

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

ESCUELA DE POSGRADO



T E S I S

**Estimación de la huella de carbono generado por el parque
automotor en el departamento de Pasco – 2022**

Para optar el grado académico de Maestro en:

Gestión del Sistema Ambiental

Autor:

Bach. Rusbeth Mercedes CARHUAS MAURICIO

Asesor:

Dr. David Johnny CUYUBAMBA ZEVALLOS

Cerro de Pasco – Perú – 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

ESCUELA DE POSGRADO



T E S I S

**Estimación de la huella de carbono generado por el parque
automotor en el departamento de Pasco – 2022**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Rommel Luis LOPEZ ALVARADO
PRESIDENTE

Dr. Jose Fermin HINOJOSA DE LA SOTA
MIEMBRO

Dr. Eusebio ROQUE HUAMAN
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión
Escuela de Posgrado
Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 191-2025- DI-EPG-UNDAC

La Unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, ha realizado el análisis con exclusiones en el Software Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por:
Rusbeth Mercedes CARHUAS MAURICIO

Escuela de Posgrado:
MAESTRIA EN GESTIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL

Tipo de trabajo:
TESIS

TÍTULO DEL TRABAJO:
**“ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO GENERADO POR EL PARQUE
AUTOMOTOR EN EL DEPARTAMENTO DE PASCO – 2022”**

ASESOR (A): Dr. David Johnny CUYUBAMBA ZEVALLOS

Índice de Similitud:
10%

Calificativo
APROBADO

Se adjunta al presente el informe y el reporte de evaluación del software similitud.

Cerro de Pasco, 17 de noviembre del 2025



Firmado digitalmente por BALDEON
DIEGO Jheysen Luis FAU
20154605046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 18.11.2025 07:16:41 -05:00

DOCUMENTO FIRMADO DIGITALMENTE
Dr. Jheysen Luis BALDEON DIEGO
DIRECTOR

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía constante y darme la fortaleza para superar cada desafío y a mis padres, por su amor incondicional, valores inculcados y el apoyo constante en cada etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a los docentes de la Escuela de Posgrado de la Maestría en Gestión del Sistema Ambiental de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

Gracias a su dedicación, conocimiento y compromiso con la formación académica, he podido ampliar mi perspectiva, fortalecer mi competencia y desarrollar una visión integral para afrontar los retos del sistema ambiental.

Su esfuerzo constante por compartir experiencias, guiar nuestro aprendizaje y promover el pensamiento crítico ha sido una fuente invaluable de inspiración para todos nosotros. A través de su trabajo, no solo han contribuido a nuestra formación profesional, sino también a nuestro crecimiento personal.

Estamos profundamente agradecidos por su entrega y por ser una pieza fundamental en nuestra trayectoria académica. Gracias por formar líderes comprometidos con el desarrollo sostenible y la protección del medio ambiente.

Con aprecio y admiración,

Rusbeth Mercedes Carhuas Mauricio.

RESUMEN

La presente investigación enmarcado en la estimación de la huella de carbono generada por el parque automotor en el Departamento de Pasco aborda la problemática de las altas emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en la región. Los objetivos incluyen diagnosticar los factores ambientales del parque automotor, cuantificar la concentración de GEI y proponer medidas de mitigación. La metodología empleó el análisis de registros vehiculares y herramientas de cálculo basadas en el GHG Protocol y la norma ISO 14064-1:2006. Los resultados revelan una huella de carbono anual de 762 195 toneladas de CO₂, con emisiones per cápita de 3 toneladas, significativamente superiores a las de otras ciudades comparables. Las conclusiones subrayan la necesidad de implementar políticas ambientales, promover vehículos eléctricos y mejorar la eficiencia del combustible para reducir las emisiones.

Palabras Clave: Emisiones CO₂, Huella de Carbono, población per cápita combustible, vehículos.

ABSTRACT

This research, framed within the estimation of the carbon footprint generated by the vehicle fleet in the Department of Pasco, addresses the problem of high greenhouse gas (GHG) emissions in the region. The objectives include diagnosing the environmental factors of the vehicle fleet, quantifying the concentration of GHGs and proposing mitigation measures. The methodology employed the analysis of vehicle records and calculation tools based on the GHG Protocol and ISO 14064-1:2006. The results reveal an annual carbon footprint of 762 195 tons of CO₂, with per capita emissions of 3 tons, significantly higher than comparable cities. The findings highlight the need to implement environmental policies, promote electric vehicles and improve fuel efficiency to reduce emissions.

Keywords: CO₂ emissions, carbon footprint, per capita population, fuel, vehicles.

INTRODUCCIÓN

La investigación sobre la estimación de la huella de carbono generada por el parque automotor en el Departamento de Pasco se enmarca en el creciente interés global por mitigar los efectos del cambio climático. El transporte es una de las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), contribuyendo significativamente al calentamiento global. Los estudios previos han demostrado que las emisiones del sector automotor representan entre el 20% y el 30% de las emisiones totales de CO₂ en muchas regiones urbanas.

Asimismo, se enfoca en la cuantificación precisa de las emisiones de CO₂ en el parque automotor de Pasco, utilizando metodologías basadas en el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol) y la norma ISO 14064-1:2006. La recolección de datos incluyó el registro de vehículos por clase del Ministerio de Transportes y comunicaciones, y la aplicación de herramientas de cálculo en línea. Obteniendo una huella de carbono anual en Pasco asciende a 762 195 toneladas de CO₂, con emisiones per cápita de 3 toneladas de CO₂ por año, lo que es significativamente más alto en comparación con otras ciudades como Lima, Nueva York y Beijing.

Este estudio no solo diagnostica los aspectos y factores ambientales del parque automotor en Pasco, sino que también proporciona una base sólida para el desarrollo de políticas ambientales y estrategias de mitigación. La cuantificación de la concentración de GEI revela que los automóviles y camiones son los principales contribuyentes a las emisiones, representando el 60% del total. Estos hallazgos subrayan la necesidad urgente de adoptar medidas como la promoción de vehículos eléctricos y la mejora de la eficiencia del combustible para reducir la huella de carbono.

Conllevado como aporte el análisis y cálculos de los datos de la muestra que pueden ser utilizados por ingenieros ambientales y formuladores de políticas para implementar prácticas sostenibles y reducir el impacto ambiental del transporte en Pasco. La comparación con normativas internacionales y la identificación de medidas de mitigación específicas son pasos esenciales hacia un futuro más sostenible y resiliente al cambio climático.

ÍNDICE

Página

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1.	Identificación y determinación del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación	3
1.2.1.	Delimitación Espacial	3
1.2.2.	Delimitación Temporal.....	3
1.2.3.	Delimitación de Contenido.....	3
1.2.4.	Delimitación Conceptual.....	3
1.3.	Formulación del problema	4
1.3.1.	Problema general.....	4
1.3.2.	Problemas específicos	4
1.4.	Formulación de objetivos.....	4
1.4.1.	Objetivo general	4
1.4.2.	Objetivos específicos	5
1.5.	Justificación de la investigación	5
1.6.	Limitaciones de la investigación.....	7

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1.	Antecedentes de estudio	9
2.1.1.	Antecedentes internacionales	9
2.1.2.	Antecedentes nacionales	13
2.2.	Bases teóricas - científicas	17
2.2.1.	Huella de Carbono	17
2.2.2.	Impacto ambiental del parque automotor	18
2.2.3.	El efecto invernadero	20
2.2.4.	Factores Climáticos.....	21
2.2.5.	Forzamiento del efecto invernadero	24
2.2.6.	Gases de Efecto Invernadero (GEI) directos	26
2.3.	Definición de términos básicos	31
2.4.	Formulación de hipótesis.....	37
2.4.1.	Hipótesis general	37
2.4.2.	Hipótesis específicas.....	37
2.5.	Identificación de variables.....	37
2.5.1.	Variable independiente.....	37
2.5.2.	Variable dependiente	37
2.5.3.	Variable interviniente.....	37
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores.....	38

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1.	Tipo de investigación	39
3.2.	Nivel de investigación	39
3.3.	Métodos de investigación	40
3.4.	Diseño de investigación.....	40
3.5.	Población y muestra	40

3.5.1. Población	40
3.5.2. Muestra	41
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	41
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.	41
3.7.1. Validación de los Instrumentos de Investigación	42
3.7.2. Confiabilidad de los Instrumentos de Investigación	42
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	42
3.9. Tratamiento estadístico	43
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica	43

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo.....	45
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.	49
4.3. Prueba de hipótesis.....	52
4.4. Discusión de resultados.....	53

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1 Coordenadas Geográficas.....	4
Tabla 2 Matriz de operacionalización de las variables.....	38
Tabla 3 Huella de carbono total en el Departamento de Pasco	51
Tabla 4 Análisis Comparativo.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Zona de estudio	4
Figura 2 El clima en Cerro de Pasco	21
Figura 3 Temperatura Máxima y Mínima de la ciudad de Cerro de Pasco	22
Figura 4 Energía solar.....	23
Figura 5 Inventario de Gases	25
Figura 6 Nivel promedio de dióxido de carbono (CO ₂) en la atmósfera entre 1959 y 2023 (en partes por millón).....	27
Figura 7 Emisiones mundiales de gases de invernadero en el 2000.	28
Figura 8 Emisiones mundiales de metano antropogénico por fuente en 2005.....	29
Figura 9. En la Avenida San Cristóbal-Cuidad de Cerro de Pasco	46
Figura 10. En el terminal terrestre de la ciudad de Cerro de Pasco.....	47
Figura 11. En el Centro Poblado de Paragsha	47
Figura 12. En la zona de la subida de Mataderia-Tajo Raúl Rojas de la Empresa Volcán SAC	48
Figura 13. En la ciudad de San Juan Pampa- Distrito de Yanacancha.....	48

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema

En las últimas décadas, el cambio climático ha emergido como uno de los mayores desafíos que enfrentan tanto grandes organizaciones como países. Este fenómeno se atribuye al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) causadas por actividades humanas, lo que provoca un aumento en las emisiones y eleva la temperatura global al retener los rayos emitidos desde la tierra.

La huella de carbono se refiere a la cantidad de emisiones liberadas a la atmósfera como resultado de diversas actividades humanas, como la quema de combustibles, la producción y el transporte de petróleo, carbón, gas natural, productos químicos, residuos sólidos, prácticas agrícolas y ganaderas, entre otras. Este indicador, reconocido internacionalmente, permite entender y gestionar el impacto sobre el medio ambiente. Muchas organizaciones y empresas están utilizando este concepto para comenzar a medir y mejorar sus prácticas relacionadas con la generación de emisiones (Sarmiento Martínez, 2022).

Los vehículos son una de las principales fuentes de emisión de gases que contribuyen al calentamiento global, especialmente debido a la combustión de combustibles en los motores. El objetivo es usar un estándar internacional, el ISO 14064-1, para medir cuánto CO₂ y otros gases se están emitiendo actualmente,

proponer medidas para reducir esas emisiones en un 10% y el consumo de energía en un 15% para el año 2021 y en adelante. Esto, a su vez, tendría un impacto positivo en la lucha contra el cambio climático a nivel global.

El problema que enfrentan las ciudades hoy en día, en términos ambientales, está en gran parte causado por las emisiones de los vehículos que se acumulan en la atmósfera, generando problemas como la contaminación y el cambio climático. Esto dificulta el camino hacia un desarrollo sostenible. Por lo tanto, es importante cuantificar el impacto de los gases de efecto invernadero (GEI) y encontrar formas de corregir estos efectos dañinos para el medio ambiente.

El cambio climático, que es consecuencia directa de la contaminación ambiental, ya está afectando nuestras vidas y ha generado preocupación a nivel internacional. Para abordar este problema, se han propuesto diversas medidas, como adoptar buenas prácticas ambientales, implementar leyes más estrictas, mejorar la eficiencia energética, utilizar tecnologías más limpias, obtener certificaciones ambientales y etiquetar productos de manera adecuada.

En el caso específico de Perú, y en particular en la ciudad de Cerro de Pasco, la contaminación ambiental ha aumentado significativamente en los últimos 15 años debido al crecimiento explosivo de vehículos, tanto públicos como privados, ligeros y pesados. Este aumento ha generado una mayor demanda de hidrocarburos, como petróleo, gasolina y gas, lo que ha contribuido a la contaminación atmosférica y a la mayor generación de GEI. Según el Ministerio del Ambiente (MINAM), el parque automotor es responsable del 70% de la contaminación ambiental en el país (Guevara Garibay, Huella de carbono del parque automotor de Ica 2019, propuesta para su mitigación, 2019).

El objetivo de este estudio es calcular la huella de carbono producida por los vehículos livianos y pesados, es crucial llevar a cabo investigaciones y acciones para determinar el nivel de contaminación por dióxido de carbono causado por el parque automotor en la ciudad de Cerro de Pasco. Esto nos ayudaría a comprender mejor los

efectos de estas emisiones en la calidad del aire y a tomar medidas adecuadas para abordar este problema creciente del 1.5 °C y 4.5 °C en la superficie terrestre.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación Espacial

Este estudio se llevó a cabo en la ciudad de Cerro de Pasco, situado en la provincia y región Pasco. Está situada a 4330 m.s.n.m., en la meseta del Bombón, altiplano de la cordillera de los Andes, en el centro del Perú.

1.2.2. Delimitación Temporal

La investigación se realizará durante un periodo específico, comprendido desde: 01 de abril del 2024 al 31 de julio de 2024.

1.2.3. Delimitación de Contenido

- Campo: Gestión Ambiental
- Área: Huella de Carbono
- Aspecto: Estimar la huella de carbono generado por el parque automotor en la población de la ciudad de Cerro de Pasco.

1.2.4. Delimitación Conceptual

Este estudio se centra en calcular cuánto carbono emite el conjunto de vehículos en la ciudad de Cerro de Pasco. Queremos encontrar formas de gestionar los combustibles de manera más efectiva, segura y amigable con el medio ambiente, para evitar daños a la salud y proteger nuestro entorno. También buscamos crear una conciencia ambiental en la comunidad, educando a los trabajadores y promoviendo constantemente prácticas que ayuden a mejorar nuestro impacto en el medio ambiente.

Figura 1 Zona de estudio



Tabla 1 Coordenadas Geográficas

COORDENADAS DE UBICACIÓN
NORTE: 8820351.00 m S
ESTE: 362869.00 m E

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿De qué manera se puede estimar la huella de carbono generado por el parque automotor en el Departamento de Pasco-2022?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿En qué medida se realiza un diagnóstico de los aspectos y factores ambientales del parque automotor en la ciudad de Cerro de Pasco?
- ¿En qué medida la cuantificación de GEI influye estimación de la huella de carbono generados por el parque automotor en la ciudad de Cerro de Pasco?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar la estimación de la huella de carbono generado por el parque automotor en el Departamento de Pasco-2022.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Realizar un diagnóstico de los aspectos y factores ambientales del parque automotor en la ciudad de Cerro de Pasco
- b. Cuantificar de concentración de GEI que influyen estimación de la huella de carbono generados por el parque automotor en la ciudad de Cerro de Pasco.

1.5. Justificación de la investigación

Existen varios motivos importantes para llevar a cabo un estudio sobre la huella de carbono producido por el parque automotor:

A. Impacto medioambiental

La huella de carbono nos brinda información crucial sobre cómo nuestras acciones afectan al medio ambiente, especialmente en términos de emisiones de gases de efecto invernadero. Comprender estas emisiones nos ayuda a tomar medidas para mitigar el cambio climático.

B. Cumplimiento normativo y regulaciones

En muchos lugares, las empresas están obligadas por ley a medir y reportar sus emisiones de carbono. Este estudio es necesario para cumplir con estas regulaciones y evitar posibles sanciones.

C. Gestión de riesgos y reputación

Las organizaciones que controlan sus emisiones están mejor preparadas para enfrentar los riesgos asociados al cambio climático y pueden mejorar su reputación al demostrar su compromiso con la sostenibilidad.

D. Eficiencia operativa y ahorro de costos

Identificar fuentes de emisiones de carbono nos permite encontrar formas de ser más eficientes energéticamente y reducir costos a largo plazo al optimizar procesos y recursos.

E. Responsabilidad corporativa y compromiso social

Medir y reducir la huella de carbono es parte de la responsabilidad corporativa y el compromiso social de una organización. Al mostrar preocupación por el medio ambiente, las empresas pueden mejorar su imagen y relaciones con la comunidad y otras partes interesadas.

Importancia y alcances de la investigación

La importancia de la investigación sobre la estimación de la huella de carbono generada por el parque automotor en el Departamento de Pasco es importante por las razones. Proporciona una comprensión detallada del impacto ambiental de uno de los principales sectores emisores de gases de efecto invernadero en la región. Lo que es necesario para el desarrollo de políticas ambientales efectivas que puedan mitigar estos impactos. Además, al cuantificar las emisiones, se puede sensibilizar a la población y a los tomadores de decisiones sobre la urgencia de adoptar tecnologías más limpias y prácticas sostenibles. La presente investigación también sirve como base para futuras investigaciones y monitoreos, permitiendo evaluar el progreso de las estrategias de mitigación y ajustarlas según sea necesario.

Los alcances de esta investigación son amplios y significativos. Comenzando con la identificación y cuantificación de los principales contribuyentes a la huella de carbono en el parque automotor de Pasco, proporcionando datos precisos y actualizados sobre las emisiones de CO₂. Además, se comparan estos datos con normativas y estándares internacionales, lo que permite evaluar el desempeño ambiental de la región en un contexto global. La investigación también propone medidas de mitigación específicas, como la promoción de vehículos eléctricos y la mejora de la eficiencia del combustible, que pueden ser adoptadas por las autoridades locales. Los resultados de este estudio pueden ser utilizados como una herramienta educativa para aumentar la conciencia ambiental y fomentar un cambio positivo en los comportamientos de la comunidad, contribuyendo así a la sostenibilidad a largo plazo.

1.6. Limitaciones de la investigación

La investigación sobre la determinación de la huella ecológica en el parque automotor de la ciudad de Cerro de Pasco enfrenta una serie de limitaciones que pueden afectar su calidad y precisión. Estas limitaciones incluyen:

A. Disponibilidad limitada de datos

Obtener datos precisos y completos sobre las emisiones de carbono y otros impactos ambientales del parque automotor puede ser difícil debido a la falta de información o a la incompletitud de los datos disponibles.

B. Complejidad de los sistemas de transporte:

Los sistemas de transporte en la ciudad pueden ser complejos y estar sujetos a cambios, lo que dificulta la recopilación de datos exhaustivos sobre el parque automotor y sus patrones de uso.

C. Variabilidad en las emisiones

Las emisiones de carbono del parque automotor pueden variar según factores como el tipo de vehículos, las condiciones de tráfico y las rutas de viaje, lo que dificulta la estimación precisa de la huella ecológica.

D. Dificultades para cuantificar impactos indirectos

Determinar el impacto ambiental total del parque automotor puede ser complicado debido a los efectos indirectos, como la contaminación del aire y del agua derivada del uso de vehículos.

E. Factores socioeconómicos

Las condiciones socioeconómicas de la ciudad pueden influir en la composición del parque automotor y en los patrones de uso de los vehículos, lo que dificulta la extrapolación de datos y resultados.}

F. Limitaciones tecnológicas

La falta de tecnologías avanzadas para la monitorización de emisiones y el seguimiento de vehículos puede limitar la precisión de los datos recopilados y afectar la calidad de la investigación.

G. Cambios en la política y la regulación

Los cambios en las políticas gubernamentales y en la regulación ambiental pueden influir en el comportamiento de los propietarios de vehículos y en las emisiones del parque automotor, lo que requiere una adaptación constante de los estudios de huella ecológica.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes internacionales

Las afirmaciones de cero emisiones de la mayoría de los fabricantes de vehículos eléctricos han disparado su popularidad entre los investigadores industriales y académicos. Pero es un hecho que las afirmaciones de cero emisiones de los vehículos eléctricos no son válidas para los países en desarrollo, donde las fuentes de energía no renovables son la forma dominante de generación de electricidad. La introducción de vehículos eléctricos en países que dependen de fuentes de energía convencionales para la generación de electricidad no hará sino trasladar la amenaza del aumento de las emisiones de la fase de explotación a la de generación de energía. Este artículo compara una evaluación de la combinación energética de un país en desarrollo, India, que depende de los combustibles fósiles para la generación de energía, y un país desarrollado, Francia, que depende del combustible nuclear, que es una fuente de energía que no emite gases de efecto invernadero. Se calculan las emisiones de carbono equivalentes de los vehículos eléctricos de ambos países y se comparan con las emisiones de los vehículos que utilizan combustibles fósiles. Los resultados de este estudio muestran que la introducción de vehículos eléctricos aumentará las emisiones globales de carbono en los países que dependen de los

combustibles fósiles convencionales para la generación de energía. Mediante la realización de cálculos inversos, el estudio sugiere que es necesario cumplir los requisitos de la combinación energética antes de introducir los vehículos eléctricos para garantizar una reducción del 50% de las emisiones globales. Se discuten las estrategias de control de emisiones post-tratamiento para los vehículos existentes basados en combustibles fósiles y se realiza un estudio de modelado para el desarrollo de un novedoso sistema de regeneración basado en microondas. (Kurien & Kumar Srivastava, 2021).

La electrificación de los vehículos de carretera se introdujo como una forma de reducir significativamente la dependencia del petróleo, aumentar la eficiencia y reducir las emisiones contaminantes, especialmente en las zonas urbanas. El objetivo de este trabajo es encontrar el mejor vehículo alternativo para sustituir a un autobús diésel convencional que opere en entornos urbanos, con el fin de reducir la huella de carbono y seguir siendo económicamente ventajoso. Se utiliza el algoritmo genético multiobjetivo de ordenación no dominante para realizar la optimización del vehículo, abarcando las posibilidades de eléctrico puro e híbrido de pila de combustible (con y sin capacidad de enchufe). El algoritmo genético multiobjetivo utilizado optimiza los componentes del tren motriz (tipo y tamaño) y la estrategia de gestión de la energía. Aunque se lograron múltiples soluciones óptimas, se aplica un método de decisión para seleccionar una única solución. Para elegir el vehículo óptimo preferido se tienen en cuenta un enfoque de criterio global, un enfoque de vector de pseudoponderación y un nuevo enfoque de puntuación de criterios múltiples. Se utilizan ciclos de conducción reales y sintéticos para comparar los autobuses optimizados en relación con sus componentes de la cadena cinemática, la eficiencia y el ciclo de vida del combustible y los materiales del vehículo. Se discuten el conflicto entre objetivos y la importancia de las consideraciones de decisión en las soluciones finales. Se aborda la influencia de la carga de pasajeros y del sistema de aire acondicionado en las soluciones y su ciclo de vida. (Ribau, Sousa, & Alexandra Silva, 2015).

La introducción de vehículos de emisiones cero (VEZ) y de materiales ligeros en un parque de vehículos convencionales con motor de combustión interna, intensivos en acero, afectará al consumo de energía y a las necesidades de materiales de automoción. Desarrollamos un modelo de contabilidad dinámica ascendente del parque de vehículos ligeros, que incluye la producción y la eliminación de vehículos, con una cobertura detallada de los grupos motopropulsores y los materiales de automoción. El modelo se utilizó para estudiar el potencial de reducción del consumo de energía y de las emisiones de CO₂ de los vehículos y de los materiales ligeros en el parque automovilístico colombiano de turismos entre 2010 y 2050. Los resultados indican que el parque de turismos en Colombia se multiplica por 6,6 entre 2010 y 2050. En el escenario base, el consumo de energía y las emisiones de CO₂ aumentan 5,5 y 4,9 veces respectivamente. El aligeramiento y los vehículos eléctricos de batería ofrecen las mayores reducciones de consumo energético y de emisiones de CO₂ de tanque a rueda, un 48% y un 61% respectivamente, en comparación con los valores de referencia de 2050. La lenta rotación de las existencias y el aumento del tamaño de la flota impiden mayores reducciones. El cambio a cadenas cinemáticas eléctricas tiene mayor impacto que el aligeramiento en el consumo de energía y las emisiones de CO₂. El hierro y el acero siguen siendo los principales materiales de los coches nuevos. El consumo de aluminio aumenta en todos los escenarios, mientras que el consumo de polímeros reforzados con fibra de carbono sólo aumenta debido al uso de vehículos eléctricos híbridos de pila de combustible o vehículos ligeros. (González Palencia, Furubayashi, & Nakata, 2012).

Comparamos las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del ciclo de vida de varios turismos ligeros de gasolina y vehículos eléctricos enchufables (PEV) en distintos condados de EE.UU. teniendo en cuenta las diferencias regionales debidas a la combinación de redes marginales, la temperatura ambiente, los patrones de kilómetros recorridos por los vehículos (VMT) y las condiciones de conducción (ciudad frente a carretera). Según estos factores regionales y los modelos de

vehículos comparados, los vehículos eléctricos de baterías pueden tener una huella de carbono mayor o menor que los vehículos de gasolina. El vehículo eléctrico de batería Nissan Leaf tiene una huella de carbono menor que el vehículo de gasolina más eficiente (el Toyota Prius) en los condados urbanos de California, Texas y Florida, mientras que el Prius tiene una huella de carbono menor en el Medio Oeste y el Sur. El Leaf emite menos que el Mazda 3 convencional de gasolina en la mayoría de los condados urbanos, pero el Mazda 3 emite menos en los condados rurales del Medio Oeste. El vehículo eléctrico híbrido enchufable Chevrolet Volt tiene una huella de carbono mayor que el Prius en todo el territorio continental de EE.UU., aunque el Volt tiene una huella de carbono menor que el Mazda 3 en muchos condados urbanos. La combinación regional de redes, la temperatura, las condiciones de conducción y el modelo de vehículo tienen implicaciones sustanciales a la hora de identificar qué tecnología tiene la menor huella de carbono, mientras que los patrones regionales de VMT tienen un efecto mucho menor. Dada la variación de las implicaciones relativas de los GEI, es poco probable que unos instrumentos políticos contundentes que favorezcan categorías tecnológicas específicas puedan garantizar la reducción universal de las emisiones. (Yuksel, Tamayao, Hendrickson, Azevedo, & Michalek, 2016).

Este artículo presenta los resultados de un estudio sobre la huella de carbono de los vehículos autónomos y su impacto medioambiental en la red de transporte. Partiendo de la base de que todos los AV son vehículos eléctricos de batería (BEV) dotados de conectividad y sensores de detección y alcance de luz, este estudio mide el impacto ambiental a nivel de movilidad urbana. En primer lugar, se evalúa el impacto del ciclo de vida completo de los vehículos eléctricos. A continuación, comparando la situación actual con un escenario hipotético futuro (penetración del 100% de los AV), se muestra el efecto medioambiental positivo de la adopción de los AV en una red de carreteras real (ciudad de Roma). Para ello, se utilizó un enfoque basado en la

simulación del tráfico para investigar los efectos de los AV en la congestión de la red. (Patella, Scrucca, Asdrubali, & Carrese, 2019).

Los resultados muestran que el escenario de penetración total de AVs conduce a una mejora en el rendimiento de la red en términos de tiempo de viaje y velocidad media. El tiempo total empleado (TTS) disminuye (-35% para las carreteras intraurbanas y -21% para las autopistas), y la velocidad media de la red aumenta (48% para las carreteras intraurbanas y 37% para las autopistas). Además, la cantidad final de vehículos-kilómetro recorridos (VKT) muestra un aumento del 8% en las rutas extraurbanas más largas, debido al mayor impacto de la capacidad de los AV en las autopistas, con la consiguiente reducción de la carga en las rutas intraurbanas de atajo. En términos de impacto del ciclo de vida, los vehículos eléctricos se caracterizan por las mayores emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) relacionadas con los procesos de construcción, mantenimiento y fin de vida útil (una media del 35% en comparación con los vehículos con motor de combustión interna, del 22% en comparación con los vehículos eléctricos híbridos y del 5% en comparación con los vehículos eléctricos de batería). Sin embargo, un escenario de penetración del 100% de los AV genera una reducción del impacto medioambiental a nivel del sistema de movilidad de alrededor del 60%.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Los vehículos están a punto de entrar en el peruano. Hay expectación respecto a su potencial contribución a la reducción de las emisiones de carbono. Los vehículos pequeños funcionan suelen funcionar con gasolina. También hay una serie de vehículos que ahora funcionan con gas licuado de petróleo (GLP) o gas natural que originalmente fueron diseñados para funcionar con gasolina. (Ruiz.Serapio, Escalante Espinoza, & Nahui Ortiz, 2020).

La sustitución de la gasolina por GLP o Gas Natural ya ha contribuido a reducir las emisiones de carbono y, lo que es igualmente importante, ha supuesto un ahorro de costes para el usuario final. El objetivo de El objetivo de este documento es evaluar

cómo pueden contribuir los vehículos eléctricos a la reducción de las emisiones de carbono. a la reducción de las emisiones de carbono. Se supone que los vehículos eléctricos no emiten carbono en su funcionamiento. Sin embargo, la electricidad utilizada para su funcionamiento de carbono en su generación. generación. Las centrales térmicas han aumentado su participación en el en el mix de producción eléctrica de Perú y el año pasado representaron casi la mitad de la producción total.

Un total de 26'666,537 tCO₂/año se emiten debido al uso de combustibles fósiles en el sector del transporte. Casi el 55% de ellas procede del uso de gasóleo. Por lo tanto, se requiere una evaluación cuidadosa para establecer una expectativa realista sobre la reducción de emisiones de carbono debido a la introducción potencial de vehículos eléctricos en el mercado local. A título ilustrativo, se consideran tasas de sustitución del 2%, 5%, 3% y 5% para el gas natural, la gasolina de motor, el gas licuado de petróleo y la gasolina/etanol, respectivamente. De este modo, podría evitarse un total de 348.437 tCO₂/año. Esto significa que una penetración del 15% de vehículos eléctricos supondría una reducción del 59,70% si se compara con el uso de gas natural comprimido (GNC), GLP, motor de gasolina y gasolina/etanol, pero sólo una reducción del 0,78% si se compara con el total de emisiones de carbono actuales.

La investigación tiene como propósito la construcción y el transporte por carretera generan importantes impactos ambientales. Por ello, es cada vez más importante conocer las cargas ambientales producidas a lo largo de las diferentes etapas de desarrollo de una carretera: construcción, mantenimiento, tráfico y fin de vida útil. En este estudio se utilizó el análisis del ciclo de vida (ACV) como metodología de gestión ambiental para determinar los impactos asociados a un tramo de 22,4 km de la carretera Panamericana Sur (PS) en la provincia de Lima (Perú), una de las principales vías de acceso para el tráfico y las mercancías que entran en Lima, situada en una zona hiperárida paralela al océano Pacífico. Los Métodos planteados fue la modelización del ciclo de vida incluyó la estimación específica para cada emplazamiento de las emisiones de partículas debidas a la abrasión de los

neumáticos, el revestimiento de los frenos y el polvo de la superficie de la carretera. Además, se consideraron diferentes opciones de modelización de las emisiones de combustión de los vehículos. Para ello, se realizaron análisis de sensibilidad e incertidumbre teniendo en cuenta diferentes normas de emisión y las características actuales del parque de vehículos. La fase de evaluación del impacto incluyó el cálculo de las emisiones debidas al cambio climático, así como las categorías de impacto sobre la calidad del aire y el agotamiento abiótico. (Verán Leigh, Larrea Gallegos, & Vázquez Rowe, 2019).

Resultados y debate, demuestran que los impactos ambientales son atribuibles principalmente al tráfico, representando en todas las categorías de impacto evaluadas más del 97% de las cargas. El análisis de sensibilidad sugiere que el uso de datos secundarios procedentes de bases de datos del ciclo de vida de uso común es una buena aproximación para la estimación de los impactos potenciales del calentamiento global en el sector del transporte. Sin embargo, en el caso de las categorías de calidad del aire, se detectó una importante variabilidad basada en los supuestos de modelización. Y como conclusiones este estudio pretende servir de referencia para la modelización del ciclo de vida de las autopistas de acceso controlado en los países en desarrollo, especialmente en las zonas hiperáridas o desérticas.

En países con reservas de recursos energéticos naturales como el gas natural, su uso en el sector del transporte puede jugar un papel crucial en la reducción de emisiones contaminantes. En este contexto, el desarrollo de combustibles alternativos, como el gas natural vehicular, se presenta como una solución para disminuir la contaminación del aire generada por la flota automotriz. El objetivo de este estudio es evaluar la disponibilidad y el impacto de los recursos energéticos naturales en el contexto peruano, centrándose en su utilización en el sector del transporte y su influencia en la contaminación ambiental. Para ello, se revisa información de diversas

fuentes sobre los proyectos de producción de gas natural en el país y las iniciativas para su distribución a través de una red de gasoductos.

El aumento en el número de vehículos en circulación ha contribuido significativamente a los niveles de contaminación del aire en las ciudades peruanas. El gas natural vehicular se destaca como un combustible con emisiones reducidas de partículas pesadas y contaminantes como CO₂, CO, NO_x, SO₂, y HC en comparación con otros combustibles convencionales.

A pesar de los beneficios ambientales del gas natural vehicular, persisten limitaciones en su adopción generalizada. Esto se debe a los altos costos asociados con la adaptación de los vehículos al uso de gas natural, así como a la percepción entre los usuarios de que los beneficios no compensan dichos costos. Además, la disponibilidad limitada de estaciones de servicio que ofrecen gas natural en el país también representa un obstáculo para su uso extendido. (Velásquez Chacón & Molina Pinto, 2021).

El transporte urbano eléctrico se ha convertido en una tendencia para la sostenibilidad. Muchos investigadores y personas en general hablan ya de los innumerables beneficios medioambientales de los vehículos eléctricos. Sin embargo, es nuestra responsabilidad saber en qué escenarios tenemos beneficios medioambientales y qué tecnologías tienen una influencia positiva en el medio ambiente. Este artículo presenta una evaluación comparativa del ciclo de vida (ACV) de los vehículos eléctricos de batería (BEV), los vehículos eléctricos híbridos (HEV) y los vehículos con motor de combustión interna (ICV) alimentados con gasolina y gas licuado de petróleo (GLP). El ACV se evalúa teniendo en cuenta las variables de producción de electricidad y gasóleo en Perú. Este documento muestra un ACV "del pozo a la rueda" y un análisis "de la cuna a la puerta" para vehículos eléctricos, híbridos y convencionales. Se utilizó la metodología ReCiPe ya que cuenta con indicadores de punto medio y punto final para evaluar el impacto ambiental. Se ha utilizado la planificación del Ministerio de Energía y Minas de Perú para establecer

diferentes escenarios de evaluación y realizar los cálculos de análisis de sensibilidad de los resultados. Además, se ha realizado una evaluación del coste de adquisición y uso de los vehículos en la situación actual y en los escenarios prospectivos. De esta manera se calcularon los puntos de equilibrio en términos medioambientales y económicos. (Rodríguez Pérez, 2021).

El objetivo de este estudio fue calcular la huella de carbono del parque automotor en la ciudad de Ica y proponer un plan para mitigar sus efectos. Utilizando un enfoque descriptivo y transversal, se examinó una muestra de 401 vehículos, tanto livianos como pesados.

Los resultados mostraron que las principales fuentes de emisiones provienen de ómnibus (28.5%), camiones (21.1%), automóviles (17.76%) y tráileres (14.2%), mientras que en menor medida se encuentran las camionetas rurales (8.12%), Pick up (5.06%), Station Wagon (4.91%) y paneles (0.41%). La huella de carbono total se estimó en 540,833.13 toneladas de CO₂ equivalente por año.

Basándose en estos hallazgos, se proponen diversas acciones para mitigar estas emisiones, incluyendo la transición hacia un modelo energético de transporte más sostenible, fomentando el uso de vehículos eléctricos o a gas natural vehicular en lugar de los que utilizan diésel o gasolina. Además, se sugiere el uso de biocombustibles, la optimización del transporte público, la promoción del uso eficiente de la energía y la incentivación de medios de transporte alternativos como caminar o andar en bicicleta. (Guevara Garibay, 2019).

2.2. Bases teóricas - científicas

2.2.1. Huella de Carbono

En los últimos años, se ha observado un notable desarrollo en diversas herramientas y metodologías diseñadas para medir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), siendo la Huella de Carbono (HdC) una de las más destacadas. Esta medida ha cobrado una importancia cada vez mayor en el debate público sobre

el cambio climático, captando la atención de consumidores, empresas, gobiernos, organizaciones no gubernamentales (ONGs) y entidades internacionales.

Los países comprometidos con la reducción de emisiones de acuerdo con los objetivos establecidos en el Protocolo de Kioto lideran este debate, preocupados por el posible impacto negativo en la competitividad de sus industrias frente a naciones con costos de emisión más bajos.

Para países en desarrollo, como muchos en América Latina, adoptar un enfoque más sostenible en sus exportaciones es esencial para salvaguardar su posición competitiva y abordar los desafíos relacionados con el cambio climático.

El cambio climático, provocado principalmente por las actividades humanas y el aumento de los GEI, representa uno de los mayores desafíos ambientales del siglo XXI, con impactos significativos en la sociedad, la economía y los ecosistemas. Por lo tanto, gobiernos e instituciones internacionales están tomando medidas para reducir las emisiones de GEI y desarrollar métodos efectivos para medir y comprender su efecto (Espíndola & Valderrama, 2012).

De acuerdo con la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), un vehículo promedio de pasajeros emite aproximadamente 4,6 toneladas métricas de dióxido de carbono (CO₂) por año. Además, según un estudio publicado en RPP Noticias, el parque automotor en Perú es responsable del 70% de la contaminación del aire en el país. Estos datos subrayan la necesidad urgente de implementar acciones para disminuir el impacto ambiental causado por los vehículos (SimpliCAR, 2023).

2.2.2. Impacto ambiental del parque automotor

La contaminación ambiental, uno de los mayores desafíos de nuestro tiempo, sigue siendo un problema sin resolver al final del siglo XX. Esta situación, en gran parte causada por la actividad humana, se ha agravado rápidamente debido al aumento del consumo de combustibles fósiles por parte de la industria, la

concentración de la población en áreas urbanas, la deforestación continua y la introducción de vehículos con motor de combustión.

En particular, los automóviles son responsables de una parte significativa de las emisiones contaminantes en los Estados Unidos, con las tres cuartas partes del monóxido de carbono, casi todos los hidrocarburos y aproximadamente la mitad de los óxidos de nitrógeno, así como el 40% de las emisiones tóxicas, provenientes del transporte automotor.

Los efectos de esta contaminación en la salud humana y en los ecosistemas son devastadores, desde problemas menores como dolores de cabeza y dificultades respiratorias hasta enfermedades crónicas graves. Los grupos más vulnerables, como niños, ancianos y personas con enfermedades respiratorias o cardíacas, son los más afectados. Además, hay evidencia de que los gases tóxicos pueden estar relacionados con enfermedades graves como el cáncer y malformaciones genéticas.

Para abordar este problema, se han implementado normativas anticontaminantes en muchos países, aunque estas difieren en su severidad. A pesar de los avances en la regulación, aún hay insuficiencias en el control de todas las emisiones tóxicas, ya que solo se monitorean algunas, como el monóxido de carbono, los hidrocarburos, los óxidos de nitrógeno y el humo.

En el caso específico de Lima, Perú, la situación es preocupante, con niveles alarmantes de contaminación del aire que superan los estándares internacionales. El sistema de transporte urbano ineficiente y congestionado, junto con la falta de áreas verdes, agrava aún más este problema.

Es esencial que se tomen medidas urgentes para mitigar la contaminación ambiental y se establezcan regulaciones más estrictas, que se cumplan de manera rigurosa tanto por parte de la ciudadanía como del sector productivo. Todos somos responsables de proteger nuestro medio ambiente y mejorar la calidad de vida de las futuras generaciones (Lira Cacho, 1999)

2.2.3. El efecto invernadero

En los últimos años, ha surgido una preocupación importante en las áreas urbanas debido al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente por el crecimiento del parque automotor. Esto ha llevado a un deterioro en la calidad del aire, lo que representa un riesgo para la salud humana y el medio ambiente urbano. La exposición a estas emisiones puede ser influenciada por diversos factores como la cantidad de emisiones, su alcance y duración, y los efectos dañinos que pueden tener en los seres vivos y el entorno urbano.

El transporte terrestre, en particular, es un sector clave en la emisión de gases de efecto invernadero y contaminantes atmosféricos, siendo el dióxido de carbono (CO₂) el principal gas de efecto invernadero generado por este sector. Además, muchos residuos del parque automotor contribuyen a la contaminación del aire y del suelo.

En el caso específico de la ciudad de Cerro de Pasco, se ha observado un aumento significativo en el parque automotor debido a la densidad poblacional y las limitaciones de espacio, lo que ha generado preocupaciones adicionales sobre la calidad del aire. Sin embargo, la falta de equipos y la falta de atención por parte de las autoridades públicas y privadas dificultan el monitoreo y la evaluación de las emisiones de gases de los vehículos en la ciudad.

Se espera que este calentamiento tenga consecuencias graves en el clima y el medio ambiente, como el aumento del nivel del mar, eventos climáticos extremos y la pérdida de hábitats naturales. Los expertos predicen un aumento adicional de temperatura de entre 1.0 y 3.5 °C para el año 2100 si no se toman medidas urgentes para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Es importante distinguir entre clima y tiempo atmosférico: mientras que el tiempo se refiere a las condiciones atmosféricas específicas en un período corto, como horas o días, el clima se centra en patrones de largo plazo y promedios de estas

condiciones, evaluados durante períodos de tiempo más extensos, típicamente no menos de 30 años.

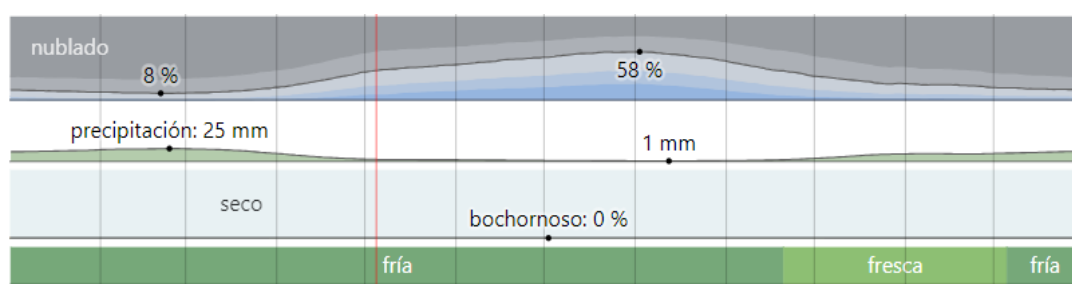
2.2.4. Factores Climáticos

A. El Clima

En Cerro de Pasco, los veranos son cortos, frescos y nublados y los inviernos son cortos, muy frío, secos y parcialmente nublados. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de -2°C a 13°C y rara vez baja a menos de -5°C o sube a más de 16°C .

En base a la puntuación de turismo, la mejor época del año para visitar Cerro de Pasco para actividades de tiempo caluroso es desde finales de Agosto hasta finales de Noviembre.

Figura 2 El clima en Cerro de Pasco



B. Temperatura

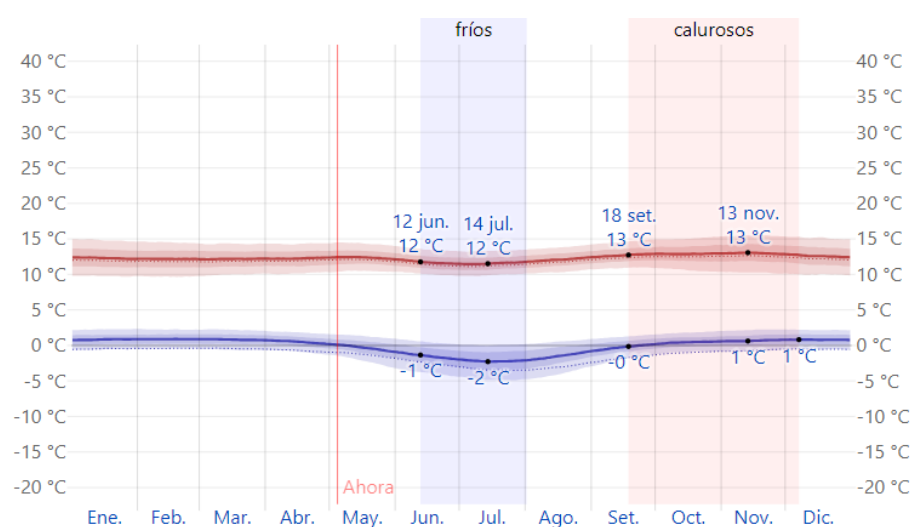
En Cerro de Pasco, el clima puede describirse como fresco durante la mayor parte del año, con veranos cortos y frescos, e inviernos aún más breves pero muy fríos. Los veranos suelen ser nublados, mientras que los inviernos son secos y parcialmente nublados. A lo largo del año, las temperaturas oscilan entre -2°C y 13°C , rara vez cayendo por debajo de -5°C o subiendo por encima de 16°C .

En términos de meses, la temporada templada abarca aproximadamente 2.6 meses, desde mediados de septiembre hasta principios de diciembre, con temperaturas diurnas superiores a 13°C .

Noviembre destaca como el mes más cálido, con temperaturas máximas promedio de 13 °C y mínimas de 1 °C.

Por otro lado, la temporada fría cubre alrededor de 1.6 meses, desde mediados de junio hasta principios de agosto, con temperaturas diurnas inferiores a 12 °C. Julio se identifica como el mes más frío, con temperaturas mínimas promedio de -2 °C y máximas de 12 °C.

Figura 3 Temperatura Máxima y Mínima de la ciudad de Cerro de Pasco



Lo que se muestra en la figura se representa la temperatura máxima (representada por una línea roja) y la temperatura mínima (representada por una línea azul) promedio para cada día. Además, hay bandas que muestran los percentiles 25º a 75º y 10º a 90º, lo que indica la variabilidad en las temperaturas.

C. Energía Solar

En Cerro de Pasco, la duración del día permanece relativamente constante a lo largo del año, con una diferencia de solo 45 minutos en total. Esto significa que el cambio entre el día más corto y el más largo no es muy significativo. En 2024, el día más corto ocurre el 20 de junio, con 11 horas y 30 minutos de luz natural. Por otro lado, el día más largo es el 21 de diciembre, con 12 horas y 45 minutos de luz natural. Esto refleja

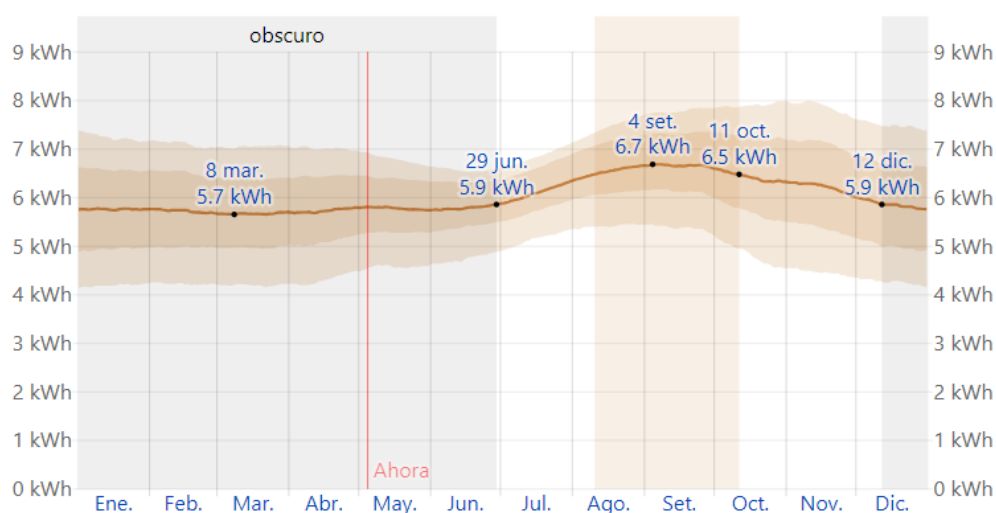
cómo la cantidad de luz del día varía mínimamente en Cerro de Pasco a lo largo del año.

La cantidad promedio diaria de energía solar de onda corta incidente experimenta variaciones estacionales suaves a lo largo del año.

El período más brillante, que dura aproximadamente 2.0 meses, desde el 10 de agosto hasta el 11 de octubre, registra una energía de onda corta incidente diario promedio por metro cuadrado superior a 6.5 kWh. Setiembre destaca como el mes más radiante del año en Cerro de Pasco, con un promedio de 6.7 kWh.

Por otro lado, el período más oscuro abarca alrededor de 6.6 meses, desde el 12 de diciembre hasta el 29 de junio, con una energía de onda corta incidente diario promedio por metro cuadrado de menos de 5.9 kWh. Marzo se identifica como el mes más oscuro del año en Cerro de Pasco, con un promedio de 5.7 kWh. Esto ilustra cómo la cantidad de energía solar incidente varía a lo largo de las estaciones en esta ubicación específica.

Figura 4 Energía solar



Energía solar de onda corta incidente diario promedio en la ciudad de Cerro de Pasco

2.2.5. Forzamiento del efecto invernadero

Los gases de efecto invernadero (GEI), mayormente generados por actividades humanas como la quema de combustibles fósiles y la deforestación, desempeñan un papel fundamental en el sistema climático de la Tierra. Estos gases, que incluyen el dióxido de carbono (CO_2), el óxido nitroso (N_2O), el metano (CH_4) y ciertos halocarbonos, así como el ozono troposférico, tienen la capacidad de absorber la radiación infrarroja, contribuyendo así al efecto invernadero.

Las emisiones de CO_2 se han multiplicado y tienen consecuencias. Es un gas que contribuye al calentamiento del planeta aunque no sea el único. También otros gases naturales (metano, óxido nitroso) o artificiales (gases fluorados) forman parte de los tan mentados gases de efecto invernadero (GEI). De hecho, su aumento en la atmósfera es lo que desencadena el cambio climático, la crisis climática o la emergencia climática. Son tres términos muy cercanos que se utilizan para describir el calentamiento global que sufre la Tierra.

Las estadísticas oficiales confirman que no han bajado las emisiones de CO_2 durante los últimos años (exceptuando los meses de confinamientos y la caída drástica de la actividad en muchos países debido a la pandemia). En 2017, por ejemplo, la Unión Europea (UE) de los veintisiete emitió 3,9 Gton CO_2e (gigatoneladas de dióxido de carbono equivalente).

La concentración atmosférica de estos gases, junto con aerosoles y otros elementos, afecta la absorción, dispersión y emisión de la radiación dentro de la atmósfera y en la superficie terrestre. Este efecto se mide mediante el concepto de forzamiento radiactivo, que indica el cambio en el equilibrio entre la radiación solar incidente y la radiación infrarroja saliente en el sistema atmósfera-Tierra. Se expresa en vatios por metro cuadrado (W/m^2) y se utiliza para comparar el impacto de calentamiento o enfriamiento en el sistema climático (BBVA, 2024).

El forzamiento radiactivo puede ser positivo o negativo según si aumenta o disminuye la cantidad de energía atrapada en la atmósfera. Un forzamiento radiactivo positivo tiende a calentar la troposfera, mientras que uno negativo tiende a enfriarla.

La destrucción de la capa de ozono por ciertos halocarbonos ha generado un forzamiento radiactivo negativo. En cambio, el aumento en la concentración de GEI, como el CO₂, ha producido un forzamiento radiactivo positivo, contribuyendo al calentamiento global.

Para cuantificar el forzamiento radiactivo de los GEI y el ozono, se multiplica su concentración por su eficiencia radiactiva. El CO₂ ha sido el mayor contribuyente al forzamiento radiactivo positivo, seguido por el CH₄, el ozono troposférico, el N₂O y algunos halocarbonos. En años recientes, el forzamiento radiactivo del CO₂ ha aumentado considerablemente, lo que indica un impacto mayor en el calentamiento global. Contribuciones al forzamiento radiactivo positivo de algunos GEI.

Figura 5 *Inventario de Gases*

Gas	Vida media atmosférica (años)	Forzamiento radiactivo (W/m ²) 1750-2005	Forzamiento radiactivo (W/m ²) 1970-2000	Potencial de Calentamiento a 100 años ²
CO ₂	----- ¹	1,66	0,67	1
Metano	12	0,48	0,13	23
Óxido Nitroso		0,16	0,068	296
CFC-11	45	0,066	0,053	4600
CFC-12	100	0,172	0,137	10600
CFC-113 (CCl ₂ FCClF ₂)	85	0,03	0,023	6000
HCFC-22	12	0,0286	0,026	1700
HCFC-141b	9,3	0,0018	0,0018	700
HCFC-142b	17,9	0,0024	0,0024	2400
HFC-23	270	0,0029	0,0029	12000
HFC-134a	14	0,004	0,004	1300
HFC-152a	1,4	0,0002	0,0002	140
PFC-14	50000	0,0061	0,0061	5820
PFC-116	10000	0,0006	0,0006	12010
PFC-218	2600	0,0001	0,0001	8690
Pentano	0,010	-	-	
Etano	0,214	-	-	

2.2.6. Gases de Efecto Invernadero (GEI) directos

A. Dióxido de carbono (CO₂)

El dióxido de carbono (CO₂) es un gas que no tiene color ni olor, compuesto por oxígeno y carbono. Su liberación a la atmósfera es una de las principales razones del calentamiento global, un fenómeno que está siendo impulsado principalmente por las actividades humanas. Una de las dificultades adicionales es que el CO₂ permanece en la atmósfera durante mucho tiempo una vez que se libera, lo que agrava el problema del cambio climático.

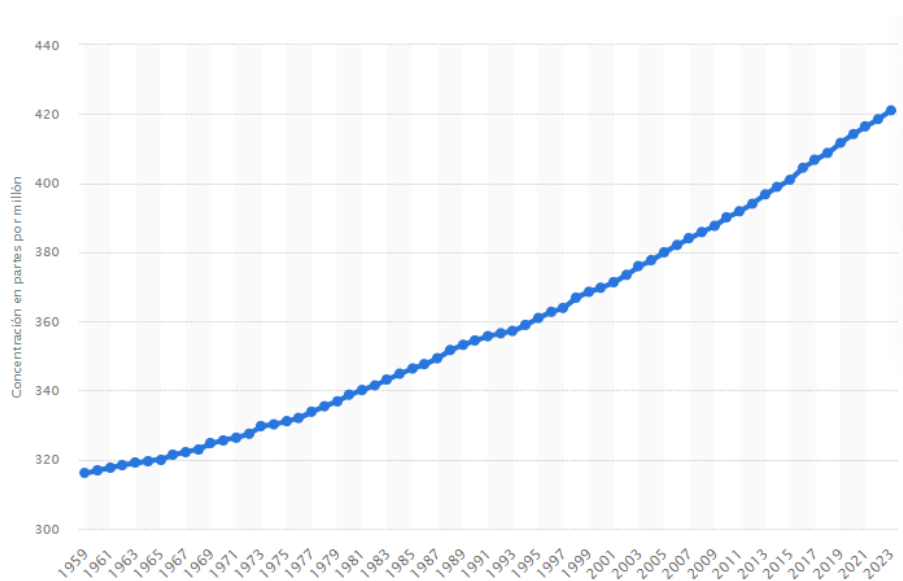
Dado el riesgo sin precedentes que enfrentamos, se están explorando soluciones como el almacenamiento subterráneo de CO₂. Esto implica capturar el CO₂ producido por las actividades humanas, como la quema de combustibles fósiles, y almacenarlo de forma segura bajo tierra en formaciones geológicas adecuadas, lo que ayuda a reducir su liberación a la atmósfera y, por lo tanto, a mitigar el cambio climático.

El dióxido de carbono, también conocido como CO₂ o anhídrido carbónico, es un componente clave de la atmósfera terrestre, presente en una proporción promedio de alrededor de 380 partes por millón. Este gas juega un papel crucial en lo que se conoce como el ciclo del carbono, un proceso que involucra intercambios de carbono entre cuatro principales reservorios planetarios: la atmósfera, la biosfera, la hidrosfera (principalmente los océanos) y la litosfera (la capa superficial sólida de la Tierra).

A pesar de que la proporción de CO₂ en la atmósfera es la más baja entre estos reservorios, su impacto es desproporcionadamente significativo. Durante los últimos 800,000 años, los niveles de CO₂ fluctuaron dentro de rangos considerados sostenibles para el planeta, pero en los últimos 170 años, y especialmente en las últimas tres décadas,

hemos presenciado un aumento dramático en su concentración, alcanzando valores de alrededor de 415 partes por millón en la actualidad. Este aumento rápido y significativo es motivo de preocupación debido a su impacto en el cambio climático y sus consecuencias para el medio ambiente y la vida en la Tierra.

Figura 6 Nivel promedio de dióxido de carbono (CO_2) en la atmósfera entre 1959 y 2023 (en partes por millón)



B. El metano (CH_4)

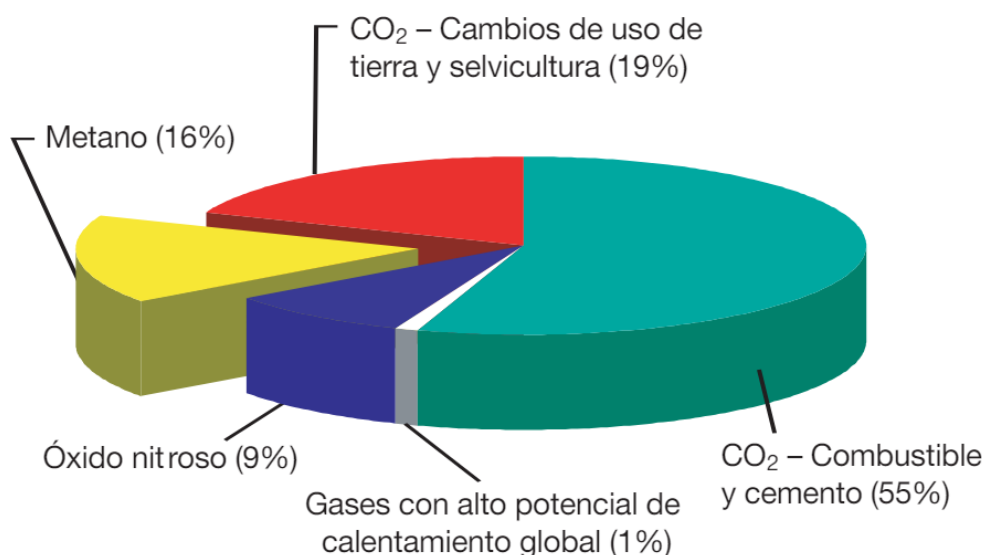
(Agencia Protección Ambiental, 2008) Después del dióxido de carbono (CO_2), el metano es el segundo gas de efecto invernadero más significativo causado por las actividades humanas. Este gas tiene una vida atmosférica relativamente corta, alrededor de 12 años, pero es notablemente potente en términos de su capacidad para retener el calor en la atmósfera, siendo aproximadamente 23 veces más efectivo que el CO_2 en este sentido.

Durante los últimos dos siglos, las concentraciones de metano en la atmósfera han más que duplicado. Estas concentraciones son el resultado de un equilibrio entre las tasas de emisión y eliminación del gas. Las

actividades humanas han aumentado las tasas de emisión, mientras que la eficacia de los "sumideros", que son sistemas que absorben o neutralizan el metano, determina las tasas de eliminación. Los principales sumideros de metano incluyen la oxidación química con hidróxilo en la troposfera, la oxidación en la estratosfera y la absorción microbiana por árboles y suelos.

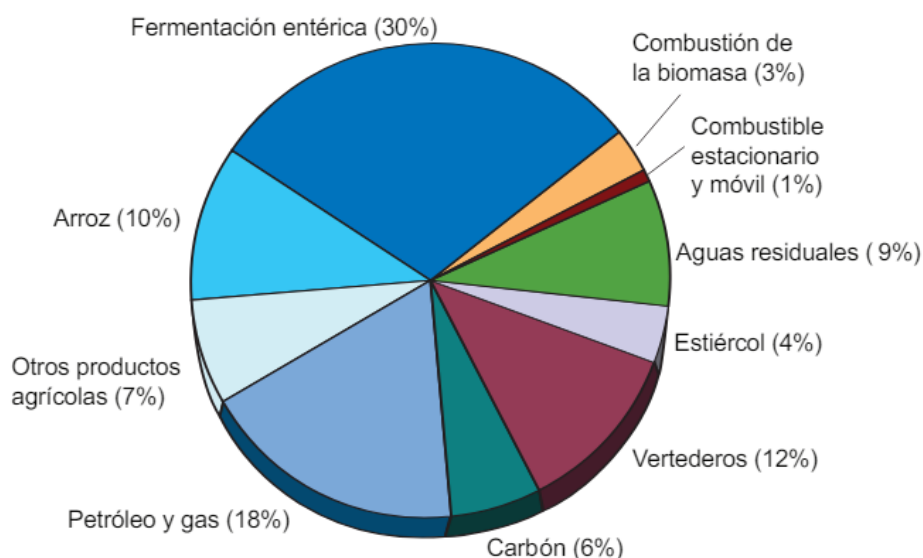
Aproximadamente el 16% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero provienen de metano. Este gas es emitido por una variedad de fuentes, tanto de origen humano como natural.

Figura 7 Emisiones mundiales de gases de invernadero en el 2000.



Las fuentes de emisiones antropogénicas de metano incluyen actividades humanas como la agricultura, las minas de carbón, los vertederos y los sistemas de producción y distribución de gas natural y petróleo. Estas actividades representan aproximadamente el 60 por ciento de las emisiones mundiales de metano, mientras que el resto proviene de fuentes naturales, principalmente de pantanos, depósitos de hidratos de gas, el permafrost y las poblaciones de termitas.

Figura 8 Emisiones mundiales de metano antropogénico por fuente en 2005.



C. El óxido nitroso (N_2O)

El óxido nitroso (N_2O) es otro de los gases de efecto invernadero, que contribuye al calentamiento global. Aproximadamente el 6% del impacto del efecto invernadero se debe a este gas, y sus fuentes son tanto naturales como causadas por la actividad humana. Se origina en los océanos, la quema de combustibles fósiles y biomasa, así como en la agricultura.

A diferencia del metano, el óxido nitroso es estable en la atmósfera baja y se disipa principalmente en la estratosfera. Allí, participa en reacciones químicas que afectan la cantidad de ozono estratosférico.

La principal fuente de óxido nitroso proviene de los suelos agrícolas, especialmente debido a los procesos microbianos como la nitrificación y desnitrificación del suelo. Estas emisiones se dividen en tres tipos: directas desde el suelo, directas debido a la producción animal (como la cría de ganado) e indirectas relacionadas con el uso de fertilizantes.

A diferencia del metano, las emisiones de óxido nitroso derivadas de la quema de combustibles son mínimas y su impacto no está bien definido.

Las temperaturas más bajas de la combustión, especialmente por debajo de 1200 K, tienden a generar mayores emisiones de N_2O , con un pico alrededor de los 1000 K. Las emisiones de vehículos contribuyen relativamente poco al total de emisiones antropogénicas, aunque pueden aumentar cuando se utilizan sistemas de control de emisiones, como los catalizadores

D. Los compuestos halogenados

Los compuestos halogenados, como los clorofluorocarbonos (CFCs), los hidroclorofluorocarbónoses (HCFCs), y otros, tienen impactos tanto directos como indirectos en el forzamiento radiactivo y en la degradación de la capa de ozono. Los CFCs, utilizados en refrigeración, solventes industriales, limpieza en seco y aerosoles, no existen naturalmente en la atmósfera y han sido prohibidos por el Protocolo de Montreal debido a su impacto en la destrucción del ozono estratosférico.

Aunque los CFCs y HCFCs tienen un alto potencial de calentamiento global, su contribución neta al forzamiento radiactivo es reducida debido a su papel en la destrucción del ozono. Por otro lado, los hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs) y el hexafluoruro de azufre (SF_6) no afectan la capa de ozono, pero son poderosos gases de efecto invernadero.

Los HFCs, inicialmente introducidos como alternativas a las sustancias que agotan el ozono, son emitidos durante la producción de HCFC-22. Los PFCs y el SF_6 se emiten en procesos industriales como la fundición de aluminio, la fabricación de semiconductores y la transmisión de energía eléctrica.

Estos compuestos son eficientes absorbentes de radiación infrarroja, particularmente en regiones donde el dióxido de carbono y el vapor de

agua no son tan efectivos, lo que contribuye al forzamiento radiactivo y al calentamiento global.

2.3. Definición de términos básicos

A. Acuerdo de París

Este tratado internacional es un acuerdo legalmente vinculante diseñado para abordar el cambio climático. Su objetivo principal es limitar el aumento de la temperatura global a un nivel muy por debajo de 2°C, con la meta preferida de mantenerlo en 1,5°C por encima de los niveles preindustriales. Fue adoptado por 196 países durante la COP21 en París el 12 de diciembre de 2015 y entró en vigor el 4 de noviembre de 2016.

B. Adaptación

Se trata de ajustar nuestros sistemas naturales, sociales y económicos para hacer frente a los cambios climáticos reales o anticipados y a sus impactos. Es como si estuviéramos cambiando nuestra forma de hacer las cosas para ser más resilientes y poder lidiar mejor con el clima cambiante. Implica modificar nuestras prácticas, procesos y estructuras para reducir los daños potenciales que el cambio climático pueda causar y aprovechar las oportunidades que puedan surgir a raíz de estos cambios. En resumen, se trata de prepararnos y tomar medidas para adaptarnos a un mundo con un clima en constante evolución.

C. Cambio Climático

El cambio climático es básicamente cuando el clima de un lugar cambia significativamente durante un largo período de tiempo, como décadas o más. Esto puede ocurrir por causas naturales o debido a acciones humanas que alteran la atmósfera o la forma en que usamos la tierra. Según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), el cambio climático se refiere a cualquier cambio en el clima que se pueda atribuir, directa o indirectamente, a la actividad humana que afecta la composición de la atmósfera

mundial y se suma a las variaciones naturales observadas en periodos de tiempo similares.

D. Carrera hacia el Cero

Es básicamente una iniciativa global respaldada por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático que reúne a una amplia gama de compromisos para alcanzar emisiones netas de cero. Es como una gran carrera en la que diferentes actores de todo el mundo, incluyendo gobiernos, empresas, organizaciones y la sociedad civil, se unen para trabajar juntos hacia un futuro sin emisiones de carbono netas. El objetivo es lograr una recuperación económica saludable y resistente que beneficie tanto a las personas como al planeta. Al unir fuerzas, estos actores no solo buscan cumplir con los objetivos del Acuerdo de París, sino también enviar un mensaje fuerte a los gobiernos nacionales sobre su compromiso con la transición hacia una economía libre de carbono. En resumen, es una colaboración masiva para impulsar un cambio significativo hacia un mundo más sostenible y libre de emisiones.

E. Cero emisiones

Es cuando una entidad, ya sea un país, una empresa o incluso un individuo, no produce ninguna emisión de gases de efecto invernadero, especialmente dióxido de carbono (CO₂), en sus actividades. Esto significa que no está contribuyendo al cambio climático al liberar estos gases a la atmósfera. Es como llegar al punto cero en términos de contaminación climática. Para lograr esto, se necesitan esfuerzos continuos y significativas inversiones en tecnologías limpias, innovación y cambios en las prácticas industriales y cotidianas. Es- el objetivo último de la descarbonización, pero alcanzarlo puede llevar tiempo y requerir grandes inversiones y avances tecnológicos.

F. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)

El tratado internacional es un acuerdo global que busca controlar los niveles de gases de efecto invernadero en la atmósfera para evitar que los seres humanos interfieran de manera peligrosa en el sistema climático. Fue firmado en Nueva York el 9 de mayo de 1992 y comenzó a tener efecto en marzo de 1994. Como parte de este proceso, en 1997 se estableció el Protocolo de Kioto y en 2015 se firmó el Acuerdo de París, como medidas adicionales para abordar el cambio climático a nivel mundial.

G. Conferencia de las Partes (COP)

Es una reunión anual organizada por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Durante estas sesiones, los 197 países que forman parte de la CMNUCC se reúnen para tomar decisiones conjuntas sobre cuestiones relacionadas con el cambio climático. La agenda de la COP se establece y aprueba por consenso entre las partes. La COP25 tuvo lugar en Madrid, España, en 2019, y la COP26 se llevó a cabo en Glasgow, Escocia, entre el 1 y el 12 de noviembre de 2021.

H. Dióxido de carbono (CO₂)

Es un gas que se encuentra naturalmente en la atmósfera, pero su concentración ha aumentado considerablemente debido a la actividad humana. Se produce como subproducto de la quema de combustibles fósiles como el petróleo, el gas natural y el carbón, así como de la quema de biomasa y los cambios en el uso del suelo, entre otros procesos industriales. Es el principal gas de efecto invernadero generado por las actividades humanas que desequilibra el balance energético de la Tierra. Además, se utiliza como punto de referencia para medir otros gases de efecto invernadero, y su potencial de calentamiento global se considera igual a 1.

I. Descarbonización

Proceso de reducir o eliminar por completo el uso de combustibles fósiles para lograr una existencia con cero emisiones de carbono provenientes de estas fuentes. Es como si estuviéramos quitando gradualmente el "carbono" de nuestra vida cotidiana, cambiando hacia fuentes de energía más limpias y sostenibles. En resumen, es el camino hacia un mundo donde ya no dependemos del carbono fósil para nuestras necesidades energéticas.

J. Dióxido de carbono equivalente (CO_{2eq})

Es una medida estándar que se utiliza para comparar y sumar las emisiones de diferentes gases de efecto invernadero en términos de su capacidad para atrapar calor en la atmósfera, expresándolos como si fueran dióxido de carbono (CO₂). Esto facilita la evaluación de los impactos climáticos de diversas emisiones. Por ejemplo, si una actividad emite tanto metano como dióxido de carbono, sus emisiones totales se pueden expresar en términos de CO_{2eq} para entender mejor su contribución al cambio climático. Esta medida se utiliza comúnmente en la evaluación de la huella de carbono y se expresa típicamente en toneladas (tCO_{2eq}).

K. Efecto invernadero

El efecto invernadero es cuando ciertos gases en la atmósfera, llamados gases de efecto invernadero (GEI), atrapan el calor del sol. Este fenómeno es natural y es vital para mantener la temperatura de la Tierra en un rango adecuado para la vida. Sin embargo, el problema surge cuando hay un aumento significativo en la cantidad de estos gases, especialmente dióxido de carbono, en la atmósfera. Este aumento excesivo de los GEI es lo que ha causado un incremento en la temperatura global promedio, lo que conduce al cambio climático y sus efectos adversos.

L. Gases de efecto invernadero (GEI)

Son componentes gaseosos presentes en la atmósfera, los cuales pueden ser de origen natural o causados por actividades humanas. Estos gases absorben y emiten radiación solar, contribuyendo así al efecto invernadero. Los principales GEI incluyen vapor de agua (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄) y ozono (O₃). Además, hay otros gases, como el hexafluoruro de azufre (SF₆), hidrofluorocarbonos (HFC) y perfluorocarbonos (PFC), que son emitidos exclusivamente por actividades humanas y también contribuyen al efecto invernadero.

M. Huella de carbono

Es una forma de medir el impacto ambiental de nuestras actividades, considerando todas las emisiones de gases de efecto invernadero que generamos directa o indirectamente. Se expresa comúnmente en toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO₂eq). Esta medida nos ayuda a entender qué acciones están contribuyendo más a nuestras emisiones y nos permite identificar oportunidades para reducirlas y utilizar los recursos de manera más eficiente. Es una herramienta valiosa para la gestión ambiental, ya que nos permite tomar decisiones informadas para mitigar nuestro impacto en el cambio climático.

N. Emisión de combustibles fósiles

La liberación de gases de efecto invernadero, especialmente dióxido de carbono, y otros gases y partículas en suspensión, proviene de la combustión de combustibles derivados de fuentes de carbono fósil, como el petróleo, el gas natural y el carbón. Esencialmente, se trata de la emisión de gases dañinos a la atmósfera como resultado de quemar estos recursos naturales.

O. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)

Se trata del principal organismo a nivel internacional encargado de evaluar el cambio climático. Fue establecido en 1988 por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica

Mundial (OMM) con el propósito de proporcionar una visión científica objetiva sobre el estado actual de nuestro entendimiento del cambio climático y sus impactos.

P. NDC

Las contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC) son esencialmente compromisos que cada país asume para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero y adaptarse a los efectos del cambio climático. Estos compromisos son fundamentales en el Acuerdo de París, el cual exige que cada país elabore, comunique y actualice regularmente sus NDC para demostrar su compromiso continuo con la lucha contra el cambio climático.

Q. Mitigación

Es básicamente cualquier acción que tomamos para reducir la cantidad de gases de efecto invernadero que liberamos a la atmósfera o para aumentar la cantidad de estos gases que absorbemos de la atmósfera. Es como si estuviéramos "suavizando" o "atenuando" el impacto que nuestra actividad humana tiene en el clima al controlar la cantidad de estos gases que emitimos o que eliminamos del aire. En esencia, se trata de tomar medidas para contrarrestar el cambio climático al limitar la cantidad de gases que contribuyen a él.

R. Potencial de Calentamiento Global (PCG)

Es una medida que compara la capacidad de diferentes gases de efecto invernadero para retener calor en la atmósfera en relación con el dióxido de carbono (CO₂) durante un período específico de tiempo. Por ejemplo, si un gas tiene un PCG de 20, significa que tiene 20 veces más capacidad para atrapar calor que el CO₂ en el mismo período de tiempo. Esta unidad de medida permite comparar las emisiones de diferentes gases y expresarlas en términos de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq), lo que facilita la evaluación y el seguimiento de las contribuciones de cada gas al cambio climático.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La estimación de la huella de carbono es significativa producido por el parque automotor en el Departamento de Pasco-2022.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a. Al diagnosticar los aspectos y factores ambientales influyen en el Cambio Climático por el parque automotor.
- b. Al cuantificar las concentraciones de los GEI, son significativas e influyen en la estimación de la huella de carbono generados por el parque automotor.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variable independiente

Huella de carbono.

2.5.2. Variable dependiente

Gases de efecto invernadero del parque automotor

2.5.3. Variable interviniente

Caracterización de los combustibles usados en la población de la ciudad de Cerro de Pasco, provincia y región de Pasco-2024.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores.

En la Tabla 3, se operacionalizó las variables de estudio, con el fin de hallar los objetivos de la presente investigación.

Tabla 2 *Matriz de operacionalización de las variables*

VARIABLE	INDICADORES
	Cuantificación de los Gases de efecto invernadero
Estimación de la huella de carbono de del parque automotor de la ciudad de Cerro de Pasco	unidad de medida de la huella de carbono es el dióxido de carbono equivalente (CO ₂ e). Esta unidad, a su vez, se cuantifica por medio de toneladas o gigagramos (equivalente a 1000 toneladas).

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de investigación

La investigación actual sobre la estimación de la huella de carbono del parque automotor busca entender cómo diferentes variables se relacionan entre sí sin necesariamente establecer relaciones directas de causa y efecto. El objetivo principal es determinar los impactos ambientales específicos para el año 2024 en un área determinada. La intención es aplicar acciones recomendadas inmediatamente según lo sugerido en la tesis, especialmente en relación con los gases de efecto invernadero. El propósito último es mejorar constantemente la gestión de los combustibles fósiles, adoptando prácticas que fomenten la reducción de los gases de efecto invernadero y trabajar hacia la emisión cero para avanzar hacia la descarbonización.

3.2. Nivel de investigación

Esta investigación se sitúa en el ámbito de la investigación relacional, que se enfoca en encontrar conexiones entre distintas variables sin necesariamente establecer relaciones directas de causa y efecto. Su principal objetivo es descubrir y analizar estas conexiones, y en caso de que se encuentre alguna, podría plantearse una hipótesis sobre la causalidad para investigaciones posteriores. En este caso, el estudio se centra en analizar la huella de carbono generada por los vehículos en la ciudad de Cerro de Pasco durante un periodo específico.

3.3. Métodos de investigación

Esta investigación emplea un enfoque lógico-deductivo, que consiste en aplicar principios generales a situaciones particulares mediante razonamientos lógicos. En este caso, se busca identificar principios desconocidos a partir de los ya establecidos y deducir consecuencias no conocidas a partir de principios ya establecidos. En el contexto específico de esta investigación, se utiliza este método para analizar la huella de carbono asociada al parque automotor en la ciudad de Cerro de Pasco. Es decir, se intenta llegar a conclusiones específicas sobre la huella de carbono basándose en principios generales relacionados con los impactos ambientales actuales y el uso de combustibles en el parque automotor.

3.4. Diseño de investigación

Para llevar a cabo esta investigación, se utilizan metodologías reconocidas para calcular la huella de carbono. Estas metodologías se aplican específicamente para determinar las emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con el uso de combustibles en Cerro de Pasco. Este cálculo incluye la identificación del alcance de estas emisiones y se presenta visualmente a través de un análisis gráfico para facilitar su comprensión. Además, se elaborará un informe detallado basado en los resultados obtenidos de estas mediciones, con el propósito de proporcionar una visión completa de las emisiones evaluadas.

3.5. Población y muestra

Para esta investigación se utiliza el muestreo No Probabilístico (no estadístico y no paramétrico) porque la población es muy reducida y es posible el manejo de los datos obtenidos.

3.5.1. Población

Esta investigación, se realiza en el departamento de Pasco, con el propósito de medir las concentraciones de gases de efecto invernadero generados por el parque automotor. El objetivo principal es estimar la huella de carbono generada específicamente en esta área.

3.5.2. Muestra

Para este estudio, se eligieron muestras de forma aleatoria y estratificada en la zona urbana de la ciudad de Cerro de Pasco, específicamente en los distritos de Yanacancha, Chaupimarca y Centro Poblado de Paragsha. Para seleccionar estas muestras, se tomaron en cuenta las unidades que han pasado la revisión técnica obligatoria.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La huella de carbono sirve como una medida para evaluar los impactos ambientales de las emisiones de gases de efecto invernadero. Este indicador proporciona una visión clara de las diversas actividades y entidades. Al calcular la huella de carbono, es posible identificar cómo estas emisiones contribuyen al cambio climático y la contaminación atmosférica. Esta información es fundamental para desarrollar estrategias y acciones dirigidas a reducir estas emisiones y mitigar su impacto en el medio ambiente.

Instrumentos

- GPS
- Formulario
- Encuesta
- Ficha de observación
- Cámara fotográfica

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.

Para realizar la investigación sobre la huella de carbono del parque automotor en Pasco, se seleccionaron diversos instrumentos basados en su capacidad para proporcionar datos precisos y relevantes como la cantidad de vehículos y cálculos matemáticos. Entre estos instrumentos se encuentran las fichas de observación que son los registros de vehículos, también se usó las calculadoras de huella de carbono específicas para las clases de vehículos como automóviles, camionetas, ómnibus y camiones. Estos instrumentos fueron escogidos por su función de la recolección de

datos sobre consumo de combustible, kilometraje y tipo de vehículo que tiene registrado el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

3.7.1. Validación de los Instrumentos de Investigación

La validación de los instrumentos de investigación se llevó a cabo mediante la revisión y comparación con estándares reconocidos internacionalmente, como el GHG Protocol y la norma ISO 14064-1:2006. Se realizaron pruebas piloto con un pequeño grupo de vehículos para asegurar que los datos recolectados fueran consistentes y precisos. Además, se consultaron fuentes oficiales, como el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, para garantizar la exactitud de los datos de base utilizados.

3.7.2. Confiabilidad de los Instrumentos de Investigación

La confiabilidad de los instrumentos fue evaluada a través de la consistencia de los resultados obtenidos en diferentes momentos y con diferentes grupos de vehículos. Se implementaron procedimientos de control de calidad, como la verificación cruzada de datos y la replicación de cálculos en múltiples plataformas de software. Estos métodos aseguraron que los instrumentos de investigación proporcionaran datos fiables y reproducibles, fundamentales para la credibilidad y precisión de los resultados del estudio.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Carbon Footprint, es una herramienta digital que permite a los usuarios realizar un análisis personalizado de su propia huella de carbono en varios aspectos de su vida.

- a. Para empezar, simplemente selecciona tu país de residencia, lo que te permitirá comparar tu huella con la media nacional y ajustar las unidades de medida según tu preferencia.
- b. A continuación, puedes elegir el período de tiempo que deseas analizar. Una vez hecho esto, puedes seleccionar diferentes aspectos de tu estilo de vida, como vivienda, vuelos, transporte, actividades recreativas, entre otros.

3.9. Tratamiento estadístico

Para el tratamiento estadístico, primero se recolectaron y organizaron datos detallados sobre el número de vehículos, tipos de vehículos, kilometraje anual, y consumo de combustible. Estos datos fueron recopilados a partir de los registros oficiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, y herramientas de cálculo en línea.

Se realizó un análisis descriptivo para obtener una visión general de los datos. Esto incluyó cálculos de medidas de tendencia central (media, mediana) y dispersión (desviación estándar) para el consumo de combustible y el kilometraje anual. Estos análisis ayudaron a identificar patrones y variaciones dentro del parque automotor.

Se aplicaron modelos de regresión para analizar la relación entre las variables independientes (tipo de vehículo, tipo de combustible) y las emisiones de CO₂ como variable dependiente. Estos modelos permitieron predecir las emisiones futuras basadas en diferentes escenarios de crecimiento del parque automotor y cambios en los patrones de consumo de combustible.

Finalmente, se realizó un análisis comparativo con normativas internacionales y datos de otras ciudades para contextualizar los resultados. Este análisis incluyó el uso de intervalos de confianza y pruebas de hipótesis para asegurar que las conclusiones fueran estadísticamente significativas y relevantes en un contexto global.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

Este estudio se centró en calcular la huella de carbono con el propósito de mitigar los efectos ambientales derivados del parque automotor. La meta principal es administrar nuestros recursos energéticos de forma eficaz para minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero y así asegurar un entorno saludable y prevenir posibles impactos negativos en la salud de los habitantes. Todo esto se lleva a cabo en cumplimiento con las regulaciones nacionales vigentes, con el objetivo de

garantizar la calidad del medio ambiente y fomentar una mejora continua en la reducción de emisiones de carbono en nuestro entorno.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

Para la obtención de los datos se ha recurrido a las fuentes bibliográficas disponibles en los repositorios de diversas Universidades además de hacer uso de la calculadora de la huella de carbono de cada vehículo disponible. Asimismo, se investigó los factores de emisión por cada tipo de carro, después de una búsqueda y solicitud se obtuvo los datos del Parque automotor a nivel Nacional estimado por clase según el Departamento proveído por el Ministerio de transportes y comunicaciones del Perú, información que nos permitió emplear sus valores para obtener en el cálculo total del consumo de combustible y con ello la emisión anual de dióxido de carbono a la atmósfera. A continuación, se muestra los monitoreos realizados en la ciudad de Cerro de Pasco.

Figura 9. En la Avenida San Cristóbal-Ciudad de Cerro de Pasco



(Fuente propia)

La investigación se beneficiará de la información proporcionada por el blog de Logity Dispatch sobre la eficiencia de combustible y el consumo promedio de los camiones de carga. Según esta fuente, el consumo promedio de los camiones semi-remolque oscila entre 6 y 7 millas por galón (mpg), dependiendo de factores como la carga, las condiciones de la carretera y el mantenimiento del vehículo. El trabajo de campo incluye la recolección de datos específicos sobre el consumo de combustible de una muestra representativa de camiones operativos en el Departamento de Pasco (Bill, 2023).

Figura 10. *En el terminal terrestre de la ciudad de Cerro de Pasco*



(Fuente propia)

Figura 11. *En el Centro Poblado de Paragsha*



(Fuente propia)

Figura 12. *En la zona de la subida de Mataderia-Tajo Raúl Rojas de la Empresa Volcán SAC*



(Fuente propia)

Figura 13. *En la ciudad de San Juan Pampa- Distrito de Yanacancha*



(Fuente propia)

El trabajo de campo también se apoya en el informe del Banco Mundial sobre la movilidad eléctrica y su impacto en el transporte de pasajeros. Este informe destaca

la importancia de la transición hacia vehículos eléctricos para reducir las emisiones de carbono y satisfacer la creciente demanda de transporte. En este contexto se recopila los datos sobre la adopción actual de vehículos por departamento registrado por el Ministerio de Transportes y comunicaciones del País, incluyendo el número de vehículos (Briefs, 2024).

Finalmente, el reporte de Mordor Intelligence sobre la industria automotriz en América del Sur proporciona una visión amplia del mercado y las tendencias en la región. Este informe es importante para enfocar la investigación dentro de las dinámicas del mercado automotriz, incluyendo la producción, importación y adopción de diferentes tipos de vehículos. El trabajo de campo incluye los registros de la matricula por Departamento y la distribución de tipos de vehículos (gasolina, diésel) en el parque automotor (Mondor Intelligence, 2024).

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

El procedimiento para estimar la huella de carbono generada por el parque automotor en el Departamento de Pasco, comienza por la recolección de Datos.

En esta etapa se dispone de la data proveído por el Ministerio de Transportes y comunicaciones del año 2022 Necesitarás recolectar datos sobre los vehículos en el parque automotor, como:

- Número total de vehículos.
- Tipo de vehículos (automóviles, camiones, motocicletas, autobuses, etc.).
- Kilometraje anual promedio de cada tipo de vehículo.
- Tipo de combustible utilizado (gasolina, diésel).
- Consumo de combustible promedio (litros por 100 km) de cada tipo de vehículo.

Luego se determina las Emisiones de CO₂ por Tipo de Combustible, por lo que cada tipo de combustible tiene un factor de emisión de CO₂, que representa la cantidad de CO₂ emitida por unidad de combustible consumida. Aquí hay algunos factores de emisión típicos:

- Gasolina: Aproximadamente 2.31 kg de CO₂ por litro.
- Diésel: Aproximadamente 2.68 kg de CO₂ por litro.
- Gas Natural Vehicular (GNV): Aproximadamente 2.75 kg de CO₂ por metro cúbico.

Seguido de ello se calcular el Consumo Total de Combustible, para cada tipo de vehículo, se determina el consumo total de combustible anual usando la fórmula:

$$\text{Consumo Anual} = \text{Kilometraje Anual Promedio} * \frac{\text{Consumo de Combustible}}{100}$$

Seguidamente se determina las Emisiones de CO₂ al multiplica el consumo total de combustible por el factor de emisión correspondiente para cada tipo de vehículo y combustible:

$$\text{Emisiones de CO}_2 = \text{Consumo Total de Combustible} * \text{Factor de emisión de CO}_2$$

Por último, se suma las Emisiones Totales de CO₂ de todos los tipos de vehículos para obtener la huella de carbono total del parque automotor.

Para mejorar los cálculos se utilizó las herramientas informáticas en línea la huella de carbono, también la hoja de cálculo MS Excel, las fuentes de datos referidos a los factores de emisión se encuentran disponibles por la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. (EPA) y el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC)).

Tabla 3 Huella de carbono total en el Departamento de Pasco

Tipo de Vehículo	Recorrido Anual Promedio (km)	Consumo de Combustible (L/100 km)	Factor de Emisión de CO2 (kg CO2/L)	Cantidad	Emisión de CO2 (Kg)
Automóvil	15,000	8	2.31	1382	165840000
Station Wagon	18,000	10	2.31	1989	358020000
Camioneta Pick Up	20,000	12	2.68	754	180960000
Ómnibus	80,000	25	2.68	400	800000000
Camión	70,000	35	2.68	1461	3579450000
Tracto Remolque	100,000	40	2.68	156	624000000
Huella anual de carbono total:					5708270000

Departamento	Clase de Vehículo							
	Automóvil	Station Wagon	Camionetas			Ómnibus	Camión	Remolcador
			Pick Up	Rural	Panel			
Total	1,326,334	558,197	381,245	516,884	47,753	98,588	237,723	52,500
AMAZONAS	235	621	378	316	24	58	271	52
ANCASH	18 248	7 333	5 279	6 944	284	951	2 369	214
APURÍMAC	763	1 329	360	659	55	136	543	18
AREQUIPA	106 844	27 528	33 342	41 015	2 482	7 460	19 588	5 707
AYACUCHO	1 929	951	700	774	61	234	952	51
CAJAMARCA	8 657	6 311	7 071	8 388	461	885	2 618	256
CUZCO	40 136	16 379	12 745	16 612	817	3 528	8 769	456
HUANCAVELICA	191	365	144	141	21	81	166	27
HUÁNUCO	7 879	2 025	3 419	2 554	104	593	1 998	136
ICA	13 818	4 089	3 269	3 143	289	1 052	2 130	317
JUNÍN	25 179	15 640	11 179	14 485	498	2 341	9 380	940
LA LIBERTAD	88 889	29 000	32 136	26 141	1 584	8 979	23 874	5 646
LAMBAYEQUE	36 367	10 020	12 138	13 514	1 121	1 695	8 221	635
LIMA 1/	894 973	392 394	221 044	332 618	33 971	62 360	134 633	35 978
LORETO	1 962	665	906	865	68	310	667	12
MADRE DE DIOS	402	377	218	214	24	26	164	13
MOQUEGUA	4 753	3 423	1 874	2 576	372	519	941	106
PASCO	1 382	1 989	754	1 141	95	400	1 461	156
PIURA	29 795	9 963	13 333	11 581	508	1 650	5 786	579
PUNO	12 009	10 166	6 394	17 309	3 059	2 837	4 955	334
SAN MARTÍN	3 002	1 737	4 648	2 375	86	313	1 906	164
TACNA	24 237	13 489	7 053	11 370	1 672	1 882	4 949	628
TUMBES	1 109	445	447	514	56	75	416	23
UCAYALI	3 575	1 958	2 414	1 635	41	223	966	52

1/: Incluye a la Provincia Constitucional del Callao.

Fuente: Asociación Automotriz del Perú - AAP.

Elaboración: MTC - OGPP - Oficina de Estadística

4.3. Prueba de hipótesis

H1: La estimación de la huella de carbono es significativa producida por el parque automotor en el Departamento de Pasco

H0: La estimación de la huella de carbono no es significativa producida por el parque automotor en el Departamento de Pasco

Para validar esta hipótesis, compararemos esta estimación con las normativas internacionales sobre huella de carbono de una ciudad. Las normativas y estándares comunes incluyen las recomendaciones del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) y las métricas de la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. (EPA).

Normativas Internacionales

IPCC: Según el IPCC, las emisiones de CO₂ per cápita para ser sostenibles deberían estar por debajo de 2 toneladas de CO₂ per cápita por año para cumplir con los objetivos climáticos globales.

EPA: Las ciudades típicas en países desarrollados tienen una huella de carbono per cápita de aproximadamente 10 toneladas de CO₂ por año.

Comparación

Población de la provincia de Pasco: Aproximadamente 254,065 habitantes.

Interpretación:

Población de Cerro de Pasco: Aproximadamente 254,065 habitantes.

Emisiones de CO₂ per cápita: $\frac{\text{Huella anual total}}{\text{Población}}$

Emisiones de CO₂ per cápita: $\frac{5708270000 \text{ kg CO}_2}{254065 \text{ habitantes}}$

Emisiones de CO₂ per cápita ≈ 3 toneladas de CO₂ por habitante por año.

Interpretación

Las emisiones per cápita en Cerro de Pasco son significativamente más altas que las recomendaciones del IPCC y las métricas de la EPA. Esto indica que la huella

de carbono producida por el parque automotor en la ciudad es considerablemente significativa, superando con creces los estándares internacionales sostenibles.

En comparación con la ciudad de Lima que presenta una

Población: Aproximadamente 10 millones.

Huella de carbono total anual: Aproximadamente 20 millones de toneladas de CO₂

Emisiones per cápita: $\frac{20000000 \text{ toneladas de CO}_2}{10000000 \text{ habitantes}}$ equivalente a 2 toneladas por habitante por año.

Tabla 4 *Análisis Comparativo*

Ámbito geográfico	Población estimada (habitantes)	Huella de carbono total anual estimada (t CO ₂ e/año)	Emisiones per cápita (t CO ₂ e/hab./año)
Pasco	254 065	762 195	3,00
Lima	10 000 000	20 000 000	2,00
Nueva York	8 400 000	49 980 000	5,95
París	2 100 000	9 996 000	4,76
Beijing	21 000 000	199 920 000	9,52

La mayor emisión per cápita estimada de Pasco respecto de Lima no significa necesariamente que sus habitantes generen más emisiones de manera individual. Este resultado puede estar influenciado por la presencia de actividades mineras e industriales y por la menor población entre la cual se distribuyen las emisiones departamentales. Asimismo, los valores deben considerarse referenciales, debido a que no proceden de inventarios elaborados bajo límites, años y metodologías equivalentes.

4.4. Discusión de resultados

La estimación de la huella de carbono del parque automotor en el Departamento de Pasco se analiza en el marco de metodologías internacionalmente reconocidas, como el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol) y la norma ISO 14064-1:2006. Estas normativas establecen directrices para el cálculo y

reporte de emisiones de CO₂, asegurando consistencia y precisión en los inventarios de gases de efecto invernadero.

Los resultados obtenidos para el Departamento de Pasco en 2022 muestran una huella de carbono total anual de 762 195 toneladas de CO₂, con emisiones per cápita de 3 toneladas de CO₂ por año. Estos valores son considerablemente más altos que los de otras ciudades importantes:

- En comparación con la ciudad de Lima que abarca una población de 10 millones, tiene una huella de carbono total de 20,000,000 toneladas de CO₂, y emisiones per cápita de solo 2 toneladas de CO₂ por año. Esto está alineado con las recomendaciones del IPCC para sostenibilidad global.
- La ciudad de Nueva York con 8.4 millones de habitantes, reporta una huella de carbono de 50,000,000 toneladas de CO₂ y emisiones per cápita de 5.95 toneladas de CO₂ por año. Aunque es más alta que Lima, sigue siendo significativamente menor que Pasco.
- París con 2.1 millones de habitantes, tiene una huella de carbono de 10,000,000 toneladas de CO₂, resultando en emisiones per cápita de 4.76 toneladas de CO₂ por año.
- Beijing con una población de 21 millones, reporta una huella de carbono de 200,000,000 toneladas de CO₂, con emisiones per cápita de 9.52 toneladas de CO₂ por año.

Las normativas del IPCC y la EPA proporcionan marcos de referencia esenciales para evaluar la sostenibilidad de las emisiones de carbono. El IPCC recomienda mantener las emisiones per cápita por debajo de 2 toneladas de CO₂ por año para cumplir con los objetivos climáticos globales. Por otro lado, la EPA establece estándares para ciudades desarrolladas con emisiones per cápita alrededor de 10 toneladas de CO₂ por año.

Dada la alta huella de carbono per cápita en el Departamento de Pasco, es crucial implementar medidas de mitigación urgentes como:

- Promoción del Uso de Vehículos Eléctricos: Incentivos fiscales y subvenciones para la compra de vehículos eléctricos y la instalación de infraestructura de carga.
- Mejora de la Eficiencia del Combustible: Fomentar el uso de vehículos con mejor eficiencia de combustible y promover prácticas de conducción eficiente.
- Desarrollo de Transporte Público Sostenible: Invertir en sistemas de transporte público eficientes y menos contaminantes.
- Educación y Conciencia Ambiental: Programas educativos para sensibilizar a la población sobre la importancia de reducir la huella de carbono.

CONCLUSIONES

La comparación con otras ciudades muestra que la huella de carbono per cápita del Departamento de Pasco es inusualmente alta. Esto es debido a varios factores, incluyendo la alta dependencia del transporte automotor con alta emisión de CO₂ proveniente de las actividades mineras de transporte que realizan las comunidades campesinas, falta de infraestructura para vehículos eléctricos, y posiblemente una menor densidad poblacional combinada con altas emisiones absolutas por la emigración de las familias a zonas con climas bajos de altitud.

El diagnóstico realizado sobre el parque automotor revela que la alta concentración de vehículos, particularmente aquellos que utilizan combustibles fósiles, es el principal contribuyente a la significativa huella de carbono observada. La predominancia de vehículos con alta tasa de consumo de combustible y los deficientes estándares de mantenimiento agravan las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

La cuantificación de la concentración de GEI en la ciudad de Cerro de Pasco demuestra que las emisiones per cápita son extremadamente altas (3 toneladas de CO₂ por año), significativamente superiores a las de otras grandes ciudades como Lima, Nueva York, París y Beijing. La identificación precisa de las emisiones de CO₂ es fundamental para establecer objetivos realistas de reducción y monitorear el progreso hacia la sostenibilidad ambiental.

Los hallazgos de esta investigación son altamente relevantes para el campo de la educación ambiental. Proporcionando un diagnóstico sobre la grave situación de la huella de carbono en una región específica, destacando la importancia de fortalecer la educación y la concienciación pública en la adopción de prácticas más sostenibles, que en conjunto es posible desarrollar programas educativos que enfatizan la importancia de reducir las emisiones de GEI, promover el uso de energías limpias y mejorar la eficiencia del combustible en el transporte. Fomentar una comprensión profunda de estos problemas entre la población es esencial para generar cambios significativos y duraderos en el comportamiento ambiental.

RECOMENDACIONES

Utilizar metodologías basadas en normativas internacionales como el GHG Protocol y la norma ISO 14064-1:2006 garantiza la consistencia y comparabilidad de los resultados. Estas normativas proporcionan directrices claras para la cuantificación y reporte de emisiones de gases de efecto invernadero, permitiendo que los estudios sean reconocidos y comparables a nivel global, y facilitando la integración de medidas correctivas basadas en estándares internacionales.

Es importante tener en cuenta factores locales específicos, como la altitud de la ciudad de Cerro de Pasco, que pueden afectar el rendimiento del combustible y las emisiones de CO₂. Además, evaluar el impacto de la infraestructura vial, el estado de las carreteras y las condiciones de tráfico puede proporcionar una comprensión más detallada y precisa de las emisiones reales. Estos factores locales varían significativamente y deben incorporarse en los modelos de estimación.

Al realizar estudios de huella de carbono, es crucial incluir la creciente flota de vehículos eléctricos e híbridos. Evaluar su penetración en el mercado local y su impacto en la reducción de emisiones es esencial. Además, considerar la fuente de electricidad utilizada para cargar estos vehículos es importante, ya que influye en la huella de carbono total. Promover la adopción de estas tecnologías puede ser una estrategia efectiva para reducir las emisiones a largo plazo.

Desarrollar programas de educación y concienciación ambiental basados en los resultados del estudio es vital para involucrar a las comunidades e informar a la población sobre el impacto de sus hábitos de transporte y las posibles medidas para reducir la huella de carbono puede fomentar cambios de comportamiento. Además, involucrar a los tomadores de decisiones y líderes comunitarios en la implementación de políticas y prácticas sostenibles puede amplificar el impacto del estudio y contribuir significativamente a la mitigación del cambio climático en la región.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 14031, I. (2015). Evaluación de Desempeño Ambiental. Suiza: Comité técnico AEN/CTM.
- Agencia Protección Ambiental. (2008). La importancia del metano y las actividades de reducción de sus emisiones. *Asociación Methane to Markets.*, 1-2.
- BBVA. (2024). ¿Qué es el dióxido de carbono (CO₂) y cómo impacta en el planeta? *Huella de Carbono.*
- Beltrán Villegas, D., Benites Velasquez, M., & Jerí Rojas, K. (6 de agosto de 2019). Análisis de sistemas de distribución de las empresas concesionarias de distribución eléctrica públicas del ámbito FONAFE. Universidad ESAN.
- Bill, D. (2023). *Fuel Efficiency: Average Fuel Consumption for Semi Trucks.* Logity Dispatch. <https://logitydispatch.com/blog/fuel-efficiency-average-fuel-consumption-for-semi-trucks/>
- Briefs. (2024, March). *From Gridlock to Green Transport: Supporting Electric Mobility to Meet the Demand for Passenger Transport.* The World Bank. <https://www.worldbank.org/en/results/2024/03/21/from-gridlock-to-green-transport-supporting-electric-mobility-to-meet-the-demand-for-passenger-transport>
- CMNUCC. (2021). Glosario | Cambio climático. *Salud sin daño.*
- DELOITTE. (2022). *Hoja de Ruta de Transición Energética 2030-2050.* ENEL .
- Espíndola, C., & Valderrama, J. O. (2012). Huella del Carbono. Parte 1: Conceptos, Métodos de Estimación y Complejidades Metodológicas . *Información Tecnológica* , 163-176.
- European Commission. (2020). *Energy/Climate and environment.* Europe: Commission European. Obtenido de Commission European.
- Fasano, F., La Rocca, M., Skatova, E., & Alfio, C. (2020). Environmental sustainability policies and the value of debt in EU. *Journal of Cleaner Production*, 275.
- Fundación Aqua. (2024). Calentamiento global y la reducción de la huella de carbono con nuestro proyecto Sembrando O₂.

- Galvin, C. M. (2013). *Energía incorporada y huella de carbono de letrinas domésticas en el Perú rural: El impacto de Integración de la recuperación de recursos*. Florida: University of South Florida.
- González Palencia, J. C., Furubayashi, T., & Nakata, T. (2012). Potencial de reducción del consumo energético y de las emisiones de CO₂ del parque de turismos con vehículos de emisiones cero y materiales ligeros. *Energy*, 548-565.
- Guevara Garibay, H. G. (2019). *Huella de carbono del parque automotor de Ica 2019, propuesta para su mitigación*. Ica: Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica.
- ISO14001. (Setiembre de 2015). UNE-EN ISO 14001. *Sistemas de gestión ambiental: Requisitos con orientación para su uso*. Europea: Comité Técnico AEN/CTN.
- ISO14064-1. (2018). Gases de efecto invernadero. Suiza.
- Jancovici, M. (2011). Un outil pour connaître les émissions de gaz à effet de serre d'une entreprise ou administration: le "bilan carbone" de l'ADEME, 2003.
- Kurien, C., & Kumar Srivastava, A. (2021). Evaluación relativa de las emisiones indirectas de carbono de los vehículos eléctricos y estrategias de control de emisiones para el parque automovilístico existente. *Sustainability and Climate Change*.
- LEDS LAC. (2019). *Reporte LEDS de emisiones de Latinoamérica y el Caribe*. LEDS en LAC en Latinoamérica y el Caribe.
- Lira Cacho, G. (1999). Impacto ambiental del parque automotor. *Hidráulica y termofluidos*, 3-4.
- Martínez, M. (2016). Radiación Solar -Conceptos y Aplicaciones. *Informativo INIA-URURI*, 1-4.
- Mejía Mejía, E. (2005). Metodología de la Investigación científica. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Mondor Intelligence. (2024). *South America Automotive Industry Size & Share Analysis - Growth Trends & Forecasts (2024 - 2029)*. Mondor Intelligence. <https://www.mondorintelligence.com/industry-reports/south-america-automotive-industry-outlook>

- Pandey, D., Agrawal, M., & Pandey, J. (2010). Carbon footprint: current methods of estimation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 135-160.
- Patella, S., Scrucca, F., Asdrubali, F., & Carrese, S. (2019). Huella de carbono de los vehículos autónomos a nivel de sistema de movilidad urbana: Un enfoque basado en la simulación del tráfico. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 189-200.
- Pérez Porto, J., & Gardey, A. (2016). Temperatura atmosférica - Qué es, definición y concepto. *Definicion*.
- Ribau, J. P., Sousa, J. M., & Alexandra Silva, C. (2015). Reducción de la huella de carbono de las flotas de autobuses urbanos mediante optimización multiobjetivo. *Energy*, 1089-1104.
- Rodríguez Pérez, B. (2021). Evaluación comparativa de la amplia introducción de vehículos eléctricos en Perú. *Revista Universidad y Sociedad*.
- Ruiz.Serapio, Q., Escalante Espinoza, N., & Nahui Ortiz, J. (2020). Introducción de vehículos eléctricos en Perú: Potencial contribución a la reducción de las emisiones de carbono. *18th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology*., 27-31.
- Sarmiento Martínez, R. E. (2022). *Diagnóstico preliminar de la huella de carbono producida en la flota de carga líquida durante el II- semestre (2021) para la Cooperativa Santandereana de Transportadores Limitada“COPETRAN”*. El Socorro Santander: Universidad Libre.
- SimpliCAR. (2023). Reduce la huella de carbono de tu auto. Obtenido de <https://simplicar.pe/blog/huella-carbono-auto>
- Valdés Fernandez, J. A. (2019). *Guía para la aplicación de UNE-EN ISO 14001:2015*. madrid: AENOR - Asociación Española de Normalización y Certificación.
- Vázquez Rowe, I., Kahhat, R., Larrea Gallegos, G., & Ziegler Rodriguez, K. (2019). El camino de Perú hacia la acción climática: ¿Vamos por el buen camino? El papel de los

métodos de ciclo de vida para mejorar las contribuciones nacionales peruanas. *Science of The Total Environment*, 249-266.

Velásquez Chacón, E., & Molina Pinto, E. J. (2021). *Los recursos energéticos naturales y su impacto en la contaminación ambiental en el sector del transporte en Perú*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín.

Verán Leigh, D., Larrea Gallegos, G., & Vázquez Rowe, I. (2019). Impacto ambiental de un tramo altamente congestionado de la carretera Panamericana en Perú mediante la evaluación del ciclo de vida. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 1496–1514.

Yuksel, T., Tamayao, M.-A. M., Hendrickson, C., Azevedo, I. M., & Michalek, J. J. (2016). Efecto de la combinación de redes regionales, los patrones de conducción y el clima en la huella de carbono comparativa de los vehículos de gasolina y eléctricos enchufables en Estados Unidos. *Environmental Research Letters*, 1-13.

Ziegler Rodriguez, K., Margallo, M., Aldaco, R., Vázquez Rowe, I., & Kahhat, R. (2019). La transición de los contenedores abiertos a los vertederos en Perú: Beneficios y retos medioambientales desde la perspectiva del ciclo de vida. *Journal of Cleaner Production*, 989-1003.

ANEXOS

Anexo 1: Instrumento de Recolección de Datos

Ficha de Registro

Tipo de Vehículo	Recorrido	Consumo de	Factor de	Cantidad	Emisión
	Anual	Combustible	Emisión de		de CO2
	Promedio	(L/100 km)	CO2 (kg		(Kg)
	(km)		CO2/L)		
Automóvil					
Station Wagon					
Camioneta Pick Up					
Ómnibus					
Camión					
Tracto Remolque					
Huella anual de carbono total:					

Anexo 2: Procedimiento de validación y confiabilidad

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:

“ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO GENERADO POR EL PARQUE AUTOMOTOR EN EL DEPARTAMENTO DE PASCO - 2022”

INVESTIGADOR: **Bach. Rusbeth Mercedes CARHUAS MAURICIO**

0=Deficiente 1=Regular 2=Buena

ASPECTOS	INDICADORES	PREGUNTAS/ITEMS									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado	2									
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables		2								
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología			2							
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				2						
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad					2					
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias						2				
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico científicos							2			
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones								1		
9. METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico									1	
10. OPORTUNIDAD	El instrumento ha sido aplicado en el momento oportuno o más adecuado										2
TOTALES		2	2	2	2	2	2	2	1	1	2

APELLIDOS Y NOMBRES DEL VALIDADOR: Mg. Edgar Walter PEREZ JUZCAMAYTA

TÍTULO PROFESIONAL/ GRADO ACADEMICO Y/O SEGUNDA ESPECIALIZACIÓN: INGENIERO FORESTAL

CARGO U OCUPACIÓN: DOCENTE AUXILIAR

Pasco, 02 de enero del 2025


.....
FIRMA

DNI N° 19928414

Puntaje total = TOTALES/20

LEYENDA:	00	-	05	DEFICIENTE ()
	06	-	10	REGULAR ()
	11	-	15	BUENO ()
	16	-	20	MUY BUENO (x)

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:

“ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO GENERADO POR EL PARQUE AUTOMOTOR EN EL DEPARTAMENTO DE PASCO - 2022”

INVESTIGADOR: Rusbeth Mercedes CARHUAS MAURICIO

0=Deficiente 1=Regular 2=Buena

ASPECTOS	INDICADORES	PREGUNTAS/ITEMS									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado	2									
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables		2								
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología			1							
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				2						
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad					2					
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias						2				
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico científicos							1			
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones								1		
9. METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico									2	
10. OPORTUNIDAD	El instrumento ha sido aplicado en el momento oportuno o más adecuado										2
TOTALES		2	2	1	2	2	2	1	1	2	2

APELLIDOS Y NOMBRES DEL VALIDADOR: Mg. Julio Antonio ASTO LIÑAN

TÍTULO PROFESIONAL/ GRADO ACADEMICO Y/O SEGUNDA ESPECIALIZACIÓN: MAESTRO INGENIERIA QUIMICA

CARGO U OCUPACIÓN: DOCENTE PRINCIPAL

Pasco, 03 de abril del 2025

Puntaje total = TOTALES/20

FIRMA

DNI N° 18203025

LEYENDA:	00	-	05	DEFICIENTE ()
	06	-	10	REGULAR ()
	11	-	15	BUENO ()
	16	-	20	MUY BUENO (x)

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:

“ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO GENERADO POR EL PARQUE AUTOMOTOR EN EL DEPARTAMENTO DE PASCO - 2022”

INVESTIGADOR: Bach. Rusbeth Mercedes CARHUAS MAURICIO

0=Deficiente 1=Regular 2=Buena

ASPECTOS	INDICADORES	PREGUNTAS/ITEMS									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado	2									
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables		2								
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y la tecnología			2							
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.				2						
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad					2					
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias						2				
7. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico científicos							1			
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones								1		
9. METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico									2	
10. OPORTUNIDAD	El instrumento ha sido aplicado en el momento oportuno o más adecuado										2
TOTALES		2	2	2	2	2	1	1	1	2	2

APELLIDOS Y NOMBRES DEL VALIDADOR: Dr. Luis Alberto Pacheco Peña

TÍTULO PROFESIONAL/ GRADO ACADEMICO Y/O SEGUNDA ESPECIALIZACIÓN: DOCTOR EN CIENCIAS AMBIENTALES Y DESARROLLO SOSTENIBLE

CARGO U OCUPACIÓN: DOCENTE PRINCIPAL

Pasco, 16 de abril del 2025


FIRMA
DNI N° 19910127

Puntaje total = TOTALES/20

LEYENDA:	00	-	05	DEFICIENTE ()
	06	-	10	REGULAR ()
	11	-	15	BUENO ()
	16	-	20	MUY BUENO (x)

Anexo 3: Matriz de consistencia

Título: Estimación de la huella de carbono generado por el parque automotor en el Departamento de Pasco - 2022

TÍTULO	PROBLEMAS DE LA INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN, MUESTRA	TÉCNICAS INSTRUMENTOS
"MODELO DE GESTIÓN Y SU INFLUENCIA EN EL DESEMPEÑO AMBIENTAL DE UNA EMPRESA MINERA."	¿De qué manera se puede diseñar un modelo de gestión ambiental que influya en el Cambio Climático de una Empresa Minera?	Diseñar un modelo de gestión ambiental que influya en el Cambio Climático de una Empresa Minera.	El modelo de gestión ambiental diseñado influye significativamente en el Cambio Climático.	Modelo de Gestión ambiental	Eficacia del modelo gestión ambiental diseñado (Cambio Climático, económico y social)	La investigación es del tipo explicativa, aplicada diseño no experimental tiene un enfoque mixto (cuantitativa).	Población: UM Mineras polimetálicas	Diagnóstico de base de datos Recolección y análisis de datos Encuestas Juicio de expertos
	¿En qué medida un diagnóstico de los aspectos y factores ambientales influye en el Cambio Climático? ¿En qué medida la cuantificación de GEI influye en el Cambio Climático de una empresa? ¿Como establecer un modelo de gestión ambiental basado en la NTP ISO 14064 – 1:2019 Huella de carbono influye en la mitigación Cambio Climático?	- Realizar un diagnóstico de los aspectos y factores ambientales que influyan en el Cambio Climático. - Realizar una cuantificación inicial del GEI y su influencia al Cambio Climático de una empresa. - Proponer un modelo de sistema de gestión ambiental basado en la NTP ISO 14064 – 1:2019 que influyan en la mitigación del	- El diagnóstico de los aspectos y factores ambientales influye en los efectos del Cambio Climático - El análisis y cuantificación del GEI influye en el efecto del Cambio Climático de la empresa. - La propuesta de modelo de gestión ambiental basado en la 14064 – 1:2019 influye en la mitigación del	Cambio Climático	- Diagnóstico de aspectos y factores ambientales. Aspectos ambientales de la empresa (causa del impacto) y Factores ambientales Físico, Biológico y social (receptores del impacto). - Análisis ambiental inicial: Categoría 1: Emisiones y remociones directas de GEI, categoría 2: Emisiones indirectas de GEI provenientes de energía importada, Categoría 3: Emisiones		Muestra: UM San Vicente Unidad de análisis: UM Mineras polimetálicas ubicada en la selva	

		Cambio Climático.	Cambio Climático.		indirectas de GEI provenientes del transporte • Propuesta basada NTP 14064 – 1:2019, Actividades de mitigación y Gestión de calidad del inventario del GEI y Informes sobre GEI			
--	--	-------------------	-------------------	--	--	--	--	--

Anexo 4. Matriz de operacionalización de la primera variable

VARIABLES 1	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS
Huella de Carbono	Eficacia del modelo gestión ambiental diseñado (Cambio Climático, económico y social)	• % de mitigación del cambio climático (económico) : $N.º \text{ Acciones de mitigación} / \text{Total de Acciones de mitigación} * 100$ • % de involucramiento partes interesadas (social): $N.º \text{ de partes interesadas involucradas} / \text{Total de partes interesadas identificados} * 100$ • % de reducción de costos de mitigación no planificadas: $N.º \text{ de estrategias ejecutadas} / \text{Total de estrategias planificadas} * 100 \%$	1. Plan de Estrategia de manejo ambiental e implementación 2. Reportes de informes de sostenibilidad (carbono y crecimiento verde)

Anexo 5. Matriz de operacionalización de la segunda variable

VARIABLES 2	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS
Gestión de los residuos sólidos municipales	Diagnóstico de aspectos y factores ambientales - Aspectos ambientales de la empresa (causa del impacto) - Factores ambientales Físico, Biológico y social (receptores del impacto)	% de aspectos ambientales identificados = $\text{Numero de aspectos ambientales} / \text{Total de aspectos ambientales identificados} * 100$ % de factores ambientales identificados = $\text{Factores ambientales aplicables} / \text{Total de aspectos ambientales} * 100$	- Informe de Impactos y aspectos ambientales identificados en los instrumentos ambientales presentado a la autoridad competente. - Informes anuales y de monitoreo ambiental reportados al OEFA. - Informes de reportes de ecoeficiencia al MINAM. - Declaraciones y manifiestos anual de residuos sólidos reportados al SIGERSOL
	Análisis ambiental inicial: Categoría 1: Emisiones y remociones directas de GEI Categoría 2: Emisiones indirectas de GEI provenientes de energía importada Categoría 3: Emisiones indirectas de GEI provenientes del transporte	% de Emisiones y remociones directas de GEI = $\text{Cuantificación emisiones y remociones directas de GEI} / \text{Total de emisiones de GEI} * 100$ % de emisiones indirectas de GEI provenientes de energía importada = $\text{Cuantificación emisiones GEI provenientes de energía importada} / \text{Total de misiones de GEI} * 100$ % de Emisiones indirectas de GEI provenientes del transporte = $\text{Cuantificación de GEI provenientes del transporte} / \text{Total de misiones de GEI} * 100$	- Matriz de riesgos y oportunidades - Matriz de aspectos e impactos ambientales significativos - Matriz de requisitos legales y otros requisitos

Anexo 6: Panel fotográfico



FOTO 1: Tesista monitoreando en la Avenida San Cristóbal en Cerro de Pasco.



FOTO 2: Tesista monitoreando en la terminal terrestre en Cerro de Pasco.



FOTO 3: Tesista monitoreando en el Centro Poblado de Paragsha.



FOTO 4: Tesista monitoreando en la zona de la subida de Mataderia - Tajo Raúl
Rojas de la Empresa Volcán SAC



FOTO 5: Tesista monitoreando en la ciudad de San Juan Pampa - Distrito de Yanacancha.