# UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

## FACULTAD DE INGENIERÍA

## ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**T E S I S**

# Determinación de la huella de carbono generado por las actividades operativas de la Gerencia de Gestión de Residuos Sólidos, Municipalidad Provincial de Oxapampa, Pasco, durante el año 2022

**Para optar el título profesional de:**
**Ingeniero Ambiental**


**Autor:**

**Bach. Edgar Alexis GUTIERREZ MENDIZABAL**

**Asesor:**

**Mg. Lucio ROJAS VITOR**



**Cerro de Pasco – Perú - 2025**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

# T E S I S

# Determinación de la huella de carbono generado por las actividades operativas de la Gerencia de Gestión de Residuos Sólidos, Municipalidad Provincial de Oxapampa, Pasco, durante el año 2022

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

| | |
|---|---|
| Dr. Luis Alberto PACHECO PEÑA<br>**PRESIDENTE** | Dr. David Johnny CUYUBAMBA ZEVALLOS<br>**MIEMBRO** |

Mg. Rosario Marcela VÁSQUEZ GARCÍA
**MIEMBRO**

**Universidad Nacional Daniel Alcides**

**Carrión Facultad de Ingeniería**

**Unidad de Investigación**

## INFORME DE ORIGINALIDAD N° 265-2025-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

**Determinación de la huella de carbono generado por las actividades operativas de la Gerencia de Gestión de Residuos Sólidos, municipalidad provincial de Oxapampa, Pasco, durante el año 2022.**

Apellidos y nombres del tesista

**Bach. Edgar Alexis GUTIERREZ MENDIZABAL**

Apellidos y nombres del Asesor:

**Mg. Lucio ROJAS VITOR**

Escuela de Formación Profesional

**Ingeniería Ambiental**

Índice de Similitud

**4 %**

**APROBADO**

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes.

Cerro de Pasco, 6 de mayo del 2025

Firma Digital UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN [AVANZADA]

Firmado digitalmente por PALOMINO ISIDRO Ruben Edgar FAU 20154605046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 06.05.2025 19:25:04 -05:00

## DEDICATORIA

*A mis padres, hermanos, y amigos.*

## AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Municipalidad Provincial de Oxapampa y a la Gerencia de Gestión de Residuos Sólidos por su valioso esfuerzo y compromiso, brindando la información necesaria para el desarrollo de esta investigación. Su apertura y colaboración fueron fundamentales para el análisis de la huella de carbono en las actividades operativas de gestión de residuos sólidos. De manera especial, agradezco a los asesores y docentes, quienes, con su orientación, conocimientos y constante apoyo, contribuyeron significativamente a la estructuración y solidez de este estudio. Asimismo, reconozco con profunda gratitud el trabajo cotidiano de los funcionarios y operarios que, con dedicación y esfuerzo, realizan la gestión de los residuos sólidos. Su compromiso con la protección ambiental constituye un pilar esencial para el desarrollo sostenible de la provincia de Oxapampa. Finalmente, extiendo mi agradecimiento a todas las personas e instituciones que, de manera directa o indirecta, hicieron posible la realización de este estudio. Su apoyo ha permitido generar información valiosa que contribuirá a la optimización de la gestión ambiental en la región, en beneficio de las generaciones presentes y futuras.

## RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo determinar la huella de carbono de las actividades operativas de la Gerencia de Gestión de Residuos Sólidos de la Municipalidad Provincial de Oxapampa (Pasco) durante el año 2022. Se aplicó la metodología de la herramienta Huella de Carbono Perú, alineada a estándares internacionales como la Norma Técnica Peruana ISO 14064-I:2020, el GHG Protocol y los reportes del IPCC. El estudio definió el alcance y límites de las operaciones, identificando actividades como recolección y transporte de residuos, valorización de orgánicos y aprovechables, tratamiento de lixiviados y disposición final. Se cuantificaron 16 unidades de emisiones, de las cuales 15 correspondieron al alcance 1 y una al alcance 2. Los resultados muestran que la huella de carbono generada alcanzó 150.113 toneladas de $CO_2$, además de 0.00756 toneladas de metano y 0.00807 toneladas de óxido nitroso. Las principales fuentes de emisión fueron el transporte y disposición final de residuos, la valorización y el tratamiento de lixiviados. Se concluye que la gestión municipal de residuos sólidos representa una fuente significativa de gases de efecto invernadero, por lo que resulta indispensable implementar estrategias de mitigación y mejora en los procesos operativos.



**Palabras clave**: Huella de carbono, GEI's, recolección selectiva y transporte de residuos sólidos, valorización de residuos orgánicos, valorización de residuos aprovechables, tratamiento de lixiviados, disposición final de residuos sólidos, Municipalidad provincial de Oxapampa.

## ABSTRACT

The research aimed to determine the carbon footprint generated by the operational activities of the Solid Waste Management Office of the Provincial Municipality of Oxapampa (Pasco) during 2022. The methodology applied was the Peru Carbon Footprint tool, aligned with international standards such as the Peruvian Technical Standard ISO 14064-I:2020, the GHG Protocol, and IPCC reports. The scope and boundaries of operations were defined, identifying key activities including selective collection and transportation of waste, organic and recyclable waste recovery, leachate treatment, and final disposal. A total of 16 emission units were quantified, of which 15 corresponded to scope 1 and one to scope 2. Results show that the carbon footprint reached 150.113 tons of $CO_2$, in addition to 0.00756 tons of methane and 0.00807 tons of nitrous oxide. The main emission sources were waste transportation and final disposal, as well as organic and recyclable waste recovery and leachate treatment. It is concluded that municipal solid waste management represents a significant source of greenhouse gas emissions, highlighting the need to implement mitigation strategies and improvements in operational processes.



**Keywords:** Carbon footprint, GHGs, collection, selective and transport of solid waste, recovery of organic waste, recovery of recyclable waste, leachate treatment, final disposal of solid waste, Provincial Municipality of Oxapampa.

# INTRODUCCIÓN

Todas las actividades inherentes al ser humano generan emisiones de gases de efecto invernadero, estás son capaces de contribuir en el cambio climático al atrapar el calor y no permitir su liberación, agravando las enfermedades respiratorias que son causadas por el smog y la contaminación atmosférica.

Durante el año 2022, la gerencia de residuos sólidos de la municipalidad de Oxapampa ha sido una unidad orgánica que ha realizado un mayor consumo de combustibles como diésel y gasohol (alcance 1), y energía eléctrica (alcance 2), a fin de brindar un excelente servicio de limpieza pública a través de las operaciones de recolección selectiva y transporte de residuos sólidos, valorización de residuos orgánicos, valorización de residuos aprovechables, tratamiento de lixiviados y disposición final.

El estudio estuvo constituido por la identificación de fuentes y unidades emisoras, identificación del tipo de alcance, cuantificación de emisiones generadas por la gerencia de reserva de residuos sólidos en el año 2022.

La investigación se encuentra dividida en cuatro capítulos, el primer capítulo denominado planteamiento del problema, detalla los objetivos y limitaciones; el segundo capítulo se caracteriza por albergar los antecedentes, bases teóricas, hipótesis y variables; el tercer capítulo, establece la metodología y técnicas de investigación; el cuarto capítulo los procedimientos, resultados y discusión; en el apéndice final se presenta las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

**INDICE**

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

INDICE

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

**CAPÍTULO I**

**PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

1.1. Identificación y planteamiento 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 Conceptual ..... 3

1.3. Formulación del Problema ..... 3

1.3.1. Problema principal ..... 3

1.3.2. Problemas específicos ..... 3

1.4. Formulación de objetivos ..... 4

1.4.1. Objetivo General ..... 4

1.4.2. Objetivos Específicos ..... 4

1.5. Justificación de la investigación ..... 5

1.5.1. Justificación teórica ..... 5

1.5.2. Justificación práctica ..... 5

1.5.3. Justificación metodológica ..... 6

1.5.4. Justificación social ..... 6
1.6. Limitaciones de la investigación ..... 6

## CAPITULO II

## MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio ..... 7
2.1.1. Antecedente Internacionales ..... 7
2.1.2. Antecedentes nacionales ..... 8
2.2. Bases Teórico – Científicos ..... 13
2.2.1. Contaminación atmosférica ..... 13
2.2.2. Contaminación atmosférica ..... 14
2.2.3. Gases de efecto invernadero ..... 16
2.2.4. Efectos de la contaminación atmosférica ..... 20
2.2.5. Huella de carbono ..... 25
2.2.6. Métodos para calcular la huella de carbono ..... 26
2.2.7. Procedimiento de cálculo de la huella de carbono ..... 28
2.2.8. Gestión de residuos sólidos ..... 32
2.2.9. Gases de efecto invernadero en el manejo y gestión de residuos sólidos . 32
2.3. Definición de Términos básicos ..... 33
2.4. Formulación Hipótesis ..... 34
2.4.1. Hipótesis General ..... 34
2.4.2. Hipótesis Específicos ..... 34
2.5. Identificación de las Variables ..... 35
2.5.1. Variables de la Hipótesis General ..... 35
2.5.2. Variables de la Hipótesis Específica 1 ..... 35
2.5.3. Variables de la Hipótesis Específica 2 ..... 36

2.5.4. Variables de la Hipótesis Específica 3 ..... 36

2.5.5. Variables de la Hipótesis Específica 4 ..... 36

2.6. Definición operacional de las variables e indicadores ..... 37

## CAPÍTULO III

## METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación ..... 38

3.2. Nivel de investigación ..... 39

3.3. Método de la investigación ..... 39

3.3.1. Pasos para la determinación de la huella de ..... 40

3.4. Diseño de la Investigación ..... 42

3.5. Población y Muestra ..... 42

3.5.1. Población ..... 42

3.5.2. Muestra ..... 42

3.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos ..... 43

3.7. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos ..... 44

3.8. Tratamiento estadístico ..... 44

3.9. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación ..... 44

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica ..... 45

## CAPÍTULO IV

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo ..... 46

4.1.1. Ubicación Geográfica ..... 46

4.1.2. Línea de base ..... 48

4.1.3. Municipalidad Provincial de Oxapampa ..... 57

4.1.4. Gerencia de Gestión de residuos sólidos ..... 59

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados ..... 63

4.2.1. Límite para la determinación de la huella de carbono ..... 63

4.2.2. Huella de carbono por las actividades operativas de la Gerencia de Residuos sólidos (HdC)..... 63

4.2.3. Cálculo del combustible consumido por la Gerencia de Residuos sólidos. ..... 76

4.2.4. Calculo de emisiones de la Gerencia de Residuos sólidos..... 84

4.3. Prueba de hipótesis..... 85

4.4. Discusión de resultados..... 93

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1: Relación de CO2 disuelto, bicarbonato (HCO.3) e iones carbonato (CO2.3) con el pH. .....24

Figura 2: Simulación del aumento del nivel del mar a causa de $CO_2$ .....25

Figura 3: Pasos generales para la determinación de la Huella de carbono.....40

Figura 4: Mapa de los distritos de Oxapampa, Chontabamba y Huancabamba.....47

Figura 5: Organigrama de la Municipalidad Provincial de Oxapampa 2023.....58

Figura 6: Organigrama del Equipo Técnico Operativo de la Gerencia de Gestión de Residuos sólidos .....60

Figura 7:Generación de t eq $CO_2$ eq por actividad operativa de la gerencia de gestión de residuos sólidos - 2022 .....75

Figura 8: Consumo de Diésel de camiones expresado en galones en las operaciones de recolección y transporte de RRSS -2022.....77

Figura 9: Consumo de Combustible (gl) para las operaciones de tratamiento de lixiviados .....80

Figura 10: Consumo de Diesel (gl) en la operación de disposición final de RRSS -2022. .....82

Figura 11: % Consumo de combustible (Diesel B5) por actividad operativa de la gerencia de gestión de residuos sólidos - 2022 .....83

Figura 12: Estimación de toneladas de Gases de emitidos por las actividades operativas de la gerencia de gestión de residuos sólidos (Alcance 1 + alcance 2) - Enero a Diciembre 2022 .....84

Figura 13: Gráfico de dispersión entre variables de consumo de combustible y huella de carbono .....87

Figura 14:Huella de carbono vs Consumo de combustible.....92

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1: Categorías generales de enfermedades humanas provocadas por contaminantes del aire ..... 21

Tabla 2: Operacionalizad de variables de investigación ..... 37

Tabla 3: Muestra de estudio ..... 43

Tabla 4: Ubicación geográfica de la intervención de investigación ..... 46

Tabla 5: Clasificación Taxonómica de suelo del área de investigación ..... 48

Tabla 6: Capacidad de uso mayor del área de investigación ..... 49

Tabla 7: Precipitación anual ..... 52

Tabla 8: Unidades Orgánicas de la Gerencia de Residuos sólidos ..... 59

Tabla 9: Camiones compactadores de recolección empleados durante el año 2022 ..... 61

Tabla 10: Camión furgón de recolección empleado durante el año 2022 ..... 61

Tabla 11: Camioneta empleada en el año 2022 ..... 61

Tabla 12: Grupo electrógeno empleado en el año 2022 ..... 61

Tabla 13: Minicargador empleado en el año 2022 ..... 62

Tabla 14: Motobombas empleados en el año 2022 ..... 62

Tabla 15: Maquinarias empeladas en el año 2022 ..... 62

Tabla 16: Fuentes de emisión del alcance 1 ..... 65

Tabla 17: Fuentes de emisión del alcance 2 ..... 65

Tabla 18: Unidad de estudio generadores de GEI de alcance 1 ..... 66

Tabla 19: Unidad de estudio generadores de GEI de alcance 2 ..... 66

Tabla 20:VCN de los combustibles empleados en las operaciones de residuos sólidos (transporte terrestre - fuentes móviles) ..... 67

Tabla 21: VCN de los combustibles empleados en las operaciones de residuos sólidos (generación de energía - fuentes fijas) ..... 68

Tabla 22: Factores de emisión de $CO_2$ para transporte terrestre ..... 68

Tabla 23: Factores de emisión de $CH_4$ y $N_2O$ para transporte terrestre ..... 68

Tabla 24: Factores de emisión de los combustibles utilizados en los cálculos del sector Energía..... 68

Tabla 25: Estimación de emisiones de $CO_2$ en toneladas por consumo de Diésel B5 para las operaciones de recolección y transporte de RRSS -2022 ..... 69

Tabla 26:Estimación de emisiones de $CO_2$ por Consumo de Diesel (gl) para las operaciones de Valorización de residuos sólidos orgánicos..... 70

Tabla 27: Estimación de emisiones de $CO_2$ por Consumo de Diesel (gl) para las operaciones de Valorización de residuos Aprovechables. ..... 71

Tabla 28: Estimación de emisiones de $CO_2$ por Consumo de electricidad por Prensa hidráulica para las operaciones de Valorización de residuos Aprovechables. ..... 71

Tabla 29: Estimación de emisiones de $tCO2^{-eq}$ por Consumo de Gasohol para las operaciones de tratamiento de lixiviados ..... 72

Tabla 30: Estimación de emisiones de $tCO_2eq$ Consumo de diésel para las operaciones de tratamiento de lixiviados..... 73

Tabla 31. Estimación de emisiones de $CO_2$ por Consumo de Diesel para las operaciones de disposición final de RRSS -2022..... 74

Tabla 32: Generación de Toneladas (Tn) de $CO_2$ por actividad operativa de la gerencia de gestión de residuos sólidos - 2022..... 75

Tabla 33: Consumo de Diésel de camiones expresado en galones en las operaciones de recolección y transporte de RRSS -2022..... 76

Tabla 34: Consumo de Diesel (gl) para las operaciones de Valorización de residuos Aprovechables Año 2022 ..... 78

Tabla 35: Consumo de Diesel (gl) para las operaciones de Valorización de residuos orgánicos.....78
Tabla 36: Consumo de Combustible (gl) para las operaciones de tratamiento de lixiviados .....79
Tabla 37: Consumo de Diesel (gl) para las operaciones de disposición final de RRSS - 2022 .....81
Tabla 38: Consumo de combustible Diesel B5 (galones) por actividad operativa de la gerencia de gestión de residuos sólidos - 2022 .....83
Tabla 39: Consumo de combustible Gasohol (galones) por actividad operativa de la gerencia de gestión de residuos sólidos - 2022 .....83
Tabla 40: Emisiones expresado en toneladas (Tn) de las Actividades operativa de la gerencia de gestión de residuos sólidos (Alcance 1 + alcance 2) - Enero a Diciembre 2022 .....84
Tabla 41: Estadística de regresión de actividades operativas de la GGRS y Huella de Carbono .....85
Tabla 42: Análisis de Varianza entre actividades operativas de la GGRS y Huella de Carbono .....85
Tabla 43: Estadística de regresión de consumo de combustible y huella de carbono ....86
Tabla 44: Análisis de Varianza entre consumo de combustible y huella de carbono ....87
Tabla 45: Estadística de regresión entre las actividades operativas de la Gerencia de Residuos sólidos y generación de metano (CH4) en el año 2022 .....88
Tabla 46: Análisis de varianza actividades operativas de la Gerencia de Residuos sólidos y generación de metano (CH4).....89
Tabla 47: Determinación de coeficientes para la formulación de ecuación de regresión lineal múltiple.....89

Tabla 48: Estadística de regresión entre las actividades operativas de la Gerencia de Residuos y emisión de óxido nitroso (N2O) ..... 90
Tabla 49: Análisis de varianza entre actividades operativas de la Gerencia de Residuos y emisión de óxido nitroso (N2O) ..... 90
Tabla 50: Determinación de coeficientes para la formulación de ecuación de regresión lineal múltiple entre las variables actividades operativas de la GGRS y óxido nitrososo. ..... 91
Tabla 51: Análisis de correlación de Pearson ..... 92

# CAPÍTULO I

# PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

## 1.1. Identificación y planteamiento del problema

A nivel mundial las personas satisfacen sus necesidades de consumo de diversos bienes y servicios que han venido aumentado de manera insostenible ya sea por el aumento de la población o por hábitos de consumo excesivo trayendo como consecuencia la generación significativa de la huella de carbono. Es por lo antes mencionado que se puede inferir que el servicio de limpieza pública brindado alrededor del mundo también genera su huella de carbono (HdC).

En el contexto nacional el ministerio del ambiente promueve una gestión integrada en el manejo de residuos sólidos promoviendo el uso de maquinarias y equipos que maximicen la valorización material y energética de los residuos sólidos, sin embargo estas maquinarias y equipos consumen grandes cantidades de energía, por una parte se pretende reducir la generación de gases de efecto invernadero mediante el manejo adecuado de residuos sólidos pero otra parte se ha obviado la posible cantidad de gases de efecto invernadero generados por los procesos.

La municipalidad provincial de Oxapampa ha sido reconocida por el ministerio del ambiente y distintos medios de comunicación como un referente de la gestión integral de residuos sólidos a nivel nacional, los procesos que se desarrollan en marcados a lo dispuesto por el Ministerio del ambiente (2020) son "barrido de calles y limpieza de espacios públicos, recolección selectiva, transporte de residuos sólidos, acondicionamiento, valorización y disposición final" además de haberse incorporado el mantenimiento del área recuperada tras haber sido degrada por residuos sólidos; cada una de estos procesos se desarrollan de la manera más ordenada y estricta posible.

La gerencia de gestión de residuos sólidos (GGRS) de la Municipalidad Provincial de Oxapampa, efectúa actividades operativas que su naturaleza demandan mayor consumo de combustibles fósiles a través del uso de maquinarias y equipos; son cuatro (4) camiones compactadores, una (01) retroexcavadora un (01) mini cargador, una (01) prensa hidráulica, dos (02) motobombas y un (01) camión furgón, las cuales constituyen un medio de apoyo en dichas operaciones.

Así mismo sabemos que el consumo de combustibles fósiles trae como consecuencia la contaminación atmosférica. A fin de poder estimar, calcular y determinar la cantidad de CO2 emitidos a la atmosfera se han diseñados diversas metodologías de cálculo los cuales sirven para poder establecer medidas de control y mitigación ante nuestra HdC.

## 1.2. Delimitación de la investigación

### 1.2.1. Delimitación espacial

Las actividades operativas de la GGRS son propias de la Municipalidad provincial de Oxapampa, sin embargo, estos procesos se llevan a cabo en la zona urbana del distrito de Oxapampa, carretera hacia el relleno sanitario, y propiamente el mismo relleno sanitario el cual se encuentra en el sector San Jorge, distrito de Huancabamba.

### 1.2.2. Delimitación Temporal

Para fines de la investigación se utilizaron datos del consumo de combustible y electricidad del 01 enero al 31 de diciembre del año 2022.

### 1.2.3. Delimitación Conceptual

Se determinará la huella de carbono generada por las actividades operativas de la GGRS mediante la aplicación de la metodología ISO NTP ISO-14064:2020.

## 1.3. Formulación del Problema

### 1.3.1. Problema principal

¿A cuánto equivale la huella de carbono generado por las actividades operativas de la gerencia de gestión de residuos sólidos de la municipalidad provincial de Oxapampa, Pasco, durante el año 2022?

### 1.3.2. Problemas específicos

a. ¿Cuánto influyó el consumo de combustible en la emisión de la huella de carbono tras el desarrollo de las actividades operativas correspondiente a la gerencia de gestión de residuos sólidos de la municipalidad provincial de Oxapampa, Pasco, durante el año 2022?

b. ¿Cómo se relacionaron las emisiones de Metano (CH4) de acuerdo a la NTP ISO-14064:2020?, y las actividades operativas de la Gerencia de residuos sólidos en el año 2022?

c. ¿Cómo se relacionaron las emisiones de óxido nitroso (N2O) de acuerdo a la NTP ISO-14064:2020, y las actividades operativas de la Gerencia de residuos sólidos en el año 2022?

d. ¿Cuál es el grado de correlación entre el consumo de combustible, y huella de carbono generado por las actividades operativas correspondiente a la gerencia de gestión de residuos sólidos, municipalidad provincial de Oxapampa, Pasco, durante el año 2022?

## 1.4. Formulación de objetivos

### 1.4.1. Objetivo General

Determinar la huella de carbono generado por las actividades operativas de la gerencia de gestión de residuos sólidos, municipalidad provincial de Oxapampa, Pasco, durante el año 2022.

### 1.4.2. Objetivos Específicos

a. Determinar la influencia del consumo de combustible en la emisión de la huella de carbono tras el desarrollo de las actividades operativas correspondiente a la gerencia de gestión de residuos sólidos de la municipalidad provincial de Oxapampa, Pasco, durante el año 2022

b. Determinar la relación entre las emisiones de Metano (CH4) de acuerdo a la NTP ISO-14064:2020, y las actividades operativas de la Gerencia de residuos sólidos en el año 2022

c. Determinar la relación entre las emisiones de óxido nitroso (N2O) de acuerdo a la NTP ISO-14064:2020, y las actividades operativas de la Gerencia de residuos sólidos en el año 2022

d. Determinar el grado de correlación entre el consumo de combustible, y huella de carbono generado por las actividades operativas correspondiente a la gerencia de gestión de residuos sólidos, municipalidad provincial de Oxapampa, Pasco, durante el año 2022

## 1.5. Justificación de la investigación

### 1.5.1. Justificación teórica

Actualmente existen investigaciones estimación de la HdC producida por actividades de procesos y la administración de diversas instituciones públicas y privadas, sin embargo no hay alguna que se haya realizado delimitándolo a las operaciones de recolección selectiva y transporte de los residuos sólidos, en el presente trabajo se realizará un estudio en la que determinará la huella de carbono en dichas operaciones, así mismo que se determinará el grado de relación entre el consumo de combustibles, kilómetros recorridos con la huella de carbono de la unidad de barrido y recolección correspondiente a la GGRS sólidos de la Municipalidad Provincial de Oxapampa 2022.

### 1.5.2. Justificación práctica

Con el presente trabajo de investigación se estimará la huella de carbono generada por las actividades operativas de la Gerencia de Residuos Sólidos, así como el grado de correlación entre el consumo de combustible y la huella de carbono producida durante la ejecución de las actividades operativas de la Gerencia de Gestión de Residuos Sólidos de la Municipalidad Provincial de

Oxapampa, Pasco, en el año 2022; en consecuencia, se podrán plantear medidas de mitigación y control.

### 1.5.3. Justificación metodológica

La metodología del presente estudió está orientado en la guía e instructivos establecidos para la estimación de la HdC.

### 1.5.4. Justificación social

La presente investigación contribuirá a generar impactos sociales positivos los cuales se enuncian a continuación:

- Minimización de la HdC mediante la optimización de las rutas de recolección de residuos sólidos, optimización de los procesos de valorización y disposición final los cuales están directamente relacionadas al consumo de combustibles.
- Así mismo las medidas de control que sean identificadas en el presente estudio podrán ser aplicadas en otras instituciones públicas y privadas lo cuales tengan como objeto reducir la HdC.

## 1.6. Limitaciones de la investigación

Se identifican las siguientes limitaciones:

- Tiempo por parte del investigador, cruce de horarios laborales con el monitoreo programado.
- Interrupciones eléctricas ya que la investigación es de naturaleza remota.

# CAPITULO II

# MARCO TEÓRICO

## 2.1. Antecedentes del estudio

### 2.1.1. Antecedente Internacionales

Existen diversas investigaciones realizadas relacionadas a la estimación de la huella de carbono (HdC). Hernández et. al (2022), realizaron la indagación titulada como la "*Evaluación de la huella de carbono de vehículos con motor eléctrico y de combustión interna según la matriz energética de Ecuador: Caso de estudio KIA soul vs KIA Soul EV"* la cual tuvo como objetivo efectuar una valorización de la HdC entre los vehículos que cuenten características de un motor de combustión interna (VMCI) y aquellos de motores eléctricos a batería (VEB) bajo un contexto energético del Ecuador. Posteriormente la autora empleó un análisis pozo a rueda, mediante el cual primero se determinó la matriz de generación eléctrica del país. Como resultado, determinó que las emisiones de gases de efecto invernadero del VMCI de Ecuador son de 236,16 $gCO_2/km$ mientras que el VEB es de 63,14 $gCO_2/km$, sólo el 27% de las emisiones del VMCI.

Por otro lado Nodarse y Alonso (2021) mediante la investigación titulada "*Determinación estimada de la huella de carbono en un municipio rural"*, se buscó determinar el balance de absorción de emisiones de carbono de una comunidad rural según su actividad socioeconómica, y si esta última puede absorber el $CO_2$ emitido, según la investigación de Lajas, se demuestra que los bosques logran capturar el $CO_2$ emitido por las actividades de transporte de pasajeros, resultando en un excedente de secuestro de 56.043.335 kg de $CO_2$ al año. En un orden de análisis similar, comparando 2019 y 2020, se encontró que las emisiones de anhídrido carbónico disminuyeron en 36.144,5 kg $CO_2$, principalmente debido a la reducción de la actividad inducida por la pandemia y las mejoras en la eficiencia de los vehículos.

Marcela et. al (2017) efectuaron la investigación titulada "*Comparación de los escenarios de emisiones de GEI por combustión móvil y fertilización en un cultivo de caña comercial y orgánica a través de los modelos de simulación"*. El propósito de este trabajo fue mostrar una evaluación comparativamente de las emisiones de GEI de dos fuentes: combustión móvil y fertilización agrícola. El cultivo de la caña de azúcar es considerado el principal motor económico de Colombia, en especial del Departamento del Valle del Cauca, que impulsa 0,7 % del PIB de Colombia y genera más de 180.000 empleos directos. Como muestra este estudio, se trata de un sistema de producción respetuoso con el medio ambiente y con bajas emisiones de gases de efecto invernadero.

### 2.1.2. Antecedentes nacionales

Ayala y Cordero (2021), realizaron una investigación denominada "*Estimación de la Huella de Carbono de la Municipalidad Distrital de Tambo-Provincia La Mar-Región de Ayacucho-2020"*, tuvo como objetivo estimar la

HdC, para ello se siguiero los siguinetes pasos; la visita a la institución para la recopilación de información mediante encuestas que pudieran realizar formatos de recopilación de datos y contabilizar las emisiones del año. Finalmente la HdC de MDT resultó en un total de 109,53 toneladas de $CO_2$ equivalente. Asimismo, para cada alcance se obtuvo un 57,51% para el Alcance 1, un 32,04% para el Alcance 2 y un 10,45% para el Alcance 3.

Barrientos (2021) realizó la investigación titulada como "*Determinación de la Huella de Carbono del Consumo de Combustible Líquido de la Empresa Transportes Cruz Del Sur S.A.C. en Lima de los Años 2019 – 2021",* el estudio buscó conocer la HdC del Consumo de Combustibles Líquidos de dicha organización limeña en los años que delimita en el título. Para este objetivo se planteó realizar un estudio aplicado, con enfoque cuantitativo, a nivel descriptivo y diseño no experimental - longitudinal, en el que se combinó el análisis de datos registrados y la observación directa apoyándose del uso de un formulario de para la recolección de datos basado en la metodología GHG Protocol. Se obtuvo como resultado la emisión de 174.489,60 t$CO_2$ eq en 2019, 69.895,35 t$CO_2$ eq en 2020 y 70.876,49 t$CO_2$ eq en 2021. La HdC relacionada con el uso de combustibles líquidos de la organización se redujo en un 59,94% entre 2019 y 2020, con un pequeño aumento del 1,94% registrado entre 2020 y 2021, de ahí que se propusieran tres estrategias para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Por otro lado Rogal (2020) disertó su investigación denominada "*Determinación De Huella De Carbono En Las Actividades Administrativas y Operativas (V.E.S) De La Empresa Zeta S.A.C Alquiler De Vehículos"*, el objetivo fue brindar información sobre la huella de carbono generada por las

actividades anteriores de enero a agosto de 2020 y tomar medidas para mitigar los impactos generados. Para llevar a cabo dicha investigación, se emplearon lineamientos operativos establecidos por la metodología GHG Protocol, lineamientos establecidos por el Grupo Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático (IPCC), y factores de conversión específicos de país (MINAM) recomendados por el Ministerio del Ambiente y el Ministerio de Transporte. y Comunicaciones (MTC). Posteriormente se realizó una encuesta, obteniendo como resultado una HdC total de 175.731 $tCO_2e$q. Para Alcance 1 constituido por 33 vehículos ropios utilizados por Sedapal obteniendose un total de170.325 t$CO_2$eq, así mimso en el alcance 2 se obtuvo 5.406 t $CO_2$eq. Finalmente, se propusieron medidas para reducir la HdC provocada por el consumo de carburantes y electricidad.

Así mismo Guevara (2019) desarrolló la investigación denominado como "*Huella de carbono del parque automotor de Ica 2019, propuesta para su mitigación"*, e ndicó que el objetivo era evaluar la HdC de la flota vehicular de Ica y proporcionar un plan para mitigarla. Por otro lado, estableció que su estudio sería no experimental, descriptivo y transversal, con 401 autos livianos y pesados como muestra, de los cuales la representación de cada uno fue, autobuses (28,5%), camiones (21,1%), automóviles (17,76%) y remolques (14,2%) son los mayores productores de emisiones automotrices, seguidos por camionetas rurales (8,12%), pick ups (5,06%), station wagons (4,91%) y paneles (0,41%). Finalmente se determinó que la HdC anual fue de 540.833,13 t $CO_2$eq.

Huilca (2020) en su ivestigación denominada "*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",* el objeto fue determinar de qué

manera un plan de mitigación influye en la reducción de la Hdc de dicha organización. El método general fue el método científico, y el método especializado fue el método analítico-sintético. El diseño de la investigación fue pre-experimental, con una observación pre-experimental y una observación post-experimental abordando la estimación de la HdC y su comparación utilizando datos variables de distinto periodos. Para la recogida de datos se empleó el análisis documental mediante "Fichas de identificación y registro de datos". Finalmente se obtuvo como resultado que: La implementación de un plan de mitigación influye en la reducción del nivel de huella de carbono de dicha organización, asimismo para el año 2017 el porcentaje de reducción de emisiones de t $CO_2$eq fue de 9.75% con respecto al año 2016 teniendo un valor de 9035.25 t $CO_2$eq.

Muller (2022), disertó su inves titutaladan como "*Estimación de la huella hídrica, carbono y gestión de los residuos de la municipalidad provincial de Pachitea – Huánuco 2021"*, que tuvo como objeto analizar la HdC, la huella hídrica y la administración y manejo de residuos en dicha comuna; Por lo tanto, se utilizó el método de correlación cuantitativa y no experimental. Finalmente se concluyó que la huella hídrica total fue de 37.049 m3, así smismo se detectaron mayores valores en el mes de julio con 13.337 m3, por otra parte en los que respecta a la HdC, se octuvo de junio a agosto 0,096637183 ton$CO_2$ eq; de las cuales equivalen tambien a 0,154012. toneladas de CH4 (Tons de CH4), 0.002204622 toneladas de NO2 (Tons de NO2), por lo que se obtuvo un GEI HdC total de 0.098996896.

Quispe (2022), disertó su investigación titulado "*Huella de carbono como indicador ambiental de la Municipalidad Provincial de Concepción –Junín"*, su

objeto fue la de medir la HdC de dicha institución, teniendo en cuenta el consumo de trabajadores y recursos humanos clave en las ciudades estudiadas. Para llevar a cabo el estudio, en primer lugar se realizó un reconocimeinto de las principales fuentes de emisión de gases de efecto invernadero, agrupadas en tres esferas: esfera 1, esfera 2 y esfera 3, el método utilizado se basa en estándares nacionales e internacionales. , se propusieron lineamientos de mejora para compensar y reducir la HdC de la ciudad de Concepción. Los resultados obtenidos de la HdC total de la ciudad de Concepción fue de 415.221 t$CO_2$eq, identificándose generación de aguas residuales 185.656 t$CO_2$ eq y consumo de combustibles 154.874 t$CO_2$ también determinó el porcentaje de emisión de gases de efecto invernadero para las áreas 1, 2 y 3, obtuvo valores de 37,30%, 7,59% y 55,11% de emisiones de gases de efecto invernadero para cada área, respectivamente, y finalmente adoptó la propuesta de lineamientos mejorados (neutralización de carbono), en la cual se estimó hasta 189 el número de árboles necesarios para compensar las emisiones de gases de efecto invernadero y tomó medidas para reducir la HdC de las fuentes identificadas.

Yachas (2021) defendió su investigación titulada como la "*Determinación de la huella de carbono en las acciones administrativas de los trabajadores de la Municipalidad Distrital de Santa Ana de Tusi para mitigar la emisión de gases de efecto invernadero, 2019"*, asimismo, se buscó determinar la HdC en los actos administrativos del personal de de dicha institución con el fin de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero - 2019. Se procedió de acuerdo a la guía de cálculo de emisiones de GEI de HdC Perú y se clasificó en tres categorías denominados como alcance uno, alcance dos y alcance tres. Se utilizó la pauta de estimación de emisiones de GEI de HdC Perú y se identificó

como alcance 1 el uso de para vehículos propios, como alcance 2 el consumo de energía eléctrica y como alcance 3 el uso de papel, expresados en t $CO_2$eq. El alcance 1 se determinó utilizando la tabla de demandas de combustible del año fiscal 2019. Se recopilaron datos mensuales de las facturas de electricidad expresadas en kWh de los 14 contadores descubiertos dentro de las 10 propiedades del municipio para estimar el consumo de electricidad, y la cantidad de papel usado se consiguió del cuadro de necesidades representada en miles/año. Finalmente se tuvo que durante 2019 se liberaron un total de 90.725 t $CO_2$eq por el consumo de carburantes, de las cuales 45.756 t $CO_2$eq corresponden al uso de Gasóleo B5 y 44.969 t $CO_2$eq al uso de combustible tipo Gasohol 90 octanos. En lo que respecta al alcance 2, se han emitido un total de 22.931 t $CO_2$eq, siendo el Palacio Municipal el que más energía eléctrica consume, con 12.720 t $CO_2$eq. En cuanto al uso de papel, el ámbito que menos gases ha emitido es el de 2.706 t $CO_2$eq. Se elaboró una encuesta a los trabajadores de los palacios municipales, la cual fue validada mediante el método del Alfa de Cronbach, permitiendo un mejor análisis de los trabajos de naturaleza administrativa de la municipalidad.

## 2.2. Bases Teórico – Científicos

### 2.2.1. Contaminación atmosférica

Existen diversos tipos de contaminación y que estos dependen por lo general del tipo del cuerpo receptor. Según el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2021), la alteración del sistema aire (atmósfera) se da por la incidencia de compuestos peligrosos en la atmósfera, que son principalmente el resultado de la actividad humana reciente. Estos gases y sustancias químicas causan diversos eventos y efectos para los ecosistemas y organismos de nuestro planeta.

Por otro lado, la Academia Nacional de Medicina (2015) precisa que, la ateración del sistema aire representa un cambio en la calidad y el nivel de pureza a consecuencia de emisiones de origen naturale o antrópica.

Se puede notar que tanto el MINAM, como la Academia Nacional de la salud coinciden en sus definiciones, y esta misma es fortalecida por los que mencionan Wark y Warner, (2002), que la alteración de la calidad del aire es la presencia de uno o más sustancias nocivas o sus interacciones en la atmósfera en tal cantidad y durante un período de tiempo suficiente para afectar la vida humana o dañar la vida vegetal, animal o ambiental de una manera que interfiere con el disfrute de la vida, la propiedad o actividades.

Del mismo modo Aquae Fundación (2023) la define como la presencia sustancias o formas de energía en la atmosfera que pueden causar riesgos, daños o molestias a los seres vivos en diversos grados de gravedad. Entre las consecuencias de la contaminación de la atmosfera se puede identificar que provocan el desarrollo de padecimientos humanos y de la biodiversidad, así como la reducción de la visibilidad o la aparición de malos olores en zonas de alta concentración.

### 2.2.2. Contaminación atmosférica

#### *2.2.2.1. Fuentes de contaminación*

Hoy en día existen diversas fuentes de contaminación del aire o también conocidas como contaminación atmosférica, de acuerdo al Gobierno de México (2018) menciona que las fuentes de contaminación son:

- **Fuentes puntuales**

Caracterizado por puntos estacionarios o fijos como centrales eléctricas, plantas químicas, refinerías y fábricas.

- **Fuentes móviles**

  Se aplican a todos los modos de transporte de carga y todo tipo automóviles a motor.

- **Fuentes de área**.

  Pueden ser todas las actividades que ofrecen venta de bienes y servicios que tienen la potencialidad de afectar la calidad del aire, como por ejemplo la venta madera, servicios de imprenta, la tintorería o también las actividades agrícolas.

- **Fuentes naturales o biogénicas**.

  Son el resultado de emisiones de fenómenos vegetales, animales volcanes, océanos y erosión del suelo.

#### *2.2.2.2. Origen de contaminantes atmosféricos*

Cuando nos referimos al origen de los contaminantes nos referimos al tipo de contaminante de acuerdo al tipo de fuente emisor y la generación de nuevos contaminantes tras la interacción con otros gases, de acuerdo al Gobierno de México, (2018) menciona que los contaminantes de acuerdo al su origen se constituyen en:

- **Contaminantes primarios.**

  Su origen está estrictamente referido a contaminantes como el plomo, el anhídrido carbonoso, los anhídridos de azufre, los anhidridos de nitrógeno, los hidrocarburos y las partículas.

- **Contaminantes secundarios.**

  Ocurrida en el aire por la interacción de varios contaminantes primarios; como en el caso del ozono, peroxiacetil nitrato, sulfato, nitrato y ácido sulfúrico.

### 2.2.3. Gases de efecto invernadero

Los gases de efecto invernadero cumplen un papel muy importante al mantener un equilibrio en la temperatura global, sin embargo el aumento desmedido de estos vienen provocando un incremento alarmante de la temperatura, Benavides y León (2007) mencionan que:

> Son constituyentes del aire, tanto de origen natural como artificial, absorben y emiten radiación en longitudes de onda específicas en el espectro infrarrojo. Esta propiedad crea un efecto invernadero. Los principales gases de efecto invernadero en la atmósfera terrestre son el vapor de agua ($H_2O$), el dióxido de carbono ($CO_2$), el óxido nitroso ($N_2O$), el metano (CH4) y el ozono ($O_3$). La atmósfera también contiene una serie de gases de efecto invernadero producidos en su totalidad por humanos, como el hexafluoruro de azufre ($SF_6$), los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC), y otros carbonos halogenados controlados por el Protocolo de Montreal Sustancias de cloro y bromo. Se dividen en GEI directos e indirectos. (p.39)

#### *2.2.3.1. Dióxido de carbono*

Benavides y León (2007) definen al dióxido de carbono como uno de los gases más abundantes y significativos en el sistema atmósfera-océano-tierra, el gas de efecto invernadero más importante asociado con la actividad humana y el segundo gas más importante en el calentamiento

global después del vapor de agua. Hay fuentes artificiales y naturales de este gas. En el ciclo natural del carbono, el CO2 juega un papel importante en una amplia gama de procesos biológicos.

Benavides y León (2007), también mencionan que “en relación con las actividades humanas, el CO2 se emite principalmente por el consumo de combustibles fósiles y leña para generar energía y por la tala y quema de bosques (26% de la superficie terrestre según la ONU)”. (p. 36)

#### *2.2.3.2. Metano*

Muchas instituciones de reconocimiento internacional han realizado estudios y análisis sobre el metano, una de estas es la Organización de las Naciones Unidas (2021) la cual menciona que:

> Es uno de los principales contribuyentes a la formación de ozono troposférico, un compuesto altamente contaminante del aire que causa un millón de muertes prematuras cada año debido a la exposición al metano. Es también un poderoso gas de efecto invernadero. Tiene 80 veces la capacidad calorífica del dióxido de carbono. De hecho, incluso cuando las emisiones de anhídrido carbónico se redujeron durante los cierres relacionados con la pandemia en 2020, el metano en la atmósfera se disparó.

#### *2.2.3.3. Óxido Nitroso*

Organización de las Naciones Unidas (2021) menciona que, el óxido nitroso es un fluido extremadamente volátil, incoloro, de sabor dulce y olor levemente venenoso, puede causar locura, por lo que se usa comúnmente como medicamento en ciertos casos. Las principales fuentes

de óxido nitroso se dan a través de ´prácticas agrícolas intensivas y a gran escala, la quema de materia orgánica, el uso de carburantes, y la deforestación. Otras fuentes de emisiones se dan a través de procesos biológicos y si interacción con otros sistemas (ciclo del nitrógeno), desnitrificación de estiércol en suelos y fenómenos de tormentas y emisiones volcánicas.

#### *2.2.3.4. Compuestos Halogenados*

Otros contaminantes importantes son los compuestos halogenados, Según TECAM (2021), las sustancias halogenadas tienen un halógeno en su estructura molecular, como el cloro, el bromo, el flúor, el yodo, etcétera. Entre las sustancias químicas halogenadas se incluyen el cloruro de metilo ($CH_3Cl$), el bromuro de metilo ($CH_3Br$) y el yoduro de metilo (CH3I). Las sustancias halogenadas provocan la alteración del sistema agua, suelo y aire, así como el adelgazamiento de la capa de ozono. Estas moléculas pueden descomponerse y producir compuestos inorgánicos, que pueden dañar la diversidad biológica que se encuentre cerca a la fuente de emisión, por otro lado, es capaz de promover la lluvia ácida.

#### *2.2.3.5. Ozono troposférico*

El ozono troposférico es un gas que tal como su nombre lo dice se encuentra en la troposfera, Belmonte y Gutiérrez (2013) mencionan que:

> El ozono es un gas altamente complicado. Su liberación no se le atribuye a ninguna fuente, sin embargo, los contaminantes de los vehículos motorizados, especialmente el combustible diésel,

pueden reaccionar entre sí a la luz del sol, a veces produciendo ozono nocivo lejos del nivel de la fuente a contaminar.

#### *2.2.3.6. Vapor de agua*

Según TECAM (2021), menciona que: “el vapor de agua estratosférico es un poderoso gas de efecto invernadero. Absorbe la luz solar y emite calor a la atmósfera terrestre”.

#### *2.2.3.7. Óxidos de Nitrógeno*

TECAM (2021), menciona que los anhídridos de nitrógeno son una clase de fluidos que se encuentran en la troposfera terrestre. Son el resultado de procesos antrópicos y naturales. El NO (óxido de nitrógeno), $NO_2$ (dióxido de nitrógeno, un gas venenoso de color marrón rojizo y olor fuerte), $HNO_3$, aerosoles nitrificantes y nitrato de peroxiacetilo (PAN) son los compuestos más importantes. La suma de NO y $NO_2$ generalmente se informa como NOx. El NO y el $NO_2$ son compuestos emitidos originalmente, por otro lado, los demás compuestos son contaminantes secundarios producto de la transformación atmosférica.

#### *2.2.3.8. Monóxido de Carbono*

TECAM (2021), menciona que, en la troposfera, “el anhídrido carbonoso suele ser un importante sumidero de radicales hidroxilos (OH). Es parte de una serie de reacciones que oxidan el carbono, el nitrógeno y reducen el azufre en microgases”.

#### *2.2.3.9. Compuestos orgánicos Volátiles diferentes al metano*

TECAM (2021), menciona que “son gases de efecto invernadero indirectos e incluyen gases como el butano, el propano y el etano. Junto

con los NOx, estos compuestos participan en la formación de ozono troposférico y otros oxidantes fotoquímicos".

#### *2.2.3.10. Óxidos de Azufre y partículas*

TECAM (2021), menciona que "Los Anhidridos de azufre no son catalogados como gases de efecto invernadero, sin embargo, al estar presentes en la atmósfera son capaces de afectar y alterar el clima. El SO2 es un componente relevante de aerosoles". Así mismo también se tienen partículas pequeñas que se originan del polvo volcánico, polvo del suelo, sal marina, arena suspendida por tormentas, productos de combustión carbonosa, producción de cemento, incineración de desechos, quema de biomasa, contaminación e incluso fumigación aérea.

### 2.2.4. Efectos de la contaminación atmosférica

#### *2.2.4.1. Efectos sobre la salud humana*

Las consecuencias de la contaminación atmosférica son críticas pues altera la condición humana y agrava sus afecciones, Ballester (2005) menciona que "Los impactos de la contaminación atmosférica son numerosos y de distinta gravedad, siendo los sistemas respiratorio y cardiocirculatorio los más afectados". (p.2)

Por otro lado, Mihelcic y Zimmerman (2011) mencionan que:

> La contaminación atmosférica tiene graves consecuencias para la salud pública, como el aumento de las tasas de muertes, aumento de los gastos sanitarios, el descenso de la eficiencia laboral y la disminución de las condiciones adecuadas de vida. De hecho, se calcula que la menor productividad debida a trastornos relacionados con la contaminación cuesta a la sociedad

estadounidense entre 4.400 y 5.400 millones de dólares al año. Además, la contaminación atmosférica está relacionada con diversas enfermedades.

***Tabla 1:*** *Categorías generales de enfermedades humanas provocadas por contaminantes del aire*

| Categoría de la enfermedad | Descripción |
|---|---|
| Irritación | La quema de tejidos de la superficie respiratoria a bajo nivel provoca complicaciones que van desde dificultades respiratorias hasta el colapso respiratorio. Uno de los contaminantes que provoca importantes molestias es el ozono. |
| Daño a las células | Se produce cuando se introducen contaminantes en la célula. Las partículas ultrafinas agravan estas enfermedades. |
| Alergias | Los contaminantes pueden provocar la liberación de histaminas en respuesta al invasor, causando dificultades respiratorias e irritación de los tejidos sensibles (piel, ojos). Estos síntomas son causados por el polen. |
| Fibrosis | Los contaminantes causan daños persistentes en los tejidos del sistema respiratorio, lo que provoca dificultad para respirar y, en algunos casos, la muerte. Esta enfermedad está causada por un contaminante llamado amianto. |
| Oncogénesis | Los contaminantes pueden provocar un crecimiento aberrante y maligno de los tejidos, que puede desembocar en cáncer.<br><br>El cáncer está causado por diversos contaminantes atmosféricos peligrosos. |

*Nota.* Descripción en función a las categorías de enfermedad. Adaptado de Mihelcic y Zimmerman (2011).

Cabe precisar que las actividades antropogénicas son las que propician de las consecuencias de la contaminación en ese sentido Arellano y Guzman (2011) mencionan que:

> Hoy en día, es incuestionable que las actividades humanas son responsables de problemas de contaminación, mencionando por ejemplo como que una parte importante de la atmósfera terrestre se haya vuelto no apta para la vida. Es el caso de los agujeros en la capa de ozono que cubren una amplia zona de la Antártida, provocados por el uso indebido de productos químicos clorofluorocarbonados en refrigerantes y aerosoles. Además,

todos los procesos industriales, como el transporte de mercancías en vehículos de motor y la generación de energía, como la termoeléctrica, mediante la combustión de hidrocarburos, provocan diversos tipos de contaminación atmosférica.

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

Arellano y Guzman (2011) mencionan que:

La lluvia ácida se produce por la incorporación de vapores ácidos producidos por las industrias al ciclo hidrológico, causando daños a la vegetación y los cultivos. La lluvia ácida también puede afectar a lagos y lagunas al aumentar su acidez, volviéndolos incapaces de albergar cualquier forma de vida. (p.65)

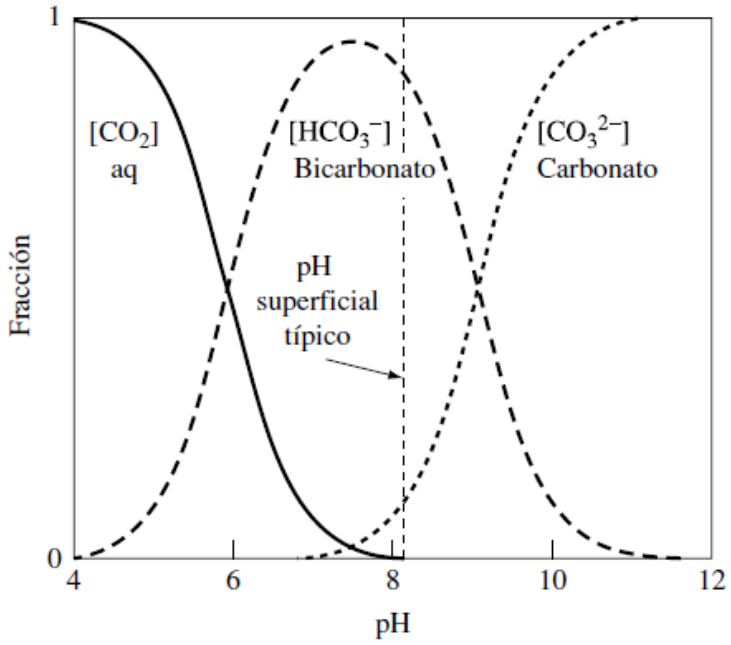
Masters y Ela (2008) mencionan que:

> Hasta ahora, el efecto invernadero se ha descrito como un fenómeno natural que hace que la temperatura media de la superficie de la Tierra sea 34 grados Celsius (288 grados Fahrenheit frente a 254 grados Fahrenheit) más alta de lo que sería si no hubiera gases radiactivamente activos en la atmósfera. Las fuentes antropogénicas de una variedad de gases y aerosoles, como ahora se reconoce, están potenciando el efecto invernadero natural, lo que da lugar a un futuro clima global impredecible. El dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso y los halocarbonos, que son compuestos que contienen átomos de carbono con flúor, cloro y/o bromo, son los principales gases de efecto invernadero. Además, las emisiones de partículas de carbono (hollín) contribuyen al calentamiento global.

Comenzaremos nuestra investigación de estos gases y partículas con el más visible, el dióxido de carbono. Desde hace más de un siglo, el dióxido de carbono está reconocido como uno de los gases de efecto invernadero más importantes. A Svante August Arrhenius, químico sueco, se le atribuyen los primeros cálculos de la temperatura mundial en función del nivel de CO2 atmosférico, y sus conclusiones no difieren significativamente de las actuales.

Según Masters y Ela (2008), el pH natural de los océanos se sitúaentre 8,0 y 8,3, lo que indica cierta alcalinidad. A medida que aumenta la absorción de CO2, las reacciones precedentes liberan iones de hidrógeno, que acidifican el agua. Según numerosas investigaciones, el pH de los océanos ha descendido alrededor de una décima desde la época preindustrial, y parece que descenderá otras tres décimas de aquí al año 2100. Si esto ocurre, los océanos serían ácidos por primera vez en cientos de millones de años.

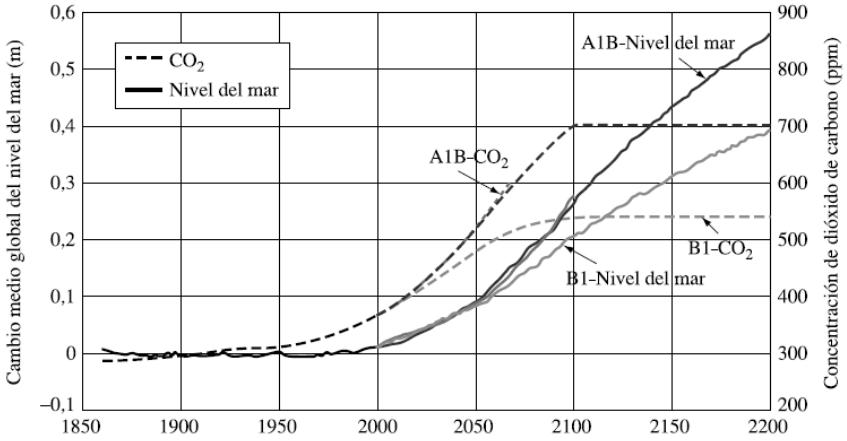
***Figura 1:*** *Relación de CO2 disuelto, bicarbonato (HCO.3) e iones carbonato (CO2.3) con el pH.*




*Nota:* La cantidad de carbonato que los organismos calcificadores pueden utilizar para producir y mantener sus caparazones de carbonato cálcico disminuye a medida que aumenta el pH. Masters & Ela (2008)

El agua se dilata cuando se calienta, disminuyendo su densidad y aumentando su volumen, lo que provoca la subida del nivel del mar, según Masters y Ela (2008), “El aumento actual del nivel del mar de 3 mm al año se debe principalmente a la expansión térmica, pero el deshielo de los glaciares tiene el potencial de acelerar significativamente este aumento en el futuro”.

***Figura 2:*** *Simulación del aumento del nivel del mar a causa de* $CO_2$




*Nota:* Elevación del nivel del mar y concentraciones de $CO_2$ para los escenarios SRES A1B y $B_2$. Instituto de Meteorología Max Planck, (2006.)

### 2.2.5. Huella de carbono

Espíndola y Valderrama (2012) mencionan que:

La Huella de Carbono, definida en sentido amplio, es la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera como resultado de la producción o el consumo de bienes y servicios, se considera una de las herramientas más importantes para cuantificar estas emisiones. Los GEI, tal y como se especificó en el Protocolo de Kioto en 1997, forman una capa permanente en medio de la atmósfera que impide la salida de toda la energía solar que devuelve el planeta, provocando el aumento de la temperatura global.

Valderrama et. al (2011) mencionan que todos los productos y servicios utilizados influyen sobre el medio ambiente y sobre todos emiten gases de efecto invernadero durante su fabricación, transporte, almacenamiento, uso y eliminación. La HdC ha surgido como herramienta para cuantificar el impacto de

diversos GEI. La HdC se ha convertido en un eslogan en la crisis climática, organizaciones, población civil organizada, instituciones, etc. A pesar de ser un término muy empleado la bibliografía admite la falta de una conceptualización precisa y ampliamente consensuada. La HdC se ha convertido recientemente en una definición razonablemente general del total de emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con la actividad humana. La HdC se ha convertido en sinónimo de los efectos del cambio climático de individuos, comunidades, naciones, empresas o productos como resultado de su uso frecuente en los medios de comunicación y por el público en general. Wiedmann y Minx (2008) sostienen que "La comunidad académica debe ponerse al día con la rápida adopción de una expresión cuya definición precisa aún se discute".

### 2.2.6. Métodos para calcular la huella de carbono

El Ministerio para la transición ecológica (2020) menciona que existen normas y metodologías reconocidas a nivel internacional, como demuestran las publicaciones de la Comisión Europea 3.

#### *2.2.6.1. Greenhouse Gas Protocol Corporate Standard (GHG Protocol).*

El Ministerio para la transición ecológica (2020) menciona que "Es uno de los protocolos internacionales más utilizados para estimar y regular las emisiones de GEI, desarrollado por el Instituto de Recursos Mundiales y el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible".

#### *2.2.6.2. UNE-ISO 14064-1.*

Se elaboró en el año del 2006 en cumplimiento del Protocolo de GEI y se divide en tres partes, que esboza los principios y requisitos para

la estimación y notificación de las emisiones y absorciones de GEI a nivel organizativo. Las otras secciones de esta norma abordan, por un lado, las decisiones para reducir las emisiones de GEI o potenciar las absorciones de GEI (ISO 14064-2) y, por otro, la validación y verificación de los GEI notificados (ISO 14064-3).

#### *2.2.6.3. UNE-ISO 14065: 2012.*

El Ministerio para la transición ecológica (2020) menciona que son "Requisitos para los organismos que realizan la validación y la verificación de gases de efecto invernadero, para su uso en acreditación u otras formas de reconocimiento".

#### *2.2.6.4. UNE-ISO 14069: 2013.*

El Ministerio para la transición ecológica (2020) menciona que es útil para la "Cuantificación y notificación de GEI en las organizaciones. Sirve de guía para la aplicación de la norma ISO 14064-1".

#### *2.2.6.5. IPCC 2006 GHG Workbook.*

Según El Ministerio para la transición ecológica (2020), se caracteriza por brindar una orientación completa para la estimación de los GEI de diferentes fuentes y sectores, que incluye una lista detallada de factores de emisión. Esta guía se elaboró para orientar en la cuantificación de las emisiones de GEI a partir de inventarios nacionales, pero puede ser muy útil a la hora de calcular la HdC de las organizaciones. Si no se dispone de factores de emisión específicos, el GHG Workbook 2006 del IPCC proporciona factores de emisión genéricos que pueden utilizarse para calcular la huella de carbono de una organización.

#### *2.2.6.6. Bilan Carbone (Francia).*

El Ministerio para la transición ecológica (2020) menciona que es un "enfoque analítico para medir las emisiones de GEI que fue creado y aplicado en 2004 por Agencia francesa de Medio Ambiente y Gestión de la Energía. Se basa en el GHG Protocol y en las normas ISO 14064".

#### *2.2.6.7. Indicadores GRI (Global Reporting Initiative).*

Según el Ministerio para la transición ecológica (2020) es:

> Un propósito internacional en donde se pueden incorporar empresas, gobiernos y numerosas organizaciones civiles de diversas disciplinas. Su finalidad es el de construir un trabajo global con un lenguaje universal y parámetros coloquiales para notificar las preocupaciones relacionadas con la sostenibilidad.

### 2.2.7. Procedimiento de cálculo de la huella de carbono

De acuerdo al Departamento de desarrollo económico, sostenibilidad y medio ambiente (2020) sostiene que el cálculo de la huella de carbono incluye cinco pasos:

#### *2.2.7.1. Definición del alcance*

Existen tres límites a tener en cuenta para la definición del alcance:

- **Límites de organización**

  El Departamento de desarrollo económico, sostenibilidad y medio ambiente (2020) menciona que:

  > La organización puede incluir una o varias instalaciones o lugares de trabajo. Los límites organizativos elegidos deben designar claramente las instalaciones cuyas emisiones deben contabilizarse en la huella de

carbono. Organización se define como una "Compañía, corporación, firma, empresa, autoridad o institución, o una parte o combinación de las mismas, formalmente constituida o no, pública o privada, que tiene sus propias funciones y administración", mientras que institución se define como una "única instalación, conjunto de instalaciones o procesos de producción, que puede definir dentro de un único límite geográfico, una unidad de la organización o un proceso de producción.

- **Limites operativos**

  El Departamento de desarrollo económico, sostenibilidad y medio ambiente (2020) menciona que “Los límites operativos representan las emisiones que deben tenerse en cuenta al calcular la huella de carbono. La norma ISO 14064-1:2012 define tres tipos de emisiones, siendo las dos primeras obligatorias y la tercera opcional”:

  a. Emisiones directas (alcance 1): emisiones y absorciones procedentes de fuentes que son propiedad o están bajo el control del sujeto que genera la actividad.
  b. Emisiones indirectas de energía (alcance 2): Son emisiones relacionadas con tipos secundarios de energía como vapor o electricidad que se crean fuera de las fronteras de la organización. Las emisiones de GEI se producen en la planta donde se produce el servicio.
  c. Otras emisiones indirectas (alcance 3): incluyen las emisiones indirectas que no están directamente relacionadas con el uso de la energía eléctrica de la organización.

#### *2.2.7.2. Periodo de cálculo*

El Departamento de desarrollo económico, sostenibilidad y medio ambiente (2020) menciona que "Se refiere al lapso de tiempo que se empleará para la medición de la huella de carbono. El primer periodo de cálculo incluido es el año base".

#### *2.2.7.3. Identificación de emisiones*

El Departamento de desarrollo económico, sostenibilidad y medio ambiente (2020) menciona que:

> Todas las emisiones creadas en cada centro de trabajo o instalación deben identificarse y diferenciarse por alcance 1, 2 y 3 (cuando proceda). A continuación, deben elegirse las emisiones significativas que se incluirán en la huella de carbono (a priori, que representen más del 1% de las emisiones totales).

#### *2.2.7.4. Cálculo de emisiones*

El Departamento de desarrollo económico, sostenibilidad y medio ambiente (2020) menciona que "La metodología de cálculo de emisiones está basado en el uso de factores de emisión y datos de actividad sea cual sea su naturaleza".

$$Emisiones\ de\ GEI´s(t\ GEI) = Dato\ de\ actividad\ x\ Factor\ de\ emisión$$

De los cuales:

- Dato de Actividad: Dato medible de la actividad que es capaz de producir una emisión, como electricidad o combustible consumido.

- Factor de Emisión: Relaciones que vinculan los datos de rendimiento con las emisiones de GEI. Producido en toneladas de GEI/sp.

El Departamento de desarrollo económico, sostenibilidad y medio ambiente (2020) menciona que:

> A menudo es vital emplear factores de conversión, como la densidad o el valor calorífico inferior en el caso de los carburantes, para ajustar las unidades de los datos de proceso a las unidades del factor de emisión disponible. Las emisiones continuas de GEI procedentes de fugas o liberaciones, como los gases refrigerantes, se contabilizan directamente como la masa de GEI emitida a la atmósfera, sin necesidad de factores de emisión. Para utilizar una medida común y evaluar la influencia de cada gas, las emisiones de cada GEI se convierten en toneladas de CO2e utilizando un nuevo factor conocido como potencial de calentamiento global.

$$Emisiones\ de\ GEI\ (t\ CO_{2-e}) = Dato\ de\ emisión\ x\ Potencial\ de\ calentamiento\ global$$

**Siendo:**

- Dato de emisión: Cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (t GEI)
- Potencial de calentamiento global: Coeficiente que describe los impactos del cambio climático de cada tipo de GEI. Este factor se construye a partir de la unidad de referencia, CO2,

y por lo tanto se expresa en toneladas de CO2e/t GEI (hay un factor para cada categoría de GEI).

### 2.2.8. Gestión de residuos sólidos

La Presidencia de la República del Perú (2016) menciona que la gestión de residuos sólidos es:

> "Toda la planificación técnica y administrativa, coordinación, diseño, implementación y evaluación de políticas, estrategias, planes y programas de acción en materia de residuos sólidos".

Por otra parte la Universidad Continental (2019) a través de su portal menciona que es "El control de la recogida, transporte, tratamiento, reciclado o eliminación de los materiales generados por la actividad humana con el fin de minimizar sus efectos sobre la salud y el medio ambiente se denomina gestión de residuos".

### 2.2.9. Gases de efecto invernadero en el manejo y gestión de residuos sólidos

Estos están directamemte relacionados con el manejo de los residuos sólidos tal como lo menciona Gallardo (2017) justificando que, "Anualmente se producen 378,93 Gg de dióxido de carbono equivalente; a escala nacional, esto representa el 0,85% de las emisiones del sector de los residuos".

Del mismo modo Diaz et. al (2017) mencionan que:

> La RESA presenta una media de 7,08E-10 kg/m2h de emisiones superficiales, que pueden considerarse menores en comparación con la generación en pozos, lo que subraya que debe evitarse la presencia de grietas, ya que pueden elevar las emisiones más de 13 veces las registradas en superficie. Las emisiones superficiales fueron mayores en el TCA durante la estación lluviosa, a pesar de los pequeños valores, lo que indica

la necesidad de crear un programa de saneamiento y monitoreo para el sitio. La monitorización del biogás aportó más claridad sobre la contribución de GEI de los vertederos evaluados, lo que es importante para optimizar su funcionamiento, evaluar su uso y reducir su impacto ambiental.

## 2.3. Definición de Términos básicos

- **GNV:** Es un gas natural que se utiliza como combustible en vehículos como coches, furgonetas, autobuses, camiones, vehículos especiales, ferrocarriles y barcos. El gas natural se compone de los siguientes elementos 90% de metano.
- **Biocombustibles:** Son biocarburantes obtenidos a partir de fuentes orgánicas como la biomasa y los residuos orgánicos. Son una de las principales alternativas para reducir rápida y eficazmente las emisiones del transporte en los próximos años..
- **carbono neutralidad:** Según el Parlamento Europeo, la neutralidad de carbono se alcanza cuando se emite a la atmósfera la misma cantidad de CO2 que se elimina por diversas vías.
- **acciones administrativas:** Son las que tienen su origen en la administración pública y privada y sirven de medio o resolución para hacer cumplir su voluntad en el ejercicio de la potestad administrativa.
- **IPCC:** El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) se fundó en 1988 con el objetivo de proporcionar evaluaciones exhaustivas del estado de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, sus causas, probables implicaciones y medidas de respuesta.

- **Emisiones:** Sustancias químicas gaseosas y en partículas emitidas a la atmósfera como resultado de los procesos de producción, consumo y acumulación por parte de empresas y familias.
- **Material particulado:** Mezcla de partículas sólidas y gotas líquidas que se encuentran en el aire.
- **Antropógeno:** Resultante de la actividad de los seres humanos o producto de esta.
- **Procesos biológicos:** Proceso de un ser vivo. Los procesos biológicos están formados por una serie de reacciones químicas u otros acontecimientos que culminan en la metamorfosis de un ser vivo.
- **Desnitrificación:** proceso por el cual algunos microorganismos del suelo en condiciones anaeróbicas reducen los nitratos.
- **Organización:** Grupo de personas y medios organizados con un fin determinado.

## 2.4. Formulación Hipótesis

### 2.4.1. Hipótesis General

La huella de carbono constituida por dióxido de carbono $CO_2$, Metano $CH_4$ y óxido nitroso $N_2O$ es generada por las actividades operativas de la gerencia de gestión de residuos sólidos de la municipalidad provincial de Oxapampa durante el año 2022.

### 2.4.2. Hipótesis Específicos

- El consumo de combustible diésel influye directamente en la emisión de la huella de carbono generada por las actividades operativas de la gerencia de gestión de residuos sólidos en el año 2022

- Las emisiones *Metano ($CH_4$)* de acuerdo a la NTP ISO-14064:2020, fueron consecuencia de las actividades operativas de la Gerencia de residuos sólidos en el año 2022 y resultaron menores en magnitud frente a las emisiones de Dióxido de Carbono.
- Las emisiones *óxido nitroso ($N_2O$)* de acuerdo a la NTP ISO-14064:2020, fueron consecuencia de las actividades operativas de la Gerencia de residuos sólidos en el año 2022, y resultaron menores en magnitud frente a las emisiones de Dióxido de Carbono
- Existe una correlación positiva entre el consumo de combustible diésel y la huella de carbono generada por las actividades operativas de la Gerencia de Gestión de Residuos Sólidos de la Municipalidad Provincial de Oxapampa durante el año 2022

## 2.5. Identificación de las Variables

### 2.5.1. Variables de la Hipótesis General

#### *2.5.1.1. Variable Independiente.*

Actividades operativas

#### *2.5.1.2. Variable Dependiente.*

Huella de carbono

#### *2.5.1.3. Variable Interviniente.*

Gerencia de Residuos sólidos

### 2.5.2. Variables de la Hipótesis Específica 1

#### *2.5.2.1. Variable Independiente.*

Consumo de combustible

#### *2.5.2.2. Variable Dependiente.*

Huella de carbono

#### *2.5.2.3. Variable Interviniente.*

Gerencia de Residuos sólidos

### 2.5.3. Variables de la Hipótesis Específica 2

#### *2.5.3.1. Variable Independiente.*

Actividades operativas

#### *2.5.3.2. Variable Dependiente.*

Metano ($CH_4$) según la NTP ISO-14064:2020

#### *2.5.3.3. Variable Interviniente.*

Gerencia de Residuos sólidos

### 2.5.4. Variables de la Hipótesis Específica 3

#### *2.5.4.1. Variable Independiente.*

Actividades operativas

#### *2.5.4.2. Variable Dependiente.*

Óxido nitroso ($N_2O$) según la NTP ISO-14064:2020

#### *2.5.4.3. Variable Interviniente.*

Gerencia de Residuos sólidos

### 2.5.5. Variables de la Hipótesis Específica 4

#### *2.5.5.1. Variable Independiente 1.*

Consumo de combustible

#### *2.5.5.2. Variable Dependiente.*

Huella de carbono

#### *2.5.5.3. Variable Interviniente.*

Gerencia de Residuos sólidos

## 2.6. Definición operacional de las variables e indicadores

**Tabla 2:** *Operacionalizad de variables de investigación*

| Variables | Dimensión | Indicador | Índice |
|---|---|---|---|
| Consumo de combustible de las actividades operativas de la GGRS **Variable independiente 1.** | Uso de Diésel $B_5$ | Diésel consumido /año | Escala de razón |
| | Uso de Gasohol 90 | Gasohol consumido /año | Escala de razón |
| Huella de carbono **Variable dependiente 1.** | Emisión de $CO_2$ | $tCO_2$-eq/año | Escala de razón |
| Actividades operativas **Variable independiente 2.** | Recolección selectiva y transporte de residuos sólidos municipales | TJ/mes Terajoule/mes | Escala de razón |
| | Valorización de residuos orgánicas | TJ/mes Terajoule/mes | Escala de razón |
| | Valorización de residuos Aprovechables | TJ/mes Terajoule/mes | Escala de razón |
| | Tratamiento de lixiviados | TJ/mes Terajoule/mes | Escala de razón |
| | Disposición final de Residuos sólidos | TJ/mes Terajoule/mes | Escala de razón |
| Emisión de metano ($CH_4$) **Variable dependiente 2.** | NTP ISO-1406 | $tCH_4$-eq/año | Escala de razón |
| Actividades operativas **Variable independiente 3.** | Recolección selectiva y transporte de residuos sólidos municipales | TJ/mes Terajoule/mes | Escala de razón |
| | Valorización de residuos orgánicas | TJ/mes Terajoule/mes | Escala de razón |
| | Valorización de residuos Aprovechables | TJ/mes Terajoule/mes | Escala de razón |
| | Tratamiento de lixiviados | TJ/mes Terajoule/mes | Escala de razón |
| | Disposición final de Residuos sólidos | TJ/mes Terajoule/mes | Escala de razón |
| Emisión de óxido nitroso (N2O) **Variable dependiente 3.** | NTP ISO-1406 | $tN_2O$-eq/año | Escala de razón |
| Consumo de combustible **Variable independiente 4.** | Uso de Diésel $B_5$ | Galones consumidos /año | Escala de razón |
| | Uso de Gasohol | Galones consumidos/año | Escala de razón |
| Huella de carbono **Variable dependiente 4.** | Emisión de $CO_2$ | $tCO_2$-eq/año | Escala de razón |

*Nota*: Elaboración propia

# CAPÍTULO III

# METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

## 3.1. Tipo de Investigación

La presente investigación en cuanto a su finalidad es básica, pues pretende medir y comprender sobre la HdC propiciado por las actividades operativas de la GGRS, de la municipalidad provincial de Oxapampa.

Tomando como referencia a Gabriel (2017) se puede mencionar que “por la clase de medios utilizados para obtener los datos de la investigación se considera una investigación documental” se empleó datos de combustibles consumidos por las maquinarias durante el año 2022.

Así mismo Gabriel (2017) menciona que existen diversos alcances basados en el tiempo, es por ello que el estudio de acuerdo su alcance temporal es del tipo diacrónica; por la clase de medios utilizados para obtener información es secundaria ya que los datos como consumo de combustible, distancias recorridas se encuentran en una base de datos que fueron procesadas para determinar la huella de carbono de las actividades operativas de la gerencia de gestión de residuos sólidos.

## 3.2. Nivel de investigación

El presente estudio corresponde a un nivel descriptivo–explicativo, ya que se orienta a caracterizar y cuantificar la huella de carbono generada por las actividades operativas de la Gerencia de Gestión de Residuos Sólidos de la Municipalidad Provincial de Oxapampa, durante el año 2022.

Es descriptivo porque permite identificar, clasificar y detallar las fuentes de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) vinculadas a los procesos de recolección, transporte, valorización, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos. Asimismo, se centra en precisar el comportamiento de las variables relacionadas con el consumo de combustibles, la energía eléctrica y las distancias recorridas por las unidades vehiculares, sin manipularlas.

A la vez, posee un carácter explicativo, en tanto busca interpretar la magnitud de las emisiones registradas y comprender cómo dichas emisiones se relacionan con las actividades operativas de la gestión municipal de residuos sólidos. De este modo, el estudio no solo mide la huella de carbono, sino que también aporta elementos para comprender las causas y repercusiones ambientales que conllevan los procesos analizados.

En suma, el nivel de investigación se ubica en el rango descriptivo–explicativo, con un enfoque orientado a generar información útil para la optimización de la gestión ambiental y la implementación de medidas de mitigación frente al cambio climático.

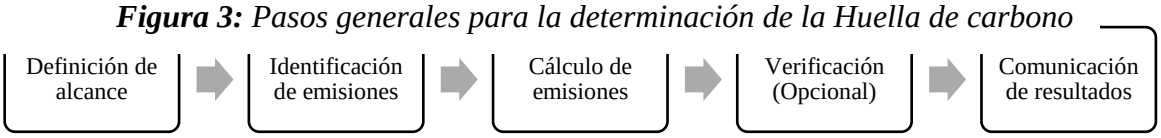
## 3.3. Método de la investigación

El método usado en esta investigación es el deductivo, por que va de lo general a lo particular, se empleó datos de consumo de combustible, distancia

recorrida en las actividades operativas de la gerencia de gestión de residuos sólidos y con ellos se determinó la huella de carbono en la limpieza pública.

Así mismo se empleó la metodología de la herramienta huella de carbono Perú la cual articula con estándares reconocidos internacionalmente y usados en el país como la Norma Técnica Peruana ISO 14064 I:2020 "Gases de Efecto Invernadero, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero"; de acuerdo a lo establecido por Instituto Nacional de Calidad, (2020) así como el Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte del GHG Protocol, según la Secretaría de Medio ambiente y Recursos Naturales (2001), y los informes de evaluación del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, IPCC, (2006) , a continuación, se establecen los siguientes pasos:

***Figura 3:*** *Pasos generales para la determinación de la Huella de carbono*




*Nota:* Adaptado de (Departamento de desarrollo económico, sostenibilidad y medio ambiente, 2020)

### 3.3.1. Pasos para la determinación de la huella de

#### *3.3.1.1. Definición de alcance*

- **Límite de la organización:** Se seleccionó a la GGRS de la Municipalidad provincial de Oxapampa para objeto de la investigación.
- **Limite operativo:** Se tomó en cuenta la emisión directa y emisión indirecta de ser el caso, para las operaciones de recolección selectiva, transporte, valorización, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos

- **Periodo de cálculo:** Estuvo comprendido entre los meses de enero – diciembre del 2022

#### *3.3.1.2. Identificación de emisiones*

Se identificó la totalidad de las emisiones que se generaron en las operaciones de recolección selectiva, transporte, valorización, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos diferenciado por alcance.

#### *3.3.1.3. Cálculo de emisiones*

Para estimar las emisiones se procesaron datos de las operaciones del manejo de residuos sólidos como son, combustible consumido, electricidad consumida y kilómetros recorridos en el caso de los camiones de recolección de residuos sólidos.

Así mismo se consultó la tipificación del factor de emisión por tipo de consumo de combustible o energía.

Finalmente se procesó el resultado mediante la siguiente formula:

$$Emisiones\ de\ GEI´s(t\ GEI) = Dato\ de\ actividad\ x\ Factor\ de\ emisión$$

Las cuales son:

- Dato de Actividad: Dato medible de la actividad que es capaz de producir una emisión, como electricidad o combustible consumido.
- Factor de Emisión: Relaciones que vinculan los datos de rendimiento con las emisiones de GEI. Producido en toneladas de GEI/sp.

#### *3.3.1.4. Comunicación de resultados*

Se comunicó mediante documento los resultados de la investigación a los funcionarios responsables de la gestión de residuos

sólidos, a fin de que puedan tomar decisiones en cuanto a la optimización de sus operaciones, concerniente a la disminución de la huella de carbono.

## 3.4. Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación es no experimental- longitudinal ya que, según Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, (2014), “se caracteriza porque la muestra es medida u observada en todos los tiempos o momentos”, puesto que la huella de carbono fue obtenida de manera mensual hasta obtener el resultado anual.

## 3.5. Población y Muestra

### 3.5.1. Población

Huella de carbono generada por las actividades operativas de la gestión de residuos sólidos de la municipalidad provincial de Oxapampa.

### 3.5.2. Muestra

La muestra para la investigación está conformada por las actividades operativas de la GGRS-MPO.

***Tabla 3:*** *Muestra de estudio*

| Actividades operativas | Unidades de estudio | Tipo de Alcance |
|---|---|---|
| Recolección selectiva y transporte de residuos sólidos | Cuatro (04) camiones compactadores de residuos. | Alcance 1 |
| | Un (01) camión furgón | Alcance 1 |
| Valorización de residuos sólidos | Una (01) prensa hidráulica | Alcance 2 |
| | Un (01) mini cargador | Alcance 1 |
| | Una (01) camioneta | |
| Tratamiento de Lixiviados | Una (01) Motobomba a gasohol | Alcance 1 |
| | Una (01) Motobomba a diésel | |
| Disposición final | Una (01) Retro excavadora | Alcance 1 |
| | Un (01) minicargador | |
| | Dos (02) camiones | |
| | Un (01) rodillo vibratorio | |

*Nota:* Elaboración propia

### 3.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

- **Observación:** Se observó y se efectuó un reconocimiento del área en donde se realizan las actividades operativas de la gerencia de gestión de residuos sólidos, siendo la recolección y transporte, valorización de residuos sólidos, tratamiento y disposición final.
- **Documental**: Se solicitó información del control del consumo de combustible, indicadores de recolección, valorización y disposición final a la Gerencia de Gestión de Residuos sólidos, así mismo se solicitó información sobre consumo de energía eléctrica del relleno sanitario ubicado en el sector San Jorge a la Oficina de Abastecimiento de la Municipalidad provincial de Oxapampa.

- **Hoja de registro**: Se realizó un registro de la identificación de la cantidad de maquinarias, equipos que requieren consumir energía. Así mismo se sistematizó la información de consumo de combustible de la Gerencia de Gestión de residuos sólidos.

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

Los instrumentos como los registros son inherentes a la Municipalidad provincial de Oxapampa y los medios sustentatorios son el control de consumo de combustible, reporte de indicadores de recolección, valorización, disposición final facilitados por la gerencia de Gestión de Residuos sólidos y el reporte de consumo de combustible emitido por la oficina de Abastecimiento.

### 3.8. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

Para la investigación se utilizó la técnica estadística, toda vez de que es el más apropiado a los requerimientos de la investigación, se registró el consumo de combustible siendo la unidad de medida el galón, del mismo modo se registró el consumo energético de los recibos de luz siendo la unidad de medida kWh, por otro lado, se tabularon los resultados mediante organizadores visuales como diagramas circulares y diagramas de barra.

### 3.9. Tratamiento estadístico

Para el análisis de la huella de carbono en las actividades operativas de la Gerencia de Gestión de Residuos Sólidos, se empleó un enfoque cuantitativo basado en técnicas de estadística descriptiva e inferencial.

En primer lugar, se aplicó una estadística descriptiva para caracterizar las variables relevantes del estudio, como la cantidad, consumo de combustible, el consumo energético y como consecuencia las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

Para el análisis de correlación entre la cantidad de combustible - energía consumida y las emisiones de $CO_2$ equivalentes, se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson si los datos seguían una distribución normal. Además, se aplicó una regresión lineal múltiple para modelar el impacto de distintas variables operativas en la huella de carbono, permitiendo así la identificación de factores críticos en la gestión de residuos.

Los cálculos y análisis fueron realizados utilizando el software Microsoft Excel, dicho software también fue empleado para la visualización de datos.

Este tratamiento estadístico permitió obtener una visión clara de la relación entre los factores operativos y la huella de carbono, proporcionando información clave para la toma de decisiones en la optimización de la gestión de residuos sólidos de la Municipalidad Provincial de Oxapampa.

## 3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

La presente investigación recogió y generó información relevante de acuerdo a los objetivos planteados, acogiéndose a la veracidad de la información y el desarrollo de la investigación en función a los reglamentos establecidos por la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, así mismo doy fe que es una investigación única.

# CAPÍTULO IV

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 4.1. Descripción del trabajo de campo

### 4.1.1. Ubicación Geográfica

El distrito de Oxapampa, está ubicado en la selva central del Perú, Provincia de Oxapampa, departamento de Pasco. Se encuentra a una distancia de 396 Km de Lima. La zona de intervención de la investigación se localiza en la zona urbana del Distrito de Oxapampa, zona rural del distrito de Chontabamba y Huancabamba de la Provincia de Oxapampa, Departamento de Pasco.

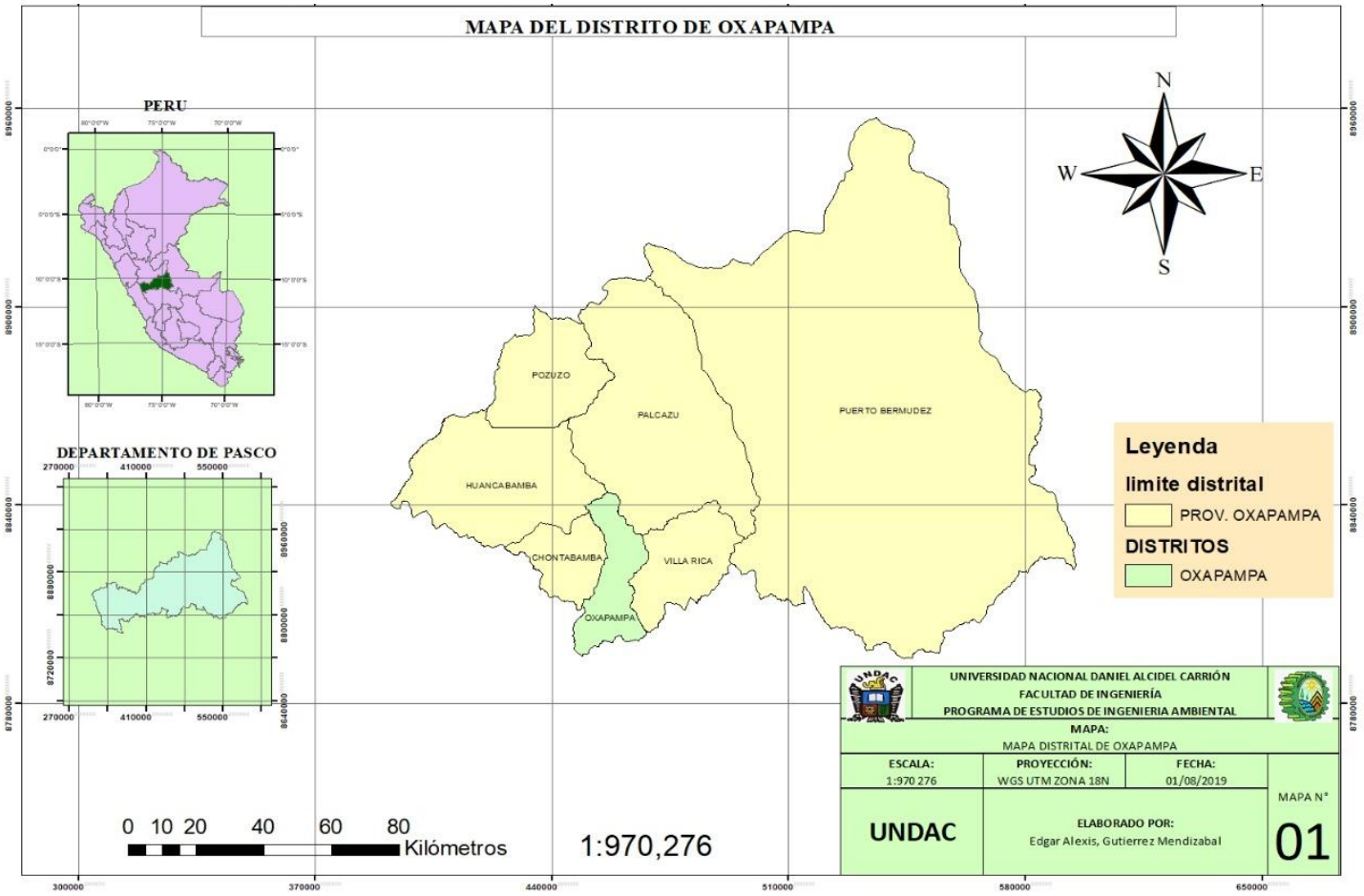
***Tabla 4:*** *Ubicación geográfica de la intervención de investigación*

| | |
|---|---|
| **Departamento** | Pasco |
| **Provincia** | Oxapampa |
| **Distrito** | Oxapampa |

*Nota:* Elaboración propia

En la siguiente figura se muestra la zona de intervención del proyecto.

***Figura 4**: Mapa de los distritos de Oxapampa, Chontabamba y Huancabamba*




*Nota:* Elaboración propia (2019)

### 4.1.2. Línea de base

#### *4.1.2.1. Medio físico*

##### *4.1.2.1.1. Suelos*

El entorno edáfico presenta suelos con distintas profundidades, que van desde aquellos con buena aptitud agrícola hasta terrenos más pobres, de composición terrosa y lítica, con un aprovechamiento agrícola limitado y predominancia de vegetación arbustiva.

Según la clasificación taxonómica, la fisiografía del área de estudio está caracterizada por un paisaje compuesto principalmente por suelos sedimentarios, destacándose colinas y montañas. En la zona del proyecto, los tipos de suelo identificados corresponden a Leptosol dístrico, Cambisol dístrico y Regosol dístrico (LPd-CMd-RGd).

***Tabla 5:*** *Clasificación Taxonómica de suelo del área de investigación*

| **Simbología** | **Asociación de Suelos** |
|---|---|
| LPd-CMd-RGd | Leptosol dístrico – Cambisol dístrico - Regosol dístrico |

*Nota:* Adaptado de MINAGRI, ex Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN). Elaboración: IDOM – PWI S.A.C., 2021.

Los suelos identificados pertenecen a la clase A2sc – C2es, los cuales son adecuados para el cultivo en limpio y presentan una calidad agrológica media, aunque con restricciones relacionadas con el suelo y el clima. Asimismo, estas tierras son aptas para cultivos permanentes, manteniendo una calidad agrológica media,

pero con limitaciones derivadas de la topografía, el riesgo de erosión y las condiciones del suelo.

***Tabla 6:*** *Capacidad de uso mayor del área de investigación*

| Simbología | Asociación de Suelos |
|---|---|
| A2sc – C2es | Tierras aptas para cultivo en limpio (intensivo arable), limitación suelo – clima. Calidad agrológica media. Tierras aptas para cultivos permanentes, limitada erosión |

Nota: Adaptado de MINAGRI, ex Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN). Elaboración: IDOM – PWI S.A.C., 2021.

#### *4.1.2.1.2. Fisiografía*

La zona de estudio se encuentra sobre una llanura aluvial, caracterizada por una topografía accidentada con colinas onduladas y quebradas escarpadas, intercaladas con áreas semillanas y terrazas esporádicas. Estos suelos presentan una fertilidad moderada y están cubiertos en su mayoría por cultivos o bosques secundarios. Los suelos coluvio-aluviales se han desarrollado a partir de materiales de textura gravosa o media, acumulados en la base de pendientes pronunciadas debido a la acción gravitacional o transportados por el flujo del agua de escorrentía.

#### *4.1.2.1.3. Topografía*

A partir del trabajo de campo, se estableció que el proyecto se encuentra a una altitud promedio de 1825 m.s.n.m., con una elevación mínima de 1817.5 m.s.n.m. y una máxima de 1835 m.s.n.m.

#### *4.1.2.1.4. Geología.*

El área donde se desarrolla la investigación se encuentra sobre el grupo Mitu, el cual corresponde a una secuencia de molasas continentales con tonalidades rojo violeta. Desde el punto de vista litológico, está compuesto por conglomerados, areniscas y lutitas, con presencia ocasional de intercalaciones de rocas volcánicas.

#### *4.1.2.1.5. Geomorfología.*

Desde el punto de vista morfológico, el área de estudio se distingue por un relieve suave, compuesto por un conjunto de colinas bajas con pendientes moderadas y crestas de forma subredondeada. En este terreno, la reptación ocurre cuando los suelos poseen una composición arcillosa, lo que genera modificaciones en el perfil de las colinas. Estas colinas se asocian a rellenos de sinclinales amplios.

#### *4.1.2.1.6. Geotecnia*.

En cuanto a la geodinámica interna, según el Mapa de Zonificación Sísmica del Perú y el Mapa de Máximas Intensidades Sísmicas del país, el área de estudio se encuentra dentro de la Zona II, clasificada como una región de sismicidad media. En esta zona, existe la posibilidad de que ocurran sismos con intensidades entre VI y VII en la Escala de Mercalli Modificada, con un período de retorno de 475 años y una aceleración horizontal máxima de 0.30g.

Por otro lado, en lo que respecta a la geodinámica externa, los procesos predominantes en la zona incluyen deslizamientos e inundaciones en áreas deprimidas, especialmente durante periodos de lluvias extraordinarias.

#### *4.1.2.1.7. Hidrología e hidrogeología.*

En términos generales, la red hidrográfica de la provincia de Oxapampa está conformada por las cuencas de los ríos Pachitea y Perené, ubicándose el proyecto dentro de la subcuenca del río Chorobamba.

(IDOM, 2021) En la región de la Selva Alta de Pasco, el conocimiento sobre hidrogeología y evaluación de aguas subterráneas es limitado. No obstante, existen condiciones favorables para su almacenamiento en depósitos aluviales y coluvio-aluviales. Las formaciones con baja o muy baja permeabilidad suelen encontrarse en suelos areno-limosos, limo-arcillosos y arcillo-limosos, mientras que la permeabilidad aumenta en suelos gravo-limosos a gravo-arenosos. En la zona de estudio, la matriz coluvio-aluvial, compuesta por arenas limosas con gravas, indica una permeabilidad media. Se identifican dos tipos de flujo de agua subterránea: el intergranular, que se da a través de los poros de formaciones aluviales y coluvio-aluviales, y el flujo a través de fisuras en las rocas, siendo este último más rápido, especialmente en suelos residuales. Los estudios de prospección geofísica realizados

en agosto de 2020 no evidenciaron la presencia de un nivel freático que sugiera la existencia de un acuífero profundo susceptible a contaminación por lixiviados. Sin embargo, se detectaron suelos saturados debido a la baja capacidad de drenaje de los suelos más finos, lo que sugiere una acumulación temporal de agua en ausencia de precipitaciones constantes.

#### *4.1.2.1.8. Meteorología.*

IDOM, (2021) De acuerdo con los datos de la estación de Oxapampa, las precipitaciones más intensas se presentan entre diciembre y marzo, mientras que los meses de octubre, noviembre y abril actúan como periodos de transición. El mes con mayor acumulación de lluvia es febrero, con un promedio mensual de 263.8 mm, mientras que junio es el mes más seco, registrando una precipitación promedio de 38.9 mm. En términos anuales, la zona recibe aproximadamente 1,673.8 mm de precipitación total.

***Tabla 7:*** *Precipitación anual*

| Mes | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Set | Oct | Nov | Dic | Anual |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Total | 249.8 | 263.8 | 243.1 | 118.7 | 57.1 | 38.9 | 44.1 | 55.3 | 65.1 | 136.5 | 154.1 | 247.5 | 1674 |

*Nota:* Adaptado del Estudio Hidrológico, Producto 1 - Estudios Básicos de Ingeniería. IDOM PWI S.A.C, 2020 – 2021

#### *4.1.2.1.9. Clima.*

Según las condiciones meteorológicas descritas, el clima en la zona de estudio se clasifica como B(r)B'1H4, lo que indica un clima lluvioso (B), con precipitaciones abundantes a lo largo del año (r). Además, se caracteriza por ser un clima semi cálido

(B’1) y presentar una humedad relativa muy alta (H4), lo que contribuye a la persistencia de condiciones húmedas en la región.

#### *4.1.2.2. Medio Biológico*

##### *4.1.2.2.1. Flora*

Existen 36 especies de plantas, las cuales se encuentran en suelos con baja fertilidad y en áreas con una diversidad edáfica limitada. Se evidenció un empobrecimiento del suelo en la zona de estudio. Entre las especies más comunes registradas destacan Heliconia sp, Piper reticulatum y Pennisetum purpureum.

##### *4.1.2.2.2. Fauna*

Existen 16 especies de aves, destacando *Xenops minutus, Veniliornis affinis* y *Todirostrum cinereum* como las más abundantes. La mayoría de las especies registradas poseen una distribución amplia, con excepción de una que presenta una distribución y abundancia más restringida. El Índice de Valor de Importancia Ornitológica (IVO) obtenido (1.53) indica que la zona presenta cierto grado de particularidad en su fauna aviar.

Existen 4 especies de mamíferos evaluados en el área de estudio. Las especies más representativa para el estudio fueron el quirquinchu (*Dasypus* sp.), y *cuerpoespin* (Coendou bicolor).

Existen tres individuos distribuidos en tres especies, tres familias y un orden. Las especies registradas fueron: *Pristimantis rhabdocnemus* (“sapo”), *Rhinella sp.* (“sapo”) y

*Euspondylus* sp. (“lagartija”), cada una representada por un solo individuo.

Existen 5 especies de insectos típicos del área y de gran distribución.

#### *4.1.2.2.3. Áreas Naturales Protegidas.*

No existen áreas naturales protegidas en el área del proyecto ni en los alrededores, de acuerdo a la Constancia de No Afectación de Áreas Naturales Protegidas SERNANP.

### *4.1.2.3. Medio social, económico, cultural y antropológico.*

#### *4.1.2.3.1. Medio social.*

La provincia de Oxapampa cuenta con una población total de 81,929 habitantes, lo que representa el 29.2% de la población del departamento. La densidad poblacional es de 4.4 habitantes por km², y la tasa de crecimiento anual entre los años 1993 y 2007 fue del 2.2%. En cuanto a la disponibilidad de servicios básicos, estos incluyen:

- Agua potable, actualmente alcanza en promedio una cobertura del 20% y en el área rural un 18%.
- En cuanto a desagüe, cuentan con red de desagüe el 6%, pozo séptico/letrina el 23%, otros 60% (desagüe directo al río canal), no cuentan con ningún servicio el 11%.
- El servicio de energía eléctrica, en los distritos de Oxapampa, Huancabamba y Chontabamba, alcanza en promedio al 79% de

viviendas. En un 95% en el área urbana y un 65% en el área rural.

El área urbana de las ciudades beneficiadas cuenta con 3,161 viviendas, mientras que, al considerar el área rural, el total asciende a 7,143 viviendas. El material de construcción predominante es madera (principalmente tornillo), seguido de ladrillo o bloque de cemento, y en menor proporción, adobe o tapia. Los pisos de las viviendas están compuestos principalmente por madera, cemento y tierra, en ese orden de frecuencia. En relación con los servicios básicos, se incluyen:

- Educación, se cuenta con suficiente número de maestros por número de estudiantes. En datos estadísticos en el área del proyecto se tiene un total de 152 instituciones educativas (Inicial, jardín, primaria, secundaria, no escolarizado, educación superior, entre las principales); para el periodo 2013 se tuvo un total de 7504 alumnos matriculados en los diferentes educativos mencionados anteriormente con un total de 480 maestros.
- En Salud y morbilidad; se registran 24 establecimientos del Ministerio de Salud (MINSA) y ESSALUD, destaca el Hospital Ernesto Guzmán Gonzales; además que en el área del proyecto los casos de infecciones agudas de las vías respiratorias superiores, es la primera causa de morbilidad en la provincia,

que se presenta con mayor frecuencia en el grupo etario de 0 a 9 años de edad.

#### *4.1.2.3.2. Medio económico.*

La Población Económicamente Activa (PEA) en la provincia de Oxapampa supera el 6% en el sector agropecuario, con énfasis en cultivos de naranja, zapallo, palto y granadilla, principalmente para exportación. La vocación productiva de la provincia se centra en la ganadería, destacando la bovina y porcina, que se comercializa fuera de la región, mientras que la ovina y avícola tienen menor relevancia. Diversos estudios especializados indican que esta actividad ha generado deforestación debido a su carácter extensivo y baja capacidad de carga por unidad ganadera. Esto se debe a la ausencia de manejo adecuado de pastos nativos, lo que impacta negativamente en los rendimientos.

En cuanto a la actividad forestal, esta es llevada a cabo tanto por empresas legalmente constituidas como por pequeñas empresas informales, las cuales extraen especies de alto valor comercial: ulcumano *(Prumnopytys harmsiana, Prumnopytys montana)* ulcumano de puna (*Podocarpus oleifolius y Podocarpus magnifolius),* diablo fuerte *(Retrophyllum rospigliossi),* cedro *(Cedrela odorata, C. montana y C. lilloi),* nogal *(Juglans neotropica),* las moenas *(Aniba spp., Endlicheria spp., Ocotea spp.)* y otras como el tulpay *(Clarisia racemosa),* las cumalas *(géneros:*

*Virola, Otoba, Iriarthea*). Se considera que la caoba *(Sweitenia macrophylla*) es una especie casi extinta (SERFOR – ATFFS – Selva Central, 2020). Otras actividades que se realizan a menor escala son la apicultura y piscicultura.

#### *4.1.2.3.3. Medio Cultural.*

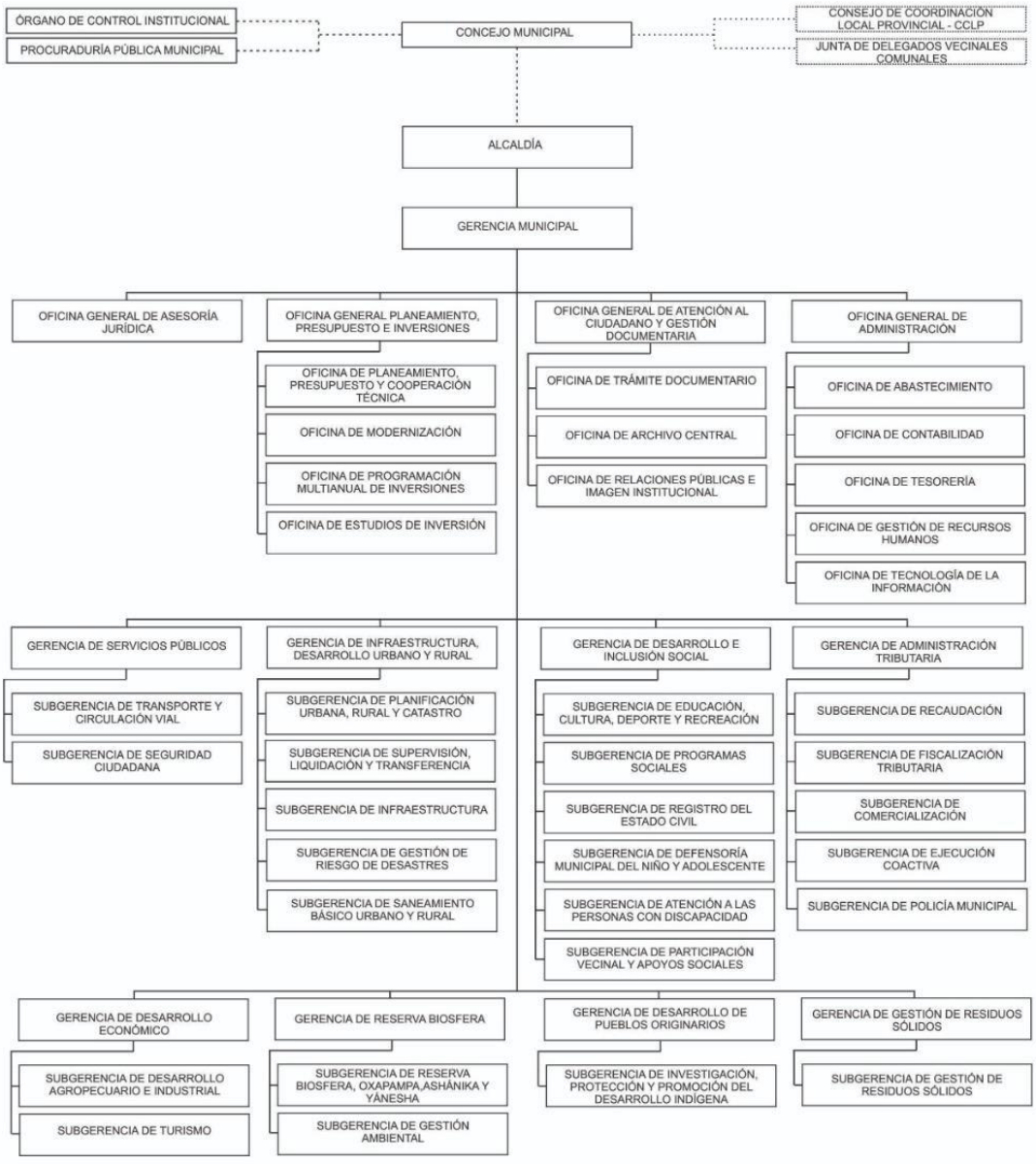
El Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos (CIRA), indica que en la zona seleccionada para el proyecto no existen vestigios arqueológicos en superficie.

### 4.1.3. Municipalidad Provincial de Oxapampa

La Municipalidad Provincial de Oxapampa es una entidad pública con personería jurídica de derecho público con autonomía política, económica y administrativa en las materias de su competencia y constituye un pliego presupuestal. La municipalidad provincial ejerce sus competencias en la provincia de Oxapampa y en el distrito del cercado. La Municipalidad Provincial de Oxapampa se encuentra Ubicado en el Jirón Grau N° 302, así mismo cuenta con oficinas en el segundo nivel del Terminal Terrestre, Estadio Municipal, Coliseo Municipal y Maestranza municipal.

### *4.1.3.1. Organigrama de la Municipalidad Provincial de Oxapampa*

***Figura 5:*** *Organigrama de la Municipalidad Provincial de Oxapampa 2023*




*Nota:* Reglamento de organización y funciones de la Municipalidad de Oxapampa (2023)

### 4.1.4. Gerencia de Gestión de residuos sólidos

La Gerencia de Gestión de Residuos Sólidos es el órgano encargado de la gestión adecuada de los residuos sólidos municipales desde su origen hasta la disposición final brindando servicios de limpieza pública, recolección, transporte, transferencia, tratamiento o disposición final de residuos

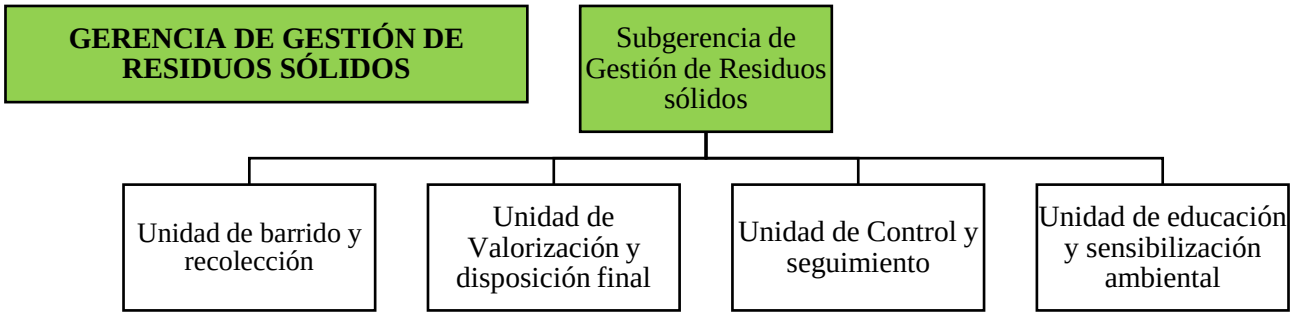
***Tabla 8:*** *Unidades Orgánicas de la Gerencia de Residuos sólidos*

| | |
|---|---|
| **Gerencia de gestión de residuos sólidos** | La Gerencia de Gestión de Residuos Sólidos es el órgano encargado de la gestión adecuada de los residuos sólidos municipales desde su origen hasta la disposición final brindando servicios de limpieza pública, recolección, transporte, transferencia, tratamiento o disposición final de residuos sólidos. |
| **Responsable operativo 1:**<br>**Unidad de barrido y recolección** | La Unidad de Barrido y Recolección es una Subunidad Orgánica encargada de ejecutar las actividades vinculadas con las operaciones de almacenamiento, barrido y limpieza de espacios públicos, recolección selectiva y transporte de los residuos sólidos en el marco de la gestión integral de residuos sólidos. |
| **Responsable Operativo 2:**<br>**Unidad de valorización y disposición final** | La Unidad de Valorización y Disposición Final es una Subunidad Orgánica, encargada de ejecutar las actividades vinculadas con la valorización de los residuos aprovechables orgánicos e inorgánicos, el tratamiento y la disposición final de los residuos sólidos, en el marco de la gestión integral de residuos sólidos municipales |
| **Responsable de educación y fiscalización:**<br>**Unidad de educación y sensibilización ambiental** | La Unidad de Educación Ambiental es una Subunidad Orgánica, encargada de implementar estrategias de acción y actividades en el ámbito municipal, a fin de promover la educación ambiental escolar, juvenil y comunitaria, orientando el cambio cultural en la población y las instituciones. Tiene funciones de fiscalización. |
| **Responsable Financiero:**<br>**Unidad de Control y seguimiento** | La Unidad de Control y Seguimiento es una Subunidad, encargada de analizar, proponer, supervisar y monitorear el cumplimiento de los servicios de limpieza pública que presta la Gerencia de Gestión de Residuos Sólidos, para el desarrollo de estrategias operacionales, con la finalidad de potenciar la eficiencia y eficacia de los procesos en la gestión de los residuos sólidos y así, reducir los riesgos operativos y económicos y proponer medidas de optimización y racionalización de |

los recursos para brindar un eficiente servicio y lograr los fines ambientales planteados por la Municipalidad Provincial de Oxapampa.

*Nota:* Adaptado del reglamento de organización y funciones de la MPO (2023)

***Figura 6:*** *Organigrama del Equipo Técnico Operativo de la Gerencia de Gestión de Residuos sólidos*




*Nota:* Adaptado del reglamento de organización y funciones de la MPO (2023)

#### *4.1.4.1. Medidor de consumo de energía eléctrica de la infraestructura de disposición final del año 2022*

Se contó con un medidor de número de suministro 76 478750. ubicado en el exterior del área de la infraestructura de disposición final ubicado en el sector San Jorge, distrito de Huancabamba, cabe precisar que en dicha área se cuenta con la el área de valorización de residuos aprovechables y orgánicos, el área de disposición final y el área de tratamiento de lixiviados.

#### *4.1.4.2. Vehículos, equipos y máquinas que requirieron consumo de combustible en el año 2022.*

A continuación, se detallan los camiones empleados para la recolección y transporte de residuos sólidos de residuos sólidos, empleados durante el año 2022.

***Tabla 9:*** *Camiones compactadores de recolección empleados durante el año 2022*

| Código Patrimonial | Características de vehículo | | | | Capacidad $m^3$ | Relación de compactación |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Marca | Placa | Tipo | Tipo de combustible | | |
| 67821625-0003 | Mercedes Benz | EGU-176 | Compactador | Diésel B5 | 8 | 2 |
| 67821625-0004 | Mercedes Benz | EGU-171 | Compactador | Diésel B5 | 8 | 2 |
| 67821625-0002 | Iveco | EGI-050 | Compactador | Diésel B5 | 15 | 3 |
| 67821625-0001 | Mitsubishi | EGL-994 | Compactador | Diésel B5 | 5 | 3 |

Nota: Adaptado del diagnóstico de la recolección selectiva del distrito de Oxapampa (2021)

***Tabla 10:*** *Camión furgón de recolección empleado durante el año 2022*

| Código | Características de vehículo | | | | Capacidad $m^3$ | Relación de compactación |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Marca | Placa | Tipo | Tipo de combustible | | |
| 6782300-0001 | Mercedes Benz | EGU-676 | Furgón | Diésel B5 | 6 | No aplica |

*Nota:* Adaptado del diagnóstico de la recolección selectiva del distrito de Oxapampa (2021)

A continuación, se detallan los vehículos y maquinas empleados en la valorización de residuos aprovechables, empleados durante el año 2022.

***Vehículos***

***Tabla 11:*** *Camioneta empleada en el año 2022*

| Código | Tipo de Vehículo | | | | Capacidad $m^3$ | Relación de compactación |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Marca | Placa | Tipo | Tipo de combustible | | |
| 6782300-0001 | Nissan | EGT-894 | Camioneta | Diésel B5 | 1 | No aplica |

*Nota:* Adaptado del diagnóstico de la recolección selectiva del distrito de Oxapampa (2021)

***Maquinas***

**Tabla 12:** *Grupo electrógeno empleado en el año 2022*

| N° ítem | Tipo | Tipo de combustible |
|---|---|---|
| 00001 | Grupo electrógeno | Diésel B5 |

*Nota:* Adaptado del diagnóstico de la recolección selectiva del distrito de Oxapampa (2021)

A continuación, se detallan los vehículos empleados en la valorización de residuos orgánicos, empleados durante el año 2022.

***Tabla 13:*** *Minicargador empleado en el año 2022*

| Código | Tipo de Vehículo | | | | Capacidad $m^3$ | Relación de compactación |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Marca | Placa | Tipo | Tipo de combustible | | |
| 00005 | New Holand | -- | Minicargador | Diésel B5 | -- | No aplica |

*Nota:* Adaptado del plan anual de valorización (2022)

Del mismo modo, se detallan las maquinas empleadas en el tratamiento de lixiviados, empleados durante el año 2022.

***Maquinas***

***Tabla 14:*** *Motobombas empleados en el año 2022*

| N° ítem | Tipo | Tipo de combustible |
|---|---|---|
| 00002 | Motobomba 1 | Diésel B5 |
| 00003 | Motobomba 2 | Gasohol 90 |

*Nota:* Adaptado del plan anual de valorización (2022)

Del mismo modo, se detallan los vehículos y maquinas empleados en la disposición final de los residuos sólidos, empleados durante el año 2022.

**Tabla 15:** *Maquinarias empeladas en el año 2022*

| N° Ítem | Tipo de Vehículo | | | | Capacidad $m^3$ | Relación de compactación |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Marca | Placa | Tipo | Tipo de combustible | | |
| 00004 | CAT | -- | Retroexcavadora | Diésel B5 | -- | No aplica |
| 00005 | New Holand | -- | Minicargador | Diésel B5 | -- | No aplica |
| 00006 | Volvo | EGL-521 | Volquete | Diésel B5 | 15 | No aplica |
| 00007 | Volvo | EGL-522 | Volquete | Diésel B5 | 15 | No aplica |
| 00008 | --- | -- | Rodillo Vibratorio | Diésel B5 | -- | No aplica |

*Nota:* Adaptado del plan anual de valorización (2022)

## 4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

En la presente investigación se empleó la guía de cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero para la HdC Perú, esta metodología se basa en las directrices del IPCC de 2006 para inventarios de GEI (GL 2006), la ISO-14064, el Estándar corporativo de contabilidad, reporte Protocolo GEI.

### 4.2.1. Límite para la determinación de la huella de carbono

#### *4.2.1.1. Límite de la organización*

Se seleccionó a la GGRS de la Municipalidad provincial de Oxapampa objeto de la investigación,

#### *4.2.1.2. Limite operativo:*

Se tomó en cuenta la emisión directa y emisión indirecta de las operaciones de recolección selectiva, transporte, valorización, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos.

#### *4.2.1.3. Periodo de cálculo:*

Estuvo comprendido entre los meses de enero – diciembre del 2022.

### 4.2.2. Huella de carbono por las actividades operativas de la Gerencia de Residuos sólidos (HdC)

Para efectuar la estimación de las emisiones se procesaron datos de las operaciones del manejo de residuos sólidos como son, combustible consumido, electricidad consumida y kilómetros recorridos en el caso de los camiones de recolección de residuos sólidos.

Así mismo se consultó la tipificación del factor de emisión por tipo de consumo de combustible o energía.

Finamente se procesó el resultado mediante la siguiente formula:

$$Emisiones\ de\ GEI´s(t\ GEI) = Dato\ de\ actividad\ x\ Factor\ de\ emisión$$

Las cuales son:

- Dato de Actividad: Dato medible de la actividad que es capaz de producir una emisión, como electricidad o combustible consumido.
- Factor de Emisión: Relaciones que vinculan los datos de rendimiento con las emisiones de GEI. Producido en toneladas de GEI/sp.

Así mismo, se consideró tomar en cuenta lo establecido por GHG Protocol, en base al tipo de combustible quemado y con la finalidad de estimar las emisiones de CO2, N2O y CH4:

$$Emisiones\ GEI = \Sigma(combustible\ quemado)x(Valor\ Calorífico\ Neto)\ x\ Factor\ de\ emisión$$

El nivel de actividad se caracteriza por tener una proporción positiva con cantidad de combustible quemado (en galones, m3 estándar o TJ). El valor calórico neto y el factor de emisión, fueron tomados de las GL2006 y del infoCarbono.

#### *4.2.2.1. Definición de las fuentes emisoras*

Se realizó un reconocimiento de las fuentes y unidades generadoras de gases de efecto invernadero de alcance 1, considerando sus cualidades de operación en cuanto a la tabla 16:

***Tabla 16:*** *Fuentes de emisión del alcance 1*

| Código | Nombre de la fuente |
|---|---|
| A1_1 | Generación electricidad |
| A1_2 | Generación otra energía |
| A1_3 | Transporte propio |
| A1_4 | Refrigerantes |
| A1_5 | Uso de fertilizante |
| A1_6 | Crianza de ganado |
| A1_7 | Fugas de SF6 |
| A1_8 | Fugas de PFCs |
| | Otra fuente |

*Nota:* adaptado Alwa 2019

***Tabla 17:*** *Fuentes de emisión del alcance 2*

| Código | Nombre de la fuente |
|---|---|
| A2_1 | Consumo energía eléctrica |
| A2_2 | Pérdidas T&D |
| A1_3 | Consumo de otra energía |
| | Otra fuente |

*Nota:* adaptado Alwa 2019

Se reconoció las unidades generadoras de GEI's, considerando la información de la tabla adaptado por Alwa (2019), estableciéndose de esa manera el tipo de fuente de emisión en función de las características de las unidades de estudio.

***Tabla 18:*** *Unidad de estudio generadores de GEI de alcance 1*

| Fuente/Operación | Unidad de estudio | Código y nombre de la fuente |
|---|---|---|
| Recolección y transporte de residuos sólidos | Camión furgón EGU-676 | A1_3 |
| | Compactador EGU-176 | A1_3 |
| | Compactador EGU-171 | A1_3 |
| | Compactador EGI-050 | A1_3 |
| | Compactador EGL-994 | A1_3 |
| Valorización de residuos orgánicos | Mini cargador New Holland | A1_3 |
| Valorización de residuos aprovechables | Camioneta EGT-894 | A1_3 |
| | Electrógeno | A1_1 |
| Tratamiento de Lixiviados | Motobomba 1 | A1_1 |
| | Motobomba 2 | A1_1 |
| Disposición final de residuos sólidos | Retroexcavadora | A1_3 |
| | Minicargador | A1_3 |
| | Volquete | A1_3 |
| | Volquete | A1_3 |
| | Rodillo Vibratorio | A1_3 |
| | Retroexcavadora | A1_3 |

*Nota:* Elaboración propia

***Tabla 19:*** *Unidad de estudio generadores de GEI de alcance 2*

| Fuente/Operación | Unidad de estudio | Código y nombre de la fuente |
|---|---|---|
| Valorización de residuos aprovechables | Suministro del relleno Sanitario – San Jorge | A2_1 |

*Nota:* Elaboración propia

De acuerdo a lo reconocido en la tabla 18, se puede apreciar en las fuentes generadoras de GEI´s son de los de los tipos A1_1 (Generación electricidad) y A1_3 (Transporte propio), dicha información contribuye a emplear las fórmulas idóneas para la estimación de la Generación de anhidrido carbónico ($CO_2$), metano ($CH_4$) y óxido nitroso ( $N_2O$).

- **Cálculo de emisiones por operaciones del manejo de residuos sólidos**

  Para poder terminar las emisiones se tuvo que considerar datos importantes como el VCN de transporte y generación de energía Tabla 14, teniendo en cuenta que las operaciones como la recolección selectiva, transporte, valorización de residuos orgánicos, de manera parcial valorización de residuos aprovechables, y disposición final de residuos sólidos corresponden al tipo de fuente A1_3 “Transporte propio”, ya que por la naturaleza de las actividades requieren tratarse como fuentes móviles, por otro lado también se identificaron equipos de fuentes fijos que correspondieron al tipo los tipos A1_1 “Generación electricidad”, siendo las operaciones de valorización de residuos aprovechables y tratamiento de lixiviados tabla 15.

***Tabla 20:****VCN de los combustibles empleados en las operaciones de residuos sólidos (transporte terrestre - fuentes móviles)*

| Tipo de combustible | VCN | Unidad Fuente |
|---|---|---|
| Diésel B5 | 0.04 GJ/kg | Carta Formal de Petroperú |
| Gasohol | 0.04 GJ/kg | Carta Formal de Petroperú |

*Nota:* Adaptado del inventario nacional de gases de efecto invernadero Ministerio del ambiente (2012)

***Tabla 21:*** *VCN de los combustibles empleados en las operaciones de residuos sólidos (generación de energía - fuentes fijas)*

| Tipo de combustible | VCN | Unidad Fuente |
|---|---|---|
| Diésel B5 | 0.0430 GJ/kg | MINAM |
| Gasohol | 0.0429 GJ/kg | MINAM |

*Nota:* Adaptado del inventario nacional de gases de efecto invernadero Ministerio del ambiente, (2012)

Así mismo fue necesario identificar los valores de factor de emisiones para anhidrido carbónico ($CO_2$), metano ($CH_4$) y óxido nitroso ( $N_2O$), que fueron previamente establecidos en el inventario nacional de gases de efecto invernadero, por el Ministerio del Ambiente (2013).

***Tabla 22:*** *Factores de emisión de $CO_2$ para transporte terrestre*

| Tipo de combustible | Por defecto [kg/TJ] | Inferior | Superior |
|---|---|---|---|
| Diésel B5 (*) | 70395 | - | - |
| Gasohol (*) | 63894.6 | - | - |

*Nota:* Inventario de gases de efecto invernadero 2012

***Tabla 23:*** *Factores de emisión de $CH_4$ y $N_2O$ para transporte terrestre*

| Tipo de combustible | Metano ($CH_4$) | | | Óxido nitroso ( $NO_2$), | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Por defecto [kg/TJ] | Inferior | Superior | Por defecto [kg/TJ] | Inferior | Superior |
| Diésel B5 (*) | 3.7 | - | - | 3.71 | - | - |
| Gasohol (*) | 3.5 | - | - | 5.26 | - | - |

*Nota:* Inventario de gases de efecto invernadero 2012

***Tabla 24:*** *Factores de emisión de los combustibles utilizados en los cálculos del sector Energía*

| Tipo de combustible | Por defecto [kg/TJ] | Inferior | Superior |
|---|---|---|---|
| Diésel B5 (*) | 70395 | - | - |
| Gasohol (*) | 63895 | - | - |

*Nota:* Inventario de gases de efecto invernadero 2012

- **Cálculo de la huella de carbono generado por la operación de recolección selectiva y transporte de residuos sólidos.**

  Para tal fin se empleó los datos de consumo de combustible de las unidades de estudio (Vehículos), aplicando las conversiones de galones a (TJ) Terajoule para posteriormente multiplicarlo con el factor de emisión de Dióxido de carbono, en la tabla 19 se puede apreciar los datos mensualizados de CO2 (HdC) por vehículo de recolección, sumando un total de 90.035 t -CO2-eq generados durante el año 2022.

***Tabla 25:*** *Estimación de emisiones de $CO_2$ en toneladas por consumo de Diésel B5 para las operaciones de recolección y transporte de RRSS -2022*

**Huella de carbono de las operaciones de recolección selectiva y transporte de residuos sólidos -2022**

| | Furgón EGU-676 | Compactador EGL-994 | Compactador EGU-171 | Compactador EGU-176 | Compactador EGI-050 | Total, Mensual Kg | Total, Mensual Tn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Enero** | 389.098 | 716.760 | 2713.448 | 255.986 | 3348.292 | 7423.583 | 7.424 |
| **Febrero** | 235.507 | 614.365 | 2119.561 | 0.000 | 2662.250 | 5631.684 | 5.632 |
| **Marzo** | 307.183 | 675.802 | 1402.801 | 1238.970 | 2549.617 | 6174.373 | 6.174 |
| **Abril** | 368.619 | 860.112 | 1791.899 | 2047.885 | 1433.519 | 6502.035 | 6.502 |
| **Mayo** | 327.662 | 552.929 | 1791.899 | 2047.885 | 1228.731 | 5949.106 | 5.949 |
| **Junio** | 0.000 | 563.168 | 1843.096 | 1843.096 | 2047.885 | 6297.246 | 6.297 |
| **Julio** | 51.197 | 716.760 | 1894.294 | 1894.294 | 2508.659 | 7065.203 | 7.065 |
| **Agosto** | 511.971 | 614.365 | 1699.745 | 1269.689 | 2652.011 | 6747.781 | 6.748 |
| **Setiembre** | 1228.731 | 1331.125 | 3768.108 | 3768.108 | 4955.882 | 15051.954 | 15.052 |
| **Octubre** | 819.154 | 819.154 | 2293.631 | 2498.420 | 2989.912 | 9420.271 | 9.420 |
| **Noviembre** | 511.971 | 409.577 | 1535.914 | 1535.914 | 1740.702 | 5734.078 | 5.734 |
| **Diciembre** | 716.760 | 716.760 | 2047.885 | 2047.885 | 2508.659 | 8037.948 | 8.038 |
| **Total, anual** | 5467.853 | 8590.877 | 24902.281 | 20448.131 | 30626.119 | 90035.262 | 90.035 |

*Nota:* Elaboración propia

- **Cálculo de la huella de carbono generado por la valorización de residuos orgánicos**

  Para tal fin se empleó los datos de consumo de combustible de la maquinaria empleada (Diésel B5) para la valorización de residuos orgánicos, generando esta operación una suma total de 13.823 $tCO_2^-eq$ durante el año 2022.

***Tabla 26:****Estimación de emisiones de $CO_2$ por Consumo de Diesel (gl) para las operaciones de Valorización de residuos sólidos orgánicos*

**Huella de carbono de la operación de valorización de residuos orgánicos por consumo de combustible residuos sólidos -2022**

| | **Minicargador L225** | **Total, mensual Kg** | **Total, Mensual Tn** |
|---|---|---|---|
| **Enero** | 1535.914 | 1535.914 | 1.536 |
| **Febrero** | 1535.914 | 1535.914 | 1.536 |
| **Marzo** | 1535.914 | 1535.914 | 1.536 |
| **Abril** | 1023.942 | 1023.942 | 1.024 |
| **Mayo** | 767.957 | 767.957 | 0.768 |
| **Junio** | 1279.928 | 1279.928 | 1.280 |
| **Julio** | 1023.942 | 1023.942 | 1.024 |
| **Agosto** | 767.957 | 767.957 | 0.768 |
| **Setiembre** | 2047.885 | 2047.885 | 2.048 |
| **Octubre** | 767.957 | 767.957 | 0.768 |
| **Noviembre** | 1023.942 | 1023.942 | 1.024 |
| **Diciembre** | 511.971 | 511.971 | 0.512 |
| **Total, anual** | 13823.223 | 13823.223 | 13.823 |

*Nota:* Elaboración propia

- **Cálculo de la huella de carbono generado por la valorización de residuos Aprovechables**

  Para tal fin se empleó los datos de consumo de combustible de una (01) camioneta y un (01) grupo electrógeno (Diésel B5) para la valorización de residuos aprovechables, generando esta

operación una suma total de 13.414 tCO2-eq durante el año 2022.

***Tabla 27:*** *Estimación de emisiones de $CO_2$ por Consumo de Diesel (gl) para las operaciones de Valorización de residuos Aprovechables.*

**Huella de carbono de la operación de valorización de residuos aprovechables por consumo de combustible -2022**

| | Camioneta EGT-389 | Grupo electrógeno | Total, Mensual Kg | Total, Mensual Tn |
|---|---|---|---|---|
| **Enero** | 204.788 | 0.000 | 204.788 | 0.205 |
| **Febrero** | 460.774 | 0.000 | 460.774 | 0.461 |
| **Marzo** | 307.183 | 0.000 | 307.183 | 0.307 |
| **Abril** | 460.774 | 0.000 | 460.774 | 0.461 |
| **Mayo** | 307.183 | 550.369 | 857.552 | 0.858 |
| **Junio** | 307.183 | 1100.738 | 1407.921 | 1.408 |
| **Julio** | 460.774 | 550.369 | 1011.143 | 1.011 |
| **Agosto** | 460.774 | 550.369 | 1011.143 | 1.011 |
| **Setiembre** | 614.365 | 1651.107 | 2265.473 | 2.265 |
| **Octubre** | 460.774 | 1100.738 | 1561.512 | 1.562 |
| **Noviembre** | 255.986 | 2201.476 | 2457.462 | 2.457 |
| **Diciembre** | 307.183 | 1100.738 | 1407.921 | 1.408 |
| **Total, anual** | 4607.741 | 8805.905 | 13413.646 | 13.414 |

*Nota:* Elaboración propia

Del mismo modo los datos de consumo de electricidad de una (01) Prensa hidráulica para acondicionar los residuos aprovechables, generando esta operación una suma total de t 0.245 eq -CO2 durante el año 2022.

***Tabla 28:*** *Estimación de emisiones de $CO_2$ por Consumo de electricidad por Prensa hidráulica para las operaciones de Valorización de residuos Aprovechables.*

| Suministro | dirección | Huella de carbono (CO2) generador por consumo de energía eléctrica para el funcionamiento de prensa hidráulica | | | | | | | | | | | | tCO2 eq-CO2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Setiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | |
| 76 478750 | San Jorge | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.245 |

*Nota:* Elaboración propia

- **Cálculo de la huella de carbono generado por el tratamiento de lixiviados**

Para tal fin se empleó los datos de consumo de combustible de una (01) motobomba (Diésel B5) y una (01) motobomba (Gasohol) para la para el tratamiento de lixiviados, generando esta operación una suma total de 8.666 t CO2-eq durante el año 2022.

***Tabla 29:*** *Estimación de emisiones de $tCO2^{-eq}$ por Consumo de Gasohol para las operaciones de tratamiento de lixiviados*

**Huella de carbono de la operación de valorización de residuos aprovechables (consumo de Gasohol)**

| | **Motobomba 1- Gasohol** | **Total, Mensual Kg** | **Total, Mensual Tn** |
|---|---|---|---|
| Enero | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Febrero | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Marzo | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Abril | 967.392 | 967.392 | 0.967 |
| Mayo | 967.392 | 967.392 | 0.967 |
| Junio | 483.696 | 483.696 | 0.484 |
| Julio | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Agosto | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Setiembre | 483.696 | 483.696 | 0.484 |
| Octubre | 967.392 | 967.392 | 0.967 |
| Noviembre | 967.392 | 967.392 | 0.967 |
| Diciembre | 967.392 | 967.392 | 0.967 |
| Total, anual | 5804.352 | 5804.352 | 5.804 |

*Nota:* Elaboración propia

***Tabla 30**: Estimación de emisiones de $tCO_2eq$ Consumo de diésel para las operaciones de tratamiento de lixiviados*

| Huella de carbono de la operación de valorización de residuos aprovechables (consumo de Diésel B5) | | | |
|---|---|---|---|
| | **Motobomba 2- Diésel** | **Total, Mensual Kg** | **Total, Mensual Tn** |
| Enero | 110.074 | 110.074 | 0.110 |
| Febrero | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Marzo | 550.369 | 550.369 | 0.550 |
| Abril | 1100.738 | 1100.738 | 1.101 |
| Mayo | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Junio | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Julio | 550.369 | 550.369 | 0.550 |
| Agosto | 550.369 | 550.369 | 0.550 |
| Setiembre | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Octubre | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Noviembre | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Diciembre | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Total, anual | 2861.919 | 2861.919 | 2.862 |

*Nota:* Elaboración propia

- **Cálculo de la huella de carbono generado por la disposición final de residuos sólidos**

  Para tal fin se empleó los datos de consumo de combustible (Diésel B5) de una (01) retroexcavadora un (01) minicargador, dos (02) camiones de carga, y un (01) rodillo vibratorio motobomba, para la para la disposición final de residuos sólidos, generando esta operación una suma total de 23.858 tCO2-eq durante el año 2022.

***Tabla 31.*** *Estimación de emisiones de $CO_2$ por Consumo de Diesel para las operaciones de disposición final de RRSS -2022*

| | Estimación de emisiones de CO2 por Consumo de Diesel para las operaciones de disposición final de RRSS -2022 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Retro excavadora CAT-420F** | **Minicargador L225** | **Volvo EGL-521** | **Volvo EGL-522** | **Rodillo Vibratorio** | **Total, Mensual Kg** | **Total, Mensual Tn** |
| **Enero** | 2559.856 | 1535.914 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 4095.770 | 4.096 |
| **Febrero** | 819.154 | 1535.914 | 614.365 | 614.365 | 0.000 | 3583.799 | 3.584 |
| **Marzo** | 0.000 | 1535.914 | 0.000 | 0.000 | 409.577 | 1945.491 | 1.945 |
| **Abril** | 511.971 | 1023.942 | 0.000 | 0.000 | 511.971 | 2047.885 | 2.048 |
| **Mayo** | 1535.914 | 767.957 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 2303.871 | 2.304 |
| **Junio** | 1023.942 | 1279.928 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 2303.871 | 2.304 |
| **Julio** | 511.971 | 1023.942 | 0.000 | 0.000 | 409.577 | 1945.491 | 1.945 |
| **Agosto** | 511.971 | 767.957 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1279.928 | 1.280 |
| **Setiembre** | 0.000 | 2047.885 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 2047.885 | 2.048 |
| **Octubre** | 0.000 | 767.957 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 767.957 | 0.768 |
| **Noviembre** | 0.000 | 1023.942 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 1023.942 | 1.024 |
| **Diciembre** | 0.000 | 511.971 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 511.971 | 0.512 |
| **Total, anual** | 7474.780 | 13823.223 | 614.365 | 614.365 | 1331.125 | 23857.860 | 23.858 |

Nota: Elaboración propia

- **Cálculo de la huella de carbono generado por las actividades operativas de la Gerencia de gestión de residuos sólidos del año 2022.**

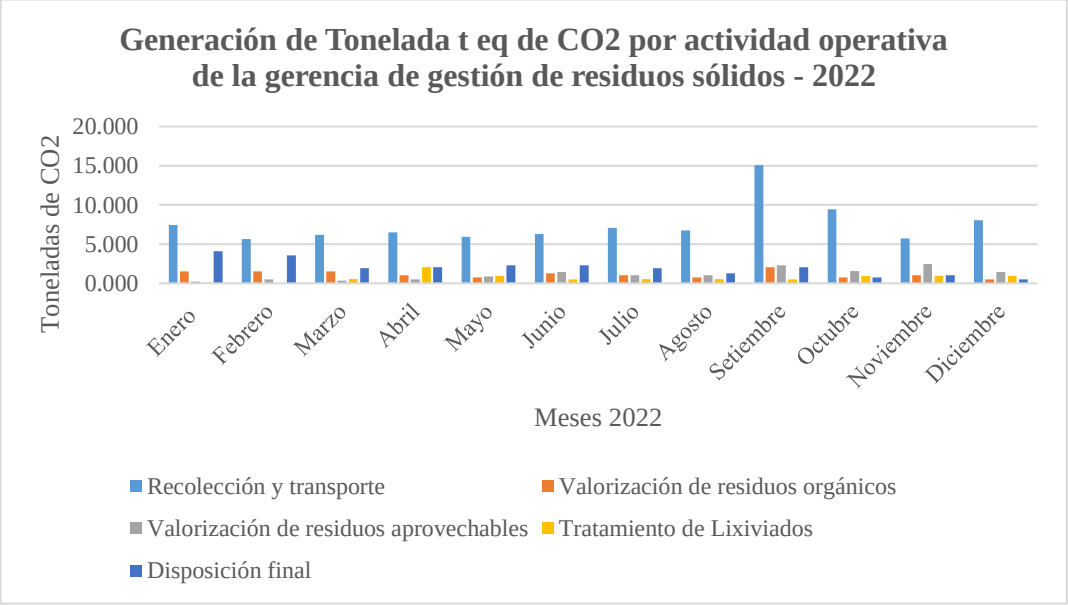
  Correspondieron a las operaciones de recolección selectiva, transporte, valorización de residuos sólidos, tratamiento de lixiviados y la disposición final de los residuos sólidos, teniendo 150.0415 tCO2-eq.

***Tabla 32:*** *Generación de Toneladas (Tn) de $CO_2$ por actividad operativa de la gerencia de gestión de residuos sólidos - 2022*

| Huella de carbono por las actividades operativas de la Gerencia de Gestión de residuos sólidos – 2022 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Mes** | **Recolección y transporte** | **Valorización de residuos orgánicos** | **Valorización de residuos aprovechables** | **Tratamiento de Lixiviados** | **Disposición final** |
| Enero | 7.424 | 1.536 | 0.222 | 0.110 | 4.096 |
| Febrero | 5.632 | 1.536 | 0.473 | 0.000 | 3.584 |
| Marzo | 6.174 | 1.536 | 0.327 | 0.550 | 1.945 |
| Abril | 6.502 | 1.024 | 0.479 | 2.068 | 2.048 |
| Mayo | 5.949 | 0.768 | 0.880 | 0.967 | 2.304 |
| Junio | 6.297 | 1.280 | 1.423 | 0.484 | 2.304 |
| Julio | 7.065 | 1.024 | 1.027 | 0.550 | 1.945 |
| Agosto | 6.748 | 0.768 | 1.030 | 0.550 | 1.280 |
| Setiembre | 15.052 | 2.048 | 2.284 | 0.484 | 2.048 |
| Octubre | 9.420 | 0.768 | 1.593 | 0.967 | 0.768 |
| Noviembre | 5.734 | 1.024 | 2.486 | 0.967 | 1.024 |
| Diciembre | 8.038 | 0.512 | 1.435 | 0.967 | 0.512 |
| | | **Total, de Tn de $CO_2$** | | | **150.0415** |

*Nota:* Elaboración propia

***Figura 7:****Generación de t eq $CO_2$ eq por actividad operativa de la gerencia de gestión de residuos sólidos - 2022*




*Nota:* Elaboración propia

### 4.2.3. Cálculo del combustible consumido por la Gerencia de Residuos sólidos.

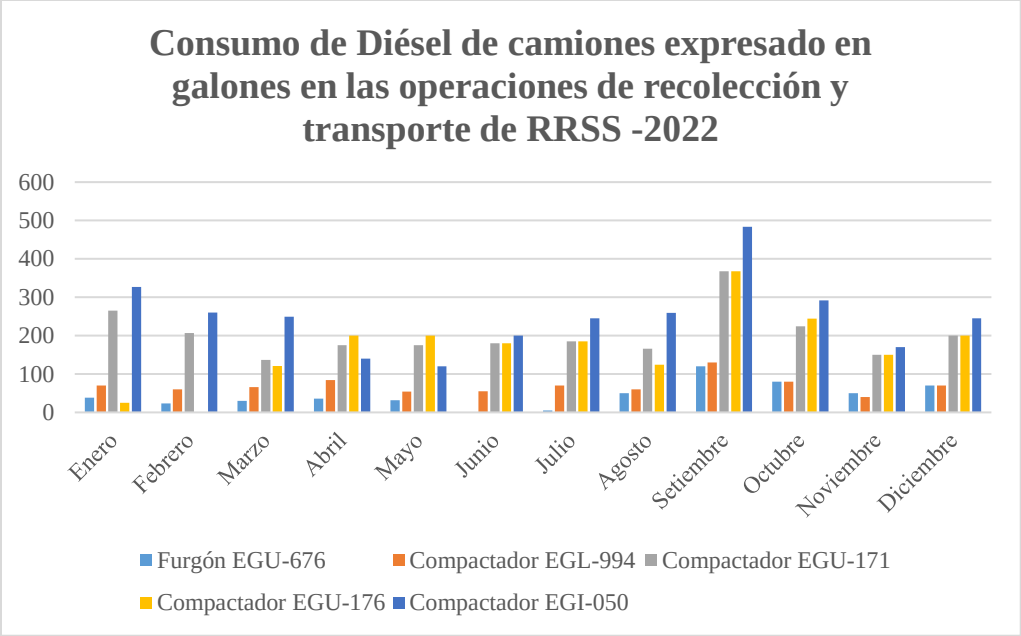
La municipalidad provincial de Oxapampa, a través de la Gerencia de Residuos sólidos efectuó el consumo de combustibles como Diésel B5 y Gahosol en función de las actividades operativas inherentes al manejo de residuos sólidos, esta información ha sido sistematizada del cuaderno de control de combustible del año 2022, así mismo se pudo determinar que se consumió 8793 galones de diésel B5 en la operación de recolección selectiva y transporte de residuos sólidos.

***Tabla 33:*** *Consumo de Diésel de camiones expresado en galones en las operaciones de recolección y transporte de RRSS -2022*

| | **Consumo de Diesel para las operaciones de recolección y transporte de RRSS -2022 (Gl)** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Furgón EGU-676** | **Compactador EGL-994** | **Compactador EGU-171** | **Compactador EGU-176** | **Compactador EGI-050** | **Total, Mensual** |
| **Enero** | 38 | 70 | 265 | 25 | 327 | 725 |
| **Febrero** | 23 | 60 | 207 | 0 | 260 | 550 |
| **Marzo** | 30 | 66 | 137 | 121 | 249 | 603 |
| **Abril** | 36 | 84 | 175 | 200 | 140 | 635 |
| **Mayo** | 32 | 54 | 175 | 200 | 120 | 581 |
| **Junio** | 0 | 55 | 180 | 180 | 200 | 615 |
| **Julio** | 5 | 70 | 185 | 185 | 245 | 690 |
| **Agosto** | 50 | 60 | 166 | 124 | 259 | 659 |
| **Setiembre** | 120 | 130 | 368 | 368 | 484 | 1470 |
| **Octubre** | 80 | 80 | 224 | 244 | 292 | 920 |
| **Noviembre** | 50 | 40 | 150 | 150 | 170 | 560 |
| **Diciembre** | 70 | 70 | 200 | 200 | 245 | 785 |
| **Total, anual** | **534** | **839** | **2432** | **1997** | **2991** | **8793** |

*Nota:* Elaboración propia

***Figura 8:*** *Consumo de Diésel de camiones expresado en galones en las operaciones de recolección y transporte de RRSS -2022*




*Nota:* Elaboración propia

Por otro lado, respecto la gerencia de residuos sólidos efectúa la valorización de residuos aprovechables y orgánicos, demandando el consumo de 1250 (tabla 28) y 1350 (tabla 29) galones respectivamente en el año del 2022.

***Tabla 34:*** *Consumo de Diesel (gl) para las operaciones de Valorización de residuos Aprovechables Año 2022*

| Consumo de Diesel (gl) para las operaciones de Valorización de residuos Aprovechables Año 2022 | | | |
|---|---|---|---|
| | **Camioneta EGT-389** | **Grupo electrógeno** | **Total, Mensual** |
| **Enero** | 20 | 0 | 20 |
| **Febrero** | 45 | 0 | 45 |
| **Marzo** | 30 | 0 | 30 |
| **Abril** | 45 | 0 | 45 |
| **Mayo** | 30 | 50 | 80 |
| **Junio** | 30 | 100 | 130 |
| **Julio** | 45 | 50 | 95 |
| **Agosto** | 45 | 50 | 95 |
| **Setiembre** | 60 | 150 | 210 |
| **Octubre** | 45 | 100 | 145 |
| **Noviembre** | 25 | 200 | 225 |
| **Diciembre** | 30 | 100 | 130 |
| **Total anual** | **450** | **800** | **1250** |

*Nota:* Elaboración propia

***Tabla 35:*** *Consumo de Diesel (gl) para las operaciones de Valorización de residuos orgánicos*

| Consumo de Diesel (gl) para las operaciones de Valorización de residuos sólidos | |
|---|---|
| | **Minicargador L225** |
| **Enero** | 150 |
| **Febrero** | 150 |
| **Marzo** | 150 |
| **Abril** | 100 |
| **Mayo** | 75 |
| **Junio** | 125 |
| **Julio** | 100 |
| **Agosto** | 75 |
| **Setiembre** | 200 |
| **Octubre** | 75 |
| **Noviembre** | 100 |
| **Diciembre** | 50 |
| **Total, anual** | **1350** |

*Nota:* Elaboración propia

Así mismo a través de la Gerencia de residuos sólidos también se efectuó el tratamiento de lixiviados, la cual consistió en la aplicación de DAC-1/ART 12, para posteriormente recircular la solución mediante el uso de una motobomba de diésel B5 y otra de Gasohol, de acuerdo a los datos se determinó que se gastó 600 galones de gasohol y 260 galones de diésel B5, a continuación, se muestra la tabla 36.

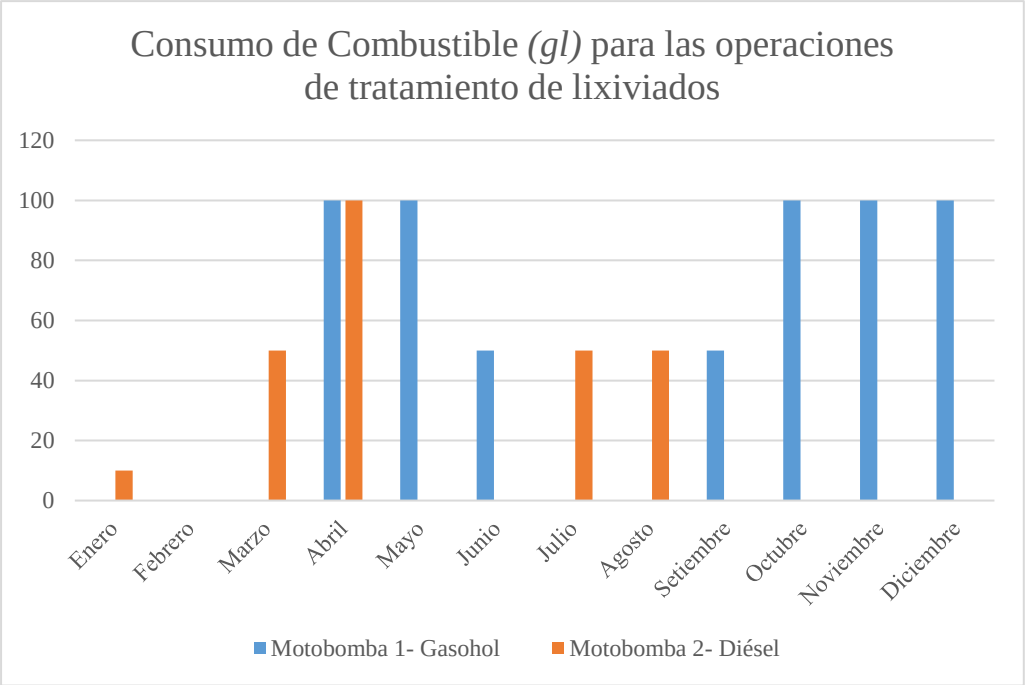
***Tabla 36:*** *Consumo de Combustible (gl) para las operaciones de tratamiento de lixiviados*

| | **Consumo de Combustible (gl) para las operaciones de tratamiento de lixiviados** | |
|---|---|---|
| | **Motobomba 1- Gasohol** | **Motobomba 2- Diésel** |
| **Enero** | 0 | 10 |
| **Febrero** | 0 | 0 |
| **Marzo** | 0 | 50 |
| **Abril** | 100 | 100 |
| **Mayo** | 100 | 0 |
| **Junio** | 50 | 0 |
| **Julio** | 0 | 50 |
| **Agosto** | 0 | 50 |
| **Setiembre** | 50 | 0 |
| **Octubre** | 100 | 0 |
| **Noviembre** | 100 | 0 |
| **Diciembre** | 100 | 0 |
| **Total anual** | **600** | **260** |

*Nota:* Elaboración propia

En la figura 9, se aprecia que 600 galones correspondieron al consumo de gasohol (motobomba1) dicho consumo se efectuó en los meses de abril, mayo, junio, setiembre, noviembre y diciembre; mientras que solo se consumió 260 galones de diésel (Motobomba 2) en los meses de enero, marzo abril, julio y agosto.

***Figura 9:*** *Consumo de Combustible (gl) para las operaciones de tratamiento de lixiviados*




*Nota:* Elaboración propia

La disposición final, es la última etapa de las operaciones de residuos sólidos, para dicho fin, la gerencia de residuos sólidos de la municipalidad de Oxapampa, ha empleado el uso de Retroexcavadora, minicargador y rodillo vibratorio para la dispersión, rellenado y compactación de los residuos sólidos, así mismo realizó el uso de dos camiones en el mes de febrero para abastecer de material de relleno, tabla 37.

**Tabla 37:** *Consumo de Diesel (gl) para las operaciones de disposición final de RRSS - 2022*

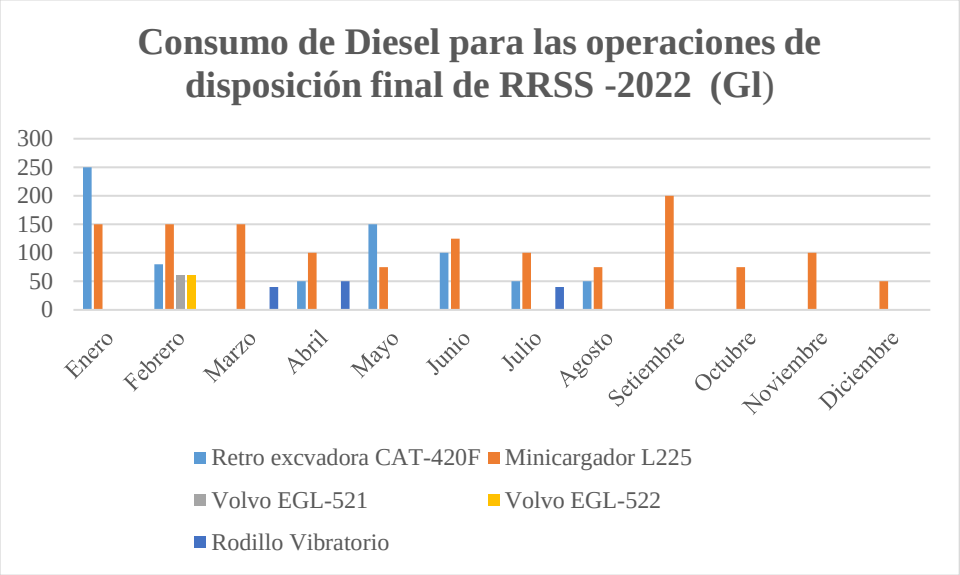
**Consumo de Diesel para las operaciones de disposición final de RRSS -2022 (Gl)**

| | Retro excavadora CAT-420F | Minicargador L225 | Volvo EGL-521 | Volvo EGL-522 | Rodillo Vibratorio | Total, Mensual |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Enero** | 250 | 150 | 0 | 0 | 0 | 400 |
| **Febrero** | 80 | 150 | 60 | 60 | 0 | 350 |
| **Marzo** | 0 | 150 | 0 | 0 | 40 | 190 |
| **Abril** | 50 | 100 | 0 | 0 | 50 | 200 |
| **Mayo** | 150 | 75 | 0 | 0 | 0 | 225 |
| **Junio** | 100 | 125 | 0 | 0 | 0 | 225 |
| **Julio** | 50 | 100 | 0 | 0 | 40 | 190 |
| **Agosto** | 50 | 75 | 0 | 0 | 0 | 125 |
| **Setiembre** | 0 | 200 | 0 | 0 | 0 | 200 |
| **Octubre** | 0 | 75 | 0 | 0 | 0 | 75 |
| **Noviembre** | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| **Diciembre** | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 50 |
| **Total anual** | **730** | **1350** | **60** | **60** | **130** | **2330** |

*Nota:* Elaboración propia

De acuerdo a la figura 10, se puede apreciar que se efectuó mayor consumo en los meses de enero (400 galones de diésel B5), y febrero (350 galones de diésel B5), esto se debió a las altas precipitaciones en dichos meses, estos fenómenos meteorológicos demandaron el uso constante de maquinarias como la retroexcavadora y mini cargador a fin evitar que infiltren las precipitaciones y colapse la poza de lixiviados, así mismo se pudo identificar que el mini cargador New Holland trabajó de manera constante durante todo el año, la retroexcavadora trabajo solo en los meses de enero, febrero, abril, mayo, julio y agosto, en los meses posteriores desarrolló trabajos en la selva de la Provincia de Oxapampa.

***Figura 10:*** *Consumo de Diesel (gl) en la operación de disposición final de RRSS -2022.*




*Nota:* Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 38 , se puede apreciar que el consumo total de combustible diésel B5 ascendió a 13 983 galones mientras que de Gasohol fue igual a 600 galones según la tabla 33, estos resultados evidencian el uso contante de las maquinarias y equipos en los procesos del manejo de residuos sólidos, así mismo la operación que dependió de más combustibles fue la recolección selectiva y transporte de residuos sólidos (8793 galones de diésel) seguido por la disposición final (2330 galones de diésel), valorización de residuos orgánicos (1350 galones de diésel), valorización de residuos aprovechables (1250 galones de diésel), y finalmente tratamiento de lixiviados (260 galones de diésel y 600 galones de Gasohol), del mismo modo en la figura 11 se aprecia los porcentajes de consumo de combustible.

***Tabla 38:*** *Consumo de combustible Diesel B5 (galones) por actividad operativa de la gerencia de gestión de residuos sólidos - 2022*

| **Consumo de combustible Diesel B5 (Galones) por actividad operativa de la gerencia de gestión de residuos sólidos – 2022** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Recolección y transporte** | **Valorización de residuos orgánicos** | **Valorización de residuos aprovechables** | **Tratamiento de Lixiviados** | **Disposición final** | **Total** |
| 8793 | 1350 | 1250 | 260 | 2330 | **13983** |

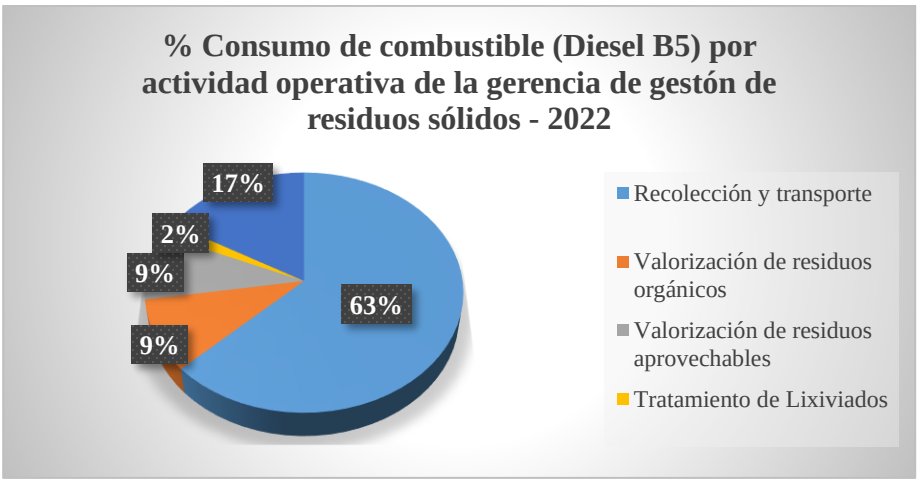
*Nota:* Elaboración propia

***Tabla 39:*** *Consumo de combustible Gasohol (galones) por actividad operativa de la gerencia de gestión de residuos sólidos - 2022*

| **Consumo de combustible Gasohol (galones) por actividad operativa de la gerencia de gestión de residuos sólidos – 2022** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Recolección y transporte** | **Valorización de residuos orgánicos** | **Valorización de residuos aprovechables** | **Tratamiento de Lixiviados** | **Disposición final** | **Total** |
| 0 | 0 | 0 | 600 | 0 | 600 |

*Nota*: Elaboración propia

***Figura 11:*** *% Consumo de combustible (Diesel B5) por actividad operativa de la gerencia de gestión de residuos sólidos - 2022*




Nota: Elaboración propia

### 4.2.4. Calculo de emisiones de la Gerencia de Residuos sólidos

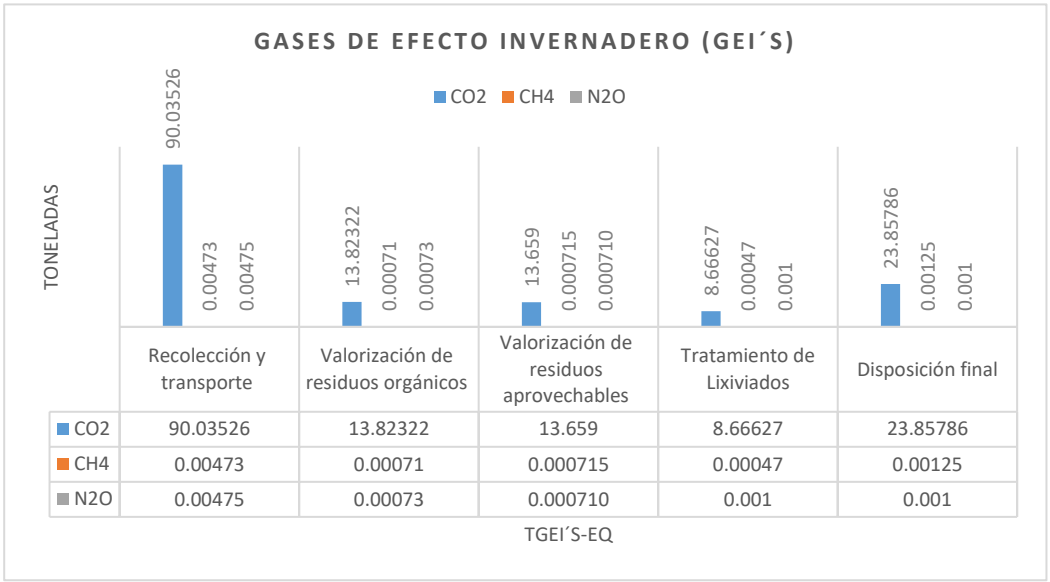
Durante el año 2022 la Gerencia de residuos sólidos, efectuó el servicio de residuos sólidos a través de 5 actividades operativas, generando un total de estimado de 150.0415t$CO_2$-eq Carbono, del mismo modo 0.0079 t$CH_3$-eq, y 0.0081 t$N_2O$-eq, a continuación, se muestra en la tabla 40.

***Tabla 40:*** *Emisiones expresado en toneladas (Tn) de las Actividades operativa de la gerencia de gestión de residuos sólidos (Alcance 1 + alcance 2) - Enero a Diciembre 2022*

| **Gases de efecto invernadero según la NTP ISO 14064** | **Emisiones expresado en toneladas (Tn) de las Actividades operativa de la gerencia de gestión de residuos sólidos - Enero a Diciembre 2022** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Recolección y transporte** | **Valorización de residuos orgánicos** | **Valorización de residuos aprovechables** | **Tratamiento de Lixiviados** | **Disposición final** | **Total (Tn)** |
| CO2 | 90.03526 | 13.82322 | 13.659 | 8.66627 | 23.85786 | 150.0415 |
| CH4 | 0.00473 | 0.00071 | 0.000715 | 0.00047 | 0.00125 | 0.0079 |
| N2O | 0.00475 | 0.00073 | 0.000710 | 0.001 | 0.001 | 0.0081 |

*Nota:* Elaboración propia

***Figura 12:*** *Estimación de toneladas de Gases de emitidos por las actividades operativas de la gerencia de gestión de residuos sólidos (Alcance 1 + alcance 2) - Enero a Diciembre 2022*




*Nota:* Elaboración propia

## 4.3. Prueba de hipótesis

**Hipótesis general:** La huella de carbono es generada por las actividades operativas de la gerencia de gestión de residuos sólidos de la municipalidad provincial de durante el año 2022.

Se confirma que la hipótesis se cumple, debido a que los resultados estadísticos muestran una fuerte relación entre las actividades operativas y la huella de carbono. La alta significancia estadística sugiere que los procesos operativos de la gerencia de residuos sólidos contribuyen directamente a la generación de emisiones de carbono, lo que subraya la necesidad de implementar estrategias de mitigación y eficiencia en estas actividades.

***Tabla 41:*** *Estadística de regresión de actividades operativas de la GGRS y Huella de Carbono*

| *Estadísticas de la regresión* | |
|---|---|
| Coeficiente de correlación múltiple | 0.998 |
| Coeficiente de determinación R^2 | 0.995 |
| R^2 ajustado | 0.992 |
| Error típico | 0.287 |
| Observaciones | 12.000 |

*Nota:* Elaboración propia

***Tabla 42:*** *Análisis de Varianza entre actividades operativas de la GGRS y Huella de Carbono*

ANÁLISIS DE VARIANZA

| | *Grados de libertad* | *Suma de cuadrados* | *Promedio de los cuadrados* | *F* | *Valor crítico de F* |
|---|---|---|---|---|---|
| Regresión | 5.000000 | 107.094 | 21.419 | 259.403 | 0.000001 |
| Residuos | 6.000000 | 0.495 | 0.083 | | |
| Total | 11.000000 | 107.590 | | | |

*Nota:* Elaboración propia

En la tabla se puede apreciar que el valor crítico es menor a al *p* valor es decir 0.000001 < 0.05, del mismo modo F es mayor a F crítico es decir 259.4.3 > 4.39, eso quiere decir que el trabajo expresado en *Terajoules* de las actividades operativas de la gerencia de Residuos sólidos generan un efecto significativo en la generación de la huella de carbono. Las actividades operativas de la gerencia de residuos sólidos (recolección selectiva y transporte de residuos sólidos, valorización de residuos aprovechables, valorización de residuos orgánicos, tratamiento de lixiviados y disposición final de residuos sólidos), influyen fuertemente en la generación de la huella de carbono.

**Hipótesis específica 1**: - El consumo de combustible diésel influye directamente en la emisión de la huella de carbono generada por las actividades operativas de la gerencia de gestión de residuos sólidos en el año 2022.

Se confirma que la hipótesis se cumple, dado que el diésel B5 es uno de los principales combustibles utilizados en maquinaria y vehículos de recolección de residuos, su impacto en la huella de carbono es evidente. La correlación observada indica que, a mayor consumo de este combustible, mayor es la emisión de $CO_2$ y otros gases de efecto invernadero, validando la necesidad de considerar combustibles alternativos o estrategias de reducción en su consumo.

***Tabla 43:*** *Estadística de regresión de consumo de combustible y huella de carbono*

| *Estadísticas de la regresión* | |
|---|---|
| Coeficiente de correlación múltiple | 0.9999 |
| Coeficiente de determinación R^2 | 0.9998 |
| R^2 ajustado | 0.9998 |
| Error típico | 0.0437 |
| Observaciones | 12.0000 |

*Nota:* Elaboración propia

***Tabla 44:*** *Análisis de Varianza entre consumo de combustible y huella de carbono*

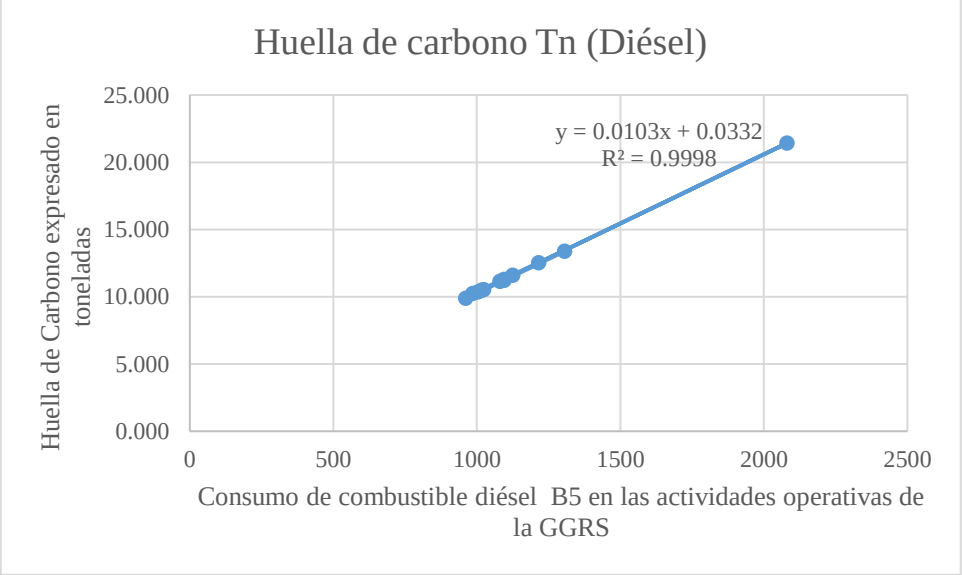
**ANÁLISIS DE VARIANZA**

| | *Grados de libertad* | *Suma de cuadrados* | *Promedio de los cuadrados* | *F* | *Valor crítico de F* |
|---|---|---|---|---|---|
| Regresión | 1 | 107.62 | 107.62 | 56255.01 | 0.000000 |
| Residuos | 10 | 0.02 | 0.00 | | |
| Total | 11 | 107.64 | | | |

*Nota:* Elaboración propia

A un nivel de significancia de del 5% y a un nivel de confianza del 95% se observa que en la prueba F se observa que valor crítico de F es menor al nivel de significancia de 5%, es decir 0.00 < 0.05, eso quiere decir que el consumo de combustible Diésel B5 expresado en *galones* generan un efecto significativo en la generación de la huella de carbono.

***Figura 13:*** *Gráfico de dispersión entre variables de consumo de combustible y huella de carbono*




*Nota:* Elaboración propia

De acuerdo al grafico se observa una regresión lineal, que quiere decir que existe un fuerte efecto del consumo de combustible sobre la huella de carbono. La

ecuación de la regresión es $y = 0.0103x + 0.0332$, n donde x= al consumo de combustible diésel B5.

**Hipótesis específica 2:** Las emisiones Metano (CH4) de acuerdo a la NTP ISO-14064:2020, fueron consecuencia de las actividades operativas de la Gerencia de residuos sólidos en el año 2022 y resultaron menores en magnitud frente a las emisiones de Dióxido de Carbono.

Se confirma que la hipótesis se cumple, debido a que el metano es un gas de efecto invernadero con un potencial de calentamiento global mucho mayor que el $CO_2$, su emisión para el caso de la investigación proviene principalmente de las actividades operativas de la Gerencia de Residuos sólidos, existen factores de conversión para determinar el metano ($CH_4$) por el consumo de combustibles fósiles según las directrices del IPCC de 2006 para inventarios de GEI *(Pueden ser en Tetajoules o Toneladas).* La evidencia estadística confirma que la generación de $CH_4$) está directamente vinculada a las operaciones de residuos sólidos, lo que valida la hipótesis y subraya la importancia de establecer medidas que coadyuven a reducir su generación.

***Tabla 45:*** *Estadística de regresión entre las actividades operativas de la Gerencia de Residuos sólidos y generación de metano (CH4) en el año 2022*

| *Estadísticas de la regresión* | |
|---|---|
| Coeficiente de correlación múltiple | 0.998 |
| Coeficiente de determinación R^2 | 0.996 |
| R^2 ajustado | 0.992 |
| Error típico | 0.000 |
| Observaciones | 12.000 |

*Nota:* Elaboración propia

***Tabla 46:*** *Análisis de varianza actividades operativas de la Gerencia de Residuos sólidos y generación de metano (CH4)*

ANÁLISIS DE VARIANZA

| | *Grados de libertad* | *Suma de cuadrados* | *Promedio de los cuadrados* | *F* | *Valor crítico de F* |
|---|---|---|---|---|---|
| Regresión | 5.000 | 0.000 | 0.000 | 269.687 | 0.000001 |
| Residuos | 6.000 | 0.000 | 0.000 | | |
| Total | 11.000 | 0.000 | | | |

*Nota:* Elaboración propia

A un nivel de significancia de del 5% y a un nivel de confianza del 95% se observa que en la prueba F se observa que valor crítico de F es menor al nivel de significancia de 5%, es decir 0.00001 < 0.05, eso quiere decir que las actividades operativas de la gerencia de gestión de residuos sólidos expresado en *Terajoules* generan un efecto significativo en la generación de metano:

$$y = 0 + 0.0034x_1 - 0.0038x_2 + 0.0056x_3 + 0.0012x_4 + 0.0027x_5$$

El valor obtenido de metano fue de 0.0079 tn frente a 150.0415 tn de dióxido de carbono.

**Tabla 47:** *Determinación de coeficientes para la formulación de ecuación de regresión lineal múltiple*

| | *Coeficientes* | *Error típico* | *Estadístico t* | *Probabilidad* |
|---|---|---|---|---|
| Intercepción | 0.0000 | 0.0000 | 0.8422 | 0.4319 |
| Recolección y transporte | 0.0034 | 0.0002 | 20.4480 | 0.0000 |
| Valorización de residuos orgánicos | -0.0038 | 0.0016 | -2.4612 | 0.0490 |
| Valorización de residuos aprovechables | 0.0056 | 0.0006 | 8.6796 | 0.0001 |
| Tratamiento de Lixiviados | 0.0012 | 0.0007 | 1.8605 | 0.1121 |
| Disposición final | 0.0027 | 0.0006 | 4.6477 | 0.0035 |

*Nota:* Elaboración propia

**Hipótesis específica 3:** Las emisiones óxido nitroso (N2O) de acuerdo a la NTP ISO-14064:2020, fueron consecuencia de las actividades operativas de la Gerencia de residuos sólidos en el año 2022, y resultaron menores en magnitud frente a las emisiones de Dióxido de Carbono

Se confirma que la hipótesis se cumple, toda vez que el $N_2O$ es otro gas de efecto invernadero relevante, generado en procesos de combustión. Los resultados obtenidos en la regresión y la prueba de significancia validan que las actividades operativas tienen una relación directa con su emisión. Por otro lado, se refuerza la necesidad de evaluar alternativas para reducir estas emisiones, como mejoras en la gestión de residuos y tecnologías de combustión más eficientes.

***Tabla 48:*** *Estadística de regresión entre las actividades operativas de la Gerencia de Residuos y emisión de óxido nitroso (N2O)*

| *Estadísticas de la regresión* | |
|---|---|
| Coeficiente de correlación múltiple | 0.9997 |
| Coeficiente de determinación R^2 | 0.9994 |
| R^2 ajustado | 0.9988 |
| Error típico | 0.0000 |
| Observaciones | 12.0000 |

*Nota:* Elaboración propia

***Tabla 49:*** *Análisis de varianza entre actividades operativas de la Gerencia de Residuos y emisión de óxido nitroso (N2O)*

ANÁLISIS DE VARIANZA

| | *Grados de libertad* | *Suma de cuadrados* | *Promedio de los cuadrados* | *F* | *Valor crítico de F* |
|---|---|---|---|---|---|
| Regresión | 5.00 | 0.00 | 0.00 | 1851.73 | 0.0000 |
| Residuos | 6.00 | 0.00 | 0.00 | | |
| Total | 11.00 | 0.00 | | | |

*Nota:* Elaboración propia

A un nivel de significancia de del 5% y a un nivel de confianza del 95% se observa que en la prueba F se observa que valor crítico de F es menor al nivel de

significancia de 5%, es decir 0.00000 < 0.05, eso quiere decir que las actividades operativas de la gerencia de gestión de residuos sólidos expresado en *Terajoules* generan un efecto significativo en la generación de óxido nitroso expresado en toneladas. Así mismo se determinó que a ecuación de regresión

$$y = 0 + 0.0034x_1 - 0.0038x_2 + 0.0056x_3 + 0.0012x_4 + 0.0027x_5$$

El valor obtenido de dióxido de nitrógeno fue de 0.0081 tn frente a 150.0415 tn de dióxido de carbono.

***Tabla 50:*** *Determinación de coeficientes para la formulación de ecuación de regresión lineal múltiple entre las variables actividades operativas de la GGRS y óxido nitrososo.*

| | *Coeficientes* | *Error típico* | *Estadístico t* | *Probabilidad* |
|---|---|---|---|---|
| Intercepción | 0.000 | 0.000 | -1.109 | 0.310 |
| Recolección y transporte | 0.004 | 0.000 | 56.351 | 0.000 |
| Valorización de residuos orgánicos | -0.001 | 0.001 | -2.136 | 0.077 |
| Valorización de residuos aprovechables | 0.004 | 0.000 | 16.983 | 0.000 |
| Tratamiento de Lixiviados | 0.004 | 0.000 | 18.106 | 0.000 |
| Disposición final | 0.004 | 0.000 | 17.330 | 0.000 |

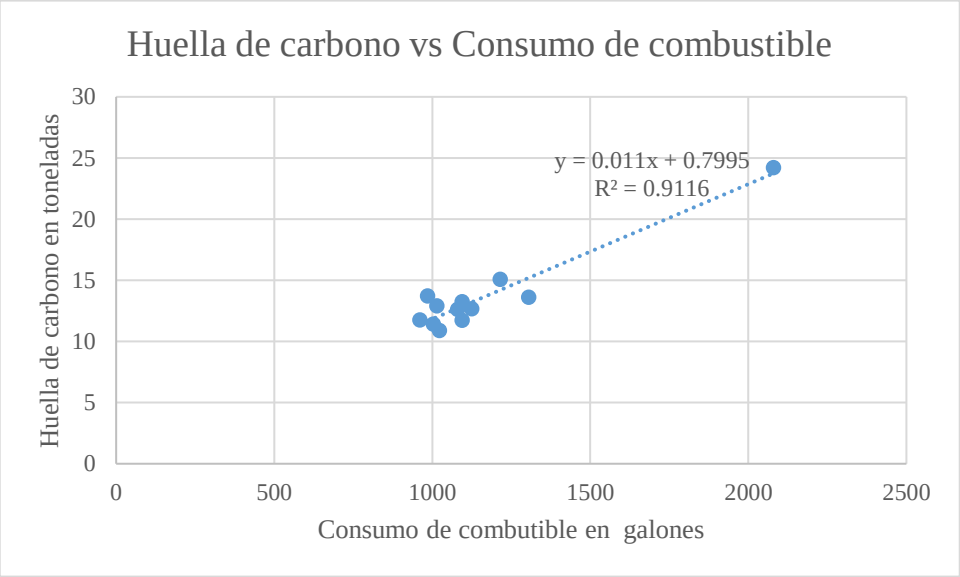
*Nota:* Elaboración propia

**Hipótesis específica 4:** Existe una correlación positiva entre el consumo de combustible diésel y la huella de carbono generada por las actividades operativas de la Gerencia de Gestión de Residuos Sólidos de la Municipalidad Provincial de Oxapampa durante el año 2022

Se confirma que la hipótesis se cumple, ya que se evidencia una relación casi perfecta entre el consumo de combustible y la huella de carbono, la cual demuestra que la combustión de hidrocarburos fósiles es el principal contribuyente de emisiones en estas operaciones. La alta explicación del modelo (91.16%) indica que la mayor parte de la variabilidad en la huella de carbono se debe al consumo de combustible,

lo que confirma la hipótesis y resalta la urgencia de transitar hacia alternativas energéticas más sostenibles.

***Figura 14:****Huella de carbono vs Consumo de combustible*




*Nota:* Elaboración propia

***Tabla 51:*** *Análisis de correlación de Pearson*

| **Coeficiente de correlación de Pearson *r*** | **estadístico de prueba *t*** | ***n*** | **Grados de libertad** | **Nivel de significancia** | **Valor crítico** |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.954784761 | 11.12510743 | 12 | 10 | 0.05 | 2.22813885 |

*Nota:* Elaboración propia

Como el valor del estadístico de prueba *t* es mayor al valor crítico es decir 11.12510743 > 2.22813885, se debe de rechazar la hipótesis nula.

Se acepta la hipótesis alternativa con un nivel de significancia de 0.05 (95% de confianza y 5% de probabilidad de error) con un coeficiente de correlación de Pearson *r* = 0.955 la cual indica que existe una correlación positiva muy fuerte entre el consumo de combustible y la huella de carbono generada por las actividades operativas de la gerencia de residuos sólidos, del mismo modo $R^2 = 0.9116$ indica

que en un 91.16 % el consumo de combustible constituyó en la generación de la huella de carbono en el año 2022.

## 4.4. Discusión de resultados

De acuerdo a las fuentes de emisión de alcance 1 de Alwa (2019) Se realizó un reconocimiento y contabilización de las fuentes generadoras de GEI's siendo 13 unidades pertenecientes al tipo de transporte propio y 3 unidades como generadoras de electricidad (Tabla 12). Para poder terminar las emisiones se tuvo que considerar datos importantes como el VCN de transporte y generación de energía Tabla 14, y factores de conversión de gases de efecto invernadero, en ese sentido se determinó la generación de la HdC de la operación de recolección selectiva y transporte de residuos sólidos estimándose un valor de 90.035 Tn -CO2 generados durante el año 2022, los vehículos que generaron más toneladas de carbono fueron el compactador IVECO de placa EGI-050 (30.63 tn), EGU-171 (24.90 tn), EGU-176 (20.45 tn), EGL-994. Correspondiente a la valorización se residuos orgánicos se ha generado un total de 13.823 Tn -CO2, precisando que la única unidad de emisión fue el minicargador New Holland L225 (Alcance 1).

Para tal fin se empleó los datos de consumo de combustible de una (01) camioneta y un (01) grupo electrógeno (Diésel B5) para la valorización de residuos aprovechables, generando esta operación una suma total de 13.414 Tn -CO2 durante el año 2022, de acuerdo a los resultados se puede apreciar que el grupo electrógeno (alcance 1) ha efectuado un consumo de 8.81 toneladas, estimándose mayores emisiones desde el mes de mayo – diciembre, fechas en las que se empleó la energía para alimentar una prensa hidráulica, del mismo modo se ha estimado que la

camioneta de placa EGT 389 (alcance 1), ha emitido 4.61 toneladas de CO2, puesto que se ha empleado para el transporte del personal al interior de la infraestructura de residuos sólidos, precisando que el uso fue continuo de enero a diciembre. Del mismo modo los datos de consumo de electricidad de una Prensa hidráulica (alcance 2) generó una emisión de carbono de 0.46 tn de CO2 durante el año 2022.

Correspondiente al Cálculo de la huella de carbono generado por el tratamiento de lixiviados, se consideraron los datos de consumo de combustible de una motobomba a base Diésel B5 y una motobomba a base de Gasohol (alcance 1), para la para el tratamiento de lixiviados, generando esta operación una suma total de 8.666 Tn -CO2 durante el año 2022. Del total antes mencionado se puede precisar que 5.8 toneladas fueron consumidos a través del consumo de gasohol (registrados en abril, mayo junio, setiembre, octubre, noviembre y diciembre) y 2.86 toneladas por el consumo de diésel, (registrados en Enero, marzo, abril, julio y agosto)

Para estimar la huella de carbono generado por la disposición final de residuos sólidos, se emplearon los datos de consumo de combustible Diésel B5 de una (01) retroexcavadora un (01) minicargador, dos (02) camiones de carga, y un (01) rodillo vibratorio motobomba, para la para la disposición final de residuos sólidos, generando esta operación una suma total de 23.858 Tn -CO2 durante el año 2022. Cabe precisar que la maquinaria que generó mayor emisión de Co2 fue el Minicargador L225 (enero -diciembre), en segundo lugar, la retroexcavadora CAT-420F, no registra generación de CO2 de setiembre a noviembre no figura debido a que esta maquinaria ya no efectuó labores en la infraestructura de residuos sólidos.

Una vez determinada la generación de la huella de Cálculo de la huella de carbono generado por cada actividad operativa de la Gerencia de gestión de residuos sólidos del año 2022, se estableció una sumatoria teniendo una Huella de carbono total 150.113 Toneladas de Dióxido de Carbono.

Correspondiente al a la operación de recolección y transporte de residuos sólidos se consumió 8793 galones de diésel, siendo los mayores consumidores los camiones compactadores EGU-171 (2432 gl), EGU-176 (1997 gl) y EGI-050 (2991 gl), según como se mostró en la figura 8.

Del mismo modo la valorización de residuos aprovechables y orgánicos, demandando el consumo de 1250 galones para el funcionamiento de camioneta de placa EGT 389 y Grupo electrógeno, así mismo 1350 galones por el uso de minicargador New Hollad L225 para el acondicionamiento, volteo y cernido de compost.

El tratamiento de lixiviados, consistió en la aplicación de DAC-1/ART 12, para posteriormente recircular la solución mediante el uso de una motobomba de diésel B5 y otra de Gasohol, de acuerdo a los datos se determinó que se gastó 600 galones de gasohol dicho (consumo de abril, mayo, junio, setiembre, noviembre y diciembre) y 260 galones de diésel B5, (consumo en enero, marzo abril, julio y agosto).

Para llevar a cabo la disposición final de los residuos sólidos, la gerencia de residuos sólidos uso una Retroexcavadora, un minicargador, y rodillo vibratorio para la dispersión, rellenado y compactación de los residuos sólidos, así mismo realizó el uso de dos camiones en el mes de febrero para abastecer de material de relleno.

Se efectuó un mayor consumo de combustible den los meses de enero (400 galones de diésel B5), y febrero (350 galones de diésel B5), esto se debió a las altas precipitaciones en dichos meses, estos fenómenos meteorológicos demandaron el uso constante de maquinarias como la retroexcavadora y mini cargador a fin evitar que infiltren las precipitaciones y colapse la poza de lixiviados, así mismo se pudo identificar que el mini cargador New Holland trabajó de manera constante durante todo el año, la retroexcavadora trabajo solo en los meses de enero, febrero, abril, mayo, julio y agosto, en los meses posteriores desarrolló trabajos en la selva de la Provincia de Oxapampa.

De acuerdo a la tabla 32 , se puede apreciar que el consumo total de combustible diésel B5 ascendió a 13 983 galones mientras que de Gasohol fue igual a 600 galones según la tabla 33, estos resultados evidencian el uso contante de las maquinarias y equipos en los procesos del manejo de residuos sólidos, así mismo la operación que dependió de más combustibles fue la recolección selectiva y transporte de residuos sólidos (8793 galones de diésel) seguido por la disposición final (2330 galones de diésel), valorización de residuos orgánicos (1350 galones de diésel), valorización de residuos aprovechables (1250 galones de diésel), y finalmente tratamiento de lixiviados (260 galones de diésel y 600 galones de Gasohol).

Se determino determinó que si hay una fuerte la influencia del consumo de combustible en la emisión de la huella de carbono, pues tras haber determinado los datos de huella de carbono y el consumo de combustible se estableció una prueba de hipótesis con el modelo de regresión lineal, de acuerdo a la estadística de la regresión se determinó que el consumo de combustible de las actividades operativas de la

Gerencia de residuos sólidos influye fuertemente sobre la generación de la Huella de carbono, tal como lo establece la correlación determinada r=0.99. A un nivel de significancia de del 5% y a un nivel de confianza del 95% , así mismo se puede establecer una ecuación de regresión $y = 0.0103x + 0.0332$, donde x= al consumo de combustible diésel B5.

Se determinó que si hay una fuerte la influencia de las actividades operativas de la gerencia de residuos sólidos sobre la emisión del gas metano (CH4), la información de las actividades operativas se medió mediante el trabajo expresado en *terajolues (TJ),se* estableció una prueba de hipótesis con el modelo de regresión lineal múltiple, de acuerdo a la estadística de la regresión se determinó que el trabajo t*erajoules* (TJ)de las actividades operativas de la Gerencia de residuos sólidos influye fuertemente sobre la generación de metano, tal como lo establece la correlación determinada r=0.998. A un nivel de significancia de del 5% y a un nivel de confianza del 95%, así mismo se puede establecer una ecuación de regresión

$$y = 0 + 0.0034x_1 - 0.0038x_2 + 0.0056x_3 + 0.0012x_4 + 0.0027x_5$$

Se determinó que si hay una fuerte la influencia de las actividades operativas de la gerencia de residuos sólidos sobre la emisión de óxido nitroso (N2O) , la información de las actividades operativas se medió mediante el trabajo expresado en *terajolues (TJ),se* estableció una prueba de hipótesis con el modelo de regresión lineal múltiple, de acuerdo a la estadística de la regresión se determinó que el trabajo terajoules (TJ)de las actividades operativas de la Gerencia de residuos sólidos influye fuertemente sobre la generación de metano, tal como lo establece la correlación determinada r=0.997. A un nivel de

significancia de del 5% y a un nivel de confianza del 95%, así mismo se puede establecer una ecuación de regresión.

$$y = 0 + 0.004x_1 - 0.001x_2 + 0.004x_3 + 0.004x_4 + 0.004x_5$$

Para determinar el grado de correlación entre el consumo de combustible, y huella de carbono generado por las actividades operativas se empleó un nivel de significancia de 0.05 (95% de confianza y 5% de probabilidad de error), tras el procesamiento de datos se obtuvo con un coeficiente de correlación de Pearson *r* = 0.955 la cual indica que existe una correlación positiva muy fuerte entre el consumo de combustible y la huella de carbono generada por las actividades operativas de la gerencia de residuos sólidos, del mismo modo $R^2 = 0.9116$ indica que en un 91.16 % el consumo de combustible constituyó en la generación de la huella de carbono en el año 2022

## CONCLUSIONES

1. Emisiones Totales de CO2: La huella de carbono generada por las actividades operativas de la Gerencia de Residuos Sólidos en 2022 fue significativa, alcanzando un total de 150.113 toneladas de CO2. Las fuentes principales fueron el transporte de residuos sólidos, la disposición final de los mismos, la valorización de residuos orgánicos y aprovechables, así como el tratamiento de lixiviados.
2. Transporte como Principal Fuente de Emisiones: Las operaciones de recolección y transporte de residuos sólidos consumieron 8793 galones de diésel, lo que generó la mayor parte de las emisiones de carbono, representando un gran porcentaje de la huella total (90.035 Tn de CO2). Los camiones compactadores fueron los principales generadores de emisiones, con el IVECO de placa EGI-050 emitiendo 30.63 Tn de CO2.
3. Valorización y Tratamiento de Lixiviados: En la valorización de residuos orgánicos, el uso de un minicargador New Holland generó 13.823 Tn de CO2. Asimismo, el tratamiento de lixiviados generó 8.666 Tn de CO2 debido al consumo de gasohol y diésel B5, destacándose el gasohol como principal combustible en esta actividad.
4. Disposición Final de Residuos: La disposición final de residuos sólidos también fue una fuente importante de emisiones, con un total de 23.858 Tn de CO2 generadas principalmente por el uso de maquinaria pesada, como minicargadores y retroexcavadoras, que operaron durante los meses con mayores precipitaciones para prevenir el colapso de la infraestructura.

## RECOMENDACIONES

1. La entidad deberá de renovar la flota de vehículos destinados para la ejecución de las actividades operativas de la gerencia de Residuos sólidos.
2. La entidad debe de optimizar las rutas de recolección selectiva de residuos sólidos.
3. Se recomienda efectuar investigaciones similares con la finalidad de evaluar en qué medida los vehículos nuevos de recolección de residuos sólidos contribuyen a reducir las emisiones.
4. Se recomienda determinar la cantidad de GEI´s que generan los rellenos sanitarios.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS


Abad Toribio, L., García Martín, T., & Magro Andrade, R. (2009). Reflexiones sobre introducción a la investigación. *Tecnología y desarrollo, VII*, 33. Recuperado el 21 de Abril de 2023

Academia Nacional de Medicina. (2015). La contaminación del aire y los problemas respiratorios. *Revista de la Facultad de Medicina (México), 58*(5), 44-47. Recuperado el 18 de Abril de 2023, de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0026-17422015000500044

Aquae Fundación. (23 de Marzo de 2023). *Contaminación del aire: causas y tipos*. Recuperado el 18 de Abril de 2023, de Aquae Fundación: https://www.fundacionaquae.org/wiki/causas-y-tipos-de-la-contaminacion-del-aire/

Arellano Diaz, J., & Guzman Pantoja, J. (2011). Ingeniería Ambiental. En *Aire* (págs. 61-75). México: Alfaomega. Recuperado el 20 de Abril de 2023

Ayala Junco, J., & Cordero Cuadros, Z. (2021). *Estimación de la Huella de Carbono de la Municipalidad Distrital de Tambo-Provincia La Mar-Región de Ayacucho-2020 [Tesis para optar el título de ingeniero Ambiental, Universidad Cesar Vallejo]*. Repositorio institucional, Tambo, La Mar, Ayacucho. Recuperado el 17 de Abril de 2023, de https://hdl.handle.net/20.500.12692/74173

Ballester, F. (2005). Contaminación atmosférica , Cambio climático y Salud. *Revista española de salud pública, 79*(2), 159-175. Recuperado el 20 de Abril de 2023, de https://www.scielosp.org/article/ssm/content/raw/?resource_ssm_path=/media/assets/resp/v79n2/v79n2a05.pdf

Barrientos Vargas, Elvis Junior. (2021). *Determinación de la Huella de Carbono del Consumo de Combustible Líquido de la Empresa Transportes Cruz Del Sur S.A.C. en Lima de los Años 2019 - 2021 [Tesis para obtener el título profesional de ingeniero ambiental, Universidad Cesar Vallejo]*. Repositorio institucional, Lima. Recuperado el 17 de Abril de 2023, de https://hdl.handle.net/20.500.12692/77468

Belmonte Espejo, P., & Gutiérrez González, E. (1 de Diciembre de 2013). Ozono Troposférico. *Ecologistas en Acción*. Obtenido de https://www.ecologistasenaccion.org/27108/ozono-troposferico/

Benavides Ballesteros , H., & León Aristizabal, G. E. (2007). *INFORMACIÓN TECNICA SOBRE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO.* Medellín: Instituto de Hidrología, Metereología y estudios ambientales. Recuperado el 18 de Abril de 2023

Coz Huilca, 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 para obtar el título profesional de ingeniero ambiental, Universidad Continenta ]*. Repositorio institucional, Ate, Lima. Recuperado el 17 de Abril de 2023, de https://hdl.handle.net/20.500.12394/7883

Departamento de desarrollo económico, sostenibilidad y medio ambiente. (2020). *Huella de carbono en organizaciones: Herramienta de carculo.* Pais Vasco: Ihobe. Recuperado el 20 de Abril de 2023, de https://www.ihobe.eus/publicaciones/huella-carbono-en-organizaciones-herramienta-calculo

Diaz Archundia, L., Buenrostro Delgado, O., Mañón Salas, M., & Hernández Berriel, M. (2017). Emisión de gases de efecto invernadero en dos sitios de disposición final de

residuos sólidos urbanos en México. *Ingeniería, investigación y tecnología, XVIII*(2), 150-159. Recuperado el 20 de Abril de 2023, de https://www.scielo.org.mx/pdf/iit/v18n2/1405-7743-iit-18-02-00149.pdf

Espada, B. (26 de Mayo de 2021). *Qué es el ruido: tipos y ejemplos*. Recuperado el 31 de Marzo de 2021, de Okdiario: https://okdiario.com/curiosidades/definicion-tipos-ruido-2513194

Espíndola, C., & Valderrama, J. O. (2012). Huella de carbono. Parte 1: Conceptos. métodos de estimación y complejidades. *Información tecnológica, 23*(1), 163-176. doi:10.4067/S0718-07642012000100017

Gabriel Ortega, J. (2017). Cómo se genera una Investigación científica luego sea motivo de publicación. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 155-156.

Gobierno de México. (16 de Junio de 2018). *Fuentes de contaminación atmosférica*. Recuperado el 18 de Abril de 2023, de Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: https://www.gob.mx/semarnat/articulos/fuentes-de-contaminacion-atmosferica

Guevara Garibay, H. G. (2019). *Huella de carbono del parque automotor de Ica 2019, propuesta para su mitigación [Tesis para obtener el grado académico de Doctor en Gestión ambiental, Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica]*. Repositorio Institucional, Ica. Recuperado el 17 de Abril de 2023, de https://hdl.handle.net/20.500.13028/3341

Hernández Ambato, J., Fernandez, R., Mora, A., & Alvarado, J. (05 de Julio de 2022). Evaluación de la huella de carbono de vehículos con motor eléctrico y de combustión interna según la matriz energética de Ecuador: Caso de estudio KIA soul vs KIA Soul

EV. *Novasinergia Revista digital de ciencias. ingeniería y tecnología, 5*(2), 58. Recuperado el 16 de Abri de 2023

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). México: McGRAW-HILL.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* . España: McGraw-Hill Interamericana.

IDOM. (2021). *Elaboración de seis estudios definitivos de ingeniería para la recuperación de áreas degradadas por residuos sólidos en los sectores de Chancay, Pozuzo, Oxapampa, Bagua, Yauyos y Andahuaylas.* Oxapampa.

Instituto Nacional de Calidad. (2020). Gases de Efecto Invernadero – Parte 1: Especificaciones y guía a nivel de las organizaciones para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero. *Norma Técnica Peruana ISO 14064 I:2020*, 11-35.

IPCC. (2006). Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático. *irectrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Instituto de Estrategias Ambientales Globales.*, 5-20.

Kogan. (2004). *Contaminación Acústica*. Recuperado el 15 de Octubre de 2017, de http://contaminacionacustica.net/la-contaminacion-acustica/

Lobos Vega, V. (2008). *Evaluación del ruido ambiental en la ciudad de Puerto Montt.* Recuperado el 05 de Noviembre de 2017, de http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/bmfcil779e/sources/bmfcil779e.pdf

Marcela Rodriguez, L., Marcela Lubo, C., Abadía, J., Orozco, Ó., & Llano, G. (1 de Diciembre de 2017). Comparación de los escenarios de emisiones de GEI por

combustión móvil y fertilización en un cultivo de caña comercial y orgánica a traves de los modelos de simuación. *Producción mas limpia, 12*(2), 80-91. Recuperado el 16 de Abril de 2023

Masters, G., & Ela, W. (2008). Introducción a la ingeniería medioambiental. En *Cambio climático* (Tercera ed., págs. 519- 621). Madrid: Pearson. Recuperado el 20 de Abril de 2023

Mihelcic, J. R., & Zimmerman, J. B. (2011). Ingeniería ambiental: Fundamentos , sustentabilidad, diseño. En J. R. Mihelcic, & K. G. Paterson, *Ingeniería de recursos del aire* (págs. 518-572). México D.F., México: Alfaomega. Recuperado el 20 de Abril de 2023

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2021). *Efectos de la contamibación del aire*. Recuperado el 18 de Abril de 2023, de Infoaireperú: https://infoaireperu.minam.gob.pe/efectos-de-la-contaminacion-del-aire/

Ministerio del ambiente. (2012). *Inventario Nacional de gases de efecto invernadero (INGEI).* Recuperado el 03 de Setiembre de 2024, de https://infocarbono.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/03/2012.pdf

Ministerio para la transición ecológica. (2020). *Guía para el calculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización.* Madrid: Secretaría General Técnica. Recuperado el 20 de Abril de 2023

Muller Espinoza, G. K. (2022). *Estimación de la huella hídrica, carbono y gestión de los residuos de la municipalidad provincial de Pachitea – Huánuco 2021 [Tesis para optar el título profesional de ingeniería Ambiental, Universidad de Huánuco]* .

Repositorio institucional, Pachitea, Huánuco. Recuperado el 17 de Abril de 2023, de http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/3382

Nodarse García, R., & Alonso García, Y. (01 de Mayo de 2021). Determinación estimada de la huella de carbono en un municipio rural. *Revistra Metropolitana de Ciencias aplicadas*, *4*(2), 242-251. Recuperado el 16 de Abril de 2023

Nuez, J., Benitez, J., Falero, L., & Guerra, P. (2009). Formas de combatirla. *Las Ondas y el sonido*. Canarias. Recuperado el 20 de Abril de 2022, de https://sites.google.com/site/lasondasyelsonido/ontaminacion-acustica/formas-de-combatirla

Organización de las Naciones Unidas. (2021). *Las emisiones de metano están acelerando el cambio climático. ¿Cómo podemos reducirlas?* Recuperado el 18 de Abril de 2023, de Programa para el medio ambiente: https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/las-emisiones-de-metano-estan-acelerando-el-cambio-climatico-como#:~:text=El%20metano%20es%20el%20principal,poderoso%20gas%20de%20efecto%20invernadero.

Oxapampa, M. P. (2023). Reglamento de Organización y Funciones. *Acuerdo Alcaldía N° 010 - 2023 MPO.* Municipalidad Provincial de Oxapampa, Oxapampa.

Perea Escobar, X., & Marín Toro, E. (01 de Junio de 2014). Percepción del ruido por parte de habitantes del barrio gran limonar de la comuna 17 en la ciudad de Cali. *(Tesis de grado).* Univesidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia. Recuperado el 22 de Marzo de 2022, de https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/7747

Presidencia de la República del Perú. (22 de Diciembre de 2016). Ley Gestión integral de residuos sólidos. Lima. Obtenido de https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Decreto-Legislativo-N%C2%B0-1278.pdf

Presidencia del consejo de Ministros. (2003). Decreto supremo N° 085-2003. *Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad de ruido ambiental*. Lima, Lima, Pasco.

Quispe mamani, J., Roque Guizada, C., Rivera Mamani, G. F., Rivera Mamani, F. A., & Romani Claros, A. (26 de Enero de 2021). Impacto de la contaminación sonora en la salud de la población de la ciudad de Juliaca, Perú. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *5*(1), 311-337. doi:https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i1.228

Quispe Ore, S. (2022). *Huella de carbono como indicador ambiental de la Municipalidad Provincial de Concepción -Junín [Tesis para optar el título profesioal en ingeniería Forestal y Ambiental, Universidad Nacional del Centro del Perú]*. Repositorio institucional, Concepción. Recuperado el 17 de Abril de 2023, de http://hdl.handle.net/20.500.12894/8478

Ramirez. (2012). *Evaluación de impacto sonoro en la Universidad Pontificia la Católica del Perú.* Lima, Lima, Perú. Recuperado el 16 de Abril de 2019, de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/1327/BACA_WILLIAM_Y_SEMINARIO_SAUL_IMPACTO_SONORO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rodriguez. (22 de Julio de 2015). *Contaminación Acústica*. Recuperado el 15 de Octubre de 2017, de http://contaminacionacustica.net/efectos-de-la-contaminacion-acustica-sobre-la-salud/

Rogal Pineda, D. R. (2020). *Determinación De Huella De Carbono En Las Actividades Administrativas Y Operativas (V.E.S) De La Empresa Zeta S.A.C Alquiler De Vehículos [Tesis para obtar el título profesional de ingeniero ambiental, Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur]*. Respositorio Dspace, Villa el Salvado. Recuperado el 17 de Abril de 2023, de https://repositorio.untels.edu.pe/jspui/handle/123456789/754

Sameron Gallardo, Y. A., Cabrera Cruz, R., Sampedro Rosas, M., Rosas Acevedo, J., Rolon Aguilar , J., & Juarez López, A. (2017). Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en Vertederos de Residuos Sólidos Urbanos Huella de Carbono en Acapulco, México. *Revista Iberoamericana de Ciencias, 4*(1), 69-79. Recuperado el 20 de Abril de 2023, de http://ri.uagro.mx/handle/uagro/1063

Santisteban Guerra, F. E. (2013). Niveles de ruido en cinco colegios de la zona urbana y su percepción en el estado anímico de los alumnos Iquitos - Loreto. *(Tesis de grado).* Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos, Loreto, Perú. Recuperado el 23 de Marzo de 2022, de https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/3011

Secretaría de Medio ambiente y Recursos Naturales. (2001). Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte. *Protocolo de Gases de Efecto invernadero*, 10-138. Obtenido de https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/protocolo_spanish.pdf

TECAM. (12 de Julio de 2021). *La problemática de las emisiones de compuestos halogenados y su solución*. Obtenido de TECAM: https://tecamgroup.com/es/problematica-compuestos-halogenados-y-

solucion/#:~:text=Algunos%20ejemplos%20de%20compuestos%20halogenados,destruyen%20la%20capa%20de%20ozono.

Universidad Continental. (2019). *¿Cómo se manejan los residuos sólidos en el Perú?* Obtenido de Escuela de Posgrado: https://blogposgrado.ucontinental.edu.pe/como-manejan-residuos-solidos-peru#:~:text=El%20manejo%20de%20residuos%20se,salud%20y%20el%20medio%20ambiente.

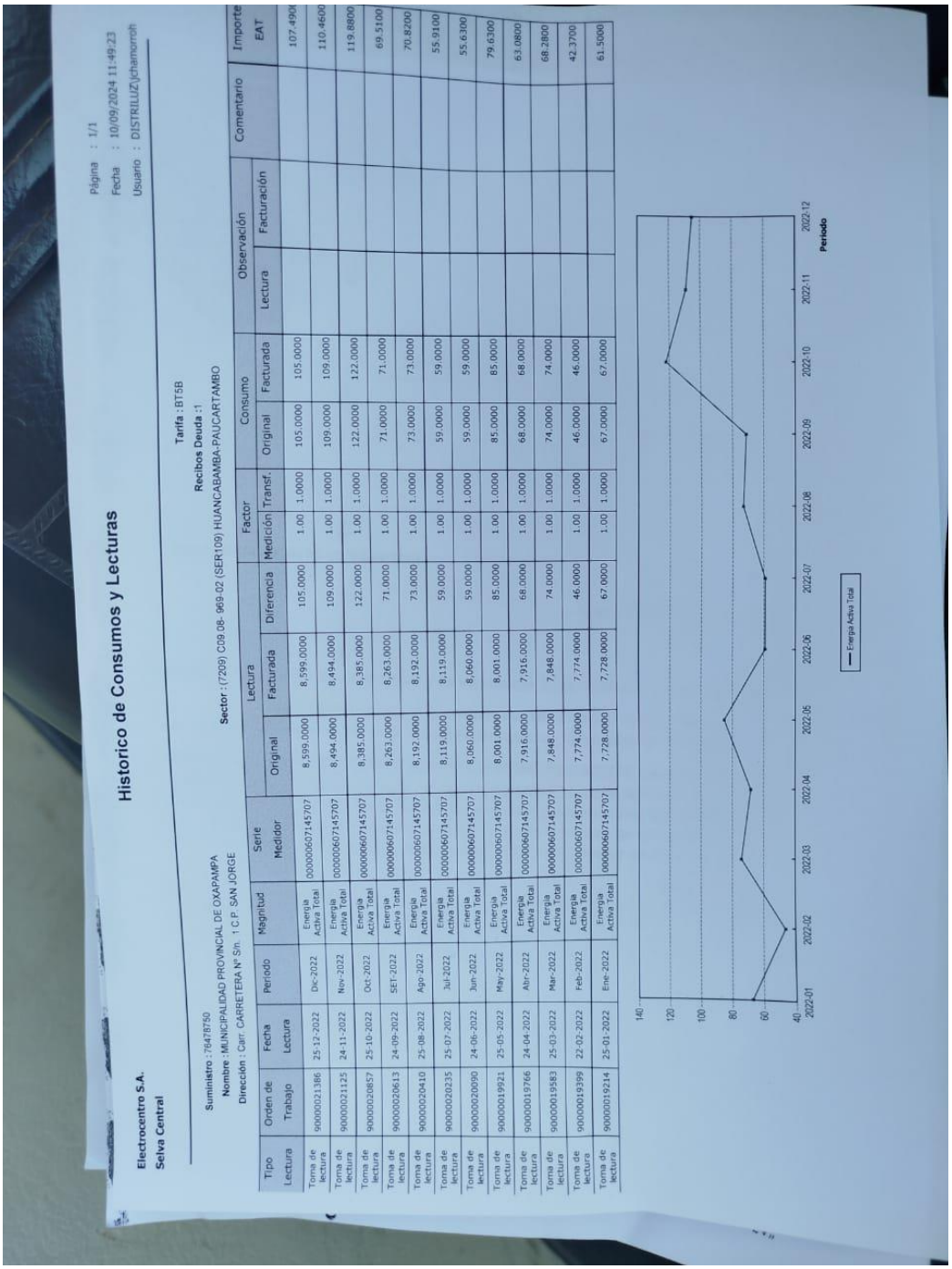
Valderrama, J., Espíndola, C., & Quezada, R. (2011). Huella de carbono, un concepto de no puede estar ausente en cursos de ingeniería y ciencias. *Formación universitaria, 4*(3), 3-12. Recuperado el 20 de Abril de 2023, de https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-50062011000300002&script=sci_arttext

Wark, K., & Warner, C. (2002). *Contaminación del aire / Air Pollution: Origen y control / Its Origin and Control.* México: Editorial Limusa S.A. Recuperado el 18 de Abril de 2023

Yachas Tena, E. D. (2021). *Determinación de la huella de carbono en las acciones administrativas de los trabajadores de la Municipalidad Distrital de Santa Ana de Tusi para mitigar la emisión de gases de efecto invernadero, 2019 [Tesis para optar el título profesional de ingeniero]*. Repositorio institucional, Santa Ana de Tusi. Recuperado el 17 de Abril de 2023, de http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2386

# ANEXOS

## Anexo 1. Reporte de Consumo de energía eléctrica de Suministro ubicado en el relleno sanitario de Oxapampa



Electrocentro S.A.
Selva Central

Página : 1/1
Fecha : 10/09/2024 11:49:23
Usuario : DISTRILUZ\jchamorroh

### Historico de Consumos y Lecturas

Tarifa : BT5B
Recibos Deuda : 1
Sector : (7209) C09 08- 969-02 (SER109) HUANCABAMBA-PAUCARTAMBO

Suministro : 76478750
Nombre : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE OXAPAMPA
Dirección : Carr. CARRETERA N° Sn 1 C.P. SAN JORGE

| Tipo Lectura | Orden de Trabajo | Fecha Lectura | Periodo | Magnitud | Serie Medidor | Lectura | | | Factor | | Consumo | | Observación | | Comentario | Importe EAT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Original | Facturada | Diferencia | Medición | Transf. | Original | Facturada | Lectura | Facturación | | |
| Toma de lectura | 90000021386 | 25-12-2022 | Dic-2022 | Energia Activa Total | 00000607145707 | 8,599.0000 | 8,599.0000 | 105.0000 | 1.00 | 1.0000 | 105.0000 | 105.0000 | | | | 107.490 |
| Toma de lectura | 90000021125 | 24-11-2022 | Nov-2022 | Energia Activa Total | 00000607145707 | 8,494.0000 | 8,494.0000 | 109.0000 | 1.00 | 1.0000 | 109.0000 | 109.0000 | | | | 110.460 |
| Toma de lectura | 90000020857 | 25-10-2022 | Oct-2022 | Energia Activa Total | 00000607145707 | 8,385.0000 | 8,385.0000 | 122.0000 | 1.00 | 1.0000 | 122.0000 | 122.0000 | | | | 119.8800 |
| Toma de lectura | 90000020613 | 24-09-2022 | SET-2022 | Energia Activa Total | 00000607145707 | 8,263.0000 | 8,263.0000 | 71.0000 | 1.00 | 1.0000 | 71.0000 | 71.0000 | | | | 69.5100 |
| Toma de lectura | 90000020410 | 25-08-2022 | Ago-2022 | Energia Activa Total | 00000607145707 | 8,192.0000 | 8,192.0000 | 73.0000 | 1.00 | 1.0000 | 73.0000 | 73.0000 | | | | 70.8200 |
| Toma de lectura | 90000020235 | 25-07-2022 | Jul-2022 | Energia Activa Total | 00000607145707 | 8,119.0000 | 8,119.0000 | 59.0000 | 1.00 | 1.0000 | 59.0000 | 59.0000 | | | | 55.9100 |
| Toma de lectura | 90000020090 | 24-06-2022 | Jun-2022 | Energia Activa Total | 00000607145707 | 8,060.0000 | 8,060.0000 | 59.0000 | 1.00 | 1.0000 | 59.0000 | 59.0000 | | | | 55.6300 |
| Toma de lectura | 90000019921 | 25-05-2022 | May-2022 | Energia Activa Total | 00000607145707 | 8,001.0000 | 8,001.0000 | 85.0000 | 1.00 | 1.0000 | 85.0000 | 85.0000 | | | | 79.6300 |
| Toma de lectura | 90000019766 | 24-04-2022 | Abr-2022 | Energia Activa Total | 00000607145707 | 7,916.0000 | 7,916.0000 | 68.0000 | 1.00 | 1.0000 | 68.0000 | 68.0000 | | | | 63.0800 |
| Toma de lectura | 90000019583 | 25-03-2022 | Mar-2022 | Energia Activa Total | 00000607145707 | 7,848.0000 | 7,848.0000 | 74.0000 | 1.00 | 1.0000 | 74.0000 | 74.0000 | | | | 68.2800 |
| Toma de lectura | 90000019399 | 22-02-2022 | Feb-2022 | Energia Activa Total | 00000607145707 | 7,774.0000 | 7,774.0000 | 46.0000 | 1.00 | 1.0000 | 46.0000 | 46.0000 | | | | 42.3700 |
| Toma de lectura | 90000019214 | 25-01-2022 | Ene-2022 | Energia Activa Total | 00000607145707 | 7,728.0000 | 7,728.0000 | 67.0000 | 1.00 | 1.0000 | 67.0000 | 67.0000 | | | | 61.5000 |

**Anexo 2. Reporte de Consumo de combustible diésel y gasohol de los vehículos y equipos de las actividades de recolección, transporte, valorización de residuos, tratamiento y disp.**

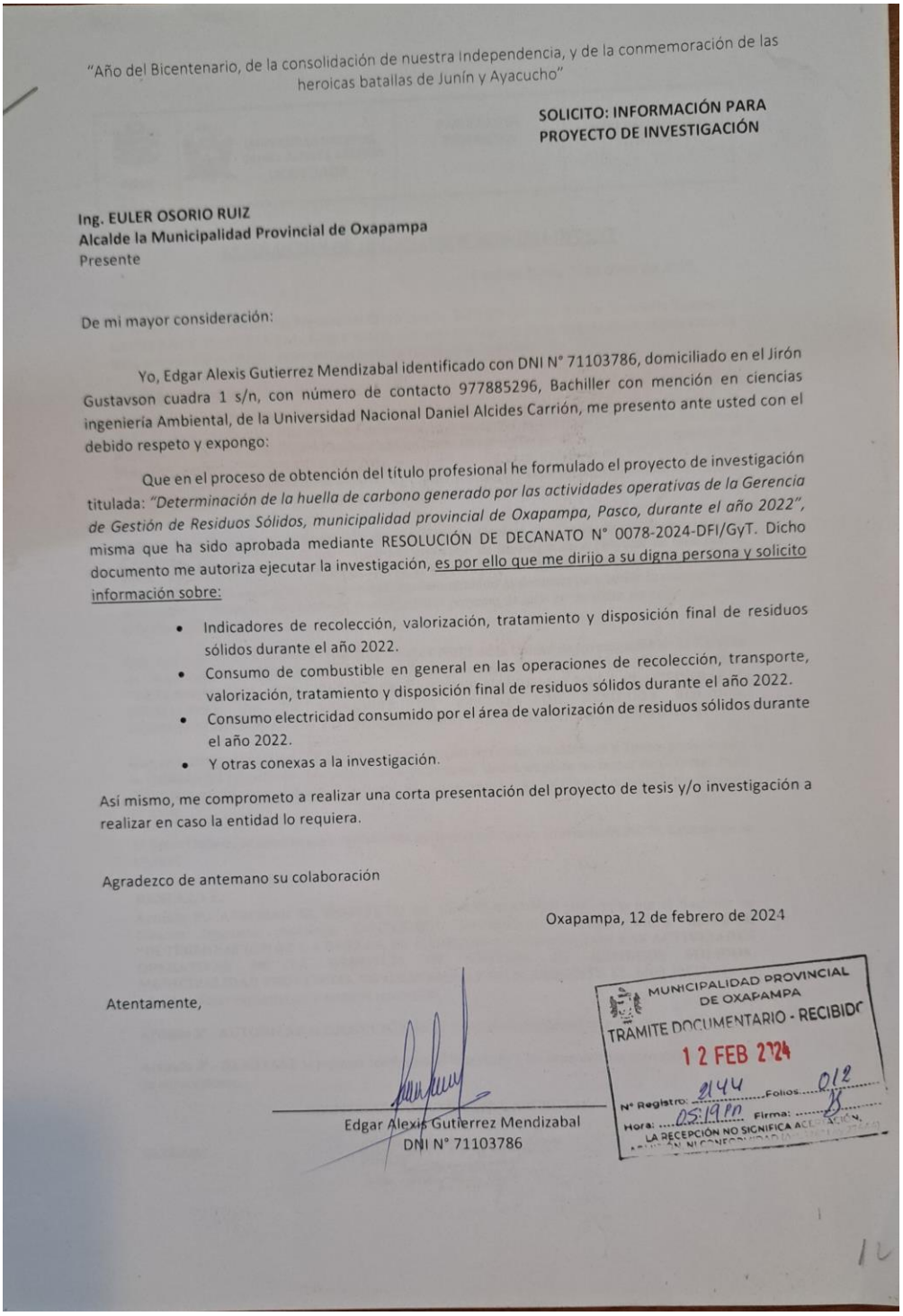
| Mes | Operación | Recolección y transporte | | | | | Valorización de residuos sólidos | | | Disposición final de Residuos sólidos | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Vehículo | Furgón EGU-676 | Compactador EGL-994 | Compactador EGU-171 | Compactador EGU-176 | Compactador EGI-050 | Camioneta EGT-389 | Grupo electrógeno | Minicargador L225 | Moto EB-0218 | Motobomba 1 | Motobomba 2 | Retro excvadora CAT-420F | Minicargador L225 | Volvo EGL-521 | Volvo EGL-522 | Rodillo Vibratorio |
| | Tipo de combustible | Diesel | Diesel | Diesel | Diesel | Diesel | Diesel | Diesel | Diesel | Gasohol | Gasohol | Diesel | Diesel | Diesel | Diesel | Diesel | Diesel |
| Enero | 04/01/2022 | 15 | 15 | 30 | 0 | 40 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 10 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 06/01/2022 | | 9 | 28 | | 30 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | 10/01/2022 | 5 | 8 | 35 | 0 | 38 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 13/01/2022 | 5 | 0 | 25 | 0 | 38 | 15 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | 17/01/2022 | 0 | 10 | 30 | 0 | 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 20/01/2022 | 5 | 5 | 30 | 0 | 35 | 0 | 0 | 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 35 | 0 | 0 | 0 |
| | 24/01/2022 | 0 | 0 | 7 | | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 25/01/2022 | 8 | 10 | 30 | 0 | 38 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 50 | 5 | 0 | 0 | 0 |
| | 27/01/2022 | 0 | 8 | 25 | 0 | 38 | 5 | 0 | 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 35 | 0 | 0 | 0 |
| | 31/01/2022 | 0 | 5 | 25 | 25 | 35 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 50 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| Febrero | 03/02/2022 | 0 | 5 | 20 | 0 | 35 | 15 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | 07/02/2022 | 0 | 5 | 25 | 0 | 35 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | 10/02/2022 | 10 | 10 | 25 | 0 | 38 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 80 | 25 | 60 | 60 | 0 |
| | 14/02/2022 | 0 | 0 | 25 | 0 | 38 | 15 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | 17/02/2022 | 5 | 12 | 28 | 0 | 38 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 21/02/2022 | 0 | 0 | 28 | 0 | 38 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | 24/02/2022 | 0 | 13 | 28 | 0 | 38 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 28/02/2022 | 8 | 15 | 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| Marzo | 03/03/2022 | 10 | 5 | 28 | | 25 | | | 25 | | 0 | 0 | 0 | 25 | | 0 | 0 |
| | 04/03/2022 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 40 |
| | 07/03/2022 | 5 | 12 | 28 | 0 | 38 | 15 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | 10/03/2022 | 5 | 10 | 28 | 20 | 38 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | 14/03/2022 | 0 | 0 | 0 | 28 | 38 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 17/03/2022 | 0 | 0 | 28 | 0 | 28 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 21/03/2022 | 10 | 12 | 0 | 20 | 12 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 24/03/2022 | 0 | 12 | 0 | 28 | 35 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | 31/03/2022 | 0 | 15 | 25 | 25 | 35 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | 04/04/2022 | 0 | 0 | 25 | 25 | 35 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 |
| | 07/04/2022 | 0 | 12 | 25 | 25 | 35 | 0 | 0 | 25 | 0 | 50 | 50 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | 11/04/2022 | 0 | 12 | 25 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 13/04/2022 | 10 | 12 | 25 | 25 | 0 | 15 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 50 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | 18/04/2022 | 10 | 12 | 25 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 21/04/2022 | 0 | 12 | 25 | 25 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | 25/04/2022 | 8 | 12 | 0 | 25 | 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Abril | 28/04/2022 | 8 | 12 | 25 | 25 | 35 | 15 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | 03/05/2022 | 8 | 12 | 25 | 25 | 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 05/05/2022 | 8 | 12 | 25 | 25 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | 09/05/2022 | 0 | 0 | 25 | 25 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 12/05/2022 | 8 | 0 | 25 | 25 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 50 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | 16/05/2022 | 0 | 10 | 25 | 25 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 19/05/2022 | 0 | 10 | 25 | 25 | 25 | 0 | 50 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | 23/05/2022 | 8 | 0 | 0 | 25 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mayo | 30/05/2022 | 0 | 10 | 25 | 25 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 02/06/2022 | 0 | 10 | 25 | 25 | 0 | 0 | 50 | 25 | 0 | 0 | 0 | 50 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | 10/06/2022 | 0 | 10 | 20 | 20 | 30 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | 13/06/2022 | 0 | 10 | 20 | 20 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 16/06/2022 | 0 | 5 | 15 | 15 | 20 | 15 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | 20/06/2022 | 0 | 5 | 25 | 25 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 24/06/2022 | 0 | 5 | 25 | 25 | 30 | 15 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | 28/06/2022 | 0 | 5 | 25 | 25 | 30 | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Junio | 30/06/2022 | 0 | 5 | 25 | 25 | 30 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | 04/07/2022 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 07/07/2022 | 0 | 10 | 25 | 25 | 30 | 15 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 40 |
| | 11/07/2022 | 0 | 10 | 25 | 25 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 14/07/2022 | 0 | 10 | 25 | 25 | 37 | 15 | 50 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | 18/07/2022 | 0 | 10 | 26 | 26 | 37 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Julio | 21/07/2022 | 0 | 10 | 28 | 28 | 37 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 50 | 25 | 0 | 0 | 0 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 25/07/2022 | 0 | 10 | 28 | 28 | 37 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 27/07/2022 | 0 | 10 | 28 | 28 | 37 | 15 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| Agosto | 01/08/2022 | 10 | 0 | 20 | 20 | 37 | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 04/08/2022 | 0 | 10 | 26 | 26 | 37 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | 08/08/2022 | 0 | 0 | 0 | 26 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 11/08/2022 | 0 | 10 | 26 | 26 | 37 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 15/08/2022 | 10 | 10 | 26 | 0 | 37 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 18/08/2022 | 10 | 10 | 16 | 0 | 37 | 15 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 50 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | 25/08/2022 | 10 | 10 | 26 | 0 | 37 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 50 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | 29/08/2022 | 10 | 10 | 26 | 26 | 37 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Setiembre | 01/09/2022 | 10 | 10 | 26 | 26 | 37 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | 05/09/2022 | 0 | 10 | 26 | 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 08/09/2022 | 10 | 0 | 26 | 26 | 37 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | 12/09/2022 | 10 | 10 | 26 | 26 | 37 | 15 | 50 | 0 | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 15/09/2022 | 10 | 10 | 26 | 26 | 37 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | 19/09/2022 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 22/09/2022 | 10 | 10 | 26 | 26 | 37 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | 28/09/2022 | 10 | 10 | 26 | 26 | 37 | 0 | 50 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | 03/09/2022 | 10 | 10 | 26 | 26 | 37 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 05/09/2022 | 0 | 10 | 26 | 26 | 37 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 11/09/2022 | 10 | 10 | 30 | 30 | 40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 12/09/2022 | 10 | 10 | 26 | 26 | 37 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 15/09/2022 | 10 | 10 | 26 | 26 | 37 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | 19/09/2022 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 22/09/2022 | 10 | 10 | 26 | 26 | 37 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | 28/09/2022 | 10 | 10 | 26 | 26 | 37 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 29/09/2022 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| Octubre | 03/10/2022 | 10 | 10 | 26 | 26 | 37 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 05/10/2022 | 10 | 10 | 30 | 30 | 40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 11/10/2022 | 10 | 10 | 30 | 30 | 40 | 0 | 50 | 0 | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 13/10/2022 | 10 | 10 | 26 | 26 | 35 | 15 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | 18/10/2022 | 10 | 10 | 26 | 26 | 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 20/10/2022 | 10 | 10 | 26 | 26 | 35 | 15 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 27/10/2022 | 10 | 10 | 30 | 40 | 35 | 0 | 0 | 25 | 0 | 50 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | 28/10/2022 | 10 | 10 | 30 | 40 | 35 | 15 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Noviembre | 03/11/2022 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | 07/11/2022 | 10 | 0 | 30 | 30 | 35 | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 10/11/2022 | 10 | 10 | 30 | 30 | 35 | 10 | 0 | 25 | 0 | 50 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | 14/11/2022 | 10 | 10 | 30 | 30 | 35 | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 18/11/2022 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | 22/11/2022 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 23/11/2022 | 10 | 10 | 30 | 30 | 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 24/11/2022 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 50 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | 29/11/2022 | 10 | 10 | 30 | 30 | 30 | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Diciembre | 01/12/2022 | 10 | 10 | 30 | 30 | 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 02/12/2022 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | 06/12/2022 | 10 | 10 | 30 | 30 | 35 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 07/12/2022 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 50 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| | 12/12/2022 | 10 | 10 | 30 | 30 | 35 | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 13/12/2022 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 15/12/2022 | 10 | 10 | 30 | 30 | 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 19/12/2022 | 10 | 10 | 30 | 30 | 35 | 15 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 26/12/2022 | 20 | 20 | 50 | 50 | 70 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sumatoria | | 534 | 839 | 2432 | 1997 | 2991 | 450 | 800 | 1350 | 1 | 600 | 260 | 730 | 1350 | 60 | 60 | 130 |

**Anexo 3. Solicitud de información presentada a la Municipalidad Provincial de Oxapampa**



"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

**SOLICITO: INFORMACIÓN PARA PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Ing. EULER OSORIO RUIZ**
**Alcalde la Municipalidad Provincial de Oxapampa**
Presente

De mi mayor consideración:

Yo, Edgar Alexis Gutierrez Mendizabal identificado con DNI N° 71103786, domiciliado en el Jirón Gustavson cuadra 1 s/n, con número de contacto 977885296, Bachiller con mención en ciencias ingeniería Ambiental, de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, me presento ante usted con el debido respeto y expongo:

Que en el proceso de obtención del título profesional he formulado el proyecto de investigación titulada: *"Determinación de la huella de carbono generado por las actividades operativas de la Gerencia de Gestión de Residuos Sólidos, municipalidad provincial de Oxapampa, Pasco, durante el año 2022"*, misma que ha sido aprobada mediante RESOLUCIÓN DE DECANATO N° 0078-2024-DFI/GyT. Dicho documento me autoriza ejecutar la investigación, es por ello que me dirijo a su digna persona y solicito información sobre:

- Indicadores de recolección, valorización, tratamiento y disposición final de residuos sólidos durante el año 2022.
- Consumo de combustible en general en las operaciones de recolección, transporte, valorización, tratamiento y disposición final de residuos sólidos durante el año 2022.
- Consumo electricidad consumido por el área de valorización de residuos sólidos durante el año 2022.
- Y otras conexas a la investigación.

Así mismo, me comprometo a realizar una corta presentación del proyecto de tesis y/o investigación a realizar en caso la entidad lo requiera.

Agradezco de antemano su colaboración

Oxapampa, 12 de febrero de 2024

Atentamente,

Edgar Alexis Gutierrez Mendizabal
DNI N° 71103786

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE OXAPAMPA
TRÁMITE DOCUMENTARIO - RECIBIDO
12 FEB 2024
N° Registro: 2144 Folios: 012
Hora: 05:19 pm Firma:
LA RECEPCIÓN NO SIGNIFICA ACEPTACIÓN

12

**Anexo 4. Panel fotográfico**

**Fotografía 2**: Camión compactador Iveco EGI-050

**Fotografía 1**: Camión compactador Mercedes Benz EGU-176

**Fotografía 4:** Camión compactador Mercedes Benz EGU-171

**Fotografía 3:** Camión compactador Mitsubishi EGL-994

**Fotografía 5:** Camiones de carga de placas EGL-521 y EGL-522

**Fotografía 6**: Retroexcavadora CAT

**Fotografía 7:** Minicargador New Holland efectuando el tamizado de Compost

**Fotografía 8**:Planta de Valorización de residuos orgánicos

**Fotografía 10:** Compost en la fase termófila

**Fotografía 9:** Motobomba 2 para la recirculación de lixiviados de residuos orgánicos

**Fotografía 12:** Murete de suministro de energía eléctrica del relleno sanitario

**Fotografía 11:** Disposición final de residuos sólidos

Fotografía 13: Oficina administrativa de la infraestructura de residuos sólidos

**Fotografía 14:** Planta de Valorización de Residuos sólidos aprovechables.

**Fotografía 15:** Motobomba 1, usado para la recirculación de lixiviados de terraza 1 y 2

**Fotografía 16:** Prensa hidráulica del área de valorización de residuos aprovechables

**Fotografía 17:** Grupo electrógeno del relleno sanitario

**Anexo 4: MATRIZ DE CONSISTENCIA**

**Tema: "DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO GENERADO POR LAS ACTIVIDADES OPERATIVAS DE LA GERENCIA DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS, MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE OXAPAMPA, PASCO, DURANTE EL AÑO 2022"**

| PROBLEMAS | OBJETIVOS | HIPOTESIS | VARIABLES | METODOLOGIA |
|---|---|---|---|---|
| **DETERMINACION DE PROBLEMA.**<br>La municipalidad provincial de Oxapampa ha sido reconocida por el ministerio del ambiente y distintos medios de comunicación como un referente de la gestión integral de residuos sólidos, los procesos que se desarrollan son barrido de calles y limpieza de espacios públicos, recolección selectiva, transporte de residuos sólidos, acondicionamiento, valorización y disposición final además de haberse incorporado el mantenimiento del área recuperada tras haber sido degrada por residuos sólidos; cada una de estos procesos demandan el consumo de combustibles fósiles.<br>A fin de poder estimar, calcular y determinar la cantidad de CO2 emitidos a la atmosfera se han diseñados diversas metodologías de cálculo los cuales sirven para poder establecer medidas de control y mitigación ante nuestra huella de carbono.<br>**FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**<br>**PROBLEMA GENERAL**<br>¿A cuánto equivale la huella de carbono generado por las actividades operativas de la gerencia de gestión de residuos sólidos | **OBJETIVO GENERAL**<br>Determinar la huella de carbono generado por las actividades operativas de la gerencia de gestión de residuos sólidos, municipalidad provincial de Oxapampa, Pasco, durante el año 2022.<br>**OBJETIVOS ESPECIFICOS.**<br>• Determinar la influencia del consumo de combustible en la emisión de la huella de carbono tras el desarrollo de las actividades operativas correspondiente a la gerencia de gestión de residuos sólidos de la municipalidad provincial de Oxapampa, Pasco, durante el año 2022<br>• Determinar la relación entre las emisiones de Metano (CH4) de acuerdo a la ISO NTP ISO-14064:2020, y las actividades operativas de la Gerencia de residuos sólidos en el año 2022<br>• Determinar la relación entre las emisiones de óxido nitroso (N2O) de acuerdo a la ISO NTP ISO- | **HIPOTESIS GENERAL**.<br>El consumo de combustible diésel influyó en la emisión de la huella de carbono de las actividades operativas de la gerencia de gestión de residuos sólidos en el año 2022<br>**HIPOTESIS ESPECIFICOS.**<br>• El consumo de combustible diésel influye directamente en la emisión de la huella de carbono generada por las actividades operativas de la gerencia de gestión de residuos sólidos en el año 2022<br>• Las emisiones Metano (CH4) de acuerdo a la NTP ISO-14064:2020, fueron consecuencia de las actividades operativas de la Gerencia de residuos sólidos en el año 2022 y resultaron menores en magnitud | **VARIABLES DE LA HIPÓTESIS GENERAL**<br>**Variable Independiente.**<br>Actividades operativas<br>**Variable Dependiente.**<br>Huella de carbono<br>**Variable Interviniente.**<br>Gerencia de Residuos sólidos<br>**VARIABLES DE LAS HIPÓTESIS ESPECÍFICA**<br>***Variables de la Hipótesis Específica 1***<br>**Variable Independiente.**<br>Consumo de combustible<br>**Variable Dependiente.**<br>Huella de carbono<br>**Variable Interviniente.**<br>Gerencia de Residuos sólidos<br>***Variables de la Hipótesis Específica 2***<br>**Variable Independiente.**<br>Actividades operativas<br>**Variable Dependiente.**<br>Metano (CH4) según la NTP ISO-14064<br>**Variable Interviniente.**<br>Gerencia de Residuos sólidos | **TIPO DE INVESTIGACIÓN**<br>La presente investigación en cuanto a su finalidad es básica, pues pretende medir y comprender sobre la huella de carbono generado por las actividades operativas de la gerencia de gestión de residuos sólidos, de la municipalidad provincial de Oxapampa.<br>Por la clase de medios utilizados para obtener los datos de la investigación se considera una investigación documental.<br>Así mismo el estudio de acuerdo su alcance temporal es del tipo diacrónica (Abad Toribio, García Martín, & Magro Andrade, 2009), por la clase de medios utilizados para obtener información es secundaria<br>**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**<br>El diseño de la investigación es no experimental- longitudinal panel y se caracteriza porque la muestra es medida u observada en todos los tiempos o momentos (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014).<br>**POBLACIÓN**<br>La población está constituida por instalaciones, procesos administrativos y operativos de la |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| de la municipalidad provincial de Oxapampa, Pasco, ¿durante el año 2022?<br><br>**PROBLEMAS ESPECÍFICOS**<br>• ¿Cuánto influyó el consumo de combustible en la emisión de la huella de carbono tras el desarrollo de las actividades operativas correspondiente a la gerencia de gestión de residuos sólidos de la municipalidad provincial de Oxapampa, Pasco, ¿durante el año 2022?<br>• ¿Cómo se relacionaron las emisiones de Metano (CH4) de acuerdo a la ISO ISO NTP ISO-14064:2020?, y las actividades operativas de la Gerencia de residuos sólidos en el año 2022?<br>• ¿Cómo se relacionaron las emisiones de óxido nitroso (N2O) de acuerdo a la ISO NTP ISO-14064:2020, y las actividades operativas de la Gerencia de residuos sólidos en el año 2022?<br>• ¿Cuál es el grado de correlación entre el consumo de combustible, y huella de carbono generado por las actividades operativas correspondiente a la gerencia de gestión de residuos sólidos, municipalidad provincial de Oxapampa, Pasco, durante el año 2022? | 14064:2020, y las actividades operativas de la Gerencia de residuos sólidos en el año 2022<br>• Determinar el grado de correlación entre el consumo de combustible, y huella de carbono generado por las actividades operativas correspondiente a la gerencia de gestión de residuos sólidos, municipalidad provincial de Oxapampa, Pasco, durante el año 2022 | frente a las emisiones de Dióxido de Carbono.<br>• Las emisiones óxido nitroso (N2O) de acuerdo a la NTP ISO-14064:2020, fueron consecuencia de las actividades operativas de la Gerencia de residuos sólidos en el año 2022, y resultaron menores en magnitud frente a las emisiones de Dióxido de Carbono<br>• Existe una correlación positiva entre el consumo de combustible diésel y la huella de carbono generada por las actividades operativas de la Gerencia de Gestión de Residuos Sólidos de la Municipalidad<br>Provincial de Oxapampa durante el año 2022 | ***Variables de la Hipótesis Específica 3***<br>**Variable Independiente.**<br>Actividades operativas<br>**Variable Dependiente.**<br>Óxido nitroso (N2O) según la NTP ISO-14064<br>**Variable Interviniente.**<br>Gerencia de Residuos sólidos<br><br>***Variables de la Hipótesis Específica 4***<br>**Variable Independiente 1.**<br>Consumo de combustible<br>**Variable Dependiente.**<br>Huella de carbono<br>**Variable Interviniente.**<br>Gerencia de Residuos sólidos | Municipalidad provincial de Oxapampa.<br>**MUESTRA**<br>La muestra para la investigación está conformada por las actividades operativas de la gerencia de gestión de residuos sólidos.<br>**MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN**<br>El método usado en esta investigación es el deductivo, se empleará datos de consumo de combustible, distancia recorrida en las actividades operativas de la gerencia de gestión de residuos sólidos para a fin de determinar la huella de carbono en la limpieza pública.<br>Así mismo se empleará la Norma Técnica Peruana ISO 14064 I:2020 "Gases de Efecto Invernadero, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero"; así como el Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte del GHG Protocol,<br>**TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**<br>**Observación:** Se observará y se hará un reconocimiento del área en donde se realizan las actividades operativas de la gerencia de gestión de residuos sólidos.<br>**Documental**: Se solicitará información a la sub gerencia de |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | | logística y la gerencia de gestión de residuos sólidos.<br>**Hoja de registro:** Se realizará un registro de la identificación de la cantidad de maquinarias, equipos que requieren consumir energía. |