

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“Propuesta para la implementación de Huella de Carbono de las Actividades de una empresa especializada en alquiler de Maquinaria Pesada y Venta de Equipos Usados”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autor:

Jose Francisco Cotrina Gaitan

Asesor:

Mg. Marco Alfonso Sánchez Peña

<https://orcid.org/0000-0001-8773-6632>

Cajamarca - Perú

2025

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	HANIEL JOSUE TORRES JOAQUIN
	Nombre y Apellidos

Jurado 2	IRMA GERALDA HORNA HERNANDEZ
	Nombre y Apellidos

Jurado 3	MARCO ALFREDO SÁNCHEZ PEÑA
	Nombre y Apellidos

Informe de Similitud



Página 2 de 75 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega: trnoid::1:3483447451

14% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Exclusiones

- ▶ N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 13%  Fuentes de Internet
- 4%  Publicaciones
- 8%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Página 2 de 75 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega: trnoid::1:3483447451

Dedicatoria

A mis padres, por ser el impulso silencioso detrás de cada meta cumplida, por las veces que creyeron en mí cuando las fuerzas flaqueaban y por enseñarme que el esfuerzo diario también es una forma de amor.

A mi abuela, por sus palabras sabias, su fe inquebrantable y la calidez que siempre me recordó quién soy y de dónde vengo.

Este trabajo lleva un poco de cada uno de ustedes; es mi manera de agradecerles por haber sido mi raíz y mi guía.

Agradecimiento

A mis padres y a mi abuela, por su apoyo incondicional, su confianza y por motivarme a alcanzar cada objetivo propuesto.

A la Universidad Privada del Norte, a la Facultad de Ingeniería y a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por la formación académica y las herramientas brindadas para el desarrollo de esta investigación.

A los docentes y profesionales que contribuyeron con sus conocimientos y experiencias, fortaleciendo mi crecimiento académico y personal.

Finalmente, a mis compañeros y colaboradores, por su disposición y apoyo durante las distintas etapas del trabajo de investigación.

Tabla de contenidos

JURADO EVALUADOR.....	2
Informe de Similitud	3
Dedicatoria	4
Agradecimiento.....	5
Índice de tablas	10
Índice de Figuras	11
Resumen	12
Abstract	13
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	14
1.1. Realidad problemática	14
1.2. Formulación del problema.....	16
1.3. Objetivos.....	16
1.3.1. <i>Objetivo General</i>	16
1.3.2. <i>Objetivos Específicos</i>	16
1.4. Hipótesis	17
1.4.1. <i>Hipótesis específicas</i>	17
1.4.2. <i>Justificación</i>	17
CAPÍTULO II: CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	21
2.1. Huella de Carbono: Concepto y Relevancia.....	21
2.2. Directrices del IPCC.....	21
2.3. Norma ISO 14064-1:2018	22
2.4. Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol).....	22
2.5. Gases de Efecto Invernadero	23

2.6.	Aplicación de la Huella de Carbono en el Sector Industrial.....	23
2.7.	Ley N° 30754 – Ley Marco sobre Cambio Climático.....	24
2.8.	Plataforma Huella de Carbono Perú	24
2.9.	Acuerdo de París y NDC del Perú	24
2.10.	Fórmulas para la Cuantificación de Emisiones de GEI.....	25
2.11.	Alcance 1 - Emisiones Directas.....	26
2.12.	Alcance 2 - Emisiones Indirectas de Energía	26
2.13.	Alcance 3 - Emisiones Indirectas de Energía	26
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA		27
3.1.	Enfoque, Tipo y Diseño de Investigación	27
3.2.	Población y Muestra	28
3.3.	Materiales y Muestras:	28
3.3.1.	<i>Cálculo del consumo de Combustible Móvil en el transporte del personal</i> 28	
3.3.2.	<i>Cálculo de consumo de Electricidad de la empresa</i>	28
3.3.3.	<i>Cálculo de consumo de combustible de los vuelos del personal de la empresa</i> 28	
3.4.	Instrumentos	29
3.4.1.	<i>Herramientas de Calculo</i>	29
3.4.2.	<i>Software de Procesamiento</i>	29
3.5.	Metodología de trabajo – Procedimiento de Trabajo	29
3.5.1.	<i>Selección y Registro de Consumo de Combustible Móvil</i>	29
3.5.2.	<i>Selección y Registro de Consumo Eléctrico</i>	29
3.5.3.	<i>Selección y Registro de Vuelos de Negocios</i>	30

3.6.	Procedimiento de Análisis de Datos	30
3.7.	Procedimiento para el Ingreso de Datos en la Plataforma Huella de Carbono Perú 31	
	<i>a. Registro en la Plataforma</i>	<i>31</i>
	<i>b. Acceso al Módulo de Reporte</i>	<i>31</i>
	<i>c. Ingreso de Datos en la Ficha de Reporte</i>	<i>31</i>
3.8.	Revisión y Validación	32
3.9.	Generación del Reporte	32
CAPÍTULO IV: RESULTADOS		35
4.1.	Resultados del Inventario de Emisiones	35
4.2.	Resultados por Alcance	36
4.3.	Exclusiones	38
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES		39
5.1.	Limitaciones de la investigación	39
5.2.	Interpretación Comparativa	39
5.3.	Implicaciones Practicas	40
5.4.	Conclusiones	41
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES		42
6.1.	Implementación del sistema fotovoltaico como eje estratégico	42
6.2.	Impacto en la reducción de emisiones	42
6.3.	Beneficio económico y retorno de inversión	43
6.4.	Plan de implementación propuesto	43
6.5.	Plan de mantenimiento y garantía de rendimiento	43
6.6.	Proyección y escalabilidad	44

6.7. Reflexión final	44
REFERENCIAS	46
ANEXOS	50

Índice de tablas

Tabla 1 Resultados de emisiones consolidadas por alcance.....	35
Tabla 2 Emisiones de GEI por fuente.....	37

Índice de Figuras

Figura 1 Flujograma de Trabajo: Calculo de Emisiones CGM Rental	34
Figura 2 Distribución de emisiones de GEI por alcance	36

Resumen

Este estudio propone e implementa un inventario corporativo de Huella de Carbono para CGM Rental S.A.C. – sede Lurín durante 2023, con el objetivo de cuantificar emisiones por alcances 1, 2 y 3 y priorizar medidas de reducción. La investigación es aplicada, de diseño descriptivo y enfoque mixto; se recopiló información administrativa (consumo de combustibles móviles, facturación eléctrica y viajes corporativos) y se procesó con la Herramienta Huella de Carbono Perú (MINAM), siguiendo ISO 14064-1 y GHG Protocol. La huella total estimada fue 992.73 tCO_{2e}, con predominio del alcance 3 (transporte aéreo: 742.08 tCO_{2e}; 74.8 %), seguido del alcance 1 (combustión móvil: 201.19 tCO_{2e}; 20.3 %) y del alcance 2 (electricidad: 49.43 tCO_{2e}; 5.0 %). Se excluyeron temporalmente sedes regionales por falta de datos, reconociéndose esta limitación. Se plantean acciones costo-efectivas: optimización de viajes corporativos, eficiencia energética e incorporación de energía fotovoltaica y mantenimiento/eco-conducción de la flota. La propuesta alinea a la organización con estándares internacionales y la Hoja de Ruta nacional, y establece una base técnica para metas de reducción y participación futura en mercados de carbono.

Palabras Claves: huella de carbono, maquinaria pesada, emisiones de efecto invernadero (GEI), consumo de eléctrico.

Abstract

This study implements a corporate carbon footprint inventory for CGM Rental S.A.C. – Lurín site in 2023 to quantify Scope 1–3 emissions and prioritize abatement measures. The research is applied, descriptive, and mixed-methods. Administrative data (mobile fuel consumption, electricity bills, and corporate air travel) were processed with the Peruvian Carbon Footprint tool (MINAM), following ISO 14064-1 and the GHG Protocol. Total emissions reached 992.73 tCO_{2e}, mainly from Scope 3 air travel (742.08 tCO_{2e}; 74.8%), followed by Scope 1 mobile combustion (201.19 tCO_{2e}; 20.3%) and Scope 2 electricity (49.43 tCO_{2e}; 5.0%). Regional sites were temporarily excluded due to data gaps. Recommended actions include corporate travel optimization, energy efficiency and on-site photovoltaics, and fleet maintenance/eco-driving. The proposal aligns with international standards and the national pathway, providing a technical baseline for reduction targets and potential carbon-market engagement.

Key words: carbon footprint, heavy machinery, greenhouse gas emissions (GHG), electricity consumption

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El concepto de huella de carbono constituye una métrica cuantitativa esencial que destaca el conjunto total de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos, tanto de forma directa como indirecta, a raíz de actividades humanas como la combustión de combustibles fósiles, el transporte, el consumo eléctrico, las prácticas agrícolas y los procesos industriales (Wiedmann & Minx, 2008).

El cálculo de la huella de carbono se ha convertido en una herramienta esencial para evaluar y, principalmente, gestionar el impacto ambiental generado por empresas, instituciones y también por las personas, teniendo como propósito central la sostenibilidad (Pandey et al., 2011).

Este tipo de cálculo no solo facilita la identificación de las fuentes más relevantes de emisiones, sino que también permite aplicar medidas correctivas orientadas a la reducción del carbono, en concordancia con los compromisos internacionales asumidos en el Acuerdo de París (United Nations, 2015).

De igual manera, la implementación de estrategias orientadas a mejorar la eficiencia energética, promover el uso de fuentes renovables y optimizar los procesos industriales permite reducir significativamente las emisiones, contribuyendo así a los esfuerzos internacionales por mitigar el cambio climático (International Energy Agency [IEA], 2021).

Una gestión ambiental eficaz y sostenida se constituye como un pilar fundamental para aquellas empresas que buscan minimizar su impacto y, en consecuencia, fortalecer su competitividad en mercados cada vez más demandantes en términos de responsabilidad social y ambiental (Porter & Kramer, 2006).

En ese sentido, una certificación de carbono juega un rol significativo porque garantiza que las organizaciones no solo calculen y gestionen correctamente sus emisiones, sino que también trabajen de mano con los estándares internacionales para la reducción y compensación de carbono (World Resources Institute [WRI] & World Business Council for Sustainable Development [WBCSD], 2015).

Esta certificación no solo impulsa la gestión, sino que también facilita la participación de una organización en mercados de compensación de carbono, apoyando así la transición hacia una economía más sostenible (World Bank, 2021).

El sector de maquinaria pesada representa una fuente relevante de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), debido al uso intensivo y cada vez mayor de combustibles fósiles en sus actividades operativas. Las labores vinculadas al arrendamiento y comercialización de maquinaria y equipos usados inciden directamente en la huella de carbono, producto de la combustión de combustibles durante su funcionamiento, así como por los procesos de mantenimiento y la logística asociada (Caterpillar, 2021).

En el presente estudio se buscó brindar a CGM Rental S.A.C un marco metodológico que permita calcular su huella de carbono, una práctica que si bien es cierto aún está en desarrollo, cada vez adquiere mayor fuerza por la coyuntura actual. Esto contribuirá a alinear las actividades de la empresa con las metas globales de reducción de emisiones establecidas en acuerdos como el Acuerdo de Paris (United Nations, 2015), y permitirá a las empresas no solo cumplir con las normativas ambientales, sino también participar en mercados emergentes de compensación de carbono (World Bank, 2021). Por lo expuesto, el adoptar un sistema de cálculo y reducción de la huella de carbono no solo

resulta imperativo desde una vista ambiental, sino también desde un enfoque económico y competitivo.

En coherencia con lo expuesto y en el marco de la normativa nacional vigente — específicamente la Ley N.º 30754, Ley Marco sobre Cambio Climático— que impulsa la gestión de emisiones a través de la plataforma Huella de Carbono Perú del MINAM, se considera prioritario que CGM Rental S.A.C. desarrolle su primer inventario corporativo de emisiones correspondiente a la sede de Lurín, con el fin de establecer una línea base cuantitativa que permita definir metas de reducción y acciones de mitigación sostenibles, fortaleciendo al mismo tiempo su competitividad y compromiso con la responsabilidad ambiental empresarial.

1.2. Formulación del problema

En función de lo expuesto, se define la siguiente cuestión de investigación: ¿cuál es la huella de carbono corporativa correspondiente a CGM Rental S.A.C., sede Lurín, en el periodo 2023, y qué alternativas costo-efectivas pueden proponerse para su mitigación siguiendo las directrices establecidas en la ISO 14064-1 y el GHG Protocol?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Cuantificar la huella de carbono corporativa de CGM Rental S.A.C. – sede Lurín en el año 2023 y proponer medidas de reducción acordes a las necesidades y limitaciones actuales.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Reconocer y clasificar las principales fuentes de emisión y proponer acciones para la reducción de los gases de efecto invernadero generados.

- Identificar y calcular las emisiones resultantes del consumo de combustibles empleados por la flota vehicular de la empresa, los viajes aéreos realizados por sus colaboradores y el uso de energía eléctrica requerido para las actividades operativas de CGM Rental S.A.C., sede Lurín, Lima, correspondientes al año 2023.
- Identificar y proponer medidas de reducción de emisiones a partir el diagnóstico realizado en la empresa CGM Rental S.A.C.

1.4.Hipótesis

La huella de carbono de CGM Rental S.A.C. – sede Lurín en el año 2023 estará dominada por las emisiones de Alcance 2 consumo eléctrico; por lo tanto, la implementación de un cálculo de huella de carbono permitirá identificar estas fuentes principales y sustentar técnicamente la priorización de medidas de mitigación, para reducir las emisiones bajo control de la organización.

1.4.1. Hipótesis específicas

A partir de la propuesta metodológica y posterior aplicación del cálculo de la Huella de Carbono, podríamos elaborar una propuesta para la reducción de gases de efecto invernadero. El consumo eléctrico constituirá la principal fuente de emisiones bajo control directo de la organización y representa la mayor oportunidad de mitigación interna; por lo tanto, la implementación de paneles solares y medidas de eficiencia energética permitirá reducir de manera significativa las emisiones de Alcance 2 y contribuir a la disminución de la huella de carbono corporativa.

1.4.2. Justificación

Chauca (2023) llevó a cabo la estimación de la huella de carbono correspondiente a las actividades de venta y alquiler de equipos livianos, tanto nuevos como usados, en la

empresa UNIMAQ S.A., sede Lima, tomando como año base el 2019. Para el cálculo se aplicó la metodología ISO 14064-1:2018 y las orientaciones del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero del IPCC. Los resultados indicaron un total de 260.1 tCO₂e y un indicador de 0.86 tCO₂e, destacando el consumo de electricidad y combustibles móviles como las principales fuentes emisoras. En función de estos hallazgos, la autora propuso medidas orientadas a optimizar la eficiencia energética de la iluminación y reducir el consumo de combustible, lo que implicaría un ahorro anual estimado de 4.47 tCO₂e y S/ 20 729 en gastos operativos.

En su investigación, Coz (2020) evaluó el efecto de un plan de mitigación sobre la huella de carbono de la empresa Cargo Transport S.A.C., correspondiente a la sede Los Sauces, en Ate, Lima, durante los años 2016 y 2017. Para la estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero se empleó la norma ISO 14064-1:2018, considerando tanto fuentes directas como indirectas. Los hallazgos mostraron una reducción del 18% en las emisiones directas y del 12% en las emisiones indirectas, atribuida a la optimización de rutas y al control del consumo de combustible. Dichos resultados validaron la pertinencia de un sistema de gestión energética bajo los lineamientos de la norma ISO 50001 como mecanismo para mejorar la eficiencia y disminuir los costos.

Rojas (2022) determinaron la huella de carbono de la empresa de transportes “Empresas Unidas” en la ruta Jaén–San Ignacio–Cajamarca para el año 2021, utilizando directrices del IPCC y la metodología del GHG Protocol para clasificar alcances directos e indirectos. La investigación concluyó que las emisiones totales ascendieron a 1 591.6 tCO₂e, de las cuales 1 585.22 tCO₂e provinieron del consumo de combustible, 3.14 tCO₂e del uso de lubricantes, 2.40 tCO₂e del desgaste de neumáticos y 0.84 tCO₂e del consumo eléctrico. Para mitigar este impacto, propusieron la incorporación de vehículos a gas

natural (GNV) y la capacitación en conducción eficiente, estimando una reducción potencial del 22 % en las emisiones anuales.

En la investigación desarrollada por Elorreaga (2024) en la Universidad Privada de Tacna, se utilizó la metodología de Abel Crispín Jurado para estimar la huella de carbono asociada al proyecto de recrecimiento de la presa de relaves, fase VIII, ejecutado por Soletanche Bachy Perú S.A.C. El estudio determinó que el consumo de combustibles constituyó la fuente directa más significativa de emisiones, mientras que el uso de materiales como agua, papel y cemento generó emisiones indirectas relevantes. El total calculado ascendió a 1 279.21 tCO₂e, de los cuales el combustible aportó 705.93 tCO₂e y el cemento 567.02 tCO₂e. En base a estos resultados, se propusieron acciones orientadas a la sostenibilidad, entre ellas el mantenimiento preventivo de maquinarias, la gestión eficiente de los tiempos de trabajo y la formación de conductores en técnicas de operación ecoeficiente.

Guevara (2019) en la Universidad Nacional San Luis Gonzaga estimó la huella de carbono del parque automotor de la ciudad de Ica para 2019, mediante un estudio descriptivo y transversal con una muestra de 401 vehículos (livianos y pesados). Halló que la huella total del parque ascendió a 540 833.13 tCO₂e /año, distribuyéndose en autobuses (28.5 %), camiones (21.2 %), automóviles (17.76 %), tráileres (14.2 %) y otros vehículos menores. Con base en estos datos, propuso un plan de mitigación que incluye la promoción del transporte no motorizado, el uso de biocombustibles y la restricción de circulación para lograr reducciones del 15–20 % en la huella anual.

Huamán (2022) estimó en la Universidad San Ignacio de Loyola la huella de carbono de las actividades logísticas del Depósito Temporal Aduanero DT DINETPERÚ (Callao) para 2019, siguiendo directrices de ISO 14064-1:2018 y del IPCC 2006 para

inventarios de GEI. Su análisis documentó una huella total de 1 152.41 tCO₂e, con un 98.3 % de las emisiones en el alcance 1 (combustibles móviles) y 1.7 % en el alcance 2 (electricidad). A partir de dichos resultados, estableció estrategias de mitigación que incluyen cambio de tipos de combustible y optimización de rutas para reducir el impacto ambiental de las operaciones portuarias.

Según el informe *Carbon Footprint of Construction Equipment* publicado por la European Rental Association (2019), el análisis de ciclo de vida (LCA) aplicado a diez equipos de construcción representativos reveló que el sistema de alquiler favorece una mayor eficiencia en la utilización de maquinaria y permite reducir las emisiones de CO₂ entre un 30 % y 50 % respecto a la propiedad individual. El documento, elaborado en colaboración con Climate Neutral Group, CE Delft y SGS Search, destaca que la reducción del impacto ambiental depende de optimizar la tasa de uso, minimizar los desplazamientos logísticos y mantener los equipos en condiciones operativas óptimas.

CAPÍTULO II: CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Huella de Carbono: Concepto y Relevancia

La huella de carbono se concibe como una medida ambiental que estima la cantidad total de gases de efecto invernadero (GEI) liberados directa o indirectamente por actividades humanas, productos, organizaciones o individuos, expresados en toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO₂e). Este concepto posibilita evaluar la magnitud del impacto antropogénico sobre el cambio climático y resulta esencial para orientar estrategias de reducción de emisiones. El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) señala que las emisiones de CO₂ equivalente se calculan sumando las de cada gas de efecto invernadero, multiplicadas por su respectivo potencial de calentamiento global (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2013).

El proceso de cuantificación se lleva a cabo bajo marcos normativos internacionales ampliamente aceptados, entre ellos la ISO 14064-1:2018, que define los fundamentos y requerimientos para la construcción de inventarios de gases de efecto invernadero, y el GHG Protocol, el cual establece los criterios para la contabilización de emisiones dentro de los Alcances 1, 2 y 3. (ISO, 2018; WRI & WBCSD, 2015).

2.2. Directrices del IPCC

El IPCC ha desarrollado directrices metodológicas para la elaboración de inventarios nacionales de GEI, proporcionando un marco estandarizado para la estimación y reporte de emisiones. Estas directrices se actualizan periódicamente para incorporar avances científicos y tecnológicos, siendo la versión más reciente el “Perfeccionamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006” (IPCC, 2019).

2.3. Norma ISO 14064-1:2018

La ISO 14064-1:2018 establece los lineamientos esenciales para la medición y comunicación de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero (GEI) dentro de los límites operacionales de una organización. Dicha norma clasifica las emisiones en tres categorías:

- **Alcance 1:** emisiones directas generadas por fuentes que pertenecen o son controladas por la organización.
- **Alcance 2:** emisiones indirectas derivadas de la producción de electricidad, calor o vapor adquiridos y consumidos en las operaciones.
- **Alcance 3:** emisiones indirectas adicionales, vinculadas con la cadena de valor, los viajes laborales y el uso de los bienes o servicios comercializados (ISO, 2018).

La implementación de este estándar permite a las entidades identificar con precisión sus principales fuentes de emisión y establecer estrategias efectivas de mitigación y gestión ambiental.

2.4. Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol)

El *Greenhouse Gas Protocol* (GHG Protocol) es una colaboración entre el *World Resources Institute* (WRI) y el *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD), cuyo propósito es establecer estándares y metodologías para la cuantificación, gestión y reporte de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Este protocolo es reconocido a nivel internacional y aplicado por empresas y entidades gubernamentales para elaborar inventarios de emisiones y definir planes de reducción. Asimismo, el GHG Protocol conserva la estructura de clasificación en tres alcances —directos e indirectos—

y pone a disposición guías especializadas para diferentes sectores y tipos de organización (GHG Protocol, 2013).

2.5. Gases de Efecto Invernadero

Los GEI son compuestos presentes en la atmósfera que absorben y emiten radiación infrarroja, generando el efecto invernadero que calienta la superficie terrestre.

Los principales GEI contabilizados en inventarios corporativos son:

- Dióxido de carbono (CO₂): producto de la combustión de combustibles fósiles.
- Metano (CH₄): generado por procesos biológicos y fugas de gas natural.
- Óxido nitroso (N₂O): emitido en procesos de combustión y actividades de agroindustria.
- Otros GEI incluyen HFCs, PFCs, SF₆ y NF₃. Todos se convierten a CO₂ equivalente mediante potenciales de calentamiento global (GWP) definidos por el IPCC (IPCC, 2019).

2.6. Aplicación de la Huella de Carbono en el Sector Industrial

La estimación de la huella de carbono dentro del ámbito industrial permite reconocer las fuentes y procesos que generan mayores emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), promoviendo así la implementación de estrategias de eficiencia energética y control de emisiones. En el caso peruano, investigaciones recientes confirman que la aplicación de metodologías internacionales como la ISO 14064-1:2018 y el GHG Protocol ha contribuido a disminuir sustancialmente las emisiones y mejorar el desempeño competitivo de las empresas (Chauca, 2023; Coz, 2020).

Además, la implementación de estas metodologías contribuye al cumplimiento de compromisos internacionales en materia de cambio climático y mejora la imagen corporativa frente a clientes y stakeholders.

2.7. Ley N° 30754 – Ley Marco sobre Cambio Climático

La Ley N° 30754 (2018) constituye el marco normativo nacional orientado a la gestión integral de los gases de efecto invernadero (GEI) en el Perú. Esta ley tiene como finalidad disminuir la vulnerabilidad del país frente al cambio climático y fomentar un modelo de desarrollo sostenible y bajo en carbono, en concordancia con los compromisos asumidos en el Acuerdo de París. Su reglamento, aprobado mediante el D.S. N° 013-2019-MINAM, establece diversos instrumentos de gestión, entre los cuales destaca la Plataforma Huella de Carbono Perú, que facilita a las organizaciones la cuantificación, verificación y neutralización voluntaria de sus emisiones (MINAM, 2019).

2.8. Plataforma Huella de Carbono Perú

La Plataforma Huella de Carbono Perú es un instrumento digital promovido por el Ministerio del Ambiente (MINAM) que facilita a las organizaciones públicas y privadas la cuantificación, reporte y gestión de sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Este sistema reconoce el esfuerzo ambiental de las entidades participantes mediante un sello de progreso por niveles (de una a cinco estrellas), que refleja las etapas alcanzadas en el proceso de medición, verificación, reducción y neutralización de su huella de carbono.

2.9. Acuerdo de París y NDC del Perú

El Acuerdo de París, adoptado en 2015 durante la COP21, establece el compromiso de los países firmantes de limitar el aumento de la temperatura global por debajo de los 2 °C, realizando esfuerzos adicionales para restringirlo a 1.5 °C. En este marco, el Perú asumió su Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC), mediante

la cual se comprometió a reducir en un 40 % sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) al año 2030, tomando como referencia un escenario de tendencia.

Las organizaciones privadas desempeñan un papel clave para cumplir estas metas, por lo que elaborar inventarios de emisiones y definir estrategias de mitigación es fundamental para la contribución nacional (United Nations, 2015; MINAM, 2020).

2.10. Fórmulas para la Cuantificación de Emisiones de GEI

La cuantificación de emisiones de GEI se basa en la siguiente fórmula general:

Emisiones de GEI (kg CO₂e) = Actividad × Factor de Emisión × Potencial de Calentamiento Global (GWP).

Donde:

- **Actividad:** Cantidad de energía consumida, combustible utilizado, distancia recorrida, entre otros.
- **Factor de Emisión:** Cantidad de GEI emitida por unidad de actividad (por ejemplo, kg CO₂e por litro de combustible).
- **Potencial de Calentamiento Global (GWP):** Medida del impacto de un GEI en el calentamiento global en comparación con el CO₂.

Esta fórmula cuenta con un amplio reconocimiento y aplicación a nivel internacional para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en organizaciones de distintos sectores. Es fundamental considerar los factores de emisión y los valores de potencial de calentamiento global (GWP) más recientes y adecuados al contexto regional y al tipo de actividad de la organización (GHG Protocol, 2013).

2.11. Alcance 1 - Emisiones Directas

Son las emisiones procedentes de fuentes propias o controladas (calderas, flota de vehículos, procesos industriales). Se calculan como:

$$E_1 \text{ (kg CO}_2\text{e)} = Q_{\text{combustible}} \text{ (litros)} \times EF_{\text{combustible}} \text{ (kg CO}_2\text{e/litro)} \times GWP$$

Por ejemplo, 1 000 L de diésel (EF = 2.68 kg CO₂e/L) generan 2 680 kg CO₂e (GHG Protocol, 2022).

2.12. Alcance 2 - Emisiones Indirectas de Energía

Corresponden a la generación de electricidad, calor o vapor adquiridos. Se expresan como:

$$E_2 \text{ (kg CO}_2\text{e)} = \text{Consumo}_{\text{eléctrico}} \text{ (kWh)} \times EF_{\text{red}} \text{ (kg CO}_2\text{e/kWh)} \times GWP$$

Por ejemplo, 10 000 kWh a un EF de 0.5 kg CO₂e/kWh arrojan 5 000 kg CO₂e (GHG Protocol, 2019).

2.13. Alcance 3 - Emisiones Indirectas de Energía

Incluye toda la cadena de valor (transporte contratado, viajes de negocios, uso y fin de vida de productos. Se calculó mediante:

$$E_3 \text{ (kg CO}_2\text{e)} = \text{Distancia recorrida (km)} \times \text{Factor de emisión (kg CO}_2\text{e/km)}$$

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Enfoque, Tipo y Diseño de Investigación

La presente investigación se centra en el análisis del impacto ambiental generado por las actividades de CGM Rental S.A.C., empresa dedicada al alquiler de maquinaria pesada y a la comercialización de equipos usados, mediante la medición y evaluación de su huella de carbono. El objetivo principal es establecer un marco práctico para identificar y cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) producidas en la sede de Lurín, Lima, durante el año 2023, con el propósito de priorizar acciones de mitigación y contribuir al cumplimiento de los compromisos climáticos nacionales.

El estudio aborda de manera integral la identificación de las principales fuentes de emisión dentro de las operaciones de la empresa, incluyendo las asociadas al consumo de combustibles móviles, al uso de energía eléctrica y a los viajes corporativos del personal. Desde el punto de vista metodológico, se adopta un enfoque mixto, con predominio cuantitativo y alcance descriptivo, complementado con el análisis cualitativo necesario para formular estrategias de reducción de emisiones acordes con la realidad operativa de la organización.

Para la cuantificación de las emisiones se emplearon herramientas de cálculo reconocidas internacionalmente, en particular la plataforma Huella de Carbono Perú (Ministerio del Ambiente del Perú, s. f.), que aplica las metodologías del GHG Protocol y la norma ISO 14064-1:2018. Este enfoque metodológico permite no solo obtener un diagnóstico preciso de la huella de carbono de CGM Rental S.A.C., sino también formular una propuesta de reducción de emisiones viable y contextualizada, orientada a fortalecer la gestión sostenible de los recursos y fomentar una cultura de sostenibilidad en el sector.

3.2.Población y Muestra

La población de enfoque estaría compuesta de las actividades consideradas dentro del alcance las cuales generan emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel corporativo; vuelos corporativos, consumo de combustible móvil y electricidad.

La muestra incluye el conjunto representativo de las emisiones producto de las operaciones de la sede Lurín 2023, considerando los 3 alcances:

- Alcance 1: Consumo de combustibles móviles en vehículos y maquinaria.
- Alcance 2: Consumo de energía eléctrica de las instalaciones.
- Alcance 3: Viajes aéreos corporativos

3.3.Materiales y Muestras:

La muestra corresponde a los registros obtenidos del área de Servicios Generales de la empresa durante el periodo 2023.

3.3.1. Cálculo del consumo de Combustible Móvil en el transporte del personal

Se utilizó los registros de consumo de combustible de los vehículos y maquinaria, obtenidos de los informes de consumo de cada unidad.

3.3.2. Cálculo de consumo de Electricidad de la empresa

Se empleó el uso de los registros mensuales de consumo eléctrico de las oficinas, instalaciones obtenidas de las facturas de la empresa de servicios públicos (Luz del Sur).

3.3.3. Cálculo de consumo de combustible de los vuelos del personal de la empresa

Se recopiló los registros de vuelos corporativos realizados por el personal administrativo y operativo, incluyendo detalles sobre el destino y la duración, para el cálculo de emisiones por trayecto.

3.4. Instrumentos

3.4.1. Herramientas de Cálculo

Para la cuantificación de la Huella de Carbono, se utilizó los formatos y metodología proporcionada por la página de la Huella de Carbono Perú proporcionada por el MINAM (Ministerio del Ambiente del Perú, s. f.). Estos formatos incluyen plantillas en Excel y parámetros específicos para la conversión de datos de consumo en emisiones de CO₂.

3.4.2. Software de Procesamiento

Los datos recolectados fueron procesados utilizando hojas de cálculo en Excel, para consolidar, organizar y realizar cálculos iniciales de emisiones. Finalmente, para la conversión de datos por el factor de Emisión, se utilizó la Plataforma de Huella de Carbono Perú.

3.5. Metodología de trabajo – Procedimiento de Trabajo

3.5.1. Selección y Registro de Consumo de Combustible Móvil

Fuente de datos. Informes de consumo de combustible de cada vehículo o maquinaria correspondiente al periodo 2023.

Variables requeridas.

- Tipo de combustible utilizado (por ejemplo, diésel, gasolina).
- Cantidad consumida (en litros).
- Identificación de placa del vehículo.
- Periodo de consumo.

3.5.2. Selección y Registro de Consumo Eléctrico

Fuente de datos. Facturas mensuales de consumo eléctrico de oficinas e instalaciones generales.

Variables requeridas.

- Consumo mensual (en kWh).
- Ubicación de la instalación.
- Periodo de consumo.

3.5.3. Selección y Registro de Vuelos de Negocios

Fuente de datos. Reportes de viajes corporativos.

Variables requeridas:

- Número de vuelos realizados.
- Origen y destino de cada vuelo.
- Duración del vuelo.
- Clase de viaje (económica, ejecutiva, primera clase).
- Número de pasajeros.
- Periodo en que se realizaron los vuelos.

3.6. Procedimiento de Análisis de Datos

Cálculo de Emisiones de GEI: Se empleó factores de emisión definidos por la calculadora de Huella de Carbono Perú para cada tipo de actividad (combustible, electricidad y vuelos). La metodología incluye la aplicación de estos factores a los datos recolectados, para calcular las toneladas de CO₂ generadas por cada actividad.

Herramienta utilizada. Calculadora de Huella de Carbono Perú.

Metodología.

Aplicación de factores de emisión específicos para cada tipo de actividad:

- Combustible móvil:
 - Factor de emisión promedio de combustibles móviles (kg CO₂e/gal)

- Electricidad:
 - Factor de emisión promedio de la red eléctrica nacional (kg CO₂e/kWh).
- Vuelos de negocios
 - Factor de emisión basado en la distancia del vuelo y clase de viaje (kg CO₂e/km).
- Cálculo de emisiones por actividad utilizando la fórmula:
 - Emisiones (kg CO₂e) = Actividad × Factor de Emisión

3.7.Procedimiento para el Ingreso de Datos en la Plataforma Huella de Carbono

Perú

a. Registro en la Plataforma

Acceder al sitio web oficial: Huellacarbono Perú

Crear una cuenta institucional proporcionando la información requerida (razón social, RUC, representante legal, etc.).

b. Acceso al Módulo de Reporte

Iniciar sesión con las credenciales creadas.

Seleccionar el módulo correspondiente para el reporte de la huella de carbono.

c. Ingreso de Datos en la Ficha de Reporte

Combustible móvil.

- Tipo de combustible
- Cantidad consumida
- Periodo de Consumo

Electricidad.

- Consumo mensual

- Ubicación de la instalación
- Periodo de consumo

Vuelos de negocios.

- Número de vuelos
- Origen y destino
- Duración y clase de viaje
- Número de pasajeros
- Periodo de los vuelos

3.8.Revisión y Validación

Verificar que toda la información ingresada sea correcta y esté completa.

Corregir cualquier inconsistencia o error detectado.

3.9.Generación del Reporte

Una vez validada la información, generar el reporte de la huella de carbono.

Descargar y guardar el reporte para su análisis y presentación ante las autoridades correspondientes.

Este procedimiento sistemático asegura la precisión y coherencia en la recolección, análisis e ingreso de datos relacionados con la huella de carbono de la empresa, facilitando el cumplimiento de los estándares establecidos por el MINAM y contribuyendo a la gestión ambiental responsable.

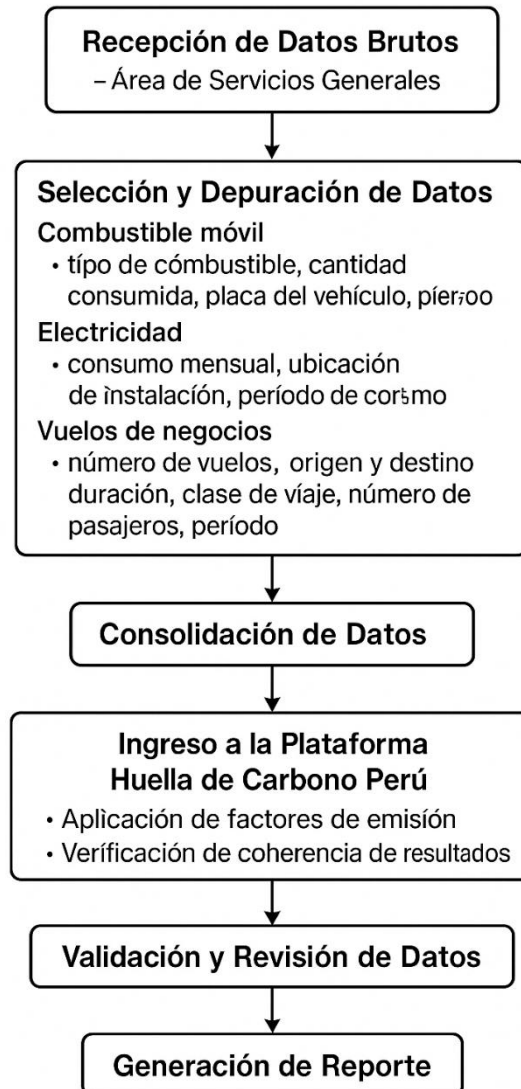
Validez y Fiabilidad de Cálculo de Emisiones

La herramienta **Huella de Carbono Perú**, desarrollada por el Ministerio del Ambiente (MINAM), es una plataforma oficial que permite a las organizaciones medir, reportar y verificar sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de manera confiable. Su fiabilidad se sustenta en la adopción de estándares internacionales

reconocidos, como la norma **ISO 14064-1:2016** y el **Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol)**, los cuales establecen directrices para la cuantificación y reporte de emisiones de GEI. La plataforma proporciona una metodología estandarizada que asegura la consistencia y precisión en los cálculos, facilitando la comparabilidad de resultados entre diferentes organizaciones y periodos. Además, al estar alineada con el marco legal nacional y los compromisos internacionales del Perú en materia de cambio climático, la herramienta garantiza que las mediciones realizadas sean pertinentes y útiles para la formulación de estrategias de mitigación y sostenibilidad empresarial.

Figura 1

Flujograma de Trabajo: Calculo de Emisiones CGM Rental



CAPÍTULO IV: RESULTADOS

Este capítulo presenta de forma descriptiva los resultados obtenidos en el inventario de gases de efecto invernadero (GEI) correspondiente al periodo 2023 de la empresa CGM Rental S.A.C. La información empleada proviene del informe oficial de la Huella de Carbono elaborado por el Ministerio del Ambiente (MINAM), a través de la herramienta Huella de Carbono Perú, la cual aplica los lineamientos establecidos en la norma ISO 14064-1:2018, el GHG Protocol y las directrices del IPCC.

4.1. Resultados del Inventario de Emisiones

Para el año 2023, la organización registró una huella de carbono total de 992.73 tCO₂e. A continuación, se presenta el límite organizacional definido y las emisiones totales de GEI.

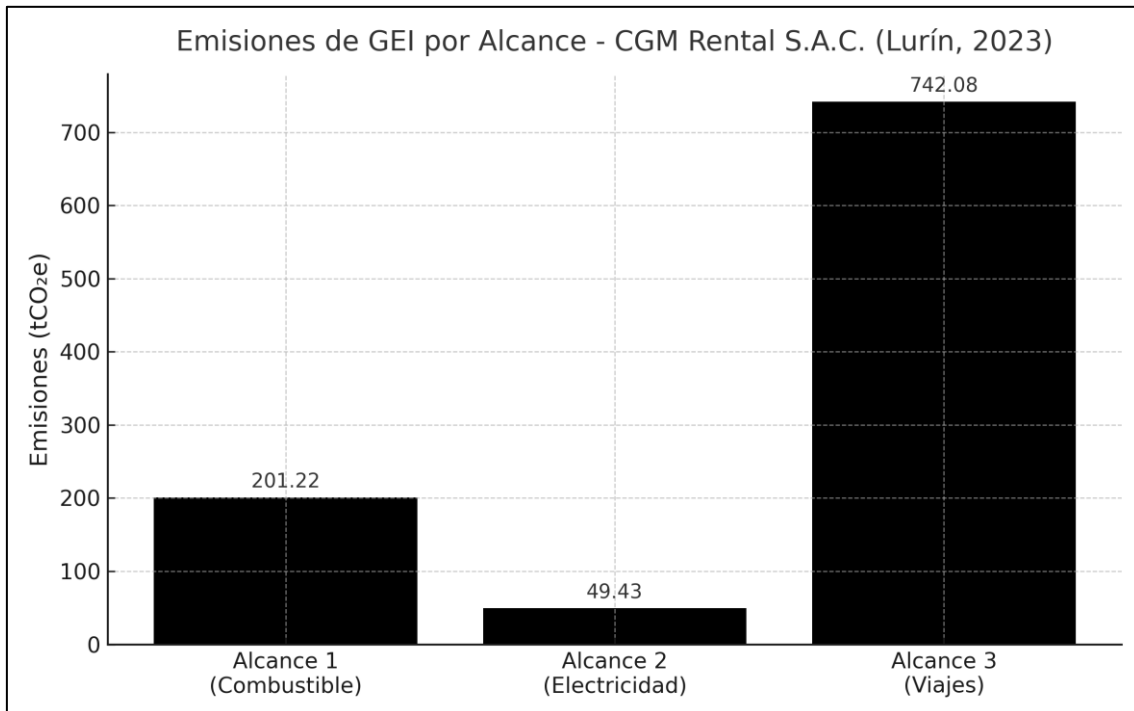
Tabla 1

Resultados de emisiones consolidadas por alcance

Categoría	Emisiones GEI (tCO₂e)	Participación
Categoría 1 – Emisiones directas	201.22	20.3%
Categoría 2 – Emisiones indirectas por energía	49.43	4.9%
Categoría 3 – Emisiones indirectas	742.08	74.8%
Total	992.73	100%

Figura 2

Distribución de emisiones de GEI por alcance



Los resultados muestran que el alcance 3 es la principal fuente de emisiones (74.8%), seguido por el alcance 1 (20.3%). El alcance 2 aporta un 4.9% de acuerdo con los cálculos exactos del inventario.

4.2.Resultados por Alcance

Para mayor detalle, se presenta a continuación, el desglose por fuente y categoría en la tabla líneas abajo.

Tabla 2

Emisiones de GEI por fuente

Fuente de emisión	Emisiones GEI (tCO_{2e})
Combustión de fuentes móviles	201.19
Fuentes móviles biogénicas	0.03
Consumo de energía eléctrica	49.43
Transporte aéreo	742.08

Durante el año 2023, CGM Rental S.A.C. registró una huella de carbono corporativa total de 992.73 tCO_{2e}, concentrándose íntegramente en su sede de Lurín debido a la exclusión de las sedes de Cuzco, Arequipa y Piura por falta de información disponible. Del total de emisiones, el 20.3 % corresponde a emisiones directas generadas por la combustión de fuentes móviles, reflejando el impacto de la operación de maquinaria pesada; el 4.9 % proviene de emisiones indirectas asociadas al consumo de energía eléctrica; y el 74.8 % se origina en otras emisiones indirectas, particularmente del transporte aéreo corporativo.

Esta distribución evidencia que, si bien las actividades operativas locales aportan una fracción significativa de la huella, la movilidad aérea de personal constituye la principal fuente de impacto climático para la organización en el periodo evaluado, lo que señala a la gestión de viajes como el eje prioritario para la definición de estrategias de mitigación.

De forma preliminar, estos hallazgos sugieren que el Alcance 3 concentra la mayor parte de las emisiones, lo que será contrastado con la hipótesis general y discutido en el capítulo siguiente para identificar las oportunidades de mitigación más relevantes.

4.3.Exclusiones

La organización presenta las siguientes exclusiones

Se excluyeron las sedes de Cuzco, Arequipa y Piura por falta de datos, así como fuentes indirectas no significativas (emisiones fugitivas de refrigerantes, consumo de papel y extintores).

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

5.1. Limitaciones de la investigación

La presente investigación expone algunas limitaciones que es de importancia considerar al interpretar los resultados obtenidos. En primer lugar, la exclusión de las sedes de Cuzco, Arequipa y Piura debido a la falta de información disponible puede generar una subestimación de la huella total de carbono de CGM Rental SAC, afectando la representatividad del inventario corporativo. Asimismo, el análisis del alcance 3 se limitó únicamente a las emisiones derivadas del transporte aéreo, sin incorporar otras fuentes indirectas relevantes como la generación de residuos o el transporte terrestre de bienes y personas, lo que restringe la visión completa del impacto ambiental de la organización. Finalmente, el estudio se circunscribió a un solo año de análisis (2023), lo cual impide evaluar tendencias temporales o identificar variaciones estacionales en las emisiones de gases de efecto invernadero.

5.2. Interpretación Comparativa

Chauca (2023) determinó 260.1 tCO_{2e} y un indicador de 0.86 tCO_{2e} por unidad en UNIMAQ S.A. sede Lima, con consumo eléctrico y combustibles móviles como principales fuentes. En contraste, CGM Rental reporta 992.73 tCO_{2e} y un indicador de 3.56 tCO_{2e} por trabajador, triplicando el valor de UNIMAQ, principalmente por el alto aporte de transporte aéreo (74.8 %) y menor incidencia de electricidad (5.0 %).

Coz (2020) obtuvo reducciones de 18 % en emisiones directas y 12 % en indirectas al optimizar rutas en Cargo Transport SAC. Si bien CGM Rental no implementó todavía un plan similar, los resultados sugieren que la optimización de viajes corporativos podría disminuir significativamente el alcance 3.

Rojas (2022) calcularon 1,591.6 tCO_{2e} para Empresas Unidas en ruta Jaén–

Cajamarca, con un 99.5 % de emisiones por combustible. El patrón concuerda con CGM Rental en cuanto a la relevancia de las fuentes de movilidad, aunque la escala de Empresas Unidas fue mayor.

Elorreaga (2024) identificó 1,279.21 tCO₂e en un proyecto minero, distribuidos entre combustible (55 %) y cemento (45 %). La comparación muestra que el sector minero incorpora fuentes indirectas distintas (cemento), mientras que CGM Rental concentra sus emisiones en transporte y combustión móvil.

Guevara (2019) estimó 540,833.13 tCO₂e/año para el parque vehicular de Ica, con flotas de diversa tipología. Aunque la escala es distinta, ambos estudios confirman la gran incidencia de vehículos en la huella de carbono urbana y corporativa.

Huamán (2022) reportó 1,152.41 tCO₂e en un depósito aduanero, con 98.3 % en alcance 1. CGM Rental presenta menor proporción de alcance 1 (20.3 %) y mayor alcance 3 (74.8 %), enfatizando la relevancia de incluir transporte aéreo en inventarios.

European Rental Association (2019) documenta que el modelo de alquiler puede reducir entre 30 % y 50 % las emisiones de CO₂ frente a la propiedad. Los resultados de CGM Rental evidencian oportunidades de mejora en alcance 3.

5.3. Implicaciones Prácticas

Actualmente se está discutiendo en gerencia la urgencia de implementar un plan de optimización de viajes conforme a la Guía de Cálculo de Alcance 3 del GHG Protocol, que recomienda métodos basados en distancia y gasto para cuantificar y reducir estas emisiones, promover alternativas de comunicación virtual como la videoconferencia para evitar desplazamientos, medida que puede recortar hasta un 50 % de las emisiones de viajes de negocios. Adicionalmente, invertir en eficiencia energética y energías renovables en las instalaciones se ha visto crucial, y reconoce el uso de energía renovable

por lo que se considera la instalación de un sistema On.Grid de paneles solares en el área de taller de la sede de CGM Rental en Lurín, Lima, para desplazar gran parte de la electricidad adquirida de la red; y así tener una fuente de energía alternativa que aporte obviamente a fortalecer la recolección de datos para garantizar la integridad y exactitud del inventario de huella de carbono de la empresa. Finalmente se sugiere integrar estándares de gestión energética (ISO 5001) para complementar a la ISO 14064-1.

5.4.Conclusiones

En relación con el objetivo general, se desarrolló una propuesta integral para la implementación de la huella de carbono de las actividades de CGM Rental S.A.C., que permitió obtener un diagnóstico detallado de las principales fuentes de emisión y de su nivel de contribución.

En relación con el primer objetivo específico, se reconocieron y clasificaron las principales fuentes de emisión de gases de efecto invernadero, identificándose el transporte aéreo corporativo, la combustión de fuentes móviles y el consumo de energía eléctrica como las más relevantes. Asimismo, se propusieron acciones orientadas a la optimización de viajes y la mejora de la eficiencia energética.

Respecto al segundo objetivo específico, se determinó que la producción de emisiones generadas por el consumo de combustible en vehículos propios, vuelos de colaboradores, consumo eléctrico a 992.73 tCO₂e en la sede Lurín durante 2023.

En cuanto al tercer objetivo específico, se propusieron medidas de reducción basadas en el diagnóstico realizado, incluyendo estrategias de optimización de viajes, incorporación de energías sustentables, eficiencia energética y mejoramiento en la flota de transporte.

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES

6.1. Implementación del sistema fotovoltaico como eje estratégico

El proyecto de instalación de un sistema de generación fotovoltaica en la sede de Lurín debe considerarse la acción prioritaria de mitigación de CGM Rental S.A.C. Su diseño contempla la instalación de 51 paneles solares Jinko Tiger Neo de 475 Wp, con una potencia total instalada de 24.2 kWp (OMP Energía Solar, 2024).

El análisis estructural efectuado por OMP Energía Solar (2024) identificó que la cubierta existente no cumplía con los requisitos de resistencia ni de deflexión admisible, recomendando el refuerzo de viguetas, tijerales y la adición de puntales para garantizar la seguridad de la instalación y mantener un factor de seguridad ≥ 1.5 . Estas mejoras no solo viabilizan el proyecto solar, sino que también incrementan la seguridad estructural del taller y prolongan su vida útil.

6.2. Impacto en la reducción de emisiones

El sistema proyecta una generación aproximada de 2,900 kWh mensuales, equivalente a cubrir entre 40 % y 60 % del consumo promedio de la sede, actualmente de 5,800 kWh/mes (OMP Energía Solar, 2024).

La implementación permitirá neutralizar prácticamente el 100 % de las emisiones de Alcance 2 (49.43 tCO_{2e}/año), posicionando a CGM Rental como referente en el uso de energías renovables dentro del sector de alquiler de maquinaria pesada.

A nivel anual, la energía generada equivale a evitar la emisión de más de 49 toneladas de CO_{2e}, comparable a retirar de circulación aproximadamente 10 vehículos livianos a gasolina durante un año (WRI & WBCSD, 2015). Este resultado contribuye directamente a los compromisos nacionales de mitigación establecidos en la Ley N.º 30754 y al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 7 y ODS 13).

6.3. Beneficio económico y retorno de inversión

El costo total de inversión asciende a USD 17,335.33 (\approx S/. 62,407.19). De acuerdo con el análisis financiero de OMP Energía Solar, el retorno de inversión (ROI) se alcanzará en 63 meses (5 años y 3 meses), mediante la reducción sostenida de la facturación eléctrica mensual.

Posterior a este periodo, la energía generada representará un beneficio económico neto, fortaleciendo la competitividad de la empresa y reduciendo la vulnerabilidad ante la variación de los precios de la energía eléctrica (OMP Energía Solar, 2024).

6.4. Plan de implementación propuesto

Fase 1 – Adecuación estructural:

Ejecución del refuerzo de viguetas y puntales de acuerdo con las especificaciones del informe técnico estructural.

Fase 2 – Instalación del sistema fotovoltaico:

Montaje de los paneles solares, inversor, cableado y conexión al tablero principal, bajo configuración On-Grid.

Fase 3 – Monitoreo y calibración inicial:

Medición de la generación eléctrica real durante los primeros seis meses, comparando la producción con las proyecciones teóricas para ajustar parámetros operativos.

Fase 4 – Reporte y Certificación Ambiental:

Integración de los datos de generación en la plataforma Huella de Carbono Perú, con el objetivo de obtener el Sello de Reconocimiento MINAM (niveles Bronce, Plata y Oro) en los próximos inventarios corporativos.

6.5. Plan de mantenimiento y garantía de rendimiento

OMP Energía Solar recomienda un programa anual de mantenimiento preventivo,

que debe incluir:

- Limpieza de paneles cada 3 a 4 meses para mantener la eficiencia.
- Inspección de fijaciones, estructura y soportes para detectar corrosión o fatiga de materiales.
- Revisión del cableado y del inversor para evitar pérdidas de energía.
- Monitoreo del Performance Ratio (PR), asegurando valores superiores al 80 %, conforme a las buenas prácticas internacionales de la ISO 50001 e ISO 14064-1.

El cumplimiento de estas rutinas garantizará el rendimiento óptimo del sistema y su vida útil estimada de 25 años, con una degradación anual inferior al 0.8 %.

6.6. Proyección y escalabilidad

El sistema fotovoltaico en la sede Lurín constituye el primer paso hacia la descarbonización progresiva de las operaciones de CGM Rental S.A.C.

Una vez verificada su eficiencia técnica y económica, se recomienda replicar esta experiencia en las sedes de Piura, Cusco y Arequipa, adaptando el diseño a las condiciones climáticas y demandas energéticas de cada región.

La implementación escalonada permitirá consolidar una estrategia corporativa de energía limpia, reduciendo emisiones de GEI, fortaleciendo la reputación ambiental de la empresa y contribuyendo al cumplimiento de las metas nacionales de mitigación establecidas en las NDC del Perú.

6.7. Reflexión final

La instalación del sistema fotovoltaico no solo representa una medida de mitigación, sino un cambio estratégico hacia una operación más sostenible, resiliente y competitiva. CGM Rental S.A.C., al integrar energías renovables en su gestión, da un

paso decisivo hacia la neutralidad de carbono corporativa, alineándose con la tendencia global de transición energética y con el compromiso nacional de acción climática.

REFERENCIAS

Caterpillar (2021). *2020 Sustainability Report*.

https://www.responsibilityreports.com/HostedData/ResponsibilityReportArchive/c/NYSE_CAT_2020.pdf

Chauca, M. A. (2023). *Evaluación de la huella de carbono de las actividades de una empresa de venta y alquiler de equipos livianos nuevos y usados* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio UNFV.

<https://hdl.handle.net/20.500.13084/6868>

Coz, A. (2020). *Estimación y reducción de la huella de carbono en la empresa Cargo Transport SAC sede Los Sauces, distrito de Ate – provincia de Lima, años 2016 – 2017* [Tesis de licenciatura, Universidad Continental]. Repositorio Institucional Continental. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/7883>

Elorreaga, C. (2024). *Estimación de la huella de carbono para el proyecto: recrecimiento de la presa de relaves Fase VIII de la empresa Soletanche Bachy Perú SAC* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio Universidad Privada de Tacna. <http://hdl.handle.net/20.500.12969/3721>

European Rental Association (17 de junio de 2019). *Carbon Footprint of Construction Equipment*. <https://erarental.org/publications/carbon-footprint-of-construction-equipment/>

Guevara, H. G. (2019). *Huella de carbono del parque automotor de Ica 2019, propuesta para su mitigación* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional San Luis Gonzaga]. Repositorio UNICA. <https://hdl.handle.net/20.500.13028/3341>

- Huamán, J. M. (2022). *Huella de carbono de las actividades logísticas del depósito temporal aduanero Dt Dinetperú, Callao-2019* [Tesis de licenciatura, Universidad San Ignacio de Loyola]. Repositorio Institucional USIL.
<https://hdl.handle.net/20.500.14005/13184>
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2013). *Glosario del Quinto Informe de Evaluación del IPCC*.
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2019). *Perfeccionamiento de 2019 de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. <https://www.ipcc.ch/report/2019-refinement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/>
- International Energy Agency [IEA]. (2021). *Energy efficiency 2021*. IEA Publications.
<https://iea.blob.core.windows.net/assets/9c30109f-38a7-4a0b-b159-47f00d65e5be/EnergyEfficiency2021.pdf>
- ISO. (2018). *ISO 14064-1:2018 - Gases de efecto invernadero — Parte 1: Especificación con orientación, a nivel de organizaciones, para la cuantificación y el informe de emisiones y remociones de gases de efecto invernadero*.
- Ley 30754 (18 de abril 2018). *Ley Marco sobre Cambio Climático*. Ministerio del Ambiente. <https://www.minam.gob.pe/cambioclimatico/wp-content/uploads/sites/127/2020/01/Reglamento-de-la-Ley-Marco-sobre-Cambio-Clim%C3%A1tico.pdf>

- Ministerio del Ambiente del Perú. (2021). *Guía para el funcionamiento de la herramienta Huella de Carbono Perú* (2ª ed.).
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2249723/ANEXO%20RM.%20185-2021-MINAM%20-%20Guia%20Funcionamiento%20HC-Peru.pdf.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (s.f.). *HUELLA DE CARBONO PERÚ*.
<https://huellacarbonoperu.minam.gob.pe/huellaperu/#/inicio>
- OMP Energía Solar. (2024). *Cotización técnica informativa sobre sistema fotovoltaico* [Documento no publicado].
- Pandey, D., Agrawal, M., & Pandey, J. S. (2011). Carbon footprint: Current methods of estimation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 178(1), 135-160.
<https://doi.org/10.1007/s10661-010-1837-4>
- Porter, M. E., & Kramer, M. R. (2006). Strategy and society: The link between competitive advantage and corporate social responsibility. *Harvard Business Review*, 84(12), 78-92.
- Rojas, W. (2022). *Determinación de la Huella de Carbono en la Empresa de Transportes "Empresas Unidas" Ruta Jaén-San Ignacio-Cajamarca, 2021* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio Institucional UNJ. <https://hdl.handle.net/UNJ/445>
- United Nations. (2015). *Paris Agreement*. United Nations Framework Convention on Climate Change. <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>
- Wiedmann, T., & Minx, J. (2008). A definition of "carbon footprint". In *Ecological economics research trends* (pp. 1-11). Nova Science Publishers Inc.
- World Bank. (2021). *State and trends of carbon pricing 2021*. World Bank Publications.

World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development.

(2013). Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions (version 1.0).

Greenhouse Gas Protocol.

https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Scope3_Calculation_Guidance_0.pdf

World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development

(2015). *The Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard (revised edition)*.

<https://ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/standards/ghg-protocol-revised.pdf>

ANEXOS

ANEXO N° 1: Alcance 1 – Consumo de Combustibles móviles

Mes	Periodo	Unidad	Tipo Combustible	Registro 1	Registro 2	Registro 3	Total
Enero	2023	Galones	Gasohol	476.703	0	59.77	536.473
Enero	2023	Galones	Glp	61.404	0	0	61.404
Enero	2023	Galones	Diesel	933.375	115.277	0	1048.652
Febrero	2023	Galones	Gasohol	373.087	0	48.886	421.973
Febrero	2023	Galones	Glp	41.463	0	0	41.463
Febrero	2023	Galones	Diesel	1203.587	59.203	0	1262.79
Marzo	2023	Galones	Gasohol	477.722	0	59.509	537.231
Marzo	2023	Galones	Glp	73.989	0	0	73.989
Marzo	2023	Galones	Diesel	1204.54	59.293	0	1263.833
Abril	2023	Galones	Gasohol	562.359	0	60.852	623.211
Abril	2023	Galones	Glp	65.744	0	0	65.744
Abril	2023	Galones	Diesel	1389.932	10.859	33.196	1433.987
Mayo	2023	Galones	Gasohol	609.316		62.573	671.889
Mayo	2023	Galones	Glp	29.504	10.535	10.741	50.78
Mayo	2023	Galones	Diesel	1267.418	20.573	67.539	1355.53
Junio	2023	Galones	Gasohol	542.719	0	76.911	619.63
Junio	2023	Galones	Glp	68.272	0	0	68.272
Junio	2023	Galones	Diesel	1267.14	15.963	58.827	1341.93
Julio	2023	Galones	Gasohol	522.457	0	65.174	587.631
Julio	2023	Galones	Glp	40.729	0	9.937	50.666
Julio	2023	Galones	Diesel	1628.335	15.997	30.213	1674.545
Agosto	2023	Galones	Gasohol	463.807	0	66.364	530.171
Agosto	2023	Galones	Glp	50.2	0	9.781	59.981
Agosto	2023	Galones	Diesel	1625.025	0	33.012	1658.037
Setiembre	2023	Galones	Gasohol	557.214	0	56.497	613.711
Setiembre	2023	Galones	Glp	57.218	0	0	57.218
Setiembre	2023	Galones	Diesel	1427.341	0	8.535	1435.876
Octubre	2023	Galones	Gasohol	646.668	7.961	68.365	722.994
Octubre	2023	Galones	Glp	8.535	0	0	8.535
Octubre	2023	Galones	Diesel	1411.756	28.4	37.559	1477.715
Noviembre	2023	Galones	Gasohol	668.579	0	68.948	737.527
Noviembre	2023	Galones	Glp	0	0	0	0
Noviembre	2023	Galones	Diesel	478.589	15.485	46.12	540.194
Diciembre	2023	Galones	Gasohol	692.479		73.432	765.911
Diciembre	2023	Galones	Glp	0	0	0	0
Diciembre	2023	Galones	Diesel	828.65	33.043	27.732	889.425

ANEXO N° 2: Alcance 2 – Consumo de Energía Eléctrica

Mes	Kw.h	Periodo	Importe
Enero	19511.00	2023	S/ 19,549.89
Febrero	22183.0	2023	S/ 22,220.44
Marzo	21610.00	2023	S/ 22,728.75
Abril	23240.0	2023	S/ 23,500.68
Mayo	19818.00	2023	S/ 20,708.45
Junio	19157.0	2023	S/ 19,721.05
Julio	17717	2023	S/ 19,304.36
Agosto	16730	2023	S/ 17,397.17
Setiembre	16920	2023	S/ 16,534.67
Octubre	17871	2023	S/ 16,604.18
Noviembre	19159	2023	S/ 17,666.45
Diciembre	17339	2023	S/ 17,417.56

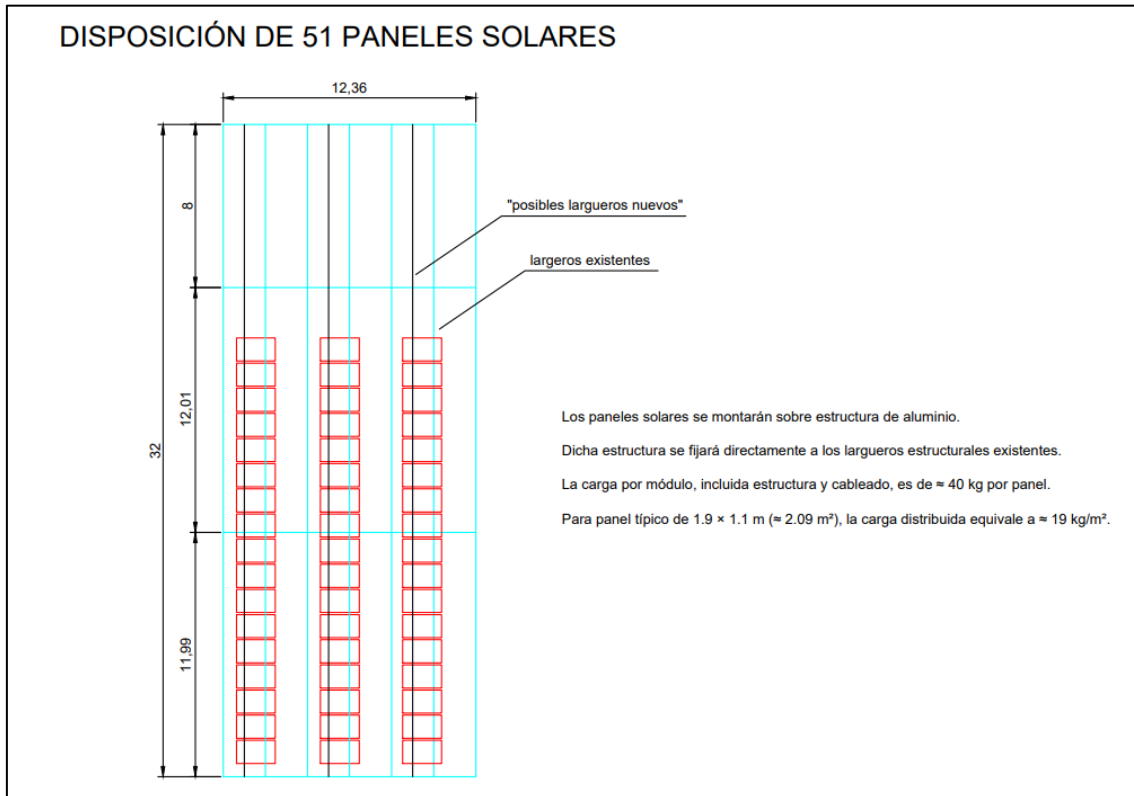
ANEXO N° 3: Alcance 3 – Registro de Vuelos

Tramo	Distancia recorrida (km/tramo)	Personas por Tramo	Veces por tramo recorrido (veces/año)	Periodo
LIM-AQP	764.00	27	34	2023
AQP-LIM	764.00	26	36	2023
LIM-PIU	848.00	16	24	2023
PIU-LIM	848.00	18	24	2023
CUZ-LIM	584.00	12	12	2023
LIM-CUZ	584.00	15	16	2023
CUZ-AQP	312.00	2	2	2023
LIM-JUL	842.00	1	1	2023
JUL-LIM	842.00	1	1	2023
CIX-LIM	653.00	7	13	2023
LIM-CIX	653.00	4	11	2023
LIM-TYL	945.00	2	1	2023
TYL-LIM	945.00	2	1	2023
LIM-TRU	488.00	2	2	2023
TRU-LIM	488.00	3	3	2023
LIM-PCL	491.00	4	5	2023
PCL-LIM	491.00	4	5	2023
LIM-BOG	1,886.00	2	2	2023
BOG-CTG	653.00	2	2	2023
CTG-BOG	653.00	2	2	2023
BOG-UIO	710.00	2	2	2023
UIO-LIM	1,329.00	2	2	2023
LIM-PEM	858.00	1	2	2023
PEM-LIM	858.00	1	1	2023
LIM-GRU	3,471.00	2	2	2023
GRU-LIM	3,471.00	2	2	2023

ANEXO N° 4: Desglose de GEI (CO₂, CH₄, N₂O) según fuente de emisión.

Fuente de emisión	tCO ₂	tCH ₄	tN ₂ O	tHFC	tPFC	tSF ₆	tNF ₃	Emisiones GEI (tCO ₂ e)
Combustión de fuentes móviles	197.31	0.05	0.01	0	0	0.00	0.00	201.19
Fuentes móviles biogénicas	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0.03
Consumo de energía eléctrica	49.28	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	49.43
Transporte aéreo	742.08	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	742.08

ANEXO N° 5: Diseño y Layout del Sistema Fotovoltaico



Fuente: Elaboración propia a partir de información proporcionada por OMP Energía Solar (2024).

ANEXO N° 6: Vista Aérea CGM Rental - Lurín




Fuente: Google Earth PRO

ANEXO N° 6: Resumen Económico y Retorno de Inversión

Concepto	Valor
Inversión Total	USD 17,335.33 (≈ S/. 62,407.19)
Generación Mensual Estimada	2,900 kWh
Consumo Promedio sede Lurín	5,800 kWh/mes
Cobertura Esperada	40 – 60 %
Reducción de Emisiones	49.43 tCO ₂ e/año
Retorno de Inversión	63 meses (5 años y 3 meses)

ANEXO N° 7: Plataforma Huella de Carbono Perú - Reporte y Resultados de Informe

A7 –1 : Resumen de Resultados – Huella de Carbono CGM Rental



PERÚ Ministerio del Ambiente

Herramienta Huella de Carbono Perú

REPORTE DE HUELLA DE CARBONO

1.- DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN:

Razón Social: CGM RENTAL SOCIEDAD ANONIMA CERRADA

Sector Comercial: N: Actividades de servicios administrativos y de apoyo

Sub-sector: Alquiler y arrendamiento de otros tipos de maquinaria, equipo y bienes tangibles

Actividades: Servicio de alquiler de maquinarias y equipos sin operador para movimiento de tierra, construcción, movimiento de materiales y equipos de apoyo.

Periodo de reporte: 2023

2.- RESUMEN DE RESULTADOS:

La organización CGM RENTAL SOCIEDAD ANONIMA CERRADA, generó:

993 tCO₂e

Además, por quema de biomasa 7.51 tCO₂ y 0.000 tHCFC.

Se ha considerado una incertidumbre: Razonable.

El enfoque de consolidación del límite de información ha sido CONTROL OPERATIVO al 100%.

El enfoque para las emisiones indirectas por energía importado es el BASADO EN LA UBICACIÓN.

Los resultados del presente inventario de GEI por límite organizacional son:

Tabla: Límite organizacional y emisiones de GEI respectivas.

Instalación o actividad	Total GEI [tCO ₂ e]
CGM RENTAL SEDE LURIN	992.73

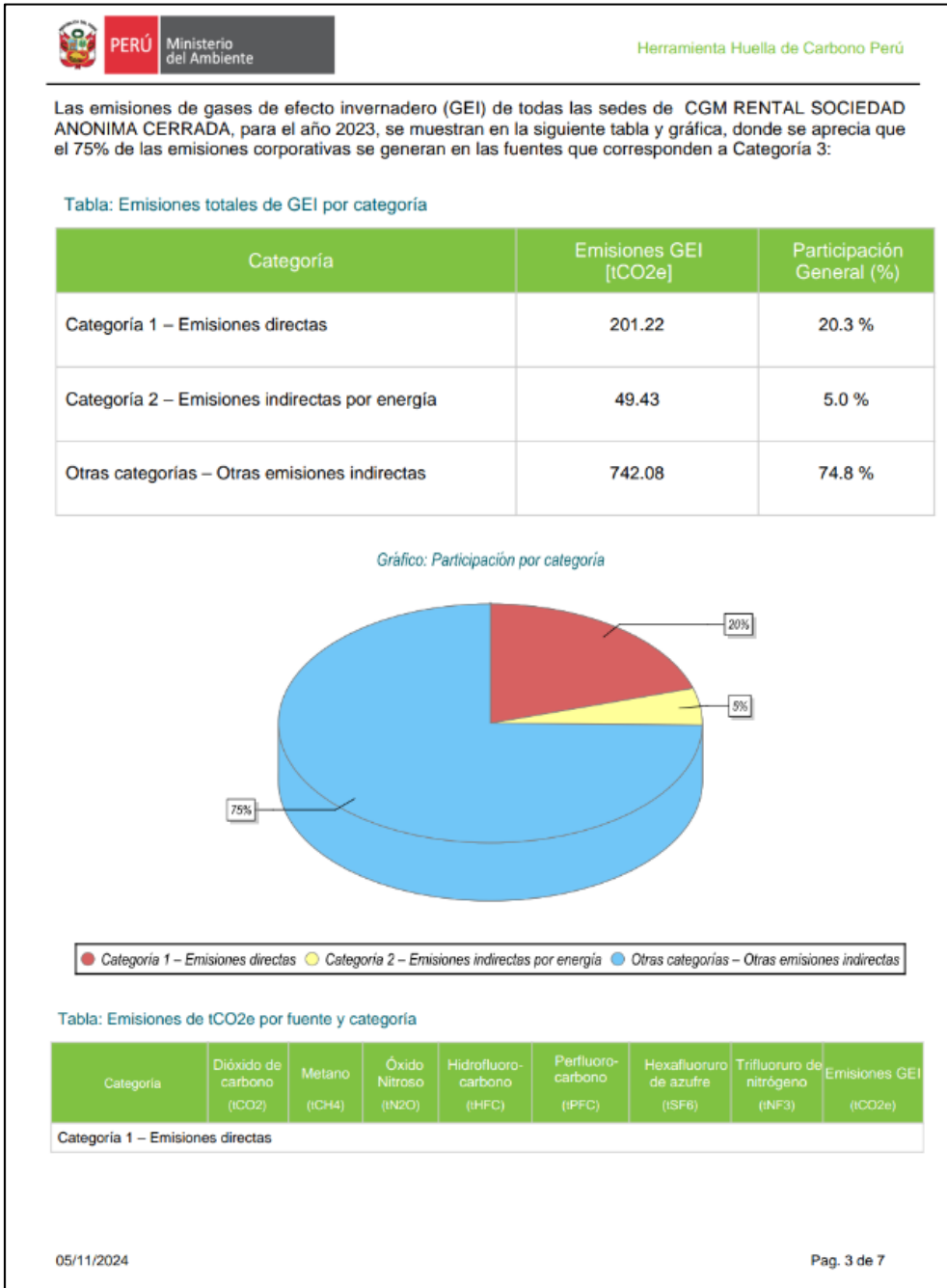
Este reporte de emisiones de GEI de CGM RENTAL SOCIEDAD ANONIMA CERRADA, para el año 2023, es el resultado del uso de la Huella de Carbono Perú del Ministerio del Ambiente. En el proceso de cálculo y reporte se siguieron protocolos y metodologías estandarizadas: NTP ISO 14064-1:2020, GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard, Directrices del IPCC de 2006 para inventarios nacionales de GEI (GL2006) y el Quinto Reporte del IPCC (AR5).

3. INVENTARIO DE GEI

3.1. Emisiones GEI de la organización.

05/11/2024

Pag. 2 de 7



A7 –3 : Emisiones obtenidas y calculadas por fuente y categoría

		Herramienta Huella de Carbono Perú						
Categoría	Dióxido de carbono (tCO2)	Metano (tCH4)	Óxido Nitroso (tN2O)	Hidrofluoro-carbono (tHFC)	Perfluoro-carbono (tPFC)	Hexafluoruro de azufre (tSF6)	Trifluoruro de nitrógeno (tNF3)	Emisiones GEI (tCO2e)
Combustión de fuentes móviles	197.31	0.05	0.01	0	0	0.00	0.00	201.19
Fuentes móviles biogénicas	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0.03
Categoría 2 – Emisiones indirectas por energía								
Consumo de energía eléctrica	49.28	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	49.43
Otras categorías – Otras emisiones indirectas								
Transporte aéreo	742.08	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	742.08

Tabla: Emisiones de los gases GEI por fuentes y categoría.

Categoría	Emisiones GEI [tCO2e]	Participación General (%)
Categoría 1 – Emisiones directas		
Combustión de fuentes móviles	201.19	20.26 %
Fuentes móviles biogénicas	0.03	0.00 %
Categoría 2 – Emisiones indirectas por energía		
Consumo de energía eléctrica	49.43	4.97 %
Otras categorías – Otras emisiones indirectas		
Transporte aéreo	742.08	74.75 %
TOTAL HUELLA DE CARBONO	992.73	

05/11/2024 Pag. 4 de 7