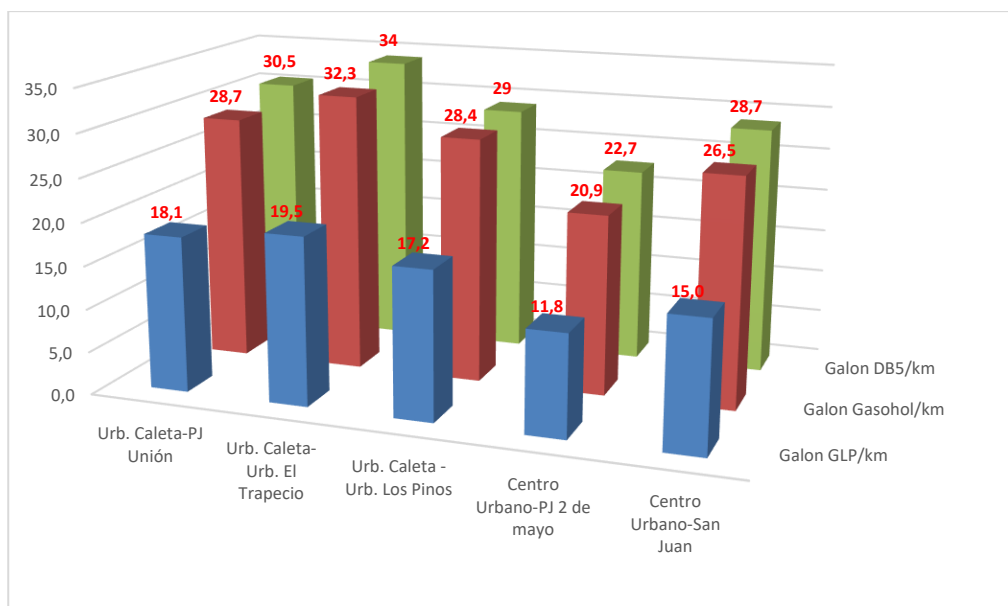
En la ruta urbana para los vehículos que operan con gasohol donde se concentra el 7,8% de la muestra se presenta un rendimiento que oscila entre 32,3 km/galón para la ruta Urb. La Caleta-Urb. El Trapecio debido a ser una ruta con menor tráfico en la Urb. La Caleta y longitudinal el resto de la ruta y 20,9 km/galón para la ruta Casco Urbano de Chimbote-P. J 2 de mayo (Mercado Mayorista) la cual presenta el menor rendimiento debido al mal estado de la ruta (no asfaltada).



En la ruta urbana para los vehículos que operan con petróleo DB5 donde se concentra el 8,9% de la muestra se presenta un rendimiento que oscila entre 34 km/galón para la ruta Urb. La Caleta-Urb. El Trapecio debido a ser una ruta con menor tráfico en la Urb. La Caleta y longitudinal el resto de la ruta y 22,7 km/galón para la ruta Casco Urbano de Chimbote-P. J 2 de mayo (Mercado Mayorista) la cual presenta el menor rendimiento debido al mal estado de la ruta (no asfaltada).

Figura 23

*Rendimiento de vehículos de la muestra para ruta urbana*



*Nota.* Elaboracion propia.

Seguidamente teniendo en cuenta un valor de 30 días al mes, se determinan las emisiones vertidas por cada tecnología vehicular, teniendo en cuenta los factores de emisiones de la tabla 5. Se presenta el siguiente ejemplo para la ruta interurbana Garatea-Seguro para vehículos con tecnología GLP.

$$\text{Consumo mensual por vehiculo} = 13,8 \frac{\text{galón}}{\text{día/mes}} = 414 \frac{\text{galón}}{\text{mes}}$$

$$\text{Consumo mensual muestra de 190 vehículos} = 414 \frac{\text{galón}}{\text{mes}} * 190 = 78\ 660 \text{ galón/mes}$$

Para el GLP se tienen los siguientes valores de sus propiedades físico-químicas. (Información obtenida de MINEM-Osinergmin y Petroperú)

- Poder calorífico inferior: 11 800 kcal/kg.
- Densidad: 560 kg/m<sup>3</sup>
- Factor de conversión: 1galon= 0,003785 m<sup>3</sup>.
- Factor de conversión: 1 TJ= 1 000'000 000 kJ
- Factor de emisiones: 63,1 Ton. CO<sub>2</sub>/ TJ.

$$Emisiones_{GLP Ruta IU} = \frac{78\,660 * 0,003785 * 560 * 11\,800 * 4,18 * 63,1}{1\,000\,000\,000}$$

$$Emisiones_{GLP Ruta IU} = 518,9 \frac{Ton CO_2}{mes}$$

Se presenta la matriz de resultados de las emisiones emitidas por la muestra vehicular en la ruta interurbana. Donde se produce 3 076,4 Ton CO<sub>2</sub>/mes, siendo la ruta Garatea-El Carmen la de mayores emisiones con un valor de 610,4 Ton CO<sub>2</sub>/mes por empleo de GLP, 50 Ton CO<sub>2</sub>/mes por consumo de gasohol y 27 Ton CO<sub>2</sub>/mes por consumo de petróleo DB5, sumando un total de 22,3% del total de emisiones.

Tabla 8

*Matriz de emisiones para ruta interurbana*

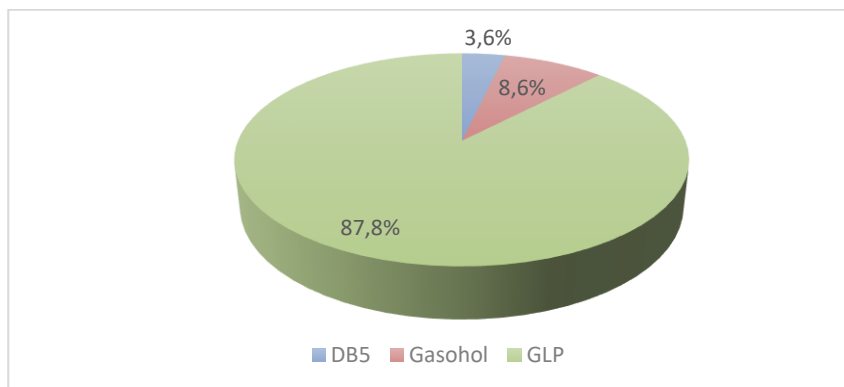
Ruta Interurbana	Consumo			Emisiones Ton CO <sub>2</sub> /mes		
	Galón DB5/mes	Galón Gasohol/mes	Galón GLP/mes	DB5	Gasohol	GLP
Garatea- Seguro	2 217,6	6 060,0	78 660,0	22	53	518,9
Garatea-San Pedro	2 548,8	3 960,0	70 215,0	25	34	463,2
Garatea-El Carmen	2 772,0	5 808,0	92 529,0	27	50	610,4
San Luis-San Pedro	1 993,0	8 020,8	85 272,0	20	70	562,5
San Luis-El Carmen	1 764,0	6 600,0	82 695,0	17	57	545,5
<b>Total</b>	<b>11 295,4</b>	<b>304 48,8</b>	<b>409 371,0</b>	<b>111,7</b>	<b>264,0</b>	<b>2 700,6</b>
						<b>3 076,4</b>

*Nota.* Elaboracion propia.

Así mismo el consumo de GLP genera un total de 2 700,6 Ton CO<sub>2</sub>/mes lo que representa el 87,8% del total de dióxido emitido. Mientras que el petróleo DB5 y el gasohol emiten un equivalente a 3,6% y 8,6% respectivamente.

Figura 24

*Participación porcentual de emisiones según combustible utilizado para ruta interurbana*



*Nota.* Elaboracion propia.

Se presenta la matriz de resultados de las emisiones emitidas por la muestra vehicular en la ruta urbana. Donde se produce 295,3 Ton CO<sub>2</sub>/mes, siendo la ruta Urb. La Caleta-Urb. Los Pinos la de mayores emisiones con un valor de 68 Ton CO<sub>2</sub>/mes por empleo de GLP, 7 Ton CO<sub>2</sub>/mes por consumo de gasohol y 4 Ton CO<sub>2</sub>/mes por consumo de petróleo DB5, sumando un total de 31,4% del total de emisiones.

Tabla 9

*Matriz de emisiones para ruta urbana*

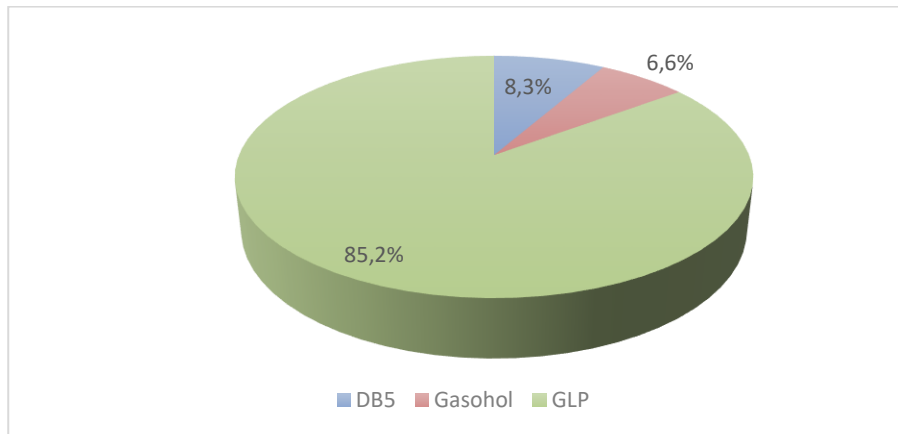
Ruta urbana	Consumo			Emisiones Ton CO <sub>2</sub> /mes		
	Galón DB5/mes	Galón Gasohol/mes	Galón GLP/mes	DB5	Gasohol	GLP
Urb. Caleta-PJ Unión	480,0	409,0	10 676,2	5	4	68
Urb. Caleta-Urb. El Trapecio	1 099,2	578,4	8 640,0	11	5	55
Urb. Caleta -Urb. Los Pinos	384,0	783,4	10 676,2	4	7	68
Centro Urbano-PJ 2 de mayo	288,0	234,7	4 561,9	3	2	29
Centro Urbano-San Juan	216,0	233,3	4 683,8	2	2	30
<b>Total</b>	<b>2 467,2</b>	<b>2 238,7</b>	<b>39 238,1</b>	<b>24,4</b>	<b>19,4</b>	<b>251,5</b>
						<b>295,3</b>

*Nota.* Elaboracion propia.

Así mismo para la ruta urbana el consumo de GLP genera un total de 251,5 Ton CO<sub>2</sub>/mes lo que representa el 85,2% del total de dióxido emitido. Mientras que el petróleo DB5 y el gasohol emiten un equivalente a 8,3% y 6,6% respectivamente.

Figura 25

*Participación porcentual de emisiones según combustible utilizado para ruta urbana*

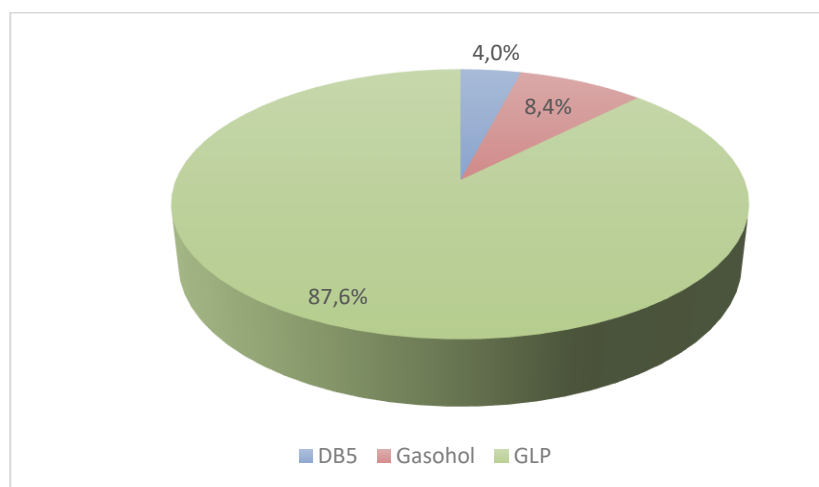


*Nota.* Elaboracion propia.

Así mismo la producción total de emisiones es de 3 371,6 Ton CO<sub>2</sub>/mes donde el GLP genera un total de 2 952,1 Ton CO<sub>2</sub>/mes lo que representa el 87,6% del total de dióxido emitido. Mientras que el petróleo DB5 y el gasohol emiten un equivalente a 4,0% y 8,4% respectivamente.

Figura 26

*Participación porcentual de emisiones según combustible total*



*Nota.* Elaboracion propia.

#### 4.2 Determinación del equivalente en combustible ante la migración a gas natural

Se presenta el ejemplo de cálculo para la determinación del equivalente en combustible tradicional a gas natural. Para ello se toma el primer caso para la ruta interurbana Garatea-Seguro (P.J Manuel Arévalo) cuyo rendimiento es de 30,3 km/galón consumiendo petróleo DB5.

Para 30,3 km de recorrido se tiene un consumo de 1 galón.

El flujo de energía generado se determina según la ecuación 4:

$$P_{sum\ DB5} = 1\ galon * 3,28kg/galon * 42\ 600kJ/kg$$

$$P_{sum} = 139,728\ kJ$$

Se tiene la siguiente equivalencia.

$$P_{sum\ DB5} = P_{sum\ GN}$$

$$139\ 728 = \dot{m}_{GN} * PCI_{GN}$$

Para un poder calorífico del gas natural de 35 441 kJ/m<sup>3</sup>.

$$139\ 728\ kJ = \dot{m}_{GN} * 35\ 441\ kJ/m^3$$

$$\dot{m}_{GN} = 3,94\ m^3$$

Según la tabla 4 para los rendimientos de distintos motores de combustión interna se presenta la siguiente relación directa:

$$\begin{array}{l} \eta_{DB5} = 30\% \quad \dots \dots \dots \quad \text{Equivalente } 3,94\ m^3 \\ \eta_{GNV} = 26\% \quad \dots \dots \dots \quad \text{Equivalente real } X \end{array}$$

$$X = \frac{30 * 3,94}{26} = 4,55\ m^3$$

Con lo cual el rendimiento equivalente para 30,3 km/4,55 m<sup>3</sup>= 6,66 km/m<sup>3</sup>.

Para la ruta interurbana se requiere un total de 1'325 988 m<sup>3</sup> de gas natural al mes para poder cubrir el 100% de la totalidad de la demanda, donde la mayor parte de sustitución de combustible se orienta a reemplazar a la tecnología vehicular con GLP con un 87,7%.

Tabla 10

*Matriz de sustitución de combustibles por GN para ruta interurbana*

Ruta Interurbana	Consumo (m <sup>3</sup> GN/mes)		
	Sustitución de DB5	Sustitución de Gasohol	Sustitución de GLP
Garatea- Seguro	10 089,6	22 248,0	224 010,0
Garatea-San Pedro	11 606,4	14 536,8	199 485,0
Garatea-El Carmen	12 624,5	21 331,2	263 304,0
San Luis-San Pedro	9 066,2	29 433,6	241 791,0
San Luis-El Carmen	8 023,7	24 228,0	234 210,0
Total	51 410,4	111 777,6	1'162 800,0
		1'325 988,0	

*Nota.* Elaboracion propia.

Para la ruta urbana se requiere un total de 130 892,6 m<sup>3</sup> de gas natural al mes para poder cubrir el 100% de la totalidad de la demanda, donde la mayor parte de sustitución de combustible se orienta a reemplazar a la tecnología vehicular con GLP con un 85,1%.

Tabla 11

*Matriz de sustitución de combustibles por GN para ruta urbana*

Ruta urbana	Consumo (m <sup>3</sup> GN/mes)		
	Sustitución de DB5	Sustitución de Gasohol	Sustitución de GLP
Urb. Caleta-PJ Unión	2 184,0	1 497,6	30 349,4
Urb. Caleta-Urb. El Trapecio	5 011,2	2 126,4	24 516,0
Urb. Caleta -Urb. Los Pinos	1 749,1	2 876,2	30 317,8
Centro Urbano-PJ 2 de mayo	1 307,5	861,1	12 973,0
Centro Urbano-San Juan	980,6	858,2	13 284,5
Total	11 232,5	8 219,5	111 440,6
		130 892,6	

*Nota.* Elaboracion propia.

Se requiere un total de:

$$\text{Requerimiento GNV}_{mes} = 1'456\,880,6 \frac{m^3}{mes}$$

Del mismo modo se determinan las emisiones emitidas por los mci operando con gas natural y la diferencia de emisiones vertidas al realizar el cambio de combustible para la descarbonización del sector transporte. Se utilizan las ecuaciones 8 y 9 y los valores de las tablas 10 y 11.

Se toma como ejemplo de cálculo la ruta interurbana Garatea-Seguro (P.J Manuel Arévalo) cuyo consumo equivalente es de 10 089,6 m<sup>3</sup>/mes.

Para un factor de emisiones del gas natural de: 56,1 TJ/Ton CO<sub>2</sub>.

Poder calorífico inferior: 35 441 kJ/m<sup>3</sup>.

$$\text{Emisiones emitidas}_{GNV} = \frac{10\,089 \frac{m^3}{mes} * \frac{kJ}{m^3}}{1'000\,000\,000 \frac{kJ}{TJ}} * 56,1 \frac{Ton\ CO_2}{TJ}$$

$$\text{Emisiones emitidas}_{GNV} = 20,1 \frac{Ton\ CO_2}{mes}$$

$$\text{Reduccion de emisiones emitidas} = 22 - 20,1 = 1,9 \frac{Ton\ CO_2}{mes}$$

Se presentan los resultados de las emisiones de CO<sub>2</sub> emitidas por la sustitución de petróleo DB5, GLP y gasohol por gas natural vehicular tanto para la ruta interurbana como urbana, donde para la ruta interurbana se emiten 2 636,4 Ton CO<sub>2</sub>/mes, donde el 87,7% de las emisiones están asociadas a la sustitución del GLP. Mientras que para la ruta urbana es de 260,2 Ton CO<sub>2</sub>/mes, donde el 85,1% de las emisiones están asociadas a la sustitución del GLP. Sumando entre ambas rutas un total de emisiones de 2 896,6 Ton CO<sub>2</sub>/mes.

Tabla 12

*Matriz de emisiones de GNV para ruta interurbana*

Ruta Interurbana	Emisiones Ton CO <sub>2</sub> /mes		
	Reemplazo DB5	Reemplazo Gasohol	Reemplazo GLP
Garatea- Seguro	20,1	44,2	445,4
Garatea-San Pedro	23,1	28,9	396,6
Garatea-El Carmen	25,1	42,4	523,5
San Luis-San Pedro	18,0	58,5	480,7
San Luis-El Carmen	16,0	48,2	465,7
Total	102,3	222,2	2 311,9
		2 636,4	

*Nota.* Elaboracion propia.

Tabla 13

*Matriz de emisiones de GNV para ruta urbana*

Ruta urbana	Emisiones Ton CO <sub>2</sub> /mes		
	Reemplazo DB5	Reemplazo Gasohol	Reemplazo GLP
Urb. Caleta-PJ Unión	4,3	3	60
Urb. Caleta-Urb. El Trapecio	10	4	49
Urb. Caleta -Urb. Los Pinos	3	6	60
Centro Urbano-PJ 2 de mayo	3	2	26
Centro Urbano-San Juan	2	2	26
Total	22,3	16,3	221,6
		260,2	

*Nota.* Elaboracion propia.

La reducción total de emisiones mensual es igual a:

$$\text{Reduccion total de emisiones emitidas} = 3\,371,6 - 2\,896,6 = 475 \frac{\text{Ton CO}_2}{\text{mes}}$$

$$\% \text{ Reduccion total de emisiones emitidas} = \frac{475 \frac{\text{Ton CO}_2}{\text{mes}}}{3\,371,6 \frac{\text{Ton CO}_2}{\text{mes}}} * 100\%$$



*% Reduccion total de emisiones emitidas = 14,1 %*

#### **4.3 Condiciones para implementar un parque automotor con gas natural.**

El estado ha implementado en las principales ciudades del Perú, entre ellas Lima, Trujillo, Chiclayo y Arequipa incentivos para la reconversión tecnológica de vehículos que operan con combustibles tradicionales como Petróleo DB5, Gasohol y GLP con la finalidad de promover el uso del gas natural vehicular.

Este incentivo económico ha permitido a través de un bono no reembolsable, para que el usuario pueda reconvertir sus vehículos a gas natural vehicular, lo cual por lo general es el 50% del costo de la reconversión tecnológica. Del mismo modo desde el año 2008 fecha en la cual se inicia el proceso de masificación del gas natural, en este caso vehicular, se cuenta con una logística de 170 talleres autorizados y certificados por el MTC en todo el país donde 140 se ubican en la ciudad de Lima y 340 gasocentros, concentrándose 300 en la ciudad de Lima. (Diario Gestión, 2023).

El análisis para implementar un parque automotor con gas natural presenta tres aspectos que a continuación se detallan:

##### **4.3.1 Referente a la sustitución de combustible:**

La sustitución del combustible se realiza a través de 2 mecanismos que ha implementado el estado peruano:

Bono no reembolsable de S/ 2 000.

Financiamiento del saldo de la inversión con 0% de interés a un plazo de hasta tres años a través del FISE (Fondo de inclusión social energético).

Los costos de reconversión por sustitución del combustible son:

Para vehículos con GLP: S/ 4 300,00

Para vehículos con Gasohol (independiente del octanaje): S/ 4 300,00

Para vehículos con Petróleo DB5: S/ 8 500,00 (Requiere transformar el motor reduciendo su relación de compresión, y añadiendo bujías para provocar la ignición del gas, es un proceso costoso, en donde se modifica el motor, o se ha de incorporar el sistema de inyección, una electrónica de control y el depósito de gas líquido)

Fuente: <https://www.sitec.pe/precio-conversion-glp-gnv-lima/#>

Por otro lado, el costo de un auto con GNV nuevo varía según las marcas disponibles para transporte público y que incluyen bono de financiamiento, así tenemos los siguientes modelos:

Marca Chevrolet 2024:

Modelo Onix Sedan: U\$ 14 690,00.

Fuente :

[https://www.chevrolet.com.pe/autos?ppc=GOOGLE\\_700000001853200\\_71700000081256489\\_58700008253126714\\_p74979254107&gad\\_source=1&gclid=Cj0KCQiArrCvBhCNARIsAOkAGcVh9VyGU5raAv0gdz-x8KjEIT0aV6xv0yeak0p-bLHX9xTwtNgDJLIaApPQEALw\\_wcB&gclsrc=aw.ds](https://www.chevrolet.com.pe/autos?ppc=GOOGLE_700000001853200_71700000081256489_58700008253126714_p74979254107&gad_source=1&gclid=Cj0KCQiArrCvBhCNARIsAOkAGcVh9VyGU5raAv0gdz-x8KjEIT0aV6xv0yeak0p-bLHX9xTwtNgDJLIaApPQEALw_wcB&gclsrc=aw.ds)

Marca Toyota 2024:

Modelo Yaris GNV: U\$ 16 320,00.

Modelo Etios GNV: U\$ 14 350,00.

Fuente: [https://mannuccimotors.pe/tu\\_toyota-autos\\_gas/](https://mannuccimotors.pe/tu_toyota-autos_gas/)

Se presentan dos opciones para optar por un vehículo a GNV: por financiamiento o vehículo nuevo.

Para la primera opción se presentan los siguientes resultados:

Tabla 14

*Matriz de Costos para promoción del GNV-Proceso de descarbonización*

<b>Combustible</b>	N° de Vehículos	Inversión (S/)	Bono (S/)	FISE (S/)	Subsidio (S/)	Inversión Estado (S/)	Total (S/)
Petróleo DB5	72	8 500,00	2 000,00	6 500,00	14 4000,00	468 000,00	61 2000,00
Gasohol	140	4 500,00	2 000,00	2 500,00	28 0000,00	350 000,00	630 000,00
GLP	1168	4 500,00	2 000,00	2 500,00	233 6000,00	2'920 000,00	5'256 000,00
<b>Total</b>	<b>1380</b>				<b>2760 000,00</b>	<b>3'738 000,00</b>	<b>6'498 000,00</b>

*Nota.* Elaboracion propia.

Se tiene una inversión total del estado de S/. 6'498 000,00 para la reconversión tecnológica para los 1 380 vehículos de la muestra de estudio de las 10 rutas evaluadas

que están asociadas a al consumo de 1'456 880,6 m<sup>3</sup>/mes de gas natural como una reducción de emisiones de 475 Ton CO<sub>2</sub>/mes.

De la inversión estatal solo es recuperable S/ 3'378 000,00 lo que significa el 57,5% financiable con el FISE. Mientras que S/ 276 000,00 es subsidio con el bono del Estado, el cual es irrecuperable. Hacemos mención que los bonos son obtenidos también del FISE.

Por otro lado, en el supuesto caso de que cada usuario propietario deseara cambiar de su vehículo actual a un vehículo con GNV la inversión sería asumida por el usuario, ya que no existe política pública en nuestro país que promueva o subsidie compras de vehículos nuevos, la inversión global asumida por los usuarios es de:

- Para una inversión mínima de: U\$ 14 350,00.
- Tasa de cambiaria del mes de marzo 2024: 3,68 S/. /U\$

Fuente:

[https://www.sbs.gob.pe/app/pp/sistip\\_portal/paginas/publicacion/tipocambiopromedio.aspx](https://www.sbs.gob.pe/app/pp/sistip_portal/paginas/publicacion/tipocambiopromedio.aspx)

$$\begin{aligned} \text{Inversión total usuarios} &= 1\,380 * 14\,350 * 3,68 = S/72'875\,040,00 \\ &= U\$20'186\,991,7 \end{aligned}$$

Se presume que la opción más viable para el proceso de descarbonización radica en la implementación de Bono y Subsidio por parte del estado, debido a que el problema de contaminación involucra decisiones del propio estado, en relación a sus compromisos asumidos en acuerdos internacionales como lo es la COP21, la ODS N° 13 Perú por el cambio climático activado el 2020 y las NDC (Contribuciones determinadas a nivel nacional) comprometidos para el Perú al 2021-2030 como parte de la Agenda 2030.

En 2021, las emisiones de CO<sub>2</sub> en Perú han crecido 8,557 megatoneladas, un 18,37% respecto a 2020.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> en 2021 han sido de 55,144 megatoneladas, con lo que Perú es el país número 129 del ranking de países por emisiones de CO<sub>2</sub>, formado por 184 países, en el que se ordenan los países de menos a más contaminantes.

Además de sus emisiones totales de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, que lógicamente dependen entre otras variables de la población del país, es conveniente analizar el comportamiento de sus emisiones por habitante. Las emisiones per cápita de CO<sub>2</sub> en Perú, han aumentado en 2021, en el que han sido de 1,64 toneladas por habitante.

Fuente: <https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/emisiones-co2/peru>

La fracción de emisiones dejadas de emitir con el proceso de descarbonización del presente informe es:

$$\text{Fraccion de emisiones dejado de emitir} = \frac{475 * 12}{55,144 * 10^6} * 100\% = 0,01 \%$$

#### 4.3.2 Referente a la cadena de suministro:

Se tienen 2 tecnologías de suministro de gas natural:

Vía gasoducto físico (a un costo de 1 km = 1,007 MMU\$), el cual se hace inviable actualmente por la magnitud de la inversión.

Fuente:

[https://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/4070/Soto%2C%20Karina\\_Trabajo%20de%20investigacion\\_Maestria\\_2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/4070/Soto%2C%20Karina_Trabajo%20de%20investigacion_Maestria_2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Vía gasoducto virtual tal como actualmente se viene realizando el abastecimiento de gas natural a la ciudad de Chimbote (Planta de Regasificación de El Satélite en P.J 3 de octubre, Planta de regasificación de SIDERPERU y a los grifos: Grifos Espinoza S.A. y ENERGIGAS S.A.C.

Fuente:

<https://www.facilito.gob.pe/facilito/actions/PreciosGNVAction.do>

Lo mas viable es incrementar el numero de gasocentros de GNV, lo cual es solo de 2 gasocentros en la ciudad de Chimbote debido a la pequeña demanda de GNV en la ciudad a través de 105 vehículos. Se requiere es una promoción de la demanda de GNV para incentivar la implementación de nuevos gasocentros con GNV.

Así mismo esta próxima la inauguración de 3 gasocentros por parte de la Empresa TERPEL en una extensión que va desde los 1,650 m<sup>2</sup> (EDS Samoa), hasta 2,300 m<sup>2</sup> (EDS Los Pinos) y 2,690 m<sup>2</sup> (EDS Magran). Con ellas, se proyecta la atención diaria de más de 1,600 vehículos ligeros y 200 vehículos de carga.

Fuente:

<https://elgasnoticias.com/terpel-inaugura-tres-estaciones-de-servicio-en-chimbote/>

Además, se tiene como referencia que la autonomía de un vehículo convertido a GNV es de 40 km/galón o el equivalente a una tanqueada de 6 galones igual 240 km.

Fuente:

<https://www.sitec.pe/gnv-o-glp-cual-es-el-mejor/>

La distancia más próxima hacia el norte es la ciudad de Trujillo con un tramo de 130 km en la carretera panamericana norte, con lo cual está garantizada la ruta interdepartamental. La distancia más próxima hacia el sur es la ciudad de Barranca con un tramo de 241 km. (01 gasocentro) en la carretera panamericana, con lo cual la ruta interdepartamental no está garantizada, lo cual requiere instalar un Gasocentro en la ciudad de Casma o Huarney para dar sostenibilidad a la ruta.

La distancia más próxima hacia el este es la ciudad de Huaraz con un tramo de 197 km. No cuenta con gasocentros.

Fuente.

<https://www.facilito.gob.pe/facilito/actions/PreciosGNVAction.do>

#### 4.3.3 Referente a la logística:

Otra característica relevante para la sostenibilidad de un parque automotor con gas natural es la logística que incluye:

Talleres autorizados para proceso de reconversión a GNV y mantenimiento de los vehículos con GNV. Siendo a nivel nacional 170 talleres autorizados por el MTC.

Fuente:

<https://portal.mtc.gob.pe/reportedgtt/form/frmTallerGNV.aspx>

En la ciudad de Chimbote solo se cuentan con 4 talleres autorizados por el MTC.

Figura 27

*Talleres autorizados para reconversión a GNV-Chimbote*

Nº	Razón social Dirección	Región	Nro. Resolución Fecha Resolución	Contacto
1	ASISTENCIA MECANICA Y CONVERSIONES S.A.C. JR. CASMA Nº 482 MZ. W LT. 12 C1 P.J MIRAMAR BAJO. CHIMBOTE	ANCASH	0323-2022-MTC/17.03 15/06/2022	No registrado
2	CONVERSIONES EDDI GAS S.R.L. JR. CHANCAY Nº 403, P. JOVEN FLORIDA ALTA MZ. B. LT. 23. CHIMBOTE	ANCASH	0019-2024-MTC/17.03 10/01/2024	Teléfono: 975314073 E-mail: VICTORBECERRAM@HOTMAIL.COM
3	CORPORACION ANCASH GAS S.A.C. AV. E. MEIGGS Nº 1099, MZ. H, LOTE 14 ,P.J MIRAFLORES I, ZONA. CHIMBOTE	ANCASH	0579-2023-MTC/17.03 15/09/2023	No registrado
4	LAM MOTOR'S CENTRO DE SERVICIOS E.I.R.L. JR. SAN MARTÍN MZ. W, LOTE 12 Y 13, P.J. MIRAFLORES ALTO. CHIMBOTE	ANCASH	0167-2023-MTC/17.03 16/03/2023	No registrado

*Nota.* MTC (2024)

Mano de obra calificada de nivel técnico y universitario con conocimiento en reconversión tecnológica vehicular.

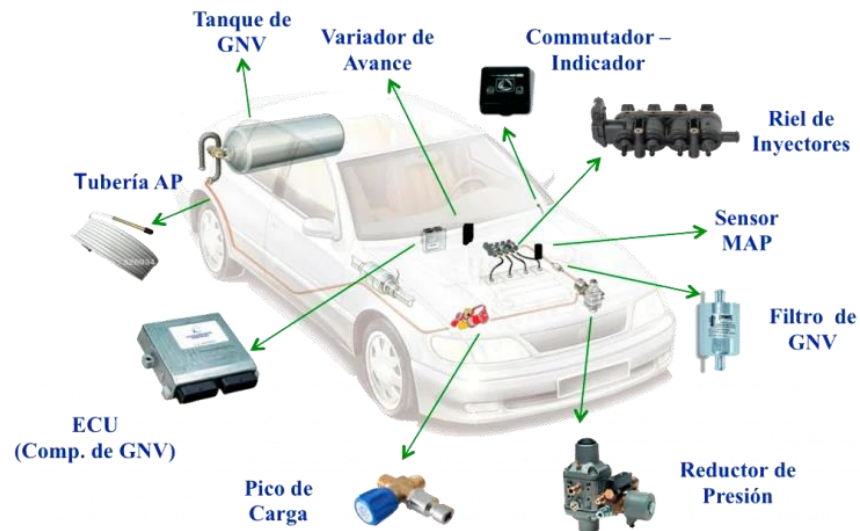
En la actualidad solo se han ofertado 5 cursos de actualización técnica profesional promocionados por el CIP Ancash Chimbote (01) y por 04 Entidades calificadas de Lima. A nivel técnico dentro de la carrera técnica de Mecánica Automotriz en SENAT-Chimbote se brindan tópicos referentes a la conversión tecnológica de GNV.

A nivel profesional en la carrera de Ingeniería en Energía, en el curso de Industrialización del Gas Natural solo se tocan temas en 2 sesiones a temas referentes a gas natural vehicular.

Logística para repuestos de kit de conversión a GNV. Los kits de 4° y 5° generación se compran a pedido a la ciudad de Lima (existiendo de 6 generación, pero para vehículos de 6 a 8 cilindros para transporte público de vehículos de más de 12 pasajeros). Por lo cual un cambio de componentes principales requiere un tiempo de llegada del pedido de 12 horas. Los componentes menores se encuentran disponibles en los Talleres Autorizados, existiendo un mercado informal de venta de componentes, no garantizados.

Figura 28

*Componentes del kit de 5° generación de GNV*



*Nota.* CIBUSS Solution.

Para el proceso de descarbonización no solo se requiere la conversión tecnológica de los vehículos, que resulta lo más viable económicamente con el compromiso del estado, sino incluye:

- Implementación de una política de descarbonización que incluye el compromiso económico del estado para afrontar este problema global.
- Implementación de la cadena de suministro para el abastecimiento de gas natural, promoviendo la demanda del combustible lo cual genera la oferta de venta con mas gasocentros en la Provincia del Santa. Del mismo modo se requiere masificar el uso de gas natural en otras ciudades ubicadas a la periferia de la Provincia del Santa, para poder cubrir con la autonomía de un vehículo de GNV.
- El rol de la academia a nivel técnico y superior, para formar profesionales para los procesos de conversión y mantenimiento de los motores con GNV.
- La implementación de más talleres autorizados para la conversión de los vehículos a GNV, de tal forma que este garantizada el proceso tecnológico de cambio de combustible, de esta forma evitar lo ocurrido con la implementación del GLP.

- La creación de un mercado de GNV, trae consigo la oferta de la logística en repuestos garantizados y crea un mayor dinamismo en el sector ferretero de autopartes.
- Es cierto el ahorro económico por empleo del GNV frente al resto de combustible, pero para ello se requiere una campaña de difusión de las bondades económicas y ambientales del empleo del gas natural que involucra una reducción de las emisiones de 485 Ton CO<sub>2</sub>/mes.

#### **4.4 Análisis de la implementación de la electromovilidad en la Provincia del Santa.**

##### 4.4.1 Premisas de cálculo:

El análisis de la implementación de la electromovilidad en la Provincia del Santa involucra las siguientes premisas:

Los vehículos a implementarse son del tipo BEV (100% eléctricos), por lo tanto, la muestra de 1 380 vehículos es excluyente, lo que implica la sustitución del vehículo con combustible convencional por un vehículo eléctrico.

Las emisiones asociadas al desplazamiento de los 1 380 vehículos es de 3 371 Ton CO<sub>2</sub>/mes.

El costo promedio de un vehículo BEV IONIQ5 Hyundai es de: S/. 150 000 igual a U\$ 41 550,00.

La energía eléctrica suministrada proviene del SEIN, por lo tanto, se tienen los siguientes rendimientos:

Para generación de energía, el valor referente a la Central Termoeléctrica de Santa Rosa TG7 con gas natural con un Heat Rate de 11,502 MMBTU/MWh con un rendimiento de planta de 37%. La central actualmente cubre el valor de la máxima demanda del Sistema Eléctrico. Según el informe N° 127-2024-GRT Osinergmin (marzo 2024) para la fijación de los precios en barra mayo 2024-abril 2025.

Según el III Informe Trimestral 2023 del Servicio de Procesamiento y análisis de la información comercial 2022-2023.Osinergmin, para los sistemas de distribución y transmisión se toma en cuenta el valor de pérdidas del balance de distribución SISDIS



para el tercer trimestre 2023 el cual es igual a 14,8% para la Empresa Distribuidora Hidrandina. Y la eficiencia promedio de la red de transmisión es de 7%.

Motor eléctrico del BEV de eficiencia prime: 90 %

#### 4.4.2 Cálculo de la energía equivalentes y emisiones asociadas a la recarga eléctrica:

Se toma como ejemplo de cálculo el primer caso para la ruta interurbana Garatea-Seguro (P.J Manuel Arévalo) con un consumo mensual según tabla 8 es de 2 217,6 Galones BD5/mes.

El flujo de energía generado se determina según la ecuación 4:

$$P_{sum\ DB5} = 2\ 217,6 \frac{galon}{mes} * 3,28kg/galon * 42\ 600kJ/kg$$

$$P_{sum} = 309'860\ 812,8\ kJ/mes$$

Aplicando la ecuación 15, para una eficiencia del mci de 30%.

$$30\% = \frac{P_{util}}{309'860\ 812,8} * 100\%$$

$$P_{util} = 92'958\ 243,8\ kJ/mes$$

$$P_{util} = P_{util\ BEV} = 92'958\ 243,8\ kJ/mes$$

Aplicando la ecuación 17 para Eficiencia del BEV es igual a.

$$90\% = \frac{92'958\ 243,8}{P_{sum\ BEV}} * 100\%$$

$$P_{sum\ BEV} = 103'286\ 937,6 \frac{kJ}{mes}$$

Aplicando la ecuación 18 para la eficiencia de la red de distribución igual a 100-14,8= 85,2%:

$$85,2\% = \frac{103'286\ 937,6}{P_{RD}} * 100\%$$

$$P_{RD} = 121'228\ 800 \frac{kJ}{mes}$$

Aplicando la ecuación 19 para la eficiencia de la red de transmisión igual a  $100-7 = 93\%$ .

$$93\% = \frac{121'228\ 800}{P_{RT}} * 100\% \dots \dots \dots (19)$$

$$P_{RT} = 130'353\ 548,4 \frac{kJ}{mes}$$

Para la eficiencia de una central termoeléctrica con turbina a gas con gas natural se utiliza la ecuación 20.

$$37\% = \frac{130'353\ 548,4}{P_{SCTG}} * 100\%$$

$$P_{SCTG} = 352'306\ 887,5 \frac{kJ}{mes}$$

$$352'306\ 887,5 = \dot{m}_{GN} * PCI_{GN}$$

Para un poder calorífico del gas natural de  $35\ 441\ kJ/m^3$ .

$$352'306\ 887,5 \frac{kJ}{mes} = \dot{m}_{GN} * 35\ 441\ kJ/m^3$$

$$\dot{m}_{GN} = 9\ 940,6 \frac{m^3}{mes}$$

Se presentan los resultados del combustible asociado a la recarga eléctrica de los vehículos BEV.

Para la ruta interurbana se requiere un total de 1'304 820,6 m<sup>3</sup> de gas natural al mes para poder cubrir el 100% de la totalidad de la demanda, donde la mayor parte de sustitución de combustible se orienta a reemplazar a la tecnología vehicular con GLP con autos BEV con un 87,7%.

Tabla 15

*Matriz de GN asociado a la recarga eléctrica-Ruta interurbana*

Ruta Interurbana	Consumo		
	m <sup>3</sup> /mes por DB5	m <sup>3</sup> /mes por Gasohol	m <sup>3</sup> /mes por GLP
Garatea- Seguro	9 940,7	21 892,9	219 853,5
Garatea-San Pedro	11 425,3	14 306,2	196 249,9
Garatea-El Carmen	12 425,8	20 982,5	258 617,2
San Luis-San Pedro	8 933,7	28 976,7	238 334,0
San Luis-El Carmen	7 907,3	23 843,7	231 131,3
Total	50 632,8	110 002,1	1'144 185,8
		1'304 820,6	

*Nota.* Elaboracion propia.

Para la ruta urbana se requiere un total de 128 817,2 m<sup>3</sup> de gas natural al mes para poder cubrir el 100% de la totalidad de la demanda, donde la mayor parte de sustitución de combustible se orienta a reemplazar a la tecnología vehicular con GLP por vehículos BEV con un 85,1%.

Tabla 16

*Matriz de GN asociado a la recarga eléctrica-Ruta urbana*

Ruta urbana	Consumo		
	m <sup>3</sup> /mes por DB5	m <sup>3</sup> /mes por Gasohol	m <sup>3</sup> /mes por GLP
Urb. Caleta-PJ Unión	2 151,7	1 477,4	29 839,7
Urb. Caleta-Urb. El Trapecio	4 927,3	2 089,6	24 148,7
Urb. Caleta -Urb. Los Pinos	1 721,3	2 830,0	29 839,7
Centro Urbano-PJ 2 de mayo	1 291,0	848,0	12 750,5
Centro Urbano-San Juan	968,2	842,8	13 091,3
Total	11 059,5	8 087,8	109 669,8
		128 817,2	

*Nota.* Elaboracion propia.

Se requiere un total de:

$$\text{Requerimiento GNV}_{mes} = 1'433\,637,8 \frac{m^3}{mes}$$

Del mismo modo se determinan las emisiones asociadas a la recarga eléctrica de los vehículos BEV y la diferencia de emisiones vertidas al realizar el cambio de combustible para la descarbonización del sector transporte. Se utilizan las ecuaciones 8 y 9 y los valores de las tablas 10 y 11.

Se toma como ejemplo de cálculo la ruta interurbana Garatea-Seguro (P.J Manuel Arévalo) cuyo consumo asociado es 9 940,7 m<sup>3</sup>/mes.

Para un factor de emisiones del gas natural de: 56,1 TJ/Ton CO<sub>2</sub>.

Poder calorífico inferior: 35 441 kJ/m<sup>3</sup>.

$$\text{Emisiones emitidas}_{GNV} = \frac{9\,940,7 \frac{m^3}{mes} * \frac{kJ}{m^3}}{1'000\,000\,000 \frac{kJ}{TJ}} * 56,1 \frac{Ton\ CO_2}{TJ}$$

$$\text{Emisiones emitidas}_{GNV} = 19,8 \frac{Ton\ CO_2}{mes}$$

$$\text{Reduccion de emisiones emitidas} = 22 - 19,8 = 2,2 \frac{Ton\ CO_2}{mes}$$

Se presentan los resultados de las emisiones de CO<sub>2</sub> emitidas por la sustitución de petróleo DB5, GLP y gasohol por vehículos BEV asociadas a la recarga eléctrica tanto para la ruta interurbana como urbana, donde para la ruta interurbana se emiten 2 594,2 Ton CO<sub>2</sub>/mes, donde el 73,9% de las emisiones están asociadas a la sustitución del GLP. Mientras que para la ruta urbana es de 256,1 Ton CO<sub>2</sub>/mes, donde el 73,8% de las emisiones están asociadas a la sustitución del GLP. Sumando entre ambas rutas un total de emisiones de 2 850,3 Ton CO<sub>2</sub>/mes.

Tabla 17

*Matriz de emisiones asociadas a la recarga eléctrica-Ruta interurbana*

<b>Ruta Interurbana</b>	Emisiones Ton CO <sub>2</sub> /mes		
	DB5	Gasohol	GLP
Garatea- Seguro	19,8	43,5	437,1
Garatea-San Pedro	22,7	28,4	390,2
Garatea-El Carmen	24,7	41,7	514,2
San Luis-San Pedro	17,8	57,6	473,9
San Luis-El Carmen	15,7	47,4	459,5
<b>Total</b>	<b>100,7</b>	<b>218,6</b>	<b>2274,9</b>
		<b>2594,2</b>	

*Nota.* Elaboracion propia.

Tabla 18

*Matriz de emisiones asociadas a la recarga eléctrica-Ruta urbana*

<b>Ruta urbana</b>	Emisiones Ton CO <sub>2</sub> /mes		
	DB5	Gasohol	GLP
Urb. Caleta-PJ Unión	4,3	2,9	59,3
Urb. Caleta-Urb. El Trapecio	9,8	4,2	48,0
Urb. Caleta -Urb. Los Pinos	3,4	5,6	59,3
Centro Urbano-PJ 2 de mayo	2,6	1,7	25,4
Centro Urbano-San Juan	1,9	1,7	26,0
<b>Total</b>	<b>22,0</b>	<b>16,1</b>	<b>218,0</b>
		<b>256,1</b>	

*Nota.* Elaboracion propia.

La reducción total de emisiones mensual es igual a:

$$\text{Reduccion total de emisiones emitidas} = 3\,371,6 - 2\,850,3 = 521,3 \frac{\text{Ton CO}_2}{\text{mes}}$$

$$\% \text{ Reduccion total de emisiones emitidas} = \frac{521,3 \frac{\text{Ton CO}_2}{\text{mes}}}{3\,371,6 \frac{\text{Ton CO}_2}{\text{mes}}} * 100\%$$

$$\% \text{ Reduccion total de emisiones emitidas} = 15,5 \%$$

La inversión para la descarbonización para la Provincia del Santa sin incluir la infraestructura de recarga eléctrica es:

$$Inversion = 1\,380 * 150\,000 = S/ 207'000\,000 = U\$ 57'339\,000$$

No existen mecanismos de incentivo aun para la adquisición de autos eléctricos BEV en el país, teniéndose en cuenta los siguientes aspectos:

A nivel nacional:

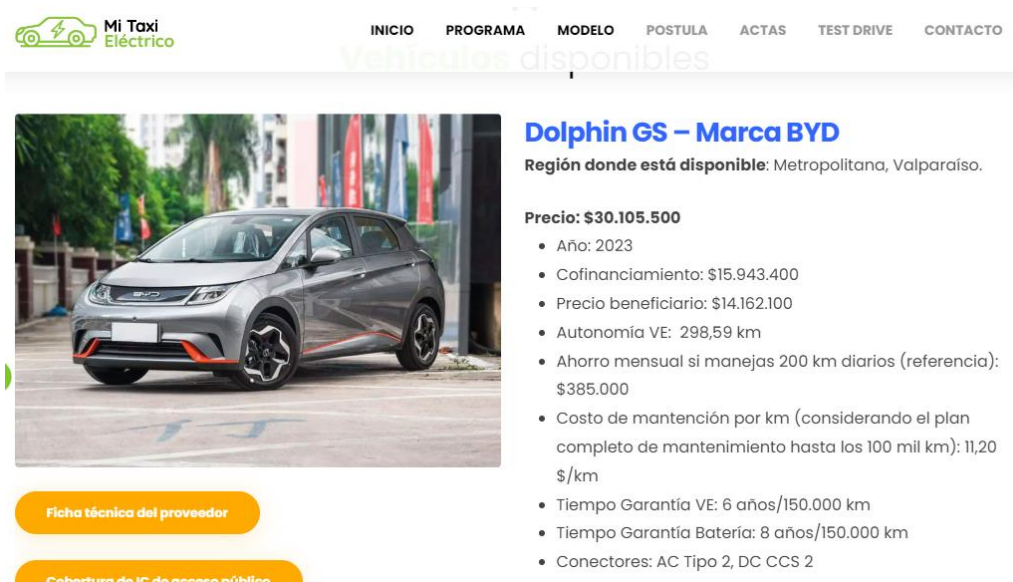
- El Ministerio de Economía y Finanzas manifestó su rechazo al proyecto de ley que se discute en la Comisión de Economía del Congreso, el cual propone exonerar del impuesto a la venta de vehículos eléctricos. Según el MEF, esta medida no contribuiría significativamente a mitigar la contaminación ambiental y, además, implicaría un impacto fiscal de S/ 20 mil millones. Asimismo, señalaron que la propuesta beneficiaría principalmente a un sector de la población con alto poder adquisitivo, que puede desembolsar 35,000 dólares por un auto, sin requerir apoyo estatal. (El Peruano, 2023)
- El 31.12.2023 se promulgó N° 036-2023-EM Reglamento para la Instalación y Operación de la Infraestructura de Carga de la Movilidad Eléctrica. Establecer los requisitos mínimos de instalación, operación, seguridad y mantenimiento que debe cumplir la ICME, así como el diseño y la construcción de sus instalaciones. Pero su financiamiento es con cargo a los recursos del presupuesto institucional de las respectivas Entidades involucradas sin demandar recursos adicionales al Tesoro Público. (El Peruano, 2023)
- La inversión de la infraestructura eléctrica para la electromovilidad y su cadena de suministro a esta a cargo de empresas privadas, como Enel X o realizado por usuarios con un alto poder adquisitivo, con lo cual esta orientado al uso particular.
- Por ejemplo: la empresa Taxi Directo y el fabricante BYD, han puesto a disposición de los usuarios limeños, dos autos eléctricos adquiridos por la empresa de servicio de taxis y espera contar con veinte más para renovar su flota a fin de año, a pesar de que la capital aun no cuente con la infraestructura adecuada para un óptimo servicio. (Transporte sostenible, 2024)

A nivel internacional:

- El programa "Mi Taxi Eléctrico" en Chile, impulsado por el Ministerio de Energía y gestionado por la Agencia de Sostenibilidad Energética, tiene como objetivo brindar apoyo real a los propietarios de taxis básicos y colectivos urbanos para que puedan reemplazar sus vehículos convencionales por modelos eléctricos. En su primera etapa, la iniciativa permitió sustituir 50 taxis a combustión por vehículos eléctricos en la ciudad de Santiago, incluyendo sin costo para el beneficiario la entrega e instalación de un cargador domiciliario.

Figura 29:

*Modelos disponibles-Programa Mi Taxi Eléctrico*



The screenshot shows the 'Mi Taxi Eléctrico' website interface. At the top, there is a navigation menu with links: INICIO, PROGRAMA, MODELO, POSTULA, ACTAS, TEST DRIVE, and CONTACTO. Below the menu, the text 'Vehículos disponibles' is visible. The main content area features a silver BYD Dolphin GS electric car. To the right of the car, the following information is displayed:

- Dolphin GS – Marca BYD**
- Región donde está disponible:** Metropolitana, Valparaíso.
- Precio: \$30.105.500**
- Año:** 2023
- Cofinanciamiento:** \$15.943.400
- Precio beneficiario:** \$14.162.100
- Autonomía VE:** 298,59 km
- Ahorro mensual si manejas 200 km diarios (referencia):** \$385.000
- Costo de mantención por km (considerando el plan completo de mantenimiento hasta los 100 mil km):** 11,20 \$/km
- Tiempo Garantía VE:** 6 años/150.000 km
- Tiempo Garantía Batería:** 8 años/150.000 km
- Conectores:** AC Tipo 2, DC CCS 2

Below the car image, there are two orange buttons: 'Ficha técnica del proveedor' and 'Cobertura de IC de acceso público'.

Nota. Programa Mi Taxi Eléctrico de Chile 2024.

- La Estrategia Nacional de Electromovilidad de Ecuador (ENEE) tiene como meta incorporar 10 mil vehículos eléctricos para el año 2025. En la ciudad de Guayaquil, la Alcaldía junto con la Autoridad de Tránsito Municipal (ATM) dieron a conocer en 2020 los primeros 50 taxis eléctricos de la marca BYD. Para fomentar este cambio, el gobierno ofreció un incentivo económico de 4.000 dólares a los taxistas que optaran por sustituir sus unidades a combustión por versiones eléctricas. A esto se sumó un descuento adicional por parte de BYD del mismo valor, con el fin de facilitar el acceso a esta tecnología en la ciudad.

- México implementó el Programa de Financiamiento al Transporte Público Individual, el cual otorga mayores recursos para la adquisición de taxis eléctricos en la Ciudad de México (CDMX). Para acceder a este beneficio, los solicitantes deben cumplir con ciertos requisitos, como tener la concesión vigente, desechar vehículos con más de 10 años de antigüedad y demostrar viabilidad financiera. El programa ofrece un apoyo económico de hasta 180 mil pesos mexicanos, cubriendo entre el 25% y el 40% del valor del nuevo vehículo.
- El Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM) de Uruguay, a través del programa Subite Pasajeros, ofrece un subsidio para la compra de vehículos eléctricos con el fin de reemplazar unidades de taxis, remises y vehículos de transporte público que operan a través de aplicaciones. El programa proporciona ayudas de 5.000 dólares a los permisionarios que cambien sus autos de combustión fósil por modelos eléctricos en todo el país. Con los 17 millones de pesos recaudados, se estableció un nuevo subsidio que financiará el cambio de 85 taxis de combustión fósil por nuevos taxis 100% eléctricos. El subsidio consiste en una ayuda de 200.000 pesos uruguayos por cada vehículo que se recambie bajo estas condiciones, de los cuales 30 estarán destinados a cooperativas de taxis.
- Plan Moves III de España. El Estado ofrece una ayuda de 4.500 euros para la compra de coches eléctricos cuyo precio sea inferior a 45.000 euros antes de IVA. Esta ayuda se incrementa en 2.500 euros adicionales (totalizando 7.000 euros) si se achatarran vehículos con más de siete años de antigüedad. Además, el fabricante debe añadir un descuento de 1.000 euros. También se ofrece un incremento del 10% en las ayudas para los siguientes casos: personas con movilidad reducida, vehículos destinados al servicio de taxi y VTC, y compradores que residan en localidades de menos de 5.000 habitantes. El Ayuntamiento de Madrid, por ejemplo, ha tenido activo el Plan Cambia 360. Esta ayuda contemplaba un apoyo de 6.000 euros a la compra de un coche eléctrico, ampliable en otros 2.500 euros cuando se achatarraba un vehículo sin distintivo ambiental de la DGT.

#### 4.4.3 Recarga eléctrica con sistemas fotovoltaicos:



Se presentan 2 alternativas al suministro de energía eléctrica de la red del sistema interconectado, la cual se basa en instalar una electrolinera para carga eléctrica con sistemas fotovoltaicos.

El resultado es:

$$Emisiones\ emitidas_{SFV} = 0 \frac{Ton\ CO_2}{mes}$$

Con lo cual se obtendría 100% de reducción de emisión de CO<sub>2</sub>.

Las alternativas de solución para la sostenibilidad del proceso de descarbonización involucran la instalación de:

- Electrolinera para carga domiciliaria.
- Electrolinera para carga pública.

La carga domiciliaria se caracteriza por la instalación de una estación de carga lenta, con una intensidad máxima de 16 A, que utiliza una toma de corriente estándar, ya sea monofásica o trifásica, con fase(s), neutro y conductores de tierra para protección. Este método de recarga es el más común entre los vehículos eléctricos, ya que es fácil y accesible, pues se puede realizar a través de un enchufe doméstico tipo Schuko. La recarga se realiza con corriente alterna monofásica a 230 V, 16 A, alcanzando hasta 3,6 kW de potencia máxima, lo mismo que en las viviendas. Es ideal para cargar durante la noche, ya que la demanda de energía es más baja y, por lo tanto, el coste por kWh es menor. El tiempo de carga varía entre 5 y 8 horas, dependiendo del tipo de batería del vehículo. Además, existe una variante de carga que utiliza corriente alterna trifásica a 400 V y 16 A, con una potencia de hasta 11 kW, permitiendo una carga completa en 2 a 3 horas, pero son de muy alta potencia para instalarse en un domicilio perteneciente a un usuario que realiza el servicio de transporte público. El de 3,6 kW Es ideal para instalar en el domicilio teniendo en cuenta que los vehículos de la muestra realizan el servicio de transporte público.

Figura 30

*Estación de carga lenta domiciliaria*



*Nota.* Efimarket, España. (2024)

El detalle de este sistema si es que se requiere autonomía de la red requiere de por lo un promedio de 8 paneles de 500 Wp

Figura 31

*Estación de carga lenta domiciliaria con SFV*



*Nota.* Pair Tree, España. (2024)

El sistema anterior es una marquesina modular con 10 paneles solares de doble cara en el techo. La empresa ofrece unidades de 5kW de potencia fotovoltaica a través de los paneles bifaciales. Bajo el techo se sitúa una wallbox para la recarga de CA, aunque también puede incluir una batería de almacenamiento fabricada con células de litio LFP y con capacidad de 40 kWh. La marquesina está diseñada para optimizar las tasas de carga y ofrecer hasta 120 kilómetros de alcance diario a un vehículo eléctrico. Con la batería se amplía el rango diario hasta los 370 kilómetros.

El costo promedio de un sistema de carga domiciliaria oscila entre U\$ 1 470,00 (Álvarez, et al, 2023), independiente si es abastecido por la red externa del sistema interconectado nacional o sistemas fotovoltaicos.

El costo de un sistema solar fotovoltaico de 5 kW, 48V, 18200Whdia es de S/ 33 460,00 equivalente a U\$ 9 268,00, y requiere un área de 4 m<sup>2</sup>.

Fuente: <https://autosolar.pe/kits-solares-de-aislada/kit-solar-vivienda-aislada-5000w-48v-18200whdia>

Se tiene para el proceso de descarbonización implementando la electromovilidad el siguiente resultado:

Tabla 19

*Inversión de electromovilidad para el proceso de descarbonización*

<b>Cadena de suministro</b>	Emisiones (Ton CO2/mes)	Inversión BEV (U\$)	Inversión Infraestructura U\$	Inversión SFV (U\$)	Total usuario (U\$)	Total (U\$)
Red eléctrica del SEIN	2 896	41 550,00	1 470,00	0,00	43 020,00	59'367 600,00
Sistemas FV autónomos	0	41 550,00	1 470,00	9 268,00	52 288,00	72'157440,00

*Nota.* Elaboracion propia.

La electrolinera para carga publica para transporte liviano de servicio público, en este caso la infraestructura de carga publica son las estaciones de carga que se encuentran abiertas al público en general y pueden ser compartidas. Los espacios compartidos son espacios que no son exclusivos para carga, sino para otros usos; como los centros comerciales que tienen el servicio de estacionamiento y a la vez el servicio de carga; y los espacios exclusivos son aquellos que son utilizados únicamente para carga, es decir son electrolineras puras. Por lo general emplean sistemas de carga:

Carga semi-rápida). Este modo puede ser utilizado en el domicilio o en sitios públicos. Su intensidad máxima definida es de 32 A, y al igual que en el modo anterior, utiliza tomas de corriente estandarizadas con fase (s), neutro y conductores de tierra de protección. Se emplea en zonas públicas, semipúblicas y privadas como aparcamientos de flotas, centros comerciales, cines, etc. Es alimentada a través de una corriente monofásica de 230 V, 32 A y 8-14 kW, lo que lleva a un tiempo de carga entre 1,5-3 horas. Tiene una variante de carga con corriente alterna trifásica de 400 V, hasta 63 A y de 22 a 43 kW, llegando a recargar una batería en 30 minutos.

Carga rápida. Proporciona una intensidad de entre 32 y 250 A. En este modo de recarga se requiere la utilización de un BEV Supply Equipment (EVSE), un sistema de alimentación específico para la recarga de vehículos eléctricos. Se emplean en estaciones de servicios que ofertan recarga eléctrica en corriente continua de hasta 600 V, 400 A llegando a alcanzar los 240 kW de potencia. Este tipo de recarga permite cargar el 80 % de una batería en un intervalo de 5 a 30 minutos. También mediante el uso de corriente alterna, 500 V, 250 A y 220 kW se alcanzan tiempos de recarga de hasta 10 minutos para la recarga de un 80 % su capacidad.

Carga ultra-rápida. Publicado en el IEC-62196-3, define una conexión directa del EV a la red de suministro de DC, con una intensidad de corriente de hasta 400 A y un máximo de 1,000 V, lo que proporciona una potencia de recarga máxima de hasta 400 kWh.

Figura 32

*Estación de carga pública*



*Nota.* Enerlink, España. (2024)

#### 4.4.4 Sostenibilidad para la implementación de la electromovilidad:

La sostenibilidad de la implementación de la electromovilidad, actualmente está limitada por los elevados costos de la instalación. Se cuentan con 2 alternativas de suministro de energía eléctrica, donde el abastecimiento de energía eléctrica vía sistema eléctrico interconectado nacional se presenta como más viable porque no involucra instalaciones adicionales al punto de recarga, pero la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> son de tan solo 15,5%. A diferencia de la instalación de puntos de recarga domiciliario con sistemas fotovoltaicos para usuarios que realizan servicio de transporte público liviano de pasajeros, la incluye una logística e infraestructura adicional y mayores costos, un adicional de 22%.

La figura técnica que se aplica en países de Europa es la del PPA.

Un PPA (Power Purchase Agreement) es un contrato de compraventa de energía limpia a largo plazo, acordado entre un desarrollador de energías renovables y un consumidor, normalmente empresas que requieren grandes cantidades de electricidad, o entre el desarrollador y un comercializador que luego revenderá la energía. La firma de un PPA se puede considerar como la venta de un proyecto y sus atributos medioambientales (Garantías de Origen): es un compromiso que permite al desarrollador renovable tomar decisiones de inversión basadas en la rentabilidad y el riesgo, o bien obtener la financiación necesaria para llevar a cabo el proyecto.

Un caso muy particular de los PPA aplicado en el Perú, son los contratos de venta de energía al Mercado Libre de Electricidad del Perú por parte de la Empresa ENEL GREEN, propietaria de la Centrales Solares FV Rubí y Clemesi y de la Centrales Eólicas Wayra I y Wayra Extensión. Uno de sus contratos de Mercado Libre es la venta de la energía de las centrales con RER a ciertos clientes, tal como ocurre con la Empresa SIDERPERU.

La energía eléctrica producida por las centrales RER es inyectada físicamente a la red del sistema interconectado nacional, esta se transmite por la red de transmisión y distribuida en los diferentes puntos de concesión en el Perú.

Pero comercialmente, la energía inyectada por la Empresa ENEL GREEN ha sido adquirida por la Empresa SIDERPERU, según los pactos contractuales entre ambas empresas.

En julio de 2022, ENEL GREEN y SIDERPERU, una empresa del grupo Gerdau, firmaron un contrato de suministro de energía por 12 años, en el que ENEL se encargará de abastecer a la siderurgia con electricidad proveniente de sus centrales renovables. Esta alianza, con una duración superior a una década, incluye parte de la energía que generarán las futuras plantas de energía renovable no convencional de Enel: la central eólica Wayra Extensión y la planta solar Clemesi. Según el acuerdo, Enel suministrará 70 MW de potencia para cubrir la demanda eléctrica de las operaciones de SIDERPERU, energía que se generará en sus plantas renovables de tecnologías hídrica, solar y eólica, incluyendo las producciones de Wayra Extensión y Clemesi, que comenzarán a operar en 2023. Así, la empresa siderúrgica reducirá sus emisiones de CO2 derivadas de la compra de electricidad.

Fuente: <https://www.bnamericas.com/es/noticias/enel-peru-y-siderperu-suscriben-alianza-para-el-suministro-de-energia-renovable-por-12-anos>

Una figura técnica-comercial sería una solución para que de alguna manera involucrar el requerimiento de energía eléctrica proveniente de la red del sistema interconectado nacional mediante un PPA con una central de energía que cuente con centrales RER, para ello se optaría por realizar un contrato dentro del Mercado Libre de Electricidad, pero se requiere un agente técnico adicional aun no existente en el Perú, el cual es el COMERCIALIZADOR de Energía, un agente dentro de la estructura de suministro de energía eléctrica existente en países de Latinoamérica como México, Colombia, Brasil, Argentina y Chile y en todos los países con mercados eléctricos de países desarrollados.

El comercializador es un intermediario (persona o empresa) que participa en la compra y venta de bienes entre productores y consumidores, sin ser fabricante ni consumidor del producto. Generalmente, el comercializador adquiere productos en el mercado mayorista y los vende en el mercado minorista, aprovechando las diferencias de precios entre ambos. Asume los riesgos del mercado y las fluctuaciones de los precios. El precio unitario de los productos comprados al por mayor suele ser inferior al precio de venta al detalle, y esta diferencia constituye el incentivo económico que justifica la actividad lucrativa del comercializador en el mercado. (Álvarez & Miranda, 2015)

Se requeriría de un Agente Comercializador de energía que adquiriera en el Mercado Libre de electricidad energía en bloque para venderla a los usuarios propietarios de las estaciones de cargas domiciliarias para los vehículos empleados para servicio de transporte público. La energía adquirida por el Comercializador debe realizarla según un PPA de compra de energía eléctrica generada con RER.

La máxima demanda requerida para los 1 380 usuarios, con un punto de recarga domiciliario de 3,7 kW es de:

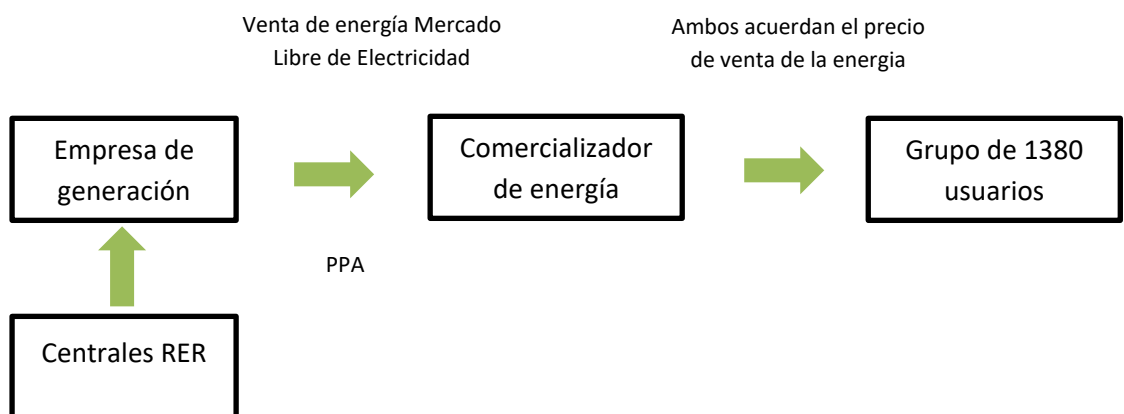
$$\text{Maxima Demanda} = 1\,380 * 3,7 = 5\,106 \text{ kW} = 5,106 \text{ MW}$$

Según Decreto Supremo N°022-2009-EM, Reglamento de Usuarios Libres de Electricidad, en su Artículo 3 indica "...los Usuarios cuya máxima demanda anual sea mayor a 2 500 kW, tienen la condición de Usuarios Libres...".

Por lo tanto, según la máxima demanda del conjunto de los 1 380 usuarios que es 5 106 kW es mayor a 2 500 kW, entonces la figura contractual se ajusta a un contrato de Mercado Libre, donde el Comercializador puede representar al conjunto de 1 380 usuario y realizar la compra de Energía y Potencia directa desde el SEIN de forma directa a un generador, pero para optar por la figura de un PPA, se requiere que el generador de energía tenga centrales con RER.

Figura 33

*Propuesta de comercialización para el suministro de energía eléctrica para cero emisiones.*



Nota. Elaboración propia.

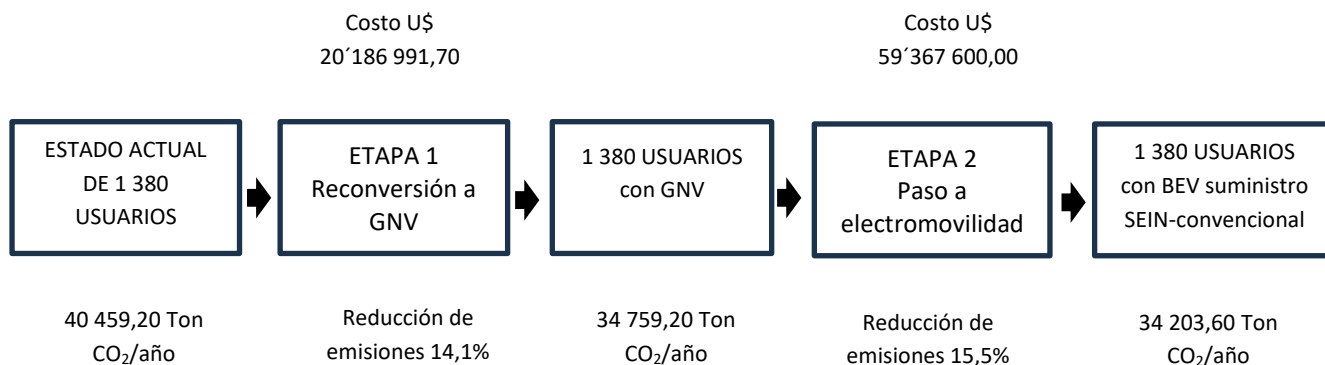
#### 4.5 Propuestas del proceso de descarbonización de la provincia del Santa.

Se tienen las siguientes alternativas para el proceso de descarbonización.

La propuesta 1 involucra un proceso de 2 etapas, la primera de ellas realizar la reconversión tecnológica de los vehículos a GNV con una reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> de 475 Ton CO<sub>2</sub>/mes igual a 5 700 Ton CO<sub>2</sub>/año, lo que significa una reducción del 14,1% de las emisiones emitidas. Con un costo de U\$ 20'186 991,70. La segunda etapa implica el cambio de los 1 380 vehículos reconvertidos a GNV por vehículos BEV. Se caracteriza porque el suministro de energía eléctrica para los puntos de recarga residencial se realiza a través de la red externa del sistema interconectado nacional, cuyo precio de la energía es función de la operación de una central termoeléctrica con turbina a gas operando con gas natural. Esto implica un consumo asociado de gas natural con una reducción de 521,3 Ton CO<sub>2</sub>/mes igual a 6 255,6 Ton CO<sub>2</sub>/año, lo que significa una reducción del 15,5% de las emisiones actualmente emitidas. Con un costo de U\$ 59'367 600,00. Quedando aun emitiéndose 34 203,60 CO<sub>2</sub>/año.

Figura 34

*Propuesta de proceso de descarbonización GNV-Electromovilidad suministro SEIN*



*Nota.* Elaboracion propia.

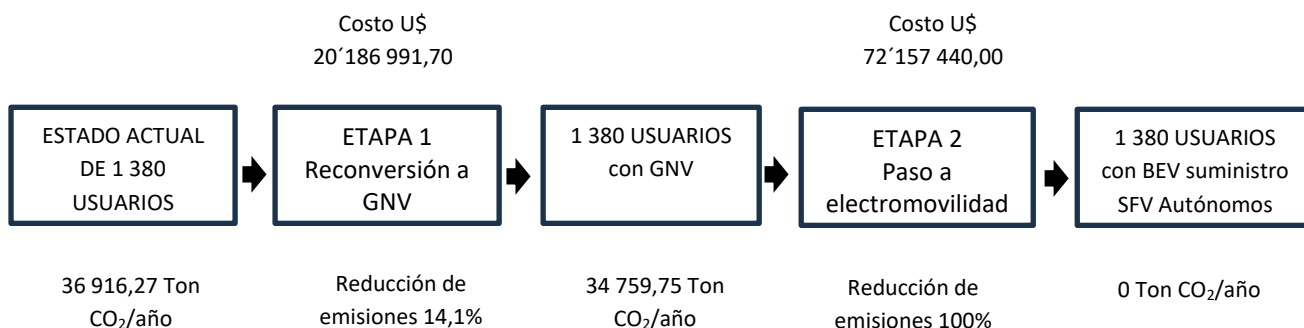
La propuesta 2 involucra un proceso de 2 etapas, la primera de ellas similar a la propuesta anterior. La segunda etapa implica el cambio de los 1 380 vehículos reconvertidos a GNV por vehículos BEV. Se caracteriza porque el suministro de energía eléctrica para los puntos de recarga residencial se realiza a través de sistemas fotovoltaicos autónomos, esto implica un costo de U\$72'157 440,00 con una reducción total de las emisiones de CO<sub>2</sub>.



Figura 35

*Propuesta de proceso de descarbonización GNV-Electromovilidad suministro SFV*

*Autónomos*

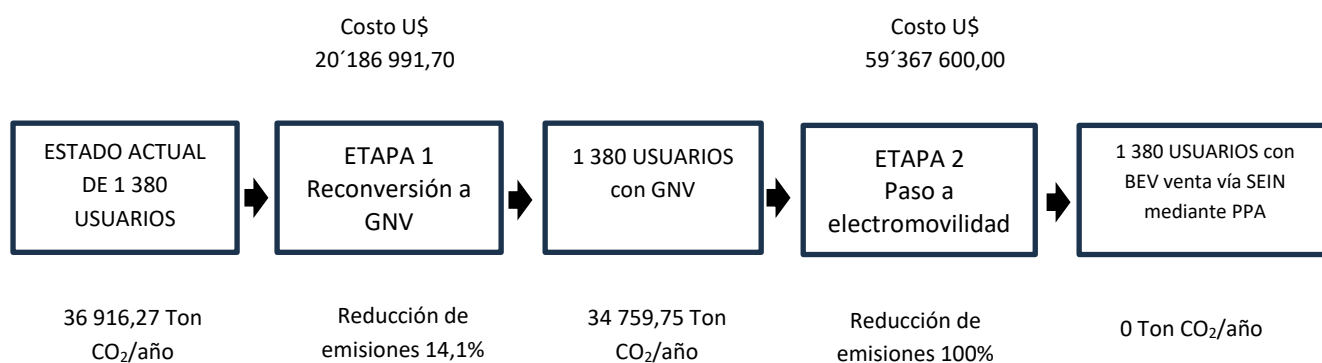


*Nota.* Elaboracion propia.

La propuesta 3 involucra un proceso de 2 etapas, la primera de ellas similar a la propuesta 1 en su primera etapa. La segunda etapa implica el cambio de los 1 380 vehículos reconvertidos a GNV por vehículos BEV. Se caracteriza porque el suministro de energía eléctrica para los puntos de recarga residencial se realiza a través de la red externa del sistema interconectado nacional, pero se aplica un contrato de mercado libre con un PPA. Esto implica el suministro de energía eléctrica proveniente del SEIN con RER a través de un comercializador de energía lo que permitiría una reducción de 3 371,6 Ton CO<sub>2</sub>/mes igual a 36 916,27 Ton CO<sub>2</sub>/año, lo que significa una reducción del 100% de las emisiones actualmente emitidas. Con un costo de U\$ 59'367 600,00.

Figura 36

*Propuesta de comercialización para el suministro de energía eléctrica para cero emisiones*



*Nota.* Elaboracion propia.

#### **4.6 Discusión de resultados.**

En el estudio de González, T. (2018) se realizaron propuestas de descarbonización del energético chileno para ello se emplean escenarios de reemplazo de centrales termoeléctricas que operan con carbón por centrales geotérmicas y centrales solares fototérmicas, para el presente estudio el análisis del proceso de descarbonización del parque automotor de transporte público liviano en la Provincia del Santa, involucra por lo menos dos etapas consecutivas, la primera de ellas migrar al GNV y posteriormente a la electromovilidad.

En la tesis de Moreno, L. & Zambrano, R. (2022) se presenta la propuesta de descarbonización del sistema de transporte público de la ciudad de Guayaquil optándose por los vehículos eléctricos como la mejor alternativa para la disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Se realiza un análisis al sistema de distribución para analizar las alteraciones a la red que pueda ocasionar los procesos de recarga eléctrica. En el presente estudio, en donde se analizan las tecnologías a emplearse en el proceso de descarbonización de la Provincia del Santa en el sector transporte público, se opta por implementar primero un proceso de reconversión tecnológica a GNV y luego por implementar la electromovilidad.

En la tesis de Valencia, V. (2022) se presentan diversas opciones de descarbonización del transporte terrestre en ciudades de Colombia, manifiesta que no solo debe tenerse en cuenta el aspecto tecnológico, sino también todo lo referente a la logística para dar sostenibilidad al proceso tal como la cadena de suministro, talleres de conversión autorizados, así como los hábitos de conducción y rutas de desplazamiento. Se proyecta para un largo plazo hacia el año 2050 la reconversión total del parque automotor a autos eléctricos de 2 ciudades, con una reducción de 57 000 Ton. de CO<sub>2</sub>, mientras que para el presente estudio se considera la reducción de 3 371,6 Ton CO<sub>2</sub>, considerando muy importante la fuente de energía que suministrara a los puntos de recarga eléctrica, hallándose a través de un mecanismo comercial llamado PPA, empleando al Mercado libre y con la figura del comercializador de energía, se pueden obtener 100% de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>.

Zamora, R. (2021) manifiesta la importancia del compromiso de las autoridades en este problema de carácter global, esto implica la función regulatoria y planificación en diversos horizontes de tiempo, sobre todo la intervención del estado en la promoción, política de subsidios, lo que origina un gasto ocasional o adicional al presupuesto del estado fondos no reembolsables en su mayor parte, tal como ocurre en muchos países

comprometidos con el proceso descarbonización. En el caso peruano se cuenta un apoyo económico para la reconversión tecnología de los vehículos a GNV compuesto por un bono fijo no reembolsable de S/ 2 000,00 y un préstamo no reembolsable en tres años. Mientras que aún no existe políticas de promoción para la electromovilidad en nuestro país.

En la tesis de Aldana, J. et al. (2022) realiza un análisis para el proceso de descarbonización en buses de transporte de pasajeros que operan con petróleo diesel DB5 para migrar primeramente a GNV y luego a buses eléctricos, obteniéndose un alto potencial ambiental concluyéndose que existe una mayor reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> de los buses eléctricos comparados con los buses a combustible GNV, pero los costos de los buses eléctricos actuales lo hacen inviables. En el presente informe se tienen resultados similares, pero con transporte público de pasajeros para 1 380 usuarios. Se ha adicionado una propuesta de PPA para la compra de energía generada con RER.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 5.1 Conclusiones.

- Se realizó un diagnóstico al sector transporte liviano en la provincia del Santa, con una muestra de 1 380 vehículos de 5 rutas interurbanas y 5 rutas urbanas, con un total de emisiones de 3 371 Ton CO<sub>2</sub>/mes equivalente a 40 452 Ton CO<sub>2</sub>/año, donde el 84,6% de la muestra de estudio analizada representa vehículos que consumen GLP, el 10,1% consumen gasohol y 5,2% consumen petróleo DB5.
- La implementación del uso masivo de gas natural vehicular implica la reconversión tecnológica de los 1 380 vehículos. Este cambio de tecnología permite la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> de 475 Ton CO<sub>2</sub>/mes igual a 5 700 Ton CO<sub>2</sub>/año, lo que significa una reducción del 14,1% de las emisiones emitidas. Con un costo de U\$ 20'186 991,70.
- El cambio tecnológico de los 1 380 vehículos reconvertidos a GNV por vehículos BEV. Presenta dos resultados en la generación de emisiones, así tenemos un primer caso cuando la energía eléctrica para los puntos de recarga proviene directamente del SEIN lo cual implica un consumo asociado de gas natural con una reducción de 521,3 Ton CO<sub>2</sub>/mes igual a 6 255,6 Ton CO<sub>2</sub>/año, lo que significa una reducción del 15,5% de las emisiones actualmente emitidas. Con un costo de U\$ 59'367 600,00. Quedando aun emitiéndose 34 203,60 CO<sub>2</sub>/año.
- Del mismo modo la implementación de la electromovilidad tiene como alternativa el suministro de energía eléctrica vía sistemas fotovoltaicos autónomos para los puntos de recarga domiciliario, esto implica un costo de U\$72'157 440,00 con una reducción total de las emisiones de CO<sub>2</sub>.
- La mejor propuesta para el proceso de descarbonización implica un tránsito por la reconversión tecnológica a GNV y luego optar por la electromovilidad implementando un suministro de energía, mediante un PPA con un comercializador de energía, según contrato de mercado libre de energía, con un costo de U\$ 59'367 600,00 reduciéndose en 100% las emisiones de CO<sub>2</sub>.

## 5.2 Recomendaciones.

- En el presente informe referente a la descarbonización del sector transporte liviano de pasajeros de la Provincia solo se ha analizado las tecnologías de GNV y de la electromovilidad, quedando pendiente la implementación de los vehículos a hidrogeno como una alternativa futura, la cual no se tomó en cuenta debido a la escasa información, quedando como un estudio futuro su análisis para empleo en el sector transporte.
- El estado de asumir como política pública el proceso de descarbonización del sector transporte, para ello su rol primordial es la buscar los mecanismos de promoción, normativa y de financiamiento de la conversión tecnológica a gas natural y la electromovilidad. El uso de subsidios cruzados es la mejor alternativa para el cambio tecnológico y el proceso de descarbonización. Países como Chile lo promueven como políticas de estado.
- Los costos asociados a la logística y la fortaleza de la cadena de suministro en este caso la energía eléctrica para la electromovilidad y el gas natural para el GNV requiere de un análisis minucioso para dar sostenibilidad a cualquier cambio tecnológico que se desee realizar para el proceso de descarbonización.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Alda, J., Cornejo, E., Grajeda, A. y Reyes, J. (2022). Propuesta para la sustitución del combustible Diésel en los vehículos de transporte de pasajeros. Tesis de Maestría. Universidad ESAN. Perú. Disponible en:  
[https://repositorio.esan.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12640/3051/2022\\_MA\\_GE\\_2019-1\\_02\\_TI.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.esan.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12640/3051/2022_MA_GE_2019-1_02_TI.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Acosta, S. y Carbajal, V. (2021). La electromovilidad y su efecto en el mercado de energía del Perú. Tesis para optar el título de Ingeniero en Energía. Universidad Nacional del Santa. Perú. Disponible en:  
<http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/3742/52266.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Agencia SE. (2024). Mi Taxi Eléctrico. Gobierno de Chile. Disponible en:  
<https://www.mitaxielectrico.cl/>
- Álvarez, E. (2021). Transición energética y transporte. el papel de las energías alternativas y las convencionales. Publicación de la Real Academia de Ingeniería de España. Disponible en:  
<https://www.mintur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/411/%C3%81LVAREZ%20PELEGRY.pdf>
- Álvarez, E. & Miranda, B. (2015). INFLUENCIA DEL COMERCIALIZADOR DE ENERGIA EN LA REDUCCION DE LAS TARIFAS ELECTRICAS. Tesis para optar el título de Ingeniero en Energía. Universidad Nacional del santa. Disponible en:  
<https://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14278/2645/42927.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arias Paz, M. (2022). Manual del automóvil. Editorial Dossat. España. 1107 p. ISBN 8496437388

Big data marketer (2023). Transición energética en el transporte y logística: hacia un futuro sostenible. Big data marketer. España. Disponible en:  
<https://www.bigdata-social.com/transicion-energetica-transporte-logistica-futuro-sostenible/>

BNamericas (2022). Enel Perú y SIDERPERU suscriben alianza para el suministro de energía renovable por 12 años. Comunicado de BNamericas. Perú Disponible en:  
<https://www.bnamericas.com/es/noticias/enel-peru-y-siderperu-suscriben-alianza-para-el-suministro-de-energia-renovable-por-12-anos>

Cervantes (2022). Optimiza el rendimiento de tu auto: Kilómetros recorridos con GNC. Cervantes Gas. España. Disponible en:  
[https://cervantesgas.com.ar/cuantos-kilometros-hace-un-auto-con-gnc/?expand\\_article=1](https://cervantesgas.com.ar/cuantos-kilometros-hace-un-auto-con-gnc/?expand_article=1)

Clavaguera, J, (2020). Impacto del consumidor en la transición energética. Tesis de grado de maestría de Ingeniería Industrial en Universidad Politécnica de Comillas. España. Disponible en:  
<https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/38483/TFM-%20Clavaguera%20Lopez%20Puigcerver%2C%20Jose%20Manuel.pdf?sequence=1>

Da Silva, J. (2022). Transición energética y desarrollo sostenible: un análisis intersectorial y de factores determinantes. Tesis doctoral para optar el Grado en Ciencias Empresariales y Económicas. Universidad de Granada. España. Disponible en:  
<https://digibug.ugr.es/handle/10481/74586>

De la Torre, A. (2024). Todas las ayudas que puedes solicitar para la compra de un coche eléctrico. Xataka Movilidad. España. Disponible en:  
<https://www.xataka.com/movilidad/todas-ayudas-que-puedes-solicitar-para-compra-coche-electrico>

Diario El Peruano. (2023). MEF: exonerar de impuestos a la venta de autos eléctricos generará costo fiscal de S/ 20,000 millones. Diario El Peruano. Disponible en: <https://elperuano.pe/noticia/214905-mef-exonerar-de-impuestos-a-la-venta-de-autos-electricos-generara-costos-fiscales-de-s-20000-millones>

Diario Gestión. (2023). ¿Cuánto cuesta la conversión del vehículo a GNV con el nuevo bono del Gobierno? Diario Gestión. Perú. Disponible en: <https://gestion.pe/tu-dinero/cuanto-cuesta-la-conversion-del-vehiculo-a-gnv-con-el-nuevo-bono-del-gobierno-noticia/?ref=gesr>

Diez, P. (2021). Principios básicos del vehículo eléctrico. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico. Universidad de Valladolid. México. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/222807924.pdf>

Enchufesolar. (2023). Página web de Enchufesolar. España. Disponible en: <https://enchufesolar.com/blog/coches-electricos/tiempo-de-carga/>

Fonti, A. (2024). País por país. Estos son 7 de los planes de taxis eléctricos pensados para Latinoamérica. Mobility Portal Latinoamérica. España. Disponible en: <https://mobilityportal.lat/taxis-electricos-latinoamerica/>

Gallego, J. (2022). VEHÍCULO ELÉCTRICO: PRESENTE Y FUTURO. Artículo Científico de la Universidad Europea de Madrid. España. Disponible en: [https://universidadeuropea.com/resources/media/documents/21\\_STEAM\\_COACHE\\_ELECTRICO\\_RZ.pdf](https://universidadeuropea.com/resources/media/documents/21_STEAM_COACHE_ELECTRICO_RZ.pdf)

Gil, S. (2015) Eficiencia pozo a rueda de vehículos livianos a GNC. Gerencia de Distribución del ENARGAS, Suipacha 636- (1008) CABA- Argentina. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/281753896\\_Eficiencia\\_pozo\\_a\\_rueda\\_de\\_vehiculos\\_livianos\\_a\\_GNC/link/55f7793808aeafc8ac018356/download](https://www.researchgate.net/publication/281753896_Eficiencia_pozo_a_rueda_de_vehiculos_livianos_a_GNC/link/55f7793808aeafc8ac018356/download)



Godfrid, D. (2023). La dimensión local de la transición energética: sistematización y análisis de la planificación climática de 49 municipios argentinos. Tesis de grado de maestría de derecho y economía de cambio climático. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO-Argentina). Disponible en: <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/19138/2/TLACSO-2023%20DG.pdf>

González, T. (2018). Análisis de escenarios de descarbonización de la matriz energética chilena mediante la incorporación de geotermia y CSP. Tesis para título de Ingeniero Civil Universidad de Chile, Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/152485>

Hilario, N. (2017). Emisiones contaminantes de vehículos del distrito de Huancayo. Tesis doctoral para Gestión del Medio Ambiente. Universidad Nacional Centro. Perú. Disponible en: <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4137/Hilario%20Roman.pdf?sequence=1>

Iberdrola. (2024). ¿Sabes qué es un PPA y cuáles son sus principales ventajas? Iberdrola. España. Disponible en: <https://www.iberdrola.com/conocenos/contrato-ppa-energia>

Lago, R. (2022). Contaminación vehicular: índices, causas y cómo resarcirla. EDENRED. México. Disponible en: <https://www.edenred.mx/blog/contaminacion-vehicular-indices-causas-y-como-resarcirla>

LEVC (2021). ¿Qué factores afectan a la autonomía del vehículo eléctrico? Página web de LEVC. España. Disponible en: <https://www.ronda15.es/factores-que-afectan-a-la-autonomia-del-vehiculo-electrico/>

López, S. (2018) Consideraciones técnicas y económicas de vehículos a gas natural. Tesis para Ingeniero Mecánico. Pontificia Universidad Católica del Perú. Disponible en:

[https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/1043/LOPEZ\\_ROJAS\\_SERGIO\\_CONSIDERACIONES\\_VEHICULOS\\_GAS\\_NATURAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/1043/LOPEZ_ROJAS_SERGIO_CONSIDERACIONES_VEHICULOS_GAS_NATURAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Marín, P. (2022). El aumento de la autonomía de los coches eléctricos, ¿alta tecnología o regla de tres? Diario El Confidencial. España. Disponible en:

[https://www.elconfidencial.com/motor/tecnologia-y-motor/2023-07-13/coche-electrico-bateria-autonomia-alcance-kwh-capacidad\\_3699497/](https://www.elconfidencial.com/motor/tecnologia-y-motor/2023-07-13/coche-electrico-bateria-autonomia-alcance-kwh-capacidad_3699497/)

Minem. (2023). DECRETO SUPREMO N° 036-2023-EM Reglamento para la Instalación y Operación de la Infraestructura de Carga de la Movilidad Eléctrica. Gobierno del Perú. Disponible en:

Minem (2009). DECRETO SUPREMO N° 022-2009-EM. Reglamento de Usuarios Libres de Electricidad. Gobierno del Perú. Disponible en:

[https://www2.osinergmin.gob.pe/GRT/MarcoLegal/DS%20022-2009-EM%20y%20modificatoria%20\(Reglamento%20Usuarios%20Libres\).pdf](https://www2.osinergmin.gob.pe/GRT/MarcoLegal/DS%20022-2009-EM%20y%20modificatoria%20(Reglamento%20Usuarios%20Libres).pdf)

Ministerio de transportes y comunicaciones. (2024). Talleres de Conversión de GNV. Gobierno del Perú Disponible en:

<https://portal.mtc.gob.pe/reportedgtt/form/frmTallerGNV.aspx>

Moreno, L. (2022). Propuesta de descarbonización del sistema de transporte público de la ciudad de Guayaquil. Tesis de Maestría en Electricidad. Escuela Superior del Litoral Ecuador. Disponible en:

<https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/56378>

Motorkote. (2022). ¿Qué AVANCES TECNOLÓGICOS ha tenido el MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA? Motorkote. Colombia. Disponible en:

<https://motorkote.com.co/avances-motor/>

Osinermin (2024). Plataforma Facilito. Osinermin. Gobierno del Perú. Disponible en:

<https://www.facilito.gob.pe/facilito/actions/PreciosGNVAction.do>

Osinermin (2024). Metodología Integrada de Osinermin SERVICIO DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN COMERCIAL 2022 Y 2023. Osinermin. Gobierno del Perú. Disponible en:

[https://www2.osinermin.gob.pe/publicacionesgrt/pdf/InfoComercial/IC%20Informe\\_Comercial\\_3T\\_2023.pdf](https://www2.osinermin.gob.pe/publicacionesgrt/pdf/InfoComercial/IC%20Informe_Comercial_3T_2023.pdf)

Osinermin (2024). Informe N° 127-2024-GRT . Osinermin. Gobierno del Perú. Disponible en:

<https://www2.osinermin.gob.pe/GRT/Procesos-Regulatorios/Tarifas-Barra/FPB-2024-2025/6/6.1.1%20Informe-Tecnico-127-2024-GRT.pdf>

Pacheco, C. (2022). Análisis de Autonomía de Vehículos Eléctricos en Función del Ciclo de Conducción. Tesis para optar el título de Ingeniero Automotriz. Universidad Internacional del Ecuador. Disponible en:

<https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/5155/1/T-UIDE-0436.pdf>

Plaza, R. (2020). ¿Qué es un coche PHEV y cómo funciona? ¿Los que puedes comprar en España? Portal Web de Motores. España. Disponible en:

<https://www.motor.es/que-es/phev>

Quenaya, E. (2018). Impacto de la contaminación del aire por el parque automotor en la población del área urbana de Arequipa 2016 – 2017. Tesis de Maestría en Economía. Universidad Nacional de San Agustín. Perú. Disponible en:

<https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/b1e9011f-0dc9-4d90-8bb1-c03210db8f15/content>

Rafael, M. & Hernández, A. (2014). Caracterización de un motor de combustión interna con dos tipos de combustible. Instituto Tecnológico Mexicano. México. Disponible en:

<https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt417.pdf>

Red Española (2022). Descarbonización y digitalización, pilares de un transporte más sostenible. Web Pacto Mundial España. Disponible en:

<https://www.pactomundial.org/noticia/descarbonizacion-y-digitalizacion-pilares-de-un-transporte-mas-sostenible/>

Renting Finders. (2022). Autonomía. Portal de Renting Finders. España. Disponible en:

<https://rentingfinders.com/glosario/autonomia/>

Rep Expert (2023). 8 innovaciones para el futuro motor de combustión. Rep Expert. España. Disponible en:

<https://www.repxpert.es/es/news-events/news/futuro-motor-de-combustion-8-innovaciones>

Roa, D. (2018). Cambio climático y transición energética. Tesis para optar el título de Ingeniero de Tecnologías Industriales. Universidad Politécnica de Madrid. Disponible en:

[https://oa.upm.es/53804/1/TFG\\_DAVID\\_ROA\\_GONZALEZ.pdf](https://oa.upm.es/53804/1/TFG_DAVID_ROA_GONZALEZ.pdf)

Rufasto, P. (2022) ¿Cuántos kilómetros rinde una ‘tanqueada’ de Gas Natural Vehicular (GNV)??. Diario La República. Perú. Disponible en:

<https://larepublica.pe/datos-lr/respuestas/2022/08/22/cual-es-el-precio-del-gas-natural-gnv-y-cuantos-kilometros-rinde-una-tanqueada-osinergmin-precio-del-combustible-atmp>

Sánchez, C. (2022). El Nissan Leaf revoluciona el mundo del taxi. Web de Peugeot Lyon Days. España. Disponible en:

<https://movilidadelectrica.com/el-nissan-leaf-revoluciona-el-mundo-del-taxi/>

- Simon (2019). El vehículo eléctrico: elementos principales y funcionamiento. Blog de Simon Perú. Disponible en:  
<https://www.simonelectric.com/blog/el-vehiculo-electrico-elementos-principales-y-funcionamiento>
- Sitec. (2024) ¿GNV o GLP, cual es el mejor? Sitec Inversiones. Perú. Disponible en:  
<https://www.sitec.pe/gnv-o-glp-cual-es-el-mejor/>
- Sitec. (2024) ¿Cuál es el precio de la conversión a GLP o GNV en Lima 2021? Sitec Inversiones. Perú. Disponible en:  
<https://www.sitec.pe/precio-conversion-glp-gnv-lima/#>
- Soto, K. & Llanos, A. (2023). PLAN DE NEGOCIOS “MEJORAMIENTO DE LA MATRIZ ENERGÉTICA DEL PAÍS A TRAVÉS DE LA EMPRESA GASODUCTOS DEL PERÚ”. Tesis de Maestría en Administración. Escuela de Negocios de la Universidad del Pacífico. Perú. Disponible en:  
[https://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/4070/Soto%2C%20Karina\\_Trabajo%20de%20investigacion\\_Maestria\\_2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/4070/Soto%2C%20Karina_Trabajo%20de%20investigacion_Maestria_2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Technical Motors. (2022). Aumento de la eficiencia de los motores de GNC: La presión es la clave. Technical Motors. España. Disponible en:  
<https://rosetta-technology.com/en/learning-center/notas-tecnicas/transmisor-presion-gnc>
- Torres, V. (2018). Mejora del proceso de carga en vehículos eléctricos- Tesis para optar el título de Ingeniería de Sistemas. Universidad de Zaragoza. España. Disponible en:  
<https://zaguan.unizar.es/record/76842/files/TESIS-2019-014.pdf>
- Transeop. (2022). La descarbonización en el transporte de mercancías y la última milla logística. Blog de Transeop. España. Disponible en:

<https://www.transeop.com/blog/descarbonizacion-transporte-mercancias-ultima-milla-logistica/1635/>

Torrejón, N. & Quiñones, V. (2019). Índice de contaminación ambiental vehicular y su relación con los mantenimientos preventivos en el taller del concesionario Autoespar Toyota - Lima, 2019. Tesis para Ingeniero Ambiental. Universidad Cesar Vallejo. Perú. Disponible en:

[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/54801/Torrej%C3%B3n\\_CNL-Qui%C3%B1ones\\_LVS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/54801/Torrej%C3%B3n_CNL-Qui%C3%B1ones_LVS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Valencia, V. (2022). Opciones de descarbonización del transporte terrestre en ciudades de Colombia: escenarios a partir de un modelo de dinámica de sistemas. Tesis para título de Ingeniero. Universidad Nacional de Colombia. Disponible en:

<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/83202>

Viso, E. (2022). ¿Sabías que la eficiencia energética de un motor de gasolina no supera el 30%?. Blog Volvo Tecnología. España. Disponible en:

<https://tecvolucion.com/eficiencia-motor-termico-se-dispara-en-competicion/>

Waldman, S. (2024). Estaciones de carga para autos eléctricos: tus dudas respondidas. Enerlink. España. Disponible en:

<https://blog.enerlink.com/estaciones-de-carga-para-autos-electricos-dudas-respondidas>

Zuñiga, V. (2014). Propuesta de las características técnicas de un vehículo eléctrico para uso privado en Lima metropolitana. Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico. Pontificia Universidad Católica del Perú. Disponible en:

[https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5767/ZU%C3%91IGA\\_VICTOR\\_VEHICULO\\_ELECTRICO\\_PRIVADO.pdf?sequence=1](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5767/ZU%C3%91IGA_VICTOR_VEHICULO_ELECTRICO_PRIVADO.pdf?sequence=1)

Zamora, R. (2021). Movilidad y transporte descarbonizados en aras de la salud: un reto para las administraciones públicas. Revista catalana de dret ambiental Vol. XII

Núm. 2 (2021): 1 – 47 - Monográfica -Universidad de Málaga. España.

Disponible en:

file:///C:/Users/HP%20250/Downloads/400745-Text%20de%20l'article-582802-1-10-20220520.pdf

## **VII. ANEXOS**

- Anexo 1: Matriz de rendimientos para ruta interurbana con Petróleo DB5 y Gasohol.
- Anexo 2: Matriz de rendimientos para ruta urbana con GLP, Petróleo DB5 y Gasohol.
- Anexo 3: Contaminación de vehículos convencionales.
- Anexo 4: Estructuración operativa del problema público
- Anexo 5: Distribución de las emisiones netas del 2018 por tipo de GEI
- Anexo 6: Valores de emisiones para combustibles peruanos.
- Anexo 7: Tipos de PPA y funcionamiento.
- Anexo 8: Estructura de la comercialización de energía.
- Anexo 9: Formato de encuesta realizada
- Anexo 10: Resumen de encuestas según ruta interurbana y urbana.



Anexo 1: Matriz de rendimientos para ruta interurbana con Petróleo DB5 y Gasohol.

Petroleo DB5	N°	Gasto al dia (S./dia)				Promedio (S./dia)	Consumo Gal/dia	Rendimiento km/galon
		140	130	120	110			
Garatea- Seguro	10	0	2	8	0	122	7,4	30,3
Garatea-San Pedro	10	10	0	0	0	140	8,5	32,0
Garatea-El Carmen	11	10	1	0	0	139,1	8,4	31,4
San Luis-San Pedro	8	5	3	0	0	136,3	8,3	32,0
San Luis-El Carmen	7	6	1	0	0	138,6	8,4	32,6

Gasohol	N°	Gasto al dia (S./dia)				Promedio (S./dia)	Consumo Gal/dia	Rendimiento km/galon
		140	130	120	110			
Garatea- Seguro	25	0	10	15	0	124	8,1	27,7
Garatea-San Pedro	15	6	9	0	0	134	8,8	30,9
Garatea-El Carmen	22	10	12	0	0	134,5	8,8	30,0
San Luis-San Pedro	30	20	10	0	0	136,7	8,9	29,8
San Luis-El Carmen	25	10	15	0	0	134	8,8	31,1

*Nota.* Información elaborada por los tesistas

Anexo 2: Matriz de rendimientos para ruta urbana con GLP, Petróleo DB5 y Gasohol.

Petroleo DB5	N°	Gasto al dia (S././dia)				Promedio (S././dia)	Consumo Gal/dia	Rendimiento km/galon
		90	80	70	60			
Urb. Caleta-PJ Unión	5	0	5	0	0	80	4,8	30,5
Urb. Caleta-Urb. El Trapecio	10	10	0	0	0	90	5,5	34,0
Urb. Caleta -Urb. Los Pinos	4	0	4	0	0	80	4,8	29,0
Centro Urbano-PJ 2 de mayo	4	0	0	0	4	60	3,6	22,7
Centro Urbano-San Juan	3	0	0	0	3	60	3,6	28,7

Gasohol	N°	Gasto al dia (S././dia)				Promedio (S././dia)	Consumo Gal/dia	Rendimiento km/galon
		90	80	70	60			
Urb. Caleta-PJ Unión	4	0	3	1	0	77,5	5,1	28,7
Urb. Caleta-Urb. El Trapecio	5	4	1	0	0	88	5,8	32,3
Urb. Caleta -Urb. Los Pinos	8	0	4	4	0	75	4,9	28,4
Centro Urbano-PJ 2 de mayo	3	0	0	0	3	60	3,9	20,9
Centro Urbano-San Juan	3	0	0	0	3	60	3,9	26,5

GLP	N°	Gasto al dia (S././dia)				Promedio (S././dia)	Consumo Gal/dia	Rendimiento km/galon
		80	70	60	50			
Urb. Caleta-PJ Unión	66	0	0	60	6	59,1	8,1	18,1
Urb. Caleta-Urb. El Trapecio	45	0	45	0	0	70	9,6	19,5
Urb. Caleta -Urb. Los Pinos	66	0	0	60	6	59,1	8,1	17,2
Centro Urbano-PJ 2 de mayo	33	0	0	0	33	50	6,9	11,8
Centro Urbano-San Juan	34	0	0	0	34	50	6,9	15,0

*Nota.* Información elaborada por los tesistas

### Anexo 3: Contaminación de vehículos convencionales.

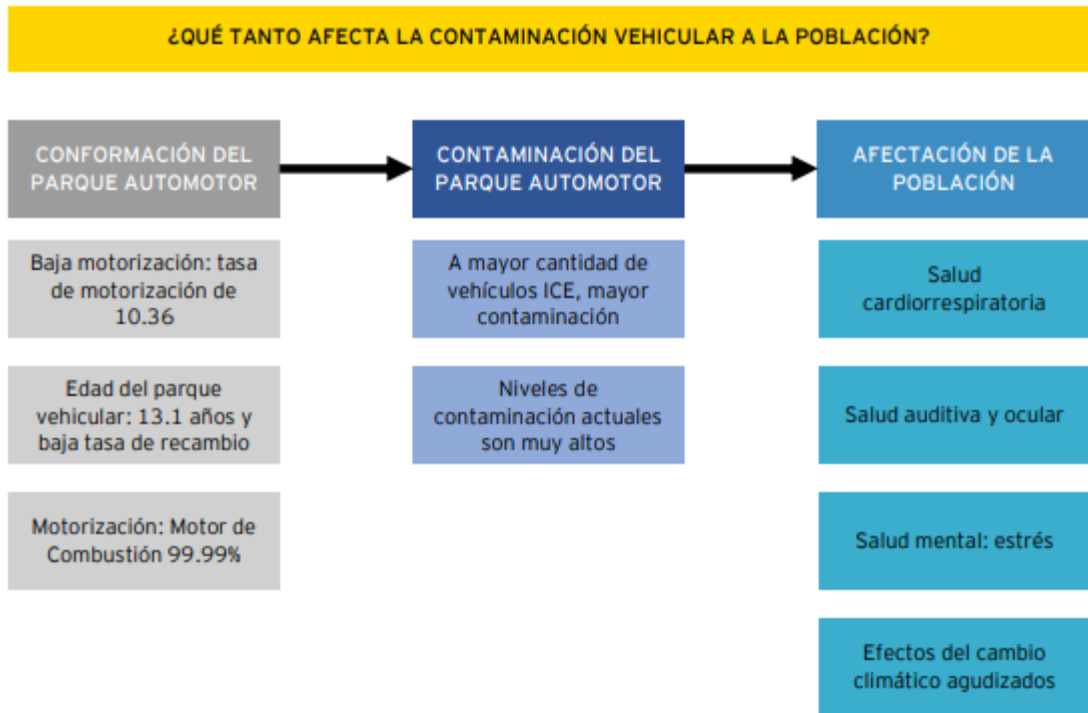
Tipo de contaminantes	Efectos en el clima	Efectos en la salud
<p><b>Material particulado (PM10 y PM 2.5)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El material particulado (PM 10 y PM2.5) contribuye al fenómeno de la lluvia ácida.</li> <li>Tiene la capacidad de absorber radiación electromagnética, contribuyendo al efecto invernadero.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El material particulado ingresa al organismo humano mediante el sistema respiratorio (oral o nasal). Las partículas de menor tamaño, PM2.5 tienen mayor penetración en el árbol respiratorio, llegando hasta los alveolos pulmonares y teniendo mayor impacto en la salud. Las partículas PM2.5 contienen una mayor cantidad de elementos tóxicos, tales como metales pesados y compuestos orgánicos.</li> <li>A corto plazo, el material particulado con elementos tóxicos podría tener efectos en el sistema respiratorio, disminuyendo la función pulmonar o interfiriendo con los mecanismos de defensa pulmonar.</li> <li>A largo plazo, el material particulado podría afectar al organismo mediante un menor desarrollo de la estructura y función del sistema respiratorio. En casos más extremos podría haber mayor riesgo de cáncer en una edad adulta</li> <li>Adicionalmente, el material particulado podría tener efectos en otros sistemas, como el sistema cardiovascular, disminuyendo la frecuencia cardiaca en situaciones de estrés.</li> </ul>
<p><b>Óxidos de azufre</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los óxidos de azufre, en contacto con agua, se convierten en ácido sulfúrico, principal componente de la lluvia ácida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>De acuerdo con la OMS, cuando los óxidos de azufre se transforman en ácido sulfúrico y son inhalados por las personas podría tener efectos adversos en el sistema respiratorio.</li> <li>Los efectos en el sistema respiratorio podrían resultar en daño pulmonar y paros cardíacos</li> <li>Adicionalmente, la inflamación del sistema respiratorio provoca tos, secreción mucosa y agravamiento del asma.</li> </ul>
<p><b>Óxidos de nitrógeno</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los óxidos de nitrógeno, en contacto con otras sustancias en la atmosfera, pueden resultar en el fenómeno de la lluvia ácida.</li> <li>Tienen la capacidad de retener radiación electromagnética, contribuyendo al efecto invernadero.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los óxidos de nitrógeno pueden reaccionar con compuestos orgánicos volátiles y generar ozono troposférico, ocasionando enfermedades pulmonares, daños al tejido pulmonar y reducción de las funciones pulmonares.</li> <li>Los óxidos de nitrógeno también pueden reaccionar con la humedad, el amoníaco y otros compuestos generando ácido nítrico, ocasionando efectos en el sistema respiratorio y en casos extremos muerte prematura.</li> </ul>

<b>Monóxido de carbono</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El monóxido de carbono en grandes cantidades puede contribuir a la formación de GEI, tales como metano y ozono troposférico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Debido a su estructura molecular, el monóxido de carbono presenta afinidad con la hemoglobina en los glóbulos rojos de la sangre. Al adherirse a la sangre forma la carboxihemoglobina, la cual puede disminuir la capacidad para transportar oxígeno. Esto tendría consecuencias en el sistema cardiovascular y podría tener efectos neuroconductuales.</li> <li>En concentraciones altas podría ocasionar alteraciones en la cantidad de glóbulos rojos y el tamaño del corazón.</li> </ul>
<b>Dióxido de carbono</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El dióxido de carbono es el gas más importante para la formación del efecto invernadero debido a su alta capacidad de retención de radiación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A corto plazo, el dióxido de carbono en grandes concentraciones podría causar problemas respiratorios, falta de concentración, dolores de cabeza, somnolencia y mareos.</li> <li>A largo plazo, podría ocasionar asfixia por desplazamiento del oxígeno y una disminución de la concentración en mayor magnitud.</li> </ul>
<b>Metano</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El metano es uno de los gases más importantes en la formación del efecto invernadero debido a su capacidad de oxidación y su propiedad de retener el calor en la atmósfera.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Al inhalar podría resultar en irritaciones en la mucosa nasal, bucal y ocular.</li> <li>Adicionalmente, el metano podría causar enfermedades respiratorias de llegar a los pulmones.</li> <li>Al igual que el dióxido de carbono, el metano podría ocasionar asfixia por desplazamiento de oxígeno.</li> </ul>
<b>Compuestos orgánicos volátiles</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los compuestos orgánicos volátiles participan indirectamente como GEI, contribuyendo a la formación de ozono troposférico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A corto plazo, los compuestos orgánicos volátiles podrían ocasionar irritación en la nariz y en los ojos. Al contacto con la piel podrían ocasionar una dermatitis y quemaduras químicas.</li> <li>Adicionalmente, podrían causar daños en el sistema nervioso central, resultando en dolores de cabeza y mareos; y en el sistema digestivo, resultando en náuseas, vómito y diarrea.</li> <li>A largo plazo, podrían resultar en una mayor probabilidad de sufrir leucemia y otros tipos de cáncer.</li> </ul>
<b>Ozono troposférico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El ozono troposférico es uno de los gases más importantes en el efecto invernadero debido a su formación en un ambiente de radiación solar y la generación de smog fotoquímico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El exceso de ozono en el aire podría tener efectos adversos en la salud debido a su elevada toxicidad. Podría resultar en problemas en el sistema respiratorio, causando irritación en la garganta y dolores en el pecho. Adicionalmente, podría reducir la función pulmonar.</li> <li>En altas concentraciones, puede agravar los ataques de asma en los pacientes que padecen esta condición.</li> </ul>
<b>Compuestos halogenados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los compuestos halogenados contribuyen con el efecto invernadero.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La alta toxicidad de los compuestos halogenados podría provocar irritación ocular, reducción de la función pulmonar, síntomas gastrointestinales, acné y disfunciones hepáticas.</li> <li>Adicionalmente, en concentraciones elevadas, podría tener efectos cancerígenos.</li> </ul>

Fuente: OSINERGMIN, 2019. Elaborado por EY

*Nota.* Información tomada de OSINERGMIN, 2019.

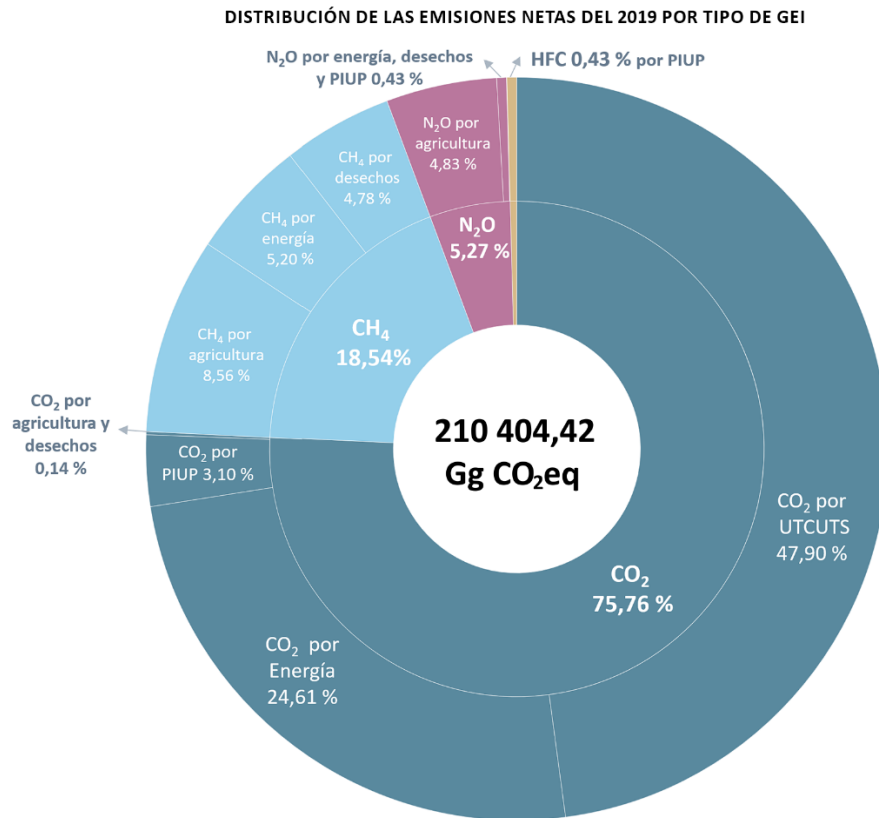
Anexo 4: Estructuración operativa del problema público.



fuente: INEI, 2020; AAP, 2020. Elaborado por EY.

*Nota.* Información tomada de INEI, 2020

Anexo 5: Distribución de las emisiones netas del 2018 por tipo de GEI



*Nota.* Información tomada de INFOCARBONO, 2020

Anexo 6: Valores de emisiones para combustibles peruanos.

**CUADRO 2.2**  
**FACTORES DE EMISIÓN POR DEFECTO PARA LA COMBUSTIÓN ESTACIONARIA EN LAS INDUSTRIAS ENERGÉTICAS**  
(kg de gas de efecto invernadero por TJ sobre una base calórica neta)

Combustible	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O	
	FE por defecto (kgCO <sub>2</sub> /TJ)	Inferior	Superior	FE por defecto (kgCH <sub>4</sub> /TJ)	Inferior	Superior
Petróleo crudo	73.300	71.000	75.500	3,00	1,00	0,60
Gas Natural Licuado	64.200	58.300	70.400	3,00	1,00	0,60
<b>Gasolina para motores</b>	<b>69.400</b>	<b>67.500</b>	<b>73.000</b>	<b>3,00</b>	<b>1,00</b>	<b>0,60</b>
Gasolina para la aviación	70.000	67.500	73.000	3,00	1,00	0,60
Gasolina para motor a reacción	70.000	67.500	73.000	3,00	1,00	0,60
<b>Gas/Diesel Oil</b>	<b>74.100</b>	<b>72.600,00</b>	<b>74.800,00</b>	<b>3,00</b>	<b>1,00</b>	<b>0,60</b>
Fuelóleo residual	77.400	75.500	78.800	3,00	1,00	0,60
<b>Gases licuados de petróleo</b>	<b>63.100</b>	<b>61.600</b>	<b>65.600</b>	<b>1,00</b>	<b>0,30</b>	<b>0,10</b>
Lubricantes	73.300	71.900	75.200	3,00	1,00	0,60
<b>Gas de refinería</b>	<b>57.600</b>	<b>48.200</b>	<b>69.000</b>	<b>1,00</b>	<b>0,30</b>	<b>0,10</b>
Ceras de parafina	73.300	72.200	74.400	3,00	1,00	0,60
Espilitu blanco y SBP	73.300	72.200	74.400	3,00	1,00	0,60
Otros productos del petróleo	73.300	72.200	74.400	3,00	1,00	0,60
<b>Antracita</b>	<b>98.300</b>	<b>94.600</b>	<b>101.000</b>	<b>1,00</b>	<b>0,30</b>	<b>0,50</b>
<b>Carbón de coque</b>	<b>94.600</b>	<b>87.300</b>	<b>101.000</b>	<b>1,00</b>	<b>0,30</b>	<b>0,50</b>
Gas natural	56.100	54.300	58.300	1,00	0,30	0,10
Biogasolina	70.600	59.800	84.300	3,00	1,00	0,60
Biocombustibles líquidos	70.600	59.800	84.300	3,00	1,00	0,60
Biodiésel	79.600	67.100	95.300	3,00	1,00	0,60
Otros biocombustibles líquidos	100.000	84.700	117.000	30,00	10,00	4,00
Otra biomasa sólida primaria	112.000	95.000	132.000	300,00	100,00	40,00
Madera/Desechos de madera	112.000	95.000	132.000	200,00	70,00	40,00
Carbón vegetal	54.600	46.200	66.000	1,00	0,30	0,10
Biomasa gaseosa	71.900	70.800	73.700	3,00	1,00	0,60
<b>Kerosene</b>	<b>71.900</b>	<b>70.800</b>	<b>73.700</b>	<b>3,00</b>	<b>1,00</b>	<b>0,60</b>

Fuente: Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero - Volumen 2: Energía, pág. 2-16 - 2-17

Nota. Información tomada de las directrices IPCC

## Anexo 7: Tipos de PPA y funcionamiento.



### ¿CÓMO FUNCIONA UN PPA?



Un PPA (Power Purchase Agreement) es un acuerdo o **contrato de compraventa de energía a largo plazo** entre un desarrollador renovable y un consumidor

#### TIPOS:



**PPA Offsite:**  
energía renovable producida en una ubicación exacta y conectada a la red eléctrica



**PPA Onsite:**  
energía renovable producida cerca o en el emplazamiento de las instalaciones del cliente

#### VENTAJAS:



Suministro de **energía limpia y trazable** desde un activo concreto



Energía a **precio competitivo**



Electricidad a **precio estable** y predecible



Reduce la **huella de carbono** de las empresas

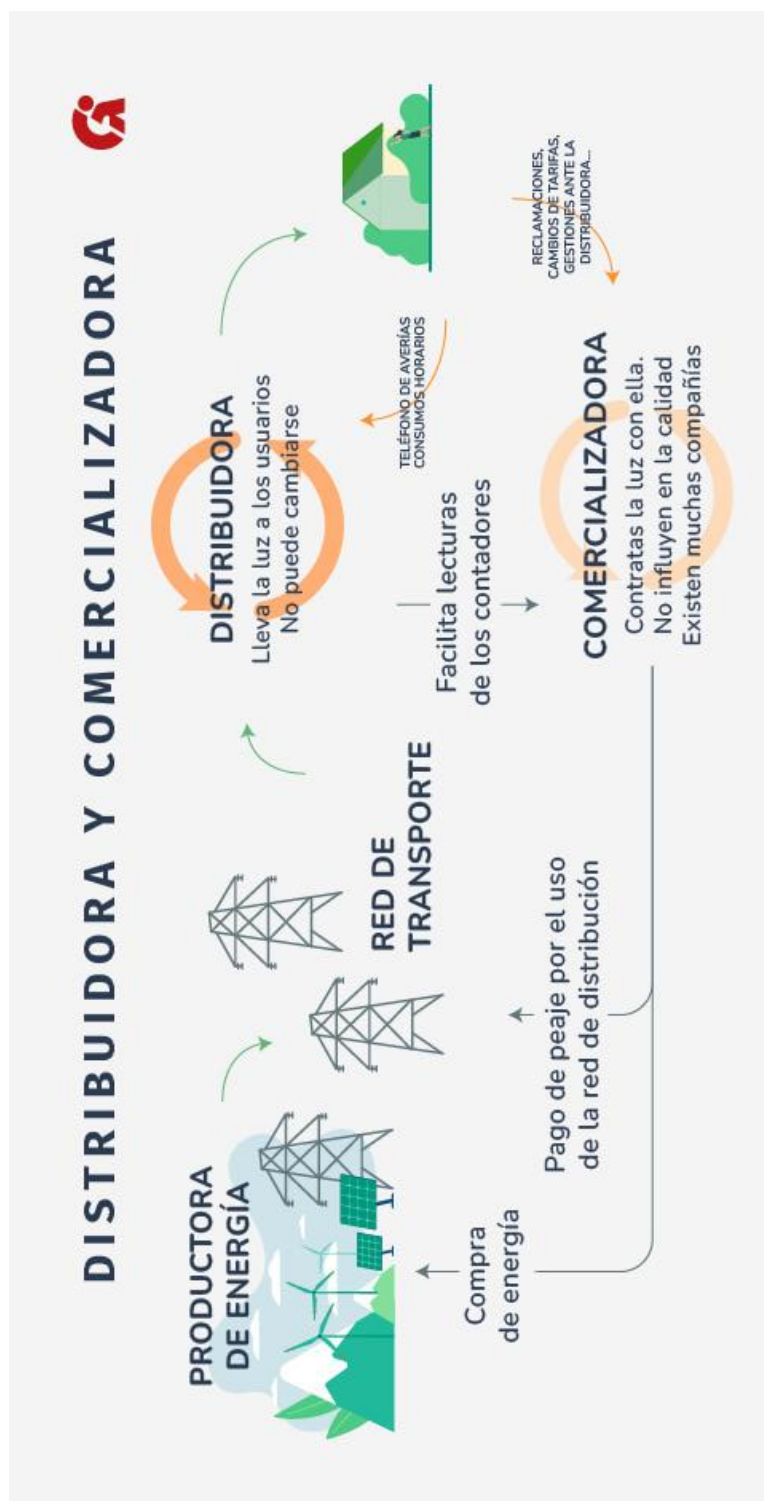


Contribuye a la lucha contra el **cambio climático**

Fuente: Iberdrola/Recursos: Freepik/Gráfico: LR-LM



Anexo 8: Estructura de la comercialización de energía.



Nota. Información tomada de WEB Auditor Systems

## Anexo 9: Formato de encuesta realizada

<b>ENCUESTA DE OPINION REFERENTE AL DIAGNOSTICO DEL SECTOR TRANSPORTE PUBLICO DE PASAJEROS PROVINCIA DEL SANTA</b>
--

OBJETO:	Insumo para Tesis: ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS EN EL SECTOR TRANSPORTE LIVIANO PARA EL PROCESO DE DESCARBONIZACION EN LA PROVINCIA DEL SANTA
OBJETIVO :	Recabar informacion de habitos del sector transporte liviano de la Provincia del Santa
AUTORES :	Bach. Quispe Sulca, Maryluz
	Bach. Lázaro Valderrama, Soliz Evelit
ASESOR:	Mg. Robert Fabian Guevara Chinchayan CIP 72486

TIPO:	Encuesta Anonima
-------	------------------

ITEM	PREGUNTA	RESPUESTA		
1	Nombre de la ruta que realiza			
2	Marca de vehiculo			
3	Antigüedad del vehiculo			
4	Combustible empleado			
5	N° de vueltas promedio que realiza en su ruta			
6	Gasto diario promedio que realiza por compra de combustible			
7	Estaría ud. dispuesto a reconvertir su vehiculo a GNV	SI	NO	NO SABE/NO
8	Si es no, su respuesta , cual es la razon?			
9	Conoce Ud. acerca de la electrovilidad o autos electricos	MUCHO	POCO	NADA
10	¿Qué tiempo demora en realizar una vuelta durante su recorrido?			
TOTAL				

NOMBRE DEL ENCUESTADOR:

VALIDADO POR: MG. Robert Fabian Guevara Chinchayan (Asesor)

Fecha :	
Hora:	

Anexo 10: Resumen de encuestas según ruta interurbana y urbana.

Ruta interurbana: Garatea-Seguro									
N°	Marca del Vehículo	Antigüedad	Combustible	N° de vueltas/día	Gasto diario de combustible (€)	Desea reconvertir a GNV	Si es no ¿Cuál es la razón?	¿Sabe que es electromovilidad?	Tiempo de dar una vuelta (min)
1	Toyota	10	Petroleo DB5	8	125	No	1	No	55
2	Toyota	15	Petroleo DB5	9	120	No	1	No	55
3	Hyundai	14	Petroleo DB5	8	120	No	2	No	50
4	Toyota	8	Gasohol	9	130	No	1	No	45
5	Toyota	7	Gasohol	9	120	Si		Si	50
6	Nissan	10	Gasohol	8	120	No	1	No	50
7	Kia	5	Gasohol	8	125	No	3	No	50
8	Hyundai	4	Gasohol	8	125	No	1	Si	50
9	Toyota	7	GLP	8	100	No	3	No	45
10	Toyota	7	GLP	8	95	No	4	No	50
11	Toyota	10	GLP	8	95	No	4	No	50
12	Toyota	4	GLP	9	100	No	4	No	55
13	Toyota	12	GLP	8	105	No	1	No	55
14	Toyota	14	GLP	8	105	No	1	No	55
15	Toyota	11	GLP	8	100	No	1	Si	50
16	Toyota	7	GLP	10	100	No	1	No	50
17	Hyundai	7	GLP	8	100	No	3	Si	45
18	Hyundai	14	GLP	8	95	No	1	No	50
19	Hyundai	15	GLP	8	95	No	1	No	45
20	Hyundai	10	GLP	8	105	No	1	No	50
21	Hyundai	11	GLP	8	105	No	1	No	45
22	Hyundai	12	GLP	8	110	No	1	Si	50
23	Kia	10	GLP	8	100	No	3	No	50
24	Kia	8	GLP	8	100	No	1	No	45
25	Kia	8	GLP	8	100	No	1	No	55
26	Kia	7	GLP	8	100	No	1	No	55
27	Kia	12	GLP	8	100	No	5	Si	50
28	Kia	7	GLP	8	100	No	3	No	45
29	Kia	3	GLP	8	100	No	1	No	50
30	Nissan	10	GLP	9	100	No	1	No	55
31	Nissan	11	GLP	9	105	No	3	Si	50
32	Nissan	9	GLP	8	100	No	3	Si	55
33	Nissan	7	GLP	8	100	No	1	Si	50
34	Chevrolet	8	GLP	8	100	No	3	Si	55
35	Chevrolet	7	GLP	8	100	No	3	No	50
36	Changang	4	GLP	9	100	No	1	No	55
37	Changang	3	GLP	8	100	No	1	No	50
38	Jac	2	GLP	8	100	No	1	No	50
39	Jac	2	GLP	8	100	No	1	No	50
40	Chery	2	GLP	8	100	No	1	No	50

Ruta interurbana: Garatea-San Pedro									
N°	Marca del Vehiculo	Antigüedad	Combustible	N° de vueltas/día	Gasto diario de combustible (S/)	Desea reconvertir a GNV	Si es no ¿Cuál es la razon?	¿Sabe que es electromovilidad?	Tiempo de dar una vuelta (min)
1	Toyota	13	Petroleo DB5	8	140	No	1	No	65
2	Kia	11	Petroleo DB5	8	140	Si	1	No	60
3	Hyundai	10	Petroleo DB5	8	140	No	3	No	60
4	Toyota	11	Gasohol	8	140	No	1	No	60
5	Toyota	8	Gasohol	8	135	Si		No	55
6	Toyota	7	Gasohol	8	135	No	1	No	55
7	Toyota	7	Gasohol	8	135	No	1	No	60
8	Toyota	7	Gasohol	8	130	No	3	No	55
9	Toyota	4	Gasohol	8	135	No	1	No	50
10	Hyundai	12	Gasohol	8	135	No	1	No	65
11	Hyundai	11	Gasohol	8	130	Si		No	55
12	Hyundai	8	Gasohol	9	135	No	1	No	55
13	Hyundai	7	Gasohol	8	130	No	1	No	60
14	Hyundai	4	Gasohol	8	130	No	3	No	55
15	Kia	7	Gasohol	8	130	No	1	No	55
16	Kia	7	Gasohol	8	135	No	1	No	60
17	Kia	6	Gasohol	9	135	No	1	No	60
18	Kia	6	Gasohol	8	135	No	3	No	60
19	Kia	5	Gasohol	9	130	No	3	No	55
20	Kia	5	Gasohol	9	135	No	4	No	60
21	Nissan	11	Gasohol	8	135	No	1	No	65
22	Nissan	7	Gasohol	8	135	No	4	No	60
23	Toyota	14	GLP	8	115	No	4	No	60
24	Toyota	14	GLP	8	110	No	4	No	55
25	Toyota	7	GLP	8	110	No	4	No	55
26	Hyundai	10	GLP	9	115	Si		No	65
27	Hyundai	7	GLP	8	110	No	4	No	60
28	Hyundai	7	GLP	8	105	No	1	No	55
29	Hyundai	7	GLP	8	110	No	1	No	55
30	Kia	11	GLP	9	110	No	1	No	60
31	Kia	10	GLP	8	115	No	1	No	60
32	Kia	9	GLP	8	110	Si		No	55
33	Kia	9	GLP	8	110	Si		No	60
34	Kia	7	GLP	9	110	No	4	No	60
35	Kia	7	GLP	9	110	No	4	No	60
36	Nissan	11	GLP	8	110	Si		No	55
37	Nissan	10	GLP	8	110	No	4	No	60
38	Nissan	10	GLP	8	110	No	1	No	60
39	Chevrolet	9	GLP	8	105	No	1	No	60
40	Chevrolet	9	GLP	8	110	No	1	No	60

Ruta interurbana: Garatea-El Carmen									
N°	Marca del Vehículo	Antigüedad	Combustible	N° de vueltas/día	Gasto diario de combustible (S/)	Desea reconvertir a GNV	Si es no ¿Cuál es la razón?	¿Sabe que es electromovilidad?	Tiempo de dar una vuelta (min)
1	Nissan	14	Petroleo DB5	8	138	No	1	Si	65
2	Kia	11	Petroleo DB5	8	140	No	1	No	60
3	Toyota	12	Gasohol	8	136	No	3	Si	65
4	Toyota	10	Gasohol	8	135	Si		Si	60
5	Kia	10	Gasohol	8	130	No	3	Si	60
6	Kia	9	Gasohol	8	135	Si		No	60
7	Hyundai	11	Gasohol	8	135	No	1	No	65
8	Hyundai	8	Gasohol	8	136	No	4	No	60
9	Toyota	15	GLP	8	110	No	1	Si	65
10	Toyota	12	GLP	8	110	No	1	No	65
11	Toyota	10	GLP	8	110	No	1	No	60
12	Toyota	10	GLP	9	110	No	1	Si	60
13	Toyota	10	GLP	8	105	No	1	Si	60
14	Toyota	10	GLP	8	105	No	1	Si	60
15	Toyota	10	GLP	8	105	No	4	Si	60
16	Toyota	9	GLP	8	105	No	3	Si	55
17	Toyota	9	GLP	9	105	Si		No	60
18	Kia	13	GLP	8	110	No	3	No	65
19	Kia	11	GLP	9	110	No	5	No	60
20	Kia	8	GLP	9	110	No	4	Si	60
21	Kia	8	GLP	8	110	No	4	No	60
22	Kia	8	GLP	8	110	No	4	Si	60
23	Kia	8	GLP	8	110	Si		No	60
24	Kia	7	GLP	8	110	No	4	No	55
25	Kia	7	GLP	8	105	Si		No	55
26	Kia	7	GLP	9	110	No	4	Si	55
27	Hyundai	10	GLP	8	110	No	4	No	65
28	Hyundai	10	GLP	8	110	No	4	Si	65
29	Hyundai	10	GLP	8	110	No	1	No	65
30	Hyundai	9	GLP	9	110	Si		No	60
31	Hyundai	8	GLP	8	110	Si		No	60
32	Hyundai	8	GLP	8	110	No	4	Si	60
33	Nissan	8	GLP	8	110	No	4	No	60
34	Nissan	8	GLP	9	110	Si		Si	55
35	Nissan	8	GLP	9	110	No	4	No	60
36	Chevrolet	10	GLP	8	110	Si		No	65
37	Chevrolet	9	GLP	8	110	Si		No	55
38	Chevrolet	9	GLP	8	110	No	1	No	55
39	Changan	4	GLP	8	105	No	4	No	55
40	Chery	4	GLP	8	105	No	4	Si	55

Ruta interurbana: San Luis-San Pedro									
N°	Marca del Vehiculo	Antigüedad	Combustible	N° de vueltas/día	Gasto diario de combustible (S/)	Desea reconvertir a GNV	Si es no ¿Cuál es la razon?	¿Sabe que es electromovilidad?	Tiempo de dar una vuelta (min)
1	Toyota	15	Petroleo DB5	8	135	No	1	No	65
2	Toyota	15	Petroleo DB5	8	140	Si		Si	65
3	Kia	10	Petroleo DB6	8	135	No	1	Si	60
4	Nissan	11	Petroleo DB7	8	135	No	1	Si	60
5	Kia	14	Gasohol	8	140	Si		Si	65
6	Kia	10	Gasohol	8	140	No	4	Si	65
7	Kia	10	Gasohol	8	140	No	4	Si	55
8	Kia	10	Gasohol	8	135	No	4	Si	60
9	Kia	9	Gasohol	8	135	No	3	Si	55
10	Toyota	11	Gasohol	8	140	Si		No	65
11	Toyota	9	Gasohol	8	135	No	1	No	65
12	Toyota	8	Gasohol	9	135	No	4	No	55
13	Hyundai	11	Gasohol	8	135	No	4	No	60
14	Hyundai	10	Gasohol	8	137	Si		No	60
15	Hyundai	10	Gasohol	8	135	Si		No	65
16	Hyundai	7	Gasohol	8	135	No	3	No	55
17	Nissan	11	Gasohol	9	135	No	4	Si	65
18	Toyota	14	GLP	8	115	Si		No	65
19	Toyota	12	GLP	9	110	Si		Si	55
20	Toyota	12	GLP	9	110	Si		Si	60
21	Toyota	12	GLP	8	110	Si		No	65
22	Toyota	12	GLP	8	110	Si		No	65
23	Toyota	10	GLP	8	115	Si		No	55
24	Kia	15	GLP	8	110	Si		No	65
25	Kia	8	GLP	8	115	No	1	Si	65
26	Kia	8	GLP	9	110	No	1	Si	65
27	Kia	8	GLP	8	110	No	4	Si	55
28	Kia	8	GLP	8	110	No	4	No	65
29	Kia	7	GLP	8	110	No	5	No	55
30	Hyundai	11	GLP	9	110	No	1	No	65
31	Hyundai	10	GLP	8	110	No	1	Si	60
32	Hyundai	10	GLP	8	115	No	4	No	65
33	Hyundai	8	GLP	8	115	No	3	No	55
34	Hyundai	8	GLP	9	110	No	4	No	55
35	Hyundai	8	GLP	9	110	No	4	Si	60
36	Nissan	11	GLP	8	110	No	4	Si	60
37	Nissan	10	GLP	8	110	No	4	No	60
38	Chevrolet	10	GLP	8	110	No	4	No	55
39	Jac	3	GLP	8	110	No	5	Si	55
40	Geely	4	GLP	8	110	No	5	Si	55

Ruta interurbana: San Luis-El Carmen									
N°	Marca del Vehículo	Antigüedad	Combustible	N° de vueltas/día	Gasto diario de combustible (S/)	Desea reconvertir a GNV	Si es no ¿Cuál es la razón?	¿Sabe que es electromovilidad?	Tiempo de dar una vuelta (min)
1	Toyota	15	Petroleo DB5	8	140	Si		No	65
2	Toyota	11	Petroleo DB5	8	140	Si		Si	60
3	Nissan	12	Petroleo DB6	8	140	No	5	No	60
4	Hyundai	12	Petroleo DB7	8	135	No	4	Si	65
5	Toyota	12	Gasohol	8	135	Si		No	60
6	Toyota	12	Gasohol	8	135	Si		No	65
7	Toyota	10	Gasohol	8	135	No	4	No	60
8	Toyota	9	Gasohol	8	135	No	4	Si	55
9	Kia	11	Gasohol	8	135	Si		Si	60
10	Kia	10	Gasohol	8	130	Si		Si	60
11	Kia	10	Gasohol	8	135	Si		No	60
12	Kia	8	Gasohol	8	130	No	1	No	60
13	Hyundai	11	Gasohol	8	135	Si		No	65
14	Hyundai	9	Gasohol	8	135	No	4	No	60
15	Hyundai	8	Gasohol	9	134	No	4	Si	55
16	Kia	11	GLP	8	110	No	4	No	65
17	Kia	10	GLP	8	105	No	3	Si	60
18	Kia	10	GLP	8	110	No	4	No	60
19	Kia	10	GLP	8	110	No	4	No	60
20	Kia	9	GLP	8	110	No	4	Si	60
21	Kia	9	GLP	8	110	Si		No	60
22	Kia	9	GLP	8	110	No	1	Si	60
23	Toyota	15	GLP	8	110	No	4	No	65
24	Toyota	12	GLP	8	110	No	4	Si	60
25	Toyota	12	GLP	8	110	No	1	No	60
26	Toyota	12	GLP	8	110	No	5	No	60
27	Toyota	12	GLP	8	110	No	3	Si	60
28	Toyota	11	GLP	8	110	No	4	No	60
29	Hyundai	14	GLP	8	110	No	4	Si	60
30	Hyundai	10	GLP	8	110	No	4	No	60
31	Hyundai	10	GLP	8	110	No	4	Si	55
32	Hyundai	9	GLP	8	110	No	1	Si	55
33	Hyundai	9	GLP	8	110	No	1	Si	55
34	Hyundai	7	GLP	8	110	No	1	Si	50
35	Nissan	14	GLP	8	110	No	4	Si	60
36	Nissan	12	GLP	8	105	No	5	No	60
37	Nissan	9	GLP	8	105	No	4	Si	60
38	Chevrolet	10	GLP	8	105	No	4	No	60
39	Chevrolet	10	GLP	8	105	No	5	No	60
40	Changan	2	GLP	9	105	No	5	Si	50

Ruta urbana: Urb Caleta-PJ La Union									
N°	Marca del Vehiculo	Antigüedad	Combustible	N° de vueltas/día	Gasto diario de combustible (S/)	Desea reconvertir a GNV	Si es no ¿Cuál es la razon?	¿Sabe que es electromovilida d?	Tiempo de dar una vuelta (min)
1	Toyota	15	Petroleo DB5	7	80	Si		Si	30
2	Toyota	14	Petroleo DB5	7	80	No	4	Si	30
3	Nissan	15	Petroleo DB6	8	80	Si		Si	30
4	Hyundai	14	Petroleo DB7	8	80	Si		Si	30
5	Toyota	15	Gasohol	7	75	Si		No	25
6	Toyota	14	Gasohol	7	75	Si		Si	25
7	Toyota	14	Gasohol	7	80	Si		No	30
8	Toyota	10	Gasohol	7	80	Si		Si	30
9	Nissan	12	Gasohol	7	80	No	4	Si	30
10	Nissan	11	Gasohol	7	80	No	4	No	30
11	Kia	10	Gasohol	8	75	Si		Si	30
12	Kia	9	Gasohol	7	75	Si		No	25
13	Toyota	12	GLP	7	60	No	4	Si	30
14	Toyota	12	GLP	7	60	No	4	Si	30
15	Toyota	10	GLP	8	57	No	4	Si	30
16	Toyota	9	GLP	7	60	No	4	No	25
17	Toyota	9	GLP	7	60	No	1	Si	25
18	Kia	10	GLP	7	60	No	4	Si	25
19	Kia	10	GLP	7	60	No	4	Si	25
20	Kia	10	GLP	7	58	No	4	Si	25
21	Kia	9	GLP	7	60	No	3	No	25
22	Kia	8	GLP	7	60	No	4	Si	30
23	Hyundai	14	GLP	7	58	No	4	Si	30
24	Hyundai	12	GLP	8	58	No	4	Si	30
25	Hyundai	12	GLP	7	60	No	4	Si	30
26	Hyundai	10	GLP	7	55	No	3	Si	30
27	Hyundai	10	GLP	7	60	No	5	Si	30
28	Nissan	14	GLP	7	60	No	4	Si	30
29	Nissan	12	GLP	7	60	No	4	Si	25
30	Nissan	10	GLP	7	58	No	4	Si	25

Ruta urbana: Urb Caleta-Urb El Trapecio									
N°	Marca del Vehiculo	Antigüedad	Combustible	N° de vueltas/día	Gasto diario de combustible (S/)	Desea reconvertir a GNV	Si es no ¿Cuál es la razon?	¿Sabe que es electromovilida d?	Tiempo de dar una vuelta (min)
1	Toyota	16	Petroleo DB5	7	95	Si		No	30
2	Toyota	15	Petroleo DB5	7	90	Si		No	30
3	Toyota	15	Petroleo DB5	7	90	Si		No	30
4	Toyota	12	Petroleo DB5	7	90	Si		No	25
5	Nissan	13	Petroleo DB5	8	90	Si		No	30
6	Nissan	12	Petroleo DB5	7	85	No	4	No	25
7	Nissan	11	Petroleo DB5	8	90	Si		No	25
8	Hyundai	14	Petroleo DB5	7	90	Si		No	30
9	Hyundai	11	Petroleo DB5	7	90	No	4	Si	25
10	Toyota	15	Gasohol	7	90	Si		No	30
11	Toyota	12	Gasohol	7	90	Si		No	25
12	Toyota	11	Gasohol	7	85	No	4	No	30
13	Toyota	9	Gasohol	7	85	No	1	Si	30
14	Kia	14	Gasohol	7	85	No	4	No	25
15	Kia	12	Gasohol	7	90	No	5	No	30
16	Kia	10	Gasohol	7	90	No	4	No	30
17	Kia	10	Gasohol	8	85	No	4	Si	20
18	Hyundai	15	Gasohol	7	90	No	3	Si	25
19	Hyundai	11	Gasohol	8	90	Si		No	25
20	Toyota	15	GLP	7	70	Si		Si	30
21	Toyota	12	GLP	7	70	Si		No	25
22	Toyota	8	GLP	7	70	No	4	No	30
23	Toyota	7	GLP	7	70	No	5	Si	20
24	Hyundai	15	GLP	7	70	No	1	No	30
25	Hyundai	12	GLP	7	70	Si		Si	30
26	Hyundai	11	GLP	7	70	Si		No	30
27	Hyundai	10	GLP	8	70	Si		No	25
28	Nissan	14	GLP	7	70	No	4	Si	30
29	Nissan	10	GLP	7	70	No	3	No	25
30	Kia	8	GLP	8	70	No	4	Si	20



Ruta urbana: Urb Caleta-Urb Los Pinos									
N°	Marca del Vehiculo	Antigüedad	Combustible	N° de vueltas/día	Gasto diario de combustible (S/)	Desea reconvertir a GNV	Si es no ¿Cuál es la razon?	¿Sabe que es electromovilidad?	Tiempo de dar una vuelta (min)
1	Toyota	16	Petroleo DB5	7	80	Si		No	30
2	Toyota	12	Petroleo DB5	7	85	No	4	No	30
3	Toyota	12	Petroleo DB5	7	80	Si		No	25
4	Toyota	12	Petroleo DB5	8	80	Si		Si	25
5	Toyota	11	Petroleo DB5	7	80	Si		Si	25
6	Toyota	10	Petroleo DB5	7	80	No	4	Si	25
7	Toyota	10	Petroleo DB5	7	80	No	4	Si	20
8	Nissan	15	Petroleo DB5	7	80	No	4	No	30
9	Nissan	14	Petroleo DB5	8	80	Si		Si	25
10	Nissan	12	Petroleo DB5	7	80	Si		Si	20
11	Nissan	12	Petroleo DB5	7	75	Si		Si	30
12	Kia	15	Petroleo DB5	8	80	Si		No	30
13	Kia	14	Petroleo DB5	7	80	No	3	Si	30
14	Hyundai	12	Petroleo DB5	7	80	No	1	Si	25
15	Toyota	18	Gasohol	7	75	No	4	No	25
16	Toyota	12	Gasohol	7	75	No	4	No	25
17	Toyota	11	Gasohol	8	75	No	4	No	20
18	Toyota	10	Gasohol	7	75	Si		Si	25
19	Hyundai	15	Gasohol	7	75	No	4	Si	25
20	Hyundai	14	Gasohol	9	75	No	4	Si	25
21	Hyundai	14	Gasohol	7	75	Si		Si	20
22	Kia	17	Gasohol	7	75	No	3	No	25
23	Kia	12	Gasohol	7	75	No	4	Si	25
24	Hyundai	15	GLP	7	60	No	4	No	30
25	Hyundai	12	GLP	7	60	No	4	Si	25
26	Hyundai	10	GLP	7	60	Si		Si	25
27	Toyota	14	GLP	7	58	Si		Si	25
28	Toyota	13	GLP	7	58	No	4	Si	20
29	Kia	12	GLP	7	60	No	5	Si	25
30	Nissan	15	GLP	7	58	Si		Si	25

Ruta urbana: Centro Urbano-PJ 2 de Mayo									
N°	Marca del Vehiculo	Antigüedad	Combustible	N° de vueltas/día	Gasto diario de combustible (S/)	Desea reconvertir a GNV	Si es no ¿Cuál es la razon?	¿Sabe que es electromovilidad?	Tiempo de dar una vuelta (min)
1	Toyota	20	Petroleo DB5	7	65	No	5	No	20
2	Toyota	18	Petroleo DB5	7	60	No	5	No	20
3	Toyota	17	Petroleo DB5	7	60	No	1	No	20
4	Toyota	16	Petroleo DB5	7	60	No	5	No	15
5	Toyota	15	Petroleo DB5	8	60	No	4	No	15
6	Toyota	15	Petroleo DB5	7	57	No	4	No	20
7	Toyota	15	Petroleo DB5	7	60	No	4	No	15
8	Toyota	15	Petroleo DB5	8	60	No	4	No	20
9	Kia	15	Petroleo DB5	8	60	No	4	No	20
10	Kia	15	Petroleo DB5	7	58	No	4	Si	15
11	Kia	12	Petroleo DB5	7	60	No	4	si	15
12	Kia	12	Petroleo DB5	7	60	No	1	No	20
13	Nissan	18	Petroleo DB5	8	60	No	5	Si	15
14	Nissan	15	Petroleo DB5	8	60	No	4	Si	20
15	Nissan	15	Petroleo DB6	7	60	No	4	No	15
16	Toyota	19	Gasohol	7	60	Si		Si	20
17	Toyota	18	Gasohol	7	60	No	4	Si	20
18	Toyota	18	Gasohol	7	60	No	4	Si	20
19	Toyota	15	Gasohol	7	60	No	4	Si	20
20	Nissan	19	Gasohol	7	60	No	4	Si	15
21	Nissan	17	Gasohol	7	60	No	4	Si	15
22	Toyota	13	GLP	7	50	No	3	Si	20
23	Toyota	10	GLP	7	50	Si		Si	20
24	Toyota	10	GLP	7	50	Si		Si	15
25	Kia	12	GLP	7	55	Si		Si	20
26	Kia	11	GLP	7	45	Si		Si	15
27	Nissan	10	GLP	7	50	Si		Si	15
28	Nissan	10	GLP	7	50	Si		Si	15
29	Hyundai	13	GLP	7	50	Si		Si	15
30	Hyundai	10	GLP	8	50	Si		Si	15

Ruta urbana: Centro Urbano-San Juan									
N°	Marca del Vehículo	Antigüedad	Combustible	N° de vueltas/día	Gasto diario de combustible (S/)	Desea reconvertir a GNV	Si es no ¿Cuál es la razón?	¿Sabe que es electromovilidad?	Tiempo de dar una vuelta (min)
1	Toyota	21	Petroleo DB5	7	60	No	4	No	25
2	Toyota	20	Petroleo DB5	7	60	Si		Si	20
3	Toyota	20	Petroleo DB5	7	55	No	4	No	25
4	Toyota	20	Petroleo DB5	7	65	No	4	No	15
5	Toyota	18	Petroleo DB5	8	60	No	4	No	20
6	Toyota	18	Petroleo DB5	7	60	No	4	No	20
7	Toyota	17	Petroleo DB5	7	60	No	1	No	25
8	Toyota	18	Petroleo DB5	7	65	No	4	Si	15
9	Toyota	17	Petroleo DB5	8	60	No	5	Si	20
10	Toyota	15	Petroleo DB5	7	60	No	4	No	20
11	Toyota	15	Petroleo DB5	7	55	Si		Si	20
12	Nissan	18	Petroleo DB5	7	60	Si		Si	20
13	Nissan	18	Petroleo DB5	7	60	Si		No	15
14	Nissan	18	Petroleo DB5	8	60	Si		No	20
15	Nissan	18	Petroleo DB5	7	60	Si		No	15
16	Nissan	16	Petroleo DB5	7	60	No	4	Si	20
17	Kia	17	Petroleo DB5	7	60	No	4	Si	20
18	Toyota	20	Gasohol	7	60	No	4	Si	20
19	Toyota	17	Gasohol	7	60	Si		No	15
20	Kia	15	Gasohol	7	60	Si		No	20
21	Chevrolet	18	Gasohol	7	60	No	3	Si	15
22	Hyundai	17	Gasohol	7	60	No	4	Si	20
23	Toyota	15	GLP	7	50	No	4	No	20
24	Toyota	14	GLP	8	50	Si		Si	20
25	Hyundai	14	GLP	7	50	No	4	No	20
26	Hyundai	10	GLP	7	50	No	4	Si	15
27	Nissan	14	GLP	7	50	No	4	No	15
28	Nissan	12	GLP	7	50	No	5	Si	20
29	Kia	17	GLP	7	50	No	4	No	15
30	Kia	10	GLP	7	50	No	4	Si	15



### DECLARACION JURADA DE AUTORÍA

Yo, Quispe Sulca, Maryluz, Bachiller de la E.P de Ingeniería en Energía

Facultad:	Ciencias		Educación		Ingeniería	X
Escuela Profesional:	Ingeniería en Energía					
Departamento Académico:						
Escuela de Posgrado	Maestría			Doctorado		

Programa:

De la Universidad Nacional del Santa; Declaro que el trabajo de investigación es un **trabajo inédito**, intitulado:

ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS EN EL SECTOR TRANSPORTE LIVIANO PARA EL PROCESO DE DESCARBONIZACION EN LA PROVINCIA DEL SANTA

presentado en ...137..... folios, para la obtención del Grado académico: ( )

Título profesional: (X) Investigación anual: ( )

- He citado todas las fuentes empleadas, no he utilizado otra fuente distinta a las declaradas en el presente trabajo.
- Este trabajo de investigación no ha sido presentado con anterioridad ni completa ni parcialmente para la obtención de grado académico o título profesional.
- Comprendo que el trabajo de investigación será público y por lo tanto sujeto a ser revisado electrónicamente para la detección de plagio por el VRIN.
- De encontrarse uso de material intelectual sin el reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el proceso disciplinario.

Chimbote, abril de 2025

Firma:

Nombres y Apellidos: Quispe Sulca, Maryluz

DNI: 77054408



### DECLARACION JURADA DE AUTORÍA

Yo, Lázaro Valderrama, Soliz Evelit, Bachiller de la E.P de Ingeniería en Energía

Facultad:	Ciencias		Educación		Ingeniería	X
Escuela Profesional:	Ingeniería en Energía					
Departamento Académico:						
Escuela de Posgrado	Maestría			Doctorado		

Programa:

De la Universidad Nacional del Santa; Declaro que el trabajo de investigación es un **trabajo inédito**, intitulado:

ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS EN EL SECTOR TRANSPORTE LIVIANO PARA EL PROCESO DE DESCARBONIZACION EN LA PROVINCIA DEL SANTA

presentado en ...130..... folios, para la obtención del Grado académico: ( )

Título profesional: (X) Investigación anual: ( )

- He citado todas las fuentes empleadas, no he utilizado otra fuente distinta a las declaradas en el presente trabajo.
- Este trabajo de investigación no ha sido presentado con anterioridad ni completa ni parcialmente para la obtención de grado académico o título profesional.
- Comprendo que el trabajo de investigación será público y por lo tanto sujeto a ser revisado electrónicamente para la detección de plagio por el VRIN.
- De encontrarse uso de material intelectual sin el reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el proceso disciplinario.

Chimbote, abril de 2025

Firma:

Nombres y Apellidos: Lázaro Valderrama, Soliz Evelit

DNI: 70261808



## ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, Robert Fabian Guevara Chinchayan

Facultad:	Ciencias		Educación		Ingeniería	X
Departamento Académico	ENERGIA, FISICA Y MECANICA					
Título:	X	Maestría:		Doctorado		

Programa:

De la Universidad Nacional del Santa. Asesor / Unidad de Investigación revisora del trabajo de Investigación intitulado:

ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS EN EL SECTOR TRANSPORTE LIVIANO PARA EL PROCESO DE DESCARBONIZACION EN LA PROVINCIA DEL SANTA

Del estudiante / docente:

De la escuela / departamento académico:

Constato que la investigación presentada tiene un porcentaje de similitud del 21 % el cual se verifica con el reporte de originalidad de la aplicación Turnitin adjunto.

Quién suscribe la presente, declaro el haber analizado dicho reporte y concluyo que las coincidencias detectadas no se conforman como plagio. A mi claro saber y entender, la investigación cumple con las normas de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional del Santa.

Nuevo Chimbote, abril de 2025

Firma:

Nombres y Apellidos del Asesor/Presidente UI: Robert Fabian Guevara Chinchayan

DNI: 32788460

