



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**CÁLCULO Y ACTUALIZACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN LA
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, SEDE QUITO - CAMPUS SUR, PARA
LOS AÑOS 2022 - 2023**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniera Ambiental

AUTORA: CINTHYA KAINNA TOAPANTA SALCAN

TUTOR: XIMENA DEL ROCÍO BORJA VELA

Quito - Ecuador

2026

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Cinthya Kainna Toapanta Salcán con documento de identificación N° 1718602798
manifiesto que:

Soy la autora responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la
Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o
parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 27 de marzo del año 2026

Atentamente,



Cinthya Kainna Toapanta Salcán
1718602798

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Cinthya Kainna Toapanta Salcán con documento de identificación No. 1718602798, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del Trabajo Experimental: “Cálculo y Actualización de la Huella de Carbono en la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito – Campus Sur, para los años 2022 – 2023”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniera Ambiental, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 27 de marzo del año 2026

Atentamente,



Cinthya Kainna Toapanta Salcán
1718602798

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Ximena del Rocío Borja Vela con documento de identificación N° 1711223584, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: CÁLCULO Y ACTUALIZACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, SEDE QUITO - CAMPUS SUR, PARA LOS AÑOS 2022 - 2023, realizado por Cinthya Kainna Toapanta Salcán con documento de identificación N° 1718602798, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo Experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 27 de marzo del año 2026

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Ximena', with a horizontal line underneath.

Ing. Ximena del Rocío Borja Vela, M.Sc.
1711223584

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a:

En primer lugar, doy gracias a Dios por guiarme y darme la fuerza para alcanzar esta meta tan soñada, que representa no solo un título, sino el fruto de mi perseverancia en el camino de la ingeniería ambiental.

A mi hermoso angelito en el cielo, que fue más que un abuelo: un padre en cada paso de mi vida. Tu presencia espiritual me ha acompañado en las madrugadas de estudio y en los desafíos del laboratorio, recordándome siempre que el amor trasciende lo terrenal.

A mi madre y a mi abuelita, mis eternos ejemplos a seguir. Ustedes me han impulsado a salir adelante, a ser alguien en la vida y a luchar sin rendirme, con su cariño incondicional que me ha sostenido en cada tropiezo.

Y a mi hermano, que ha estado conmigo en todo momento, apoyándome con palabras que me daban alas para seguir. Gracias por ser mi refugio y mi motivación constante.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi tutora, la Mg. Ximena del Rocío Borja Vela, por su invaluable guía durante todo este proceso. Gracias por su paciencia infinita ante mis dudas interminables, por sus correcciones precisas que pulieron mi trabajo y por creer en mí cuando más lo necesitaba. Sin su apoyo experto, esta tesis no habría sido posible.

A mis amigas Carolina y Erika, un apoyo fundamental no solo en este proceso de tesis, sino en toda mi vida. Tus palabras de aliento en las noches de estrés y tu compañía inquebrantable me ayudaron a no rendirme.

Finalmente, a mi familia, por recordarme siempre que somos un equipo unido. Gracias por estar conmigo en las buenas y, sobre todo, en las malas, dándome la fuerza para seguir adelante.

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Antecedentes y generalidades	1
1.2	Problema del estudio	3
1.2.1	<i>Planteamiento del problema</i>	3
1.3	Justificación.....	5
1.4	Objetivos.....	6
2	FUNDAMENDACIÓN TEÓRICA	8
2.2	Marco conceptual	8
2.2.1	<i>Cambio climático</i>	8
2.2.3	<i>Gases de efecto invernadero</i>	9
2.2.4	<i>CO2 equivalente</i>	11
2.2.5	<i>Huella de carbono</i>	11
2.2.6	<i>Convención del Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático</i>	13
2.2.7	<i>Tipo de gases de efecto invernadero</i>	13
2.2.7.1	Dióxido de carbono (CO2).....	13
2.2.7.2	Metano (CH4).	14
2.2.7.3	Óxido Nitroso (NO2).	14
2.2.7.4	Hidrofluorcarbonados (HFC).....	15
2.2.7.5	Hexafluoruro de azufre (SF6).	16
2.2.8	<i>Inventario de emisiones</i>	16
2.2.9	<i>Calentamiento global</i>	17
2.2.10	<i>Objetivos de desarrollo sostenible</i>	18
2.2.11	<i>Técnicas para el cálculo de la huella de carbono</i>	19
2.2.12	<i>Metodología NTE INEN-ISO 14064</i>	20
2.2.13	<i>Limites organizacionales</i>	21
2.2.14	<i>Limites operativos</i>	21
2.2.15	<i>Categorización de las emisiones directas e indirectas de GEI</i>	22
2.2.16	<i>Consumo eléctrico</i>	23
2.2.17	<i>Aguas residuales y su caracterización</i>	24
2.2.18	<i>Reducción de energía</i>	26
2.2.19	<i>Medidas de mitigación</i>	26
3	MATERIALES Y MÉTODOS	28
3.1	Ubicación	28

3.2	Sujetos	29
3.3	Tipos de Investigación	30
3.4	Procedimientos	30
3.4.1	<i>Fuentes principales de emisión de GEI</i>	30
3.4.2	<i>Recolección de datos</i>	31
3.4.3	<i>Evaluación de exposición de GEI</i>	32
3.4.4	<i>Inventario de emisiones de gases</i>	32
3.3.5	<i>Emisiones a causa del consumo de combustible estacionario</i>	32
3.4.5	<i>Emisiones a causa del consumo de energía eléctrica</i>	34
3.4.6	<i>Emisiones a causa de aguas residuales (DQO)</i>	34
3.4.7	<i>Emisiones a causa del consumo de residuos sólidos</i>	35
3.4.8	<i>Identificación de oportunidades de reducción de emisiones de GEI</i>	35
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
4.1	Toneladas de CO2 por consumo de combustible estacionario.....	36
4.2	Toneladas de CO2 por consumo de energía eléctrica	37
4.3	Toneladas de CO2e por DQO de aguas residuales	39
4.4	Toneladas de CO2e por residuos sólidos	41
4.5	Resultados del muestreo de DQO en agua residual	42
4.6	Gráfico comparativo.....	43
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	45
5.1	Conclusiones	45
5.2	Recomendaciones.....	46
6	BIBLIOGRAFÍA	47
7	ANEXOS	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Potencial de calentamiento global para los GEI	11
Tabla 2	Especialidades.....	29
Tabla 3	Aspectos considerados dentro del cálculo	32
Tabla 4	Toneladas de CO ₂ eq por Consumo de Combustible Estacionario	36
Tabla 5	Toneladas de CO ₂ eq por Consumo de Energía Eléctrica.....	37
Tabla 6	Toneladas de CO ₂ eq por DQO de Aguas Residuales.....	39
Tabla 7	Toneladas de CO ₂ eq por Residuos	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Visión de la Universidad Politécnica Salesiana-Campus Sur	28
Figura 2	Gráfico de líneas comparativo por consumo de diésel en los años 2022 - 2023.....	37
Figura 3	Gráfico de líneas comparativo por consumo energético en los años 2022 - 2023	38
Figura 4	Gráfico de líneas comparativo por análisis de DQO punto 1	40
Figura 5	Gráfico de líneas comparativo por análisis de DQO punto 2.....	40
Figura 6	Gráfico de líneas comparativo por análisis de DQO punto 3.....	40
Figura 7	Porcentaje de residuos clasificados dentro de la universidad.....	42
Figura 8	Gráfica comparativa de las emisiones de GEI.....	43
Figura 9	Porcentaje de emisión de CO2 eq por cada fuente.....	44
Figura 10	Caracterización de Residuos Campus Sur.....	51
Figura 11	Separación de residuos por su tipo de fuente	51
Figura 12	Pesaje de residuos.....	52
Figura 13	Toma de muestra Av. Rumichaca Ñan.....	52
Figura 14	Muestra de Agua Av. Rumichaca Ñan.....	52
Figura 15	Toma de muestra alcantarillado junto a la quebrada	53
Figura 16	Muestra alcantarillado junto a la quebrada.....	54
Figura 17	Toma de muestra alcantarillado ADA UPS	54
Figura 18	Muestra del alcantarillado ADA UPS	55
Figura 19	Muestras recolectadas de los 3 puntos	55
Figura 20	Informes del Análisis de DQO	56
Figura 21	Recolección de datos.....	56

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tuvo la finalidad de determinar el cálculo y actualización de la huella de carbono en la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito - Campus Sur, para los años 2022-2023, centrándose específicamente en el uso de recursos claves, como la energía eléctrica, consumo de combustible fósil, aguas residuales y residuos sólidos. Este proceso tuvo como propósito principal fomentar una cultura institucional orientada a la sostenibilidad, mediante el reconocimiento de las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y la implementación de acciones de mitigación.

Para la estimación de las emisiones, se emplearon metodologías internacionalmente reconocidas, como el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol) y la norma ISO 14064. Estas herramientas proporcionan lineamientos técnicos y metodológicos que garantizan la precisión, transparencia y consistencia de los resultados obtenidos. Las emisiones se expresaron en toneladas de dióxido de carbono equivalente (142,65 tCO₂ equivalente), permitiendo una comparación estándar y comprensible de las consecuencias ambientales derivadas por el consumo institucional.

Asimismo, permiten identificar aspectos susceptibles de mejora en los procesos de gestión ambiental del campus, promoviendo el uso eficiente de los recursos, la optimización de los procesos institucionales y la incorporación de tecnologías limpias.

Palabras Clave: huella de carbono, campus Sur, gases de efecto invernadero, ISO 14064, GHG Protocolo.

ABSTRACT

This final degree project aimed to calculate and update the Carbon Footprint at the Salesian Polytechnic University, Quito Campus - South Campus, for the years 2022-2023. It specifically focused on key resources such as electricity usage and fossil fuel consumption. The main purpose of this process was to foster a more sustainable institutional culture by identifying the primary sources of greenhouse gas (GHG) emissions and subsequently implementing mitigation actions.

For estimating emissions, internationally recognized methodologies were used, such as the Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol) and the ISO 14064 standard. These tools provide technical and methodological guidelines that ensure the accuracy, transparency, and consistency of the results obtained. Emissions were expressed in tons of carbon dioxide equivalent (142.65 tCO₂eq), enabling a standard and comprehensible comparison of the environmental impacts arising from institutional consumption.

This information allowed for a reliable quantitative approximation of resource use and its conversion into GHG emissions.

Although the exact values of the estimated Carbon Footprint 142,65(in tCO₂eq) are still in the process of consolidation, the preliminary results provide a robust technical foundation for developing comprehensive emission reduction strategies. Likewise, they enable the identification of aspects susceptible to improvement in the campus's environmental management processes, promoting efficient resource use, optimization of institutional processes, and the incorporation of clean technologies.

Keys words: carbon footprint, South Campus, greenhouse gases, ISO 14064, GHG Protocol

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes y generalidades

Ante el incremento de la preocupación mundial por el cambio climático, la medición y gestión de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) se han consolidado como herramientas esenciales para mitigar este fenómeno. A escala internacional, regional y nacional, se están implementando estrategias orientadas a minimizar la cantidad de GEI acumulados en la atmósfera.

En este contexto, diversas instituciones tanto del sector público como del privado, entre las cuales las Instituciones de Educación Superior (IES) han mostrado interés en cuantificar sus emisiones mediante herramientas como la huella de carbono. Este parámetro refleja el grado de responsabilidad ambiental asumido por las organizaciones, consolidando su compromiso hacia el desarrollo sostenible.

Una de las normas más utilizadas para este propósito es la ISO 14064-1:2018 (Segunda Edición 2020-01) (NTE INEN-ISO, 2020-01), debido a que proporciona un marco metodológico que proporciona un enfoque relevante, completo, consistente, transparente y preciso para los procesos de cuantificación seguimiento, informe y verificación de las emisiones y remociones de GEI. Junto a esta norma, el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol) y otras guías internacionales, ofrecen bases sólidas con el fin de estimar la Huella de Carbono asociada a instituciones, productos y servicios, permitiendo así una comunicación clara de las consecuencias ambientales derivadas de las acciones humanas.

En investigaciones previas, como la realizada por (Alejandro Paspuezan & Mozo Pillajo, 2023), se ha establecido que la Universidad Politécnica Salesiana (UPS) ya efectuó una estimación

de su Huella de Carbono en el año 2021. Sin embargo, dicho estudio se efectuó en un periodo de clases virtuales, por lo que los datos no reflejan las condiciones actuales tras el retorno a la presencialidad a partir de 2022. Esta variación implica la necesidad de recopilar nueva información que permita actualizar los indicadores ambientales de la institución.

El crecimiento industrial asociado al desarrollo civilizatorio ha contribuido a un aumento considerable en la emisión de GEI, fenómeno que ha intensificado el cambio climático. En este sentido, el autor (Wilde, 29-abr-2015) describe el cambio climático como una modificación considerable y duradera de los patrones climáticos a escala global. Este fenómeno puede tener causas naturales como variaciones solares, actividad volcánica, circulación oceánica o procesos biológicos, aunque en las últimas décadas ha sido principalmente impulsado por acciones antropogénicas.

La cuantificación de las emisiones permite no solo un conocimiento cualitativo, sino también cuantitativo del impacto ambiental, posibilitando la implementación de estrategias concretas para reducir la generación de GEI en procesos de producción, distribución y consumo. En este marco, el cálculo de la Huella de Carbono emerge como una herramienta fundamental.

En Ecuador, si bien las Instituciones de Educación Superior han consolidado sus procesos de investigación, aún es limitada la adopción de metodologías orientadas a la estimación de su Huella de Carbono como parte de sus acciones institucionales. No obstante, algunas universidades e institutos ya han desarrollado estudios significativos en esta línea, entre ellas:

- El Instituto Tecnológico Sucre (Erazo Guzman, 2018)
- Universidad San Francisco de Quito (Perez Sierra, 2018)
- Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito (Dávila Collaguazo & Varela Rosario, 2014)

- Pontificia Universidad Católica del Ecuador, matriz Quito (Melo Castillo, 2018)

Estas iniciativas reflejan un creciente interés por la evaluación ambiental institucional, orientadas a la mitigación de su impacto ambiental.

Considerando estos antecedentes, y reconociendo la destacada trayectoria académica, investigativa y administrativa de la Universidad Politécnica Salesiana, la presente investigación tiene como objetivo principal **Actualizar la Huella de Carbono, Sede Quito, Campus Sur**, correspondiente a los años 2022 y 2023. Para ello, se estimarán las emisiones de dióxido de carbono equivalente (CO_2eq), permitiendo así establecer un nuevo diagnóstico ambiental que contribuya a la mejora continua de la gestión institucional.

1.2 Problema del estudio

1.2.1 Planteamiento del problema

La creciente necesidad de las organizaciones de comprender, gestionar y reducir con precisión su impacto ambiental ha impulsado, a nivel internacional, el desarrollo de herramientas orientadas a la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). En este contexto, tanto entidades públicas y privadas como las Instituciones de Educación Superior (IES) han incorporado la medición de la Huella de Carbono como un indicador clave para evaluar su desempeño ambiental y orientar acciones de mitigación frente al cambio climático.

A pesar de que Ecuador contribuye con menos del 0,5 % de las emisiones globales de dióxido de carbono, el país presenta una alta vulnerabilidad frente a los efectos del cambio climático. Según el Inventario Nacional de GEI, las emisiones se concentran principalmente en el sector energía, seguido por el uso del suelo y la agricultura, evidenciando la necesidad de fortalecer estrategias de gestión y control en distintos sectores. En respuesta a este escenario, el Estado ha

impulsado políticas y estrategias nacionales que promueven la participación de las organizaciones en la reducción de su Huella de Carbono.

En el ámbito de la educación superior, varias universidades del país han iniciado procesos de medición de emisiones como parte de su gestión ambiental. Sin embargo, estos esfuerzos aún presentan limitaciones relacionadas con la disponibilidad y sistematización de información, lo que dificulta la generación de inventarios consistentes y comparables en el tiempo.

En este contexto, la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito – Campus Sur, ha mostrado interés en fortalecer su gestión ambiental mediante el proyecto de cálculo y actualización de su Huella de Carbono. No obstante, la ausencia de lineamientos metodológicos consolidados y de metas institucionales específicas ha generado vacíos en la información sobre el consumo de recursos y las fuentes de emisión, lo que limita la toma de decisiones orientadas a la mitigación de impactos.

Por lo tanto, surge la necesidad de desarrollar un estudio que permita cuantificar las emisiones de Gases de efecto Invernadero (GEI) del campus, identificar sus principales fuentes y generar información técnica confiable que contribuya a la mejora de la gestión ambiental institucional.

Formulación del problema

- ¿Cómo inciden las actividades y los procesos operativos de la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito – Campus Sur, ¿en la generación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)?
- ¿Cuál es la influencia de una gestión adecuada de la Huella de Carbono en la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito – Campus Sur, ¿en términos de desempeño ambiental y sostenibilidad institucional?

1.3 Justificación

La creciente necesidad de las organizaciones por comprender, gestionar y reducir de forma precisa su impacto ambiental ha puesto especial énfasis en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). En este marco, la implementación de prácticas sostenibles y el avance hacia modelos de desarrollo con bajas emisiones de carbono se consolidan como ejes estratégicos para enfrentar el cambio climático. especial atención en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI).

Mediante la actualización y mejora continua del cálculo de la huella de carbono, conforme a estándares internacionales como la norma ISO 14064, las instituciones pueden evidenciar su compromiso con la sostenibilidad y la gestión ambiental responsable. Esta práctica no solo permite contribuir al incremento de la eficiencia energética y a la optimización de los costos operativos, sino también cumplir con los requisitos de la normativa ambiental vigente.

A nivel global, diversas organizaciones han asumido el compromiso de colaborar activamente con la protección del medio ambiente. Esta situación ha evidenciado la necesidad de adoptar medidas preventivas y correctivas actualizadas, que constituyan un sustento técnico y un punto de referencia para la toma de decisiones responsables en materia de gestión ambiental.

La incorporación de tecnologías limpias que permitan minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y el uso excesivo de recursos materiales y energéticos es fundamental. Sin embargo, estos esfuerzos deben ir acompañados de una cultura de concientización institucional. Sensibilizar al personal sobre prácticas simples, como la reutilización de materiales, contribuye significativamente a reducir la huella de carbono individual y colectiva.

En el caso de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Sur, los datos obtenidos del cálculo de la huella de carbono permitirán identificar los departamentos donde es posible optimizar procesos, ejercer un mayor control sobre el uso de recursos y conocer los periodos de mayor concentración de personas, los cuales inciden directamente en el consumo energético y la generación de emisiones. Esta información será clave para plantear soluciones concretas y eficientes en torno al consumo energético y de agua, factores directamente relacionados con el incremento de las emisiones.

La adopción de una normativa de carácter internacional como referencia facilita la identificación de los aspectos prioritarios para la formulación de estrategias y planes de acción dirigidos a la reducción de la Huella de Carbono. Además, facilita el cumplimiento de estándares que pueden conducir a certificaciones ambientales, posicionando a la institución como referente en sostenibilidad dentro del sector educativo.

1.4 Objetivos

1.4.1 General

- Cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero en la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito - campus Sur, para los años 2022-2023, de acuerdo con la normativa ISO 14064.

1.4.2 Específicos

- Identificar y cuantificar los principales aspectos ambientales generadores de gases de efecto invernadero en la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito - campus Sur, y establecer indicadores ambientales para evaluar sus emisiones.

- Elaborar el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a las operaciones de la UPS, sede Quito - campus Sur, considerando fuentes directas.
- Identificar oportunidades de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en la Universidad Politécnica Salesiana, evaluando los principales componentes que contribuyen a la huella de carbono.

2 FUNDAMENDACIÓN TEÓRICA

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Cambio climático

Este fenómeno se define como una modificación sostenida en la distribución estadística de los patrones meteorológicos a lo largo de periodos prolongados, que pueden abarcar desde décadas hasta millones de años. Dichos cambios pueden manifestarse tanto en las condiciones promedio del clima como en la variabilidad temporal de estas a largo plazo, incluyendo alteraciones en la frecuencia e intensidad de eventos meteorológicos extremos (Pallmall, 2021).

Según (Giddens, Echavarren, & }, 2010). *“El cambio climático constituye hoy día un tema de primera magnitud tanto en la agenda política como en la opinión pública y ha sido planteado por algunos como la cuestión señera del siglo XXI.”*

Estas variaciones pueden originarse por procesos naturales internos o por forzamientos externos, como las fluctuaciones en los ciclos solares, las erupciones volcánicas o las modificaciones persistentes de origen antropogénico en la composición de la atmósfera y en el uso del suelo. Al respecto, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en su artículo 1, define el cambio climático como la alteración del clima atribuible directa o indirectamente a la actividad humana, la cual modifica la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad climática natural observada en periodos de tiempo comparables. En este sentido, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) establece una distinción entre el cambio climático provocado por acciones humanas que afectan la composición atmosférica y la variabilidad climática resultante de causas naturales (climatico, 2014).

2.2.2 *Protocolo de Kioto*

El Protocolo de Kioto denominado (PK), según; (Foro Nuclear , 2017) adoptado en el marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), este instrumento representa el primer acuerdo internacional de carácter jurídicamente vinculante orientado a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). A diferencia de la Convención, que se limita a recomendar a los países la disminución de sus emisiones, el Protocolo obliga a las naciones industrializadas a estabilizar y disminuir sus niveles de gases de efecto invernadero (GEI), bajo el principio de “responsabilidades comunes pero diferenciadas”, reconociendo que estos países son históricamente los principales emisores debido a su prolongado uso de combustibles fósiles.

El Protocolo contempló la reducción de seis gases: Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄), Dióxido de Nitrógeno (N₂O), Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexa fluoró de azufre SF₆, tomando como año base 1990 para los tres primeros y 1995 para los restantes. Su implementación incentivó la formulación de políticas nacionales, la creación de instrumentos de mercado como el comercio de emisiones y la inclusión de criterios ambientales en las decisiones empresariales. Además, sentó las bases estructurales para la negociación de futuros acuerdos internacionales, en concordancia con las recomendaciones del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), que demanda reducciones más ambiciosas para mitigar el impacto del cambio climático global.

2.2.3 *Gases de efecto invernadero*

Estos gases se generan como resultado de procesos de combustión asociados a actividades industriales; sin embargo, también se originan tanto por fuentes naturales como por acciones de origen antropogénico. Entre los gases de efecto invernadero, el dióxido de carbono (CO₂) es el de

mayor incidencia debido a su volumen de emisión. En la actualidad, las emisiones producidas de forma directa e indirecta por los procesos desarrollados por empresas, organizaciones, productos o servicios se cuantifican mediante un inventario de gases de efecto invernadero, el cual se expresa en toneladas de dióxido de carbono equivalente (t CO₂e). Dicho inventario considera los seis gases contemplados en el Protocolo de Kioto: CO₂, CH₄, N₂O, PFC, HFC y SF₆ (IHOBE, 2012).

Dentro de esta definición se consideran también gases de origen artificial generados por actividades industriales, como los clorofluorocarbonos (CFC) y otros gases fluorados, los cuales presentan un elevado potencial de afectación sobre la capa de ozono. Asimismo, se incluyen los óxidos de nitrógeno (NO_x), producidos principalmente en la industria de fertilizantes sintéticos y en diversos procesos industriales, que además contribuyen a fenómenos ambientales adversos como la lluvia ácida (Sánchez López, 2014).

El impacto de cada gas en el calentamiento global está determinado, principalmente, por su concentración en la atmósfera y por su Potencial de Calentamiento Global (PCG). En este sentido, a medida que el PCG de un gas es mayor, también lo es su contribución al efecto de calentamiento una vez liberado en la atmósfera (Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial Gobierno Vasco, 2013).

A continuación, se presenta una tabla con los potenciales de calentamiento para cada gas GEI.

Tabla 1 *Potencial de calentamiento global para los GEI*

Gas de efecto invernadero	Potencial de calentamiento global
Dióxido de carbono (CO ₂)	1
Metano (CH ₄)	21-23
Óxido nitroso (N ₂ O)	230-310
Perfluorocarbonos ((PFC)	5.700-11.900
Hidrofluorocarbonos (HFC)	13.000-14.000
Hexafluoruro de carbono (SF ₆)	23.000

Nota: (Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial Gobierno Vasco, 2013)

2.2.4 *CO₂ equivalente*

La huella de carbono se cuantifica en unidades de dióxido de carbono equivalente (CO₂ equivalente), una medida estandarizada que permite expresar el impacto de los diferentes gases de efecto invernadero (GEI) en términos comparables. Esta unidad se utiliza debido a que el dióxido de carbono (CO₂) es el gas más abundante entre los GEI y sirve como referencia para calcular el efecto climático de otros compuestos. Cada gas se convierte a CO₂ equivalente considerando su potencial de calentamiento global (PCG), lo que permite evaluar de manera integral las emisiones generadas por una actividad, producto, organización o territorio (Greenpeace México, 2020).

2.2.5 *Huella de carbono*

La huella de carbono representa un indicador ambiental diseñado para medir el volumen total de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Esta herramienta facilita la aplicación del

principio de ecoeficiencia, al revelar áreas para reducir el consumo energético, que constituye la fuente dominante de GEI a escala global (Rodríguez, Belfort, & Udaquiola, 2014).

Es el producto de la combustión que se lleva a cabo en la industria, no obstante, también existen de manera natural y antropogénica. Entre los gases de efecto invernadero, el que tiene un efecto más penetrante es el CO₂, sin embargo, en la actualidad la cantidad de gases provocados de manera directa o indirecta por los procesos realizados por las empresas, organizaciones, productos o servicios; Por lo tanto, se trata de un inventario de GEI, expresado en toneladas de CO₂ equivalente, que considera los seis gases contemplados en el Protocolo de Kioto (CO₂, CH₄, N₂O, PFCs, HFC y SF₆) (IHOBE, 2012).

Esta definición abarca gases sintéticos generados por actividades industriales, tales como los clorofluorocarbonos (CFC) y otros compuestos fluorados, que ejercen un impacto severo en la depleción de la capa de ozono, junto con los óxidos de nitrógeno (NO_x), originados en la producción de fertilizantes sintéticos y diversas operaciones industriales, los cuales también contribuyen a fenómenos como la precipitación ácida (Sánchez López, 2014).

Se trata de una de las herramientas más sencillas y, al mismo tiempo, exactas, para evaluar el impacto ambiental de las operaciones institucionales. De este modo, se cuantifican los GEI liberados en las actividades cotidianas de la organización, lo que facilita un análisis detallado futuro para identificar los sectores con mayores emisiones y diseñar estrategias específicas de mitigación, además de prever la transición alejada de los combustibles fósiles en sus procesos (Benayas, Fiandrino, Bollati, & Goldar, 2022).

2.2.6 *Convención del Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) sostiene que los países industrializados son responsables de la mayoría de las emisiones de gases de efecto invernadero, debido a la quema intensiva de combustibles fósiles como parte de su desarrollo económico.

No obstante, estas naciones han asumido compromisos voluntarios orientados a la mitigación del cambio climático, implementando medidas para reducir sus emisiones. Entre estas acciones destacan el impulso al desarrollo de tecnologías limpias, el uso de fuentes de energía renovable, y la incorporación de sistemas inteligentes de monitoreo y control de emisiones. Estos sistemas permiten recopilar, procesar y analizar información sobre los GEI generados en distintos sectores productivos, optimizando así las estrategias de reducción.

De acuerdo con informes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), los países miembros han establecido mecanismos de cooperación para compartir información, experiencias y datos sobre sus emisiones, así como sobre las políticas adoptadas. Esta colaboración internacional es fundamental para evaluar y ajustar las estrategias nacionales, con el objetivo común de disminuir los impactos ambientales derivados de las emisiones, y avanzar hacia un desarrollo más sostenible. (Naciones Unidas)

2.2.7 *Tipo de gases de efecto invernadero*

2.2.7.1 Dióxido de carbono (CO₂).

Entre los gases de efecto invernadero, este destaca como el principal contribuyente debido a su fuerte vínculo con las operaciones humanas, siendo el mayor impulsor del

calentamiento global. Su acumulación atmosférica resulta principalmente del empleo de combustibles fósiles en industrias y vehículos de movilidad. Las emisiones surgen sobre todo de la quema de hidrocarburos como petróleo y carbón, aunque también de eventos naturales tales como erupciones volcánicas o conflagraciones en bosques (Aqua ODS , 2022).

2.2.7.2 Metano (CH₄).

Ocupa el segundo lugar entre los gases de efecto invernadero de larga permanencia en la atmósfera y representa alrededor del 17% del forzamiento radiactivo total. Alrededor del 40% de sus emisiones atmosféricas tienen origen natural, como en humedales o termitas, en tanto que cerca del 60% se atribuye a acciones humanas, incluyendo la cría de rumiantes, el arrozal, la extracción de hidrocarburos fósiles, los rellenos sanitarios y la quema de biomasa. En 2017, la concentración de CH₄ llegó a un récord de aproximadamente 1859 parte por billón (ppb), equivalente al 257% de los niveles preindustriales, con un ritmo de incremento similar al de la década previa (United Nations Climate Change, 2018).

2.2.7.3 Óxido Nitroso (NO₂).

Las emisiones de N₂O hacia la atmósfera se originan en un 60% de procesos naturales y un 40% de actividades humanas, como océanos, suelos, incineración de biomasa, aplicación de fertilizantes y operaciones industriales diversas. Este gas desempeña un rol clave en la depleción de la capa de ozono estratosférico, que actúa como escudo contra la radiación

ultravioleta solar perjudicial. Representa cerca del 6% del forzamiento radiactivo atribuible a los gases de efecto invernadero persistentes (United Nations Climate Change, 2018).

2.2.7.4 Hidrofluorcarbonados (HFC).

Los hidrofluorcarbonos (HFC) constituyen un conjunto de compuestos sintéticos empleados fundamentalmente en sistemas de refrigeración y climatización. La mayoría actúan como potentes agentes climáticos de corta duración, con una permanencia media en la atmósfera de unos 15 años.

Aunque equivalen solo al 2% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero, su potencial de calentamiento global supera en cientos o miles de veces al del CO₂ por unidad de masa.

Los hidrofluorcarbonos (HFC) comenzaron a comercializarse a inicios de la década de 1990 como sustitutos de sustancias agotadoras de la capa de ozono, como los clorofluorcarbonos (CFC) y los halones. Aunque su concentración actual en la atmósfera aún es relativamente baja, los HFC se encuentran entre los gases de efecto invernadero de crecimiento más acelerado a nivel global. Este incremento se debe, en gran parte, al aumento de la demanda de sistemas de refrigeración, aire acondicionado y otros equipos de enfriamiento, especialmente en los países en desarrollo.

A pesar de no dañar la capa de ozono, los HFC poseen un elevado potencial de calentamiento global (PCG), lo que representa un desafío adicional en los esfuerzos por mitigar el cambio climático. Su uso creciente evidencia la necesidad de establecer

regulaciones internacionales y promover alternativas tecnológicas más sostenibles y con menor impacto ambiental (CLIMATE & CLEAN AIR COALITION).

2.2.7.5 Hexafluoruro de azufre (SF₆).

El hexafluoruro de azufre (SF₆) es un gas incoloro, inodoro, no inflamable y altamente estable desde el punto de vista químico. Esta estabilidad le permite permanecer sin reaccionar con otras sustancias a temperatura ambiente, lo que lo convierte en un material ideal para diversas aplicaciones industriales. Su principal uso se concentra en el sector eléctrico, donde se emplea como aislante en equipos de alta tensión, gracias a sus excelentes propiedades dieléctricas y de extinción de arco.

No obstante, a pesar de sus beneficios técnicos, el SF₆ es el gas de efecto invernadero con el mayor potencial de calentamiento global (PCG) conocido hasta la fecha. Debido a esta característica, incluso pequeñas emisiones pueden tener un impacto climático significativo. Por ello, su uso debe ser cuidadosamente controlado, implementando prácticas seguras de manejo, contención y reciclaje, con el fin de evitar fugas hacia la atmósfera y reducir su contribución al cambio climático. (Flores , Delgado , & Romero, 2012)

2.2.8 *Inventario de emisiones*

El paso inicial en el cálculo de la huella de carbono consiste en delimitar las fuentes relevantes que se incluirán para registrar las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a una actividad específica.

2.2.8.1 Emisiones directas.

Las emisiones de alcance 1 son aquellas que se generan a partir de fuentes que pertenecen o son controladas directamente por la entidad que reporta, ya sea una empresa, institución o instalación. Estas emisiones provienen de actividades como el consumo de combustibles fósiles en calderas, vehículos institucionales, procesos industriales, así como del uso de materiales como embalajes que implican emisiones directas. Al ser emisiones que la organización puede gestionar directamente, su control y reducción representan un componente clave en las estrategias de mitigación del impacto ambiental (FROHMANN & OLMOS, 2013).

2.2.8.2 Emisiones indirectas.

Las emisiones de alcance 3 corresponden a aquellas que se generan como resultado indirecto de las actividades de una organización, pero que provienen de fuentes que no son de su propiedad ni están bajo su control directo. Este tipo de emisiones incluye, por ejemplo, las derivadas del transporte de productos por terceros, el uso y disposición final de bienes por parte de los consumidores, así como procesos de reciclaje. Aunque son más difíciles de cuantificar y gestionar, representan una parte significativa de la huella de carbono total de una entidad, por lo que su identificación es esencial para una gestión ambiental integral (FROHMANN & OLMOS, 2013).

2.2.9 *Calentamiento global*

El calentamiento global ha avanzado paralelo a un alza sostenida en los niveles de CO₂ atmosférico, lo que señala que esta tendencia térmica obedece a un fortalecimiento del efecto invernadero. Por ello, ambos conceptos se emplean a menudo como sinónimos, aunque uno alude

al aumento reciente de temperaturas, mientras el otro describe el proceso subyacente que lo genera (Caballero, Lozano, & Ortega, 2007).

La generación de cada uno de los GEI antes mencionados se lleva de manera distinta acorde a donde sea medido, ya que los valores cambian acorde a la cantidad de residuos, generadores, personas, etc. que se encuentran o visitan el lugar; de esta manera es que se pretende hacer una actualización de estos valores en los campus de la Universidad Politécnica Salesiana.

2.2.10 Objetivos de desarrollo sostenible

En septiembre de 2015, los jefes de Estado y de Gobierno adoptaron la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, que incorpora los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) con el propósito clave de eliminar la pobreza en todas sus formas y acabar con la pobreza extrema, perseverando nuestro planeta para las generaciones futuras como un requisito indispensable para que puedan vivir saludable, en paz y con prosperidad.

Los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, junto con sus 169 metas, presentan un enfoque integrado e indivisible, con alcance global y aplicabilidad universal, orientados a promover un desarrollo sostenible armónico que equilibre los pilares social, económico y ambiental (FAO, 2019).

La Universidad Politécnica Salesiana, como integrante del Don Bosco GREEN ALLIANCE, impulsa que sus instituciones salesianas se conviertan en espacios sostenibles en armonía con la sociedad, la economía y, especialmente, el medio ambiente. Por ello, han adoptado 4 de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, mediante los cuales impulsan iniciativas que reducen al mínimo su huella ambiental.

2.2.10.1 Objetivo 9: Industria, Innovación e Infraestructura.

Desarrollar infraestructuras resistentes, impulsar una industrialización inclusiva y sostenible, y potenciar la innovación (FAO, 2019).

2.2.10.2 Objetivo 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles.

Hacer que las ciudades y asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles (FAO, 2019).

2.2.10.3 Objetivo 13: Acción por el Clima.

Implementar acciones inmediatas para enfrentar el cambio climático y mitigar sus impactos (FAO, 2019).

2.2.10.4 Objetivo 15: Vida de Ecosistemas Terrestres.

Proteger, restaurar y promover el aprovechamiento sostenible de los ecosistemas terrestres, administrar los bosques de manera sostenible, combatir la desertificación, revertir la degradación de los suelos y detener la pérdida de biodiversidad (FAO, 2019).

2.2.11 Técnicas para el cálculo de la huella de carbono

Hermosilla (Hermosilla Alcaraz, 2013-2014) nos explica que para la estandarización del cálculo, medición o monitoreo de la huella de carbono (HC), se han desarrollado diversas metodologías que permiten extrapolar los resultados obtenidos y, entre otros objetivos, otorgar mayor credibilidad a las afirmaciones sobre la eliminación o mitigación de GEI. Según el objeto de análisis o el alcance considerado, se distinguen tres enfoques principales:

- Huella de Carbono de Corporaciones.
- Huella de Carbono de Productos.
- Huella de Carbono Mixta

2.2.12 Metodología NTE INEN-ISO 14064

Como nos dice (INEN, Segunda Edición 2020), La familia de normas ISO 14060 proporciona claridad y consistencia en la cuantificación, monitoreo, reporte y validación o verificación de emisiones y absorciones de GEI, con el fin de respaldar el desarrollo sostenible a través de una economía con bajas emisiones de carbono, beneficiando a organizaciones, promotores de proyectos y actores interesados en todo el mundo.

- ***NTE INEN-ISO 14064-1. "Gases de Efecto Invernadero. Especificaciones y orientaciones, a nivel de la organización, para la cuantificación y la declaración de las emisiones y reducciones de gases de efecto invernadero"***. Esta norma establece los principios y requisitos para diseñar, implementar y administrar inventarios de GEI en organizaciones, así como para informar sobre ellos. Defina los criterios para establecer los límites de emisiones y absorciones de GEI, calcule dichas emisiones y remociones organizacionales, e identifique acciones específicas de la empresa destinadas a optimizar la gestión de GEI. Además, incorpora directrices para asegurar la calidad del inventario, su informe, auditorías internas y las obligaciones organizacionales en procesos de verificación.
- ***NTE INEN-ISO 14064-2. "Gases de Efecto Invernadero. Especificaciones y orientaciones, a nivel de proyecto, para la cuantificación, la monitorización y la declaración de las reducciones y de las mejoras en la eliminación de gases de efecto invernadero"***. Su segunda edición establece los principios y requisitos para definir las

líneas base, monitorear, cuantificar e informar las emisiones asociadas al proyecto. Se concentra en iniciativas o actividades de GEI diseñadas para disminuir emisiones o potenciar remociones de GEI. Ofrece una estructura fundamental para la verificación y validación de estos proyectos.

- ***NTE INEN-ISO 14064-3. "Gases de Efecto Invernadero. Especificaciones y orientaciones para la validación y la verificación de declaraciones de gases de efecto invernadero"***. Su tercera edición establece los requisitos para verificar las declaraciones de GEI vinculadas a inventarios de GEI, proyectos de GEI y huellas de carbono de productos. Describa el procedimiento para la verificación o validación, a incluir la planificación de estas actividades, los métodos de evaluación y la revisión de las afirmaciones de GEI emitidas por organizaciones, proyectos y productos.

2.2.13 Límites organizacionales

Una organización puede estar conformada por una o varias instalaciones físicas, cada una con características operativas específicas. En este contexto, las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero (GEI) deben ser evaluadas a nivel de instalación, considerando todas las fuentes emisoras y sumideros involucrados. Para garantizar la precisión del inventario, es fundamental identificar, definir y delimitar correctamente estas fuentes y sumideros, de modo que sus emisiones sean registradas y cuantificadas de acuerdo con los lineamientos establecidos por los protocolos internacionales de contabilidad de GEI (INEN, Segunda Edición 2020).

2.2.14 Límites operativos

Para la elaboración de un inventario de gases de efecto invernadero (GEI), es necesario identificar y delimitar claramente las fuentes de emisión y los sumideros que serán incluidos en el

análisis. Esta etapa es fundamental para asegurar la consistencia y representatividad del inventario. Los GEI a considerar deben corresponder a los establecidos por el Protocolo de Kioto, que son: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxidos de nitrógeno (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs) y hexafluoruro de azufre (SF₆). La inclusión de estos compuestos permite una evaluación integral del impacto climático generado por las actividades desarrolladas dentro del alcance de la organización o proyecto evaluado (INEN, Segunda Edición 2020).

2.2.15 Categorización de las emisiones directas e indirectas de GEI

Las emisiones de GEI se agregan para ayudar a identificar fuentes sean directas o indirectas, la **NORMATIVA ISO 14064-1** (INEN, Segunda Edición 2020)se divide en 5 categorías las cuales serán detalladas a continuación:

- Categoría 1: Emisiones y remociones directas de GEI

Las emisiones y remociones directas de GEI se generan en fuentes o sumideros ubicados dentro de los límites organizacionales que la entidad posee o controla. Estas fuentes pueden ser fijas, como calderas, generadores eléctricos o procesos industriales, o móviles, como vehículos.

- Categoría 2: Emisiones indirectas de GEI causadas por energía importada

Esta categoría abarca únicamente las emisiones de GEI derivadas del consumo de combustibles vinculados a la generación de energía y servicios finales, como electricidad, vapor, calefacción, refrigeración y aire comprimido. No incluye las emisiones upstream (desde la extracción hasta la entrada de la planta generadora), las asociadas a la construcción de la instalación eléctrica, ni las derivadas de pérdidas en transporte y distribución.

- Categoría 3: Emisiones indirectas de GEI causadas por el transporte

Las emisiones de GEI originadas en fuentes externas a los límites organizacionales corresponden a esta categoría. Estas fuentes son sustancialmente móviles y se deben principalmente a la combustión de combustible en equipos de transporte.

- Categoría 4: Emisiones indirectas de GEI causadas por productos que utiliza la organización

Las emisiones de GEI generadas por fuentes externas a los límites de la organización, vinculadas a los bienes empleados por esta, se clasifican en esta categoría. Dichas fuentes pueden ser fijas o móviles, y se relacionan con todos los tipos de bienes adquiridos por la entidad informante. Estas emisiones corresponden principalmente a la etapa subsiguiente en un enfoque "de la cuna a la puerta del proveedor".

- Categoría 5: Emisiones indirectas de GEI asociadas con el uso de los productos de la organización

Las emisiones o remociones de GEI vinculadas al empleo de los productos de la organización surgen de los bienes que esta comercializa, durante las fases posteriores a su proceso productivo. Dichas emisiones o remociones pueden abarcar una amplia variedad de servicios y procesos relacionados.

- Categoría 6: Emisiones indirectas de GEI provenientes de otras fuentes

El objetivo de esta categoría radica en registrar cualquier emisión (o remoción) particular de la organización que no encaje en las demás clasificaciones.

2.2.16 Consumo eléctrico

La electricidad es un recurso energético fundamental para el desarrollo social y económico de las naciones. Su generación, sin embargo, puede tener distintos impactos ambientales según el

tipo de fuente utilizada. Una parte significativa de la electricidad se produce mediante la combustión de recursos no renovables, como el carbón, diésel, búnker, gasolina, gas natural y gas licuado de petróleo. Estos procesos, llevados a cabo mediante calderas, turbinas o motores de combustión interna, generan emisiones considerables de contaminantes atmosféricos y gases de efecto invernadero (GEI).

En contraste, las fuentes renovables como la energía hidroeléctrica, la biomasa, la energía eólica y la solar fotovoltaica, así como la energía nuclear, permiten la generación de electricidad con emisiones mínimas o nulas de GEI. No obstante, estas también pueden implicar otros impactos o riesgos ambientales que deben ser evaluados integralmente.

El perfil de emisiones asociado al consumo eléctrico depende del tipo de matriz energética o "mix" de generación de cada país o región. Este mix determina la proporción de fuentes renovables y no renovables utilizadas, influyendo directamente en la cantidad de contaminantes del aire y GEI emitidos por unidad de electricidad generada. (Parra, 2015)

2.2.17 Aguas residuales y su caracterización

Las aguas residuales generadas en un campus universitario provienen de actividades domésticas, académicas y de servicios. Su composición incluye materia orgánica, nutrientes, sólidos suspendidos, detergentes y microorganismos.

Entre los parámetros más representativos para evaluar su carga contaminante se encuentra la Demanda Química de Oxígeno (DQO), la cual mide la cantidad de oxígeno equivalente necesaria para oxidar la materia orgánica e inorgánica presente en el agua (American Public Health Association (APHA), 2017).

La DQO se utiliza ampliamente como indicador de la cantidad de materia orgánica susceptible de degradarse, lo que la convierte en un parámetro esencial para estimar el potencial de generación de metano (CH_4) durante los procesos de descomposición anaerobia en los sistemas de alcantarillado y tratamiento.

El contenido de DQO de las aguas residuales está directamente relacionado con la producción potencial de gases de efecto invernadero (GEI), principalmente metano (CH_4).

Durante la degradación anaerobia de la materia orgánica en las redes de alcantarillado o en los sistemas de tratamiento, parte del carbono contenido en la materia orgánica se convierte en metano. Según las Directrices del (Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), 2019), la estimación de las emisiones de CH_4 se basa en la carga orgánica total tratada o eliminada expresada en kg DQO/año.

De esta forma, la DQO se convierte en el parámetro base para el cálculo de las emisiones directas de CH_4 , que posteriormente se transforman a CO_2 equivalente ($\text{CO}_2\text{-eq}$) mediante su potencial de calentamiento global (28 veces el CO_2).

Analizar la huella de carbono del sistema de aguas residuales del campus universitario permite:

- Identificar la contribución de los sistemas de saneamiento a las emisiones institucionales de GEI.
- Cuantificar los impactos asociados a la materia orgánica presente (DQO).
- Promover estrategias de gestión sostenible, eficiencia energética y reducción de emisiones.

Este tipo de estudios se alinean con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 6 y 13), y con los compromisos de reducción de GEI establecidos por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), 2022).

2.2.18 Reducción de energía

La energía es un recurso esencial para el funcionamiento y crecimiento de todos los sectores productivos. Su uso, sin embargo, debe orientarse hacia la eficiencia, buscando maximizar los beneficios económicos y sociales con el menor impacto ambiental posible y al menor costo. En este contexto, mejorar la eficiencia energética se convierte en una estrategia clave para avanzar hacia un desarrollo más sostenible.

La reducción de la intensidad energética —entendida como la cantidad de energía utilizada por unidad de producción— puede lograrse a través de diversas medidas técnicas, organizativas, institucionales y estructurales, así como mediante cambios en los hábitos de consumo energético. Estas acciones no solo contribuyen al ahorro económico, sino que permiten disminuir la dependencia energética del exterior, optimizar el uso de los recursos y, especialmente, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

La aplicación de políticas de eficiencia energética también cobra relevancia en el cumplimiento de compromisos internacionales, como los establecidos en el Protocolo de Kioto, donde los países firmantes deben limitar sus emisiones y, en caso de excedentes, adquirir derechos de emisión. Por ello, la adopción de medidas de ahorro energético no solo representa una oportunidad ambiental, sino también una necesidad estratégica a nivel global (OPEN MARKET).

2.2.19 Medidas de mitigación

Se entiende por medidas de reducción del riesgo al conjunto de acciones estructurales y no estructurales orientadas a minimizar los impactos negativos ocasionados por amenazas de origen natural, tecnológico o derivadas de procesos de degradación ambiental. Estas medidas buscan

fortalecer la resiliencia de los sistemas sociales, económicos y ambientales, contribuyendo a la prevención, mitigación y preparación frente a eventos adversos, y garantizando una gestión sostenible del territorio.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación

El campus sur de la Universidad Politécnica Salesiana se encuentra localizado en la provincia de Pichincha, cantón Distrito Metropolitano de Quito, específicamente en la parroquia urbana de Quitumbe.

Su dirección corresponde al sector de Chillogallo, PF92+652 comprendido entre la Avenida Morán Valverde y la calle Rumichaca Ñan s/n, código postal 170146. Como punto de referencia, el acceso principal del campus está situado junto a la estación del Metro de Quito denominada “Morán Valverde”.

Figura 1 *Visión de la Universidad Politécnica Salesiana-Campus Sur*



Nota. El polígono de color verde representa el área del campus universitario. Elaborado por el autor a través del progra Google Earth Pro.

3.2 Sujetos

Se llevó a cabo un análisis cuantitativo de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) mediante la aplicación del cálculo de la huella de carbono. Este análisis permitió identificar diversas fuentes emisoras dentro del campus, tanto directas como indirectas, que contribuyen a la generación de estos gases nocivos para el ambiente.

Entre las principales fuentes identificadas se encuentran el consumo de papel, combustibles, energía eléctrica, agua residual y la gestión de residuos sólidos. Estos elementos representan actividades recurrentes en el entorno universitario conformado por docentes, personal administrativo y estudiantes que, al ser evaluadas, permiten establecer estrategias para reducir su impacto ambiental y avanzar hacia una gestión institucional más sostenible.

Tabla 2 *Especialidades*

CARRERAS EN EL CAMPUS SUR

Ciencias de la Computación

Ingeniería Eléctrica

Electrónica y Automatización

Ingeniería Ambiental

Ingeniería Mecánica Automotriz

Ingeniería Civil

Ingeniería Mecánica

Ingeniería Mecatrónica

Ingeniería en Telecomunicaciones

Licenciatura en Enfermería

CARRERAS EN EL CAMPUS SUR

Licenciatura en Fisioterapia

3.3 Tipos de Investigación

Esta investigación adopta un enfoque cualitativo, cuantitativo y descriptivo, y se enfoca en examinar los resultados relacionados con las emisiones de gases de efecto invernadero generadas en el campus Sur de la Universidad Politécnica Salesiana. Las fuentes principales de estas emisiones derivan de las operaciones del centro educativo, incluyendo la enseñanza, la investigación y la administración junto con las actividades de desarrollo.

La investigación se plantea con el objetivo de proponer nuevas políticas institucionales que permitan, de manera progresiva, reducir las emisiones de GEI generadas por las actividades cotidianas dentro del campus, fortaleciendo así el compromiso ambiental de la institución.

3.4 Procedimientos

3.4.1 Fuentes principales de emisión de GEI

Con el fin de identificar las principales fuentes de emisión de gases de efecto invernadero (GEI), el estudio se centra en las actividades desarrolladas en el campus sur de la Universidad Politécnica Salesiana. Para ello, se establecieron límites operacionales que permiten realizar un análisis detallado del comportamiento de las emisiones, considerando tanto fuentes directas como indirectas, en función de las actividades que se desarrollan dentro del perímetro institucional. Estos límites han sido definidos en concordancia con el plan analítico del estudio, y permiten determinar el verdadero alcance de las emisiones generadas.

El análisis considera dos tipos de alcance, según la clasificación propuesta por el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol):

- **Alcance 1 – emisiones directas:** Las emisiones del Alcance 1 abarcan aquellas producidas por fuentes propiedad de la universidad o bajo su control directo. En esta categoría se registran las derivadas del empleo de vehículos institucionales, el consumo de combustibles fósiles, así como el uso de maquinaria y equipos para jardinería.
- **Alcance 2 – emisiones indirectas por consumo de energía:** Se refiere a las emisiones indirectas vinculadas al consumo de electricidad comprada por la institución, que abarcan el empleo energético en las instalaciones del campus, el manejo de aguas residuales y el uso de gas licuado de petróleo (GLP).

3.4.2 Recolección de datos

Para el desarrollo de esta investigación se llevó a cabo una recopilación de datos con el apoyo de diferentes unidades administrativas y académicas de la Universidad Politécnica Salesiana – Campus Sur. La información recolectada proviene de diversas áreas que conforman el campus universitario, y resulta fundamental para el análisis del consumo y gasto de recursos como energía eléctrica, papel y agua.

La colaboración interdepartamental permitió acceder a registros relevantes y facilitar la toma de datos necesaria para la elaboración del inventario de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Este proceso contribuyó a obtener una visión integral del comportamiento ambiental de la institución, en función de sus actividades cotidianas y el uso de recursos.

3.4.3 Evaluación de exposición de GEI

Para lograr la estimación y gestión de los GEI, se empleó el software Microsoft Excel, para estimar y gestionar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Esta herramienta facilitó el cálculo de emisiones y su proyección a lo largo de varios años, generando gráficos y tablas que revelan variaciones actuales y tendencias futuras en las emisiones de GEI.

Su metodología se fundamenta en los principios de GHG Protocolo Internacional, aplicables a inventarios globales en distintos niveles, y procesa datos conforme a estas directrices. Así, la calculadora resulta versátil para organizaciones de cualquier escala, desde pequeñas hasta grandes instituciones.

3.4.4 Inventario de emisiones de gases

Tabla 3 Aspectos considerados dentro del cálculo

Aspectos que se Considera Aplicar
Combustible Estacionario
Energía Eléctrica
Agua potable
Residuos Sólidos

3.3.5 Emisiones a causa del consumo de combustible estacionario

Esta información la proporcionaron el Departamento Financiero, se toma en cuenta el consumo mensual.

Teniendo en cuenta que únicamente dispone de registros consolidados de adquisición y consumo de diésel, sin un sistema de control operativo que permita diferenciar de manera detallada el uso móvil (vehículos) del uso estacionario ni el kilometraje recorrido por la flota institucional. En este contexto, no fue posible aplicar el método basado en actividad (kilómetros recorridos), ya que no existen registros históricos confiables que respalden dicha variable.

$$\text{Cantidad } CO_2 \text{ (kg)} = \text{Densidad} * m^3 * \text{Poder Calorifico} * \text{Factor de emisión } CO_2 \frac{\text{kg}}{\text{Tj}}$$

$$\text{Cantidad } CH_4 \text{ (kg)} = \text{Densidad} * m^3 * \text{Poder Calorifico} * \text{Factor de emisión } CH_4 \frac{\text{kg}}{\text{Tj}}$$

$$\text{Cantidad } NO_2 \text{ (kg)} = \text{Densidad} * m^3 * \text{Poder Calorifico} * \text{Factor de emisión } NO_2 \frac{\text{kg}}{\text{Tj}}$$

$$\text{Cantidad } CO_2 \text{ (Ton)} = \frac{\text{Cantidad } CO_2 \text{ (kg)}}{1000}$$

$$\text{Cantidad } CH_4 \text{ (Ton)} = \frac{\text{Cantidad } CH_4 \text{ (kg)}}{1000}$$

$$\text{Cantidad } NO_2 \text{ (Ton)} = \frac{\text{Cantidad } NO_2 \text{ (kg)}}{1000}$$

Toneladas Totales CO₂eq

$$= \text{Cantidad } CO_2 \text{ Ton} + (\text{Cantidad } CH_4 \text{ Ton} * \text{PCG } CH_4)$$

$$+ (\text{Cantidad } NO_2 \text{ Ton} * \text{PCG } NO_2)$$

3.4.5 Emisiones a causa del consumo de energía eléctrica

Estos datos lo proporciono el departamento financiero. Las facturas nos indican el consumo mensual de energía producto de la actividad que se lleva a cabo dentro de la Universidad Politécnica Salesiana, los datos mensuales se sumaron para obtener el consumo y proceder con el cálculo.

$$\text{Emisión } CO_2eq = (\text{Consumo eléctrico (kWh)} * FE \text{ electricidad } \left(\frac{gCO_2}{kWh} \right) * PCG \text{ } CO_2)$$

3.4.6 Emisiones a causa de aguas residuales (DQO)

Estos datos representan el análisis de Demanda Química de Oxígeno (DQO) realizado en aguas residuales de la Universidad Politécnica Salesiana durante cuatro días consecutivos. La ecuación que se utiliza es la siguiente:

$$\text{Emisión } CO_2eq = DQO * B_0 * MCF * CWPCO_2$$

Donde:

- $DQO = \text{Carga orgánica (kg } \frac{DQO}{\text{año}})$
- $B_0 = \text{Potencial máximo de } CO_2 (0,25 \text{ kg } \frac{CO_2}{\text{kg}} DQO)$
- $MCF = \text{Factor de corrección de metano (0,1 – 0,8)}$
- $GWP_{CO_2} = \text{Potencial de calentamiento global de } CO_2 (28)$

3.4.7 Emisiones a causa del consumo de residuos sólidos

Estos datos provienen del muestreo de residuos sólidos realizado en la Universidad Politécnica Salesiana, caracterizando la generación y composición de desechos para evaluar su contribución a la huella ambiental institucional.

$$\text{Toneladas de } CO_2eq = M * FE_{res}$$

Donde:

- $M = \text{Masa de residuos orgánicos (toneladas)}$
- $FE_{res} = \text{Factor de emisión (kg } \frac{CO_2eq}{ton} \text{)}$

3.4.8 Identificación de oportunidades de reducción de emisiones de GEI

En cumplimiento del objetivo específico orientado a identificar oportunidades de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en la Universidad Politécnica Salesiana, se realizó un análisis comparativo de las fuentes que presentaron mayor contribución dentro del inventario de huella de carbono institucional.

A partir de los resultados obtenidos, se determinaron los componentes con mayor peso relativo en las emisiones totales, lo que permitió establecer líneas de acción prioritarias enfocadas en la optimización del uso de recursos y la mejora de la gestión ambiental del campus.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

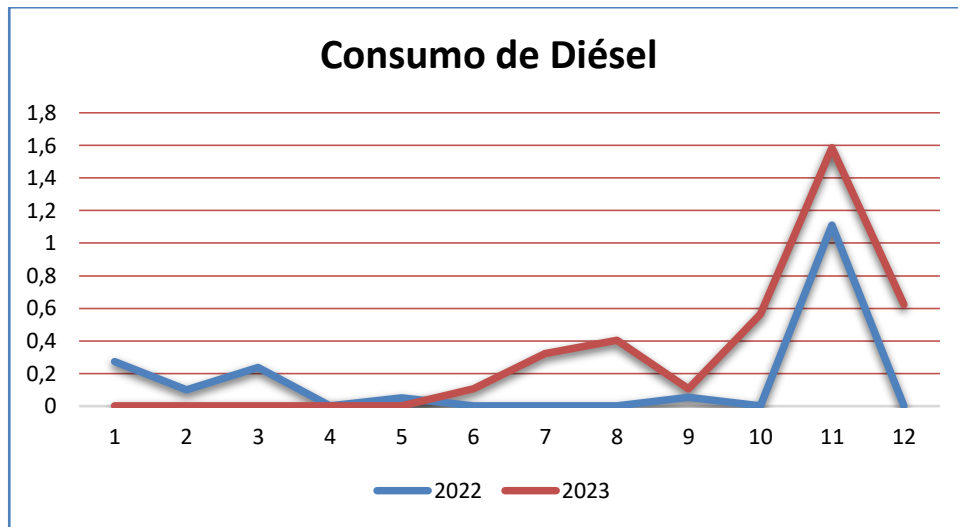
4.1 Toneladas de CO2 por consumo de combustible estacionario

Tabla 4 *Toneladas de CO2eq por Consumo de Combustible Estacionario*

Toneladas De Consumo A Causa De Combustibles Estacionario		
Año	2022	2023
Consumo por Año	173,30	352,548
Cantidad de emisión CO2	1,818	3,699
Cantidad de emisión CH4	7,3635E-05	0,000149796
Cantidad de emisión N2O	1,4727E-05	2,99591E-05
Toneladas de CO2	1,824	3,713

Los combustibles fósiles representan la causa principal de las emisiones globales de gases de efecto invernadero. Entre 2014 y 2016, su consumo generó cerca del 90% del dióxido de carbono antropogénico, un aumento impulsado principalmente por la expansión económica de las principales potencias mundiales. Las energías renovables aún carecen de capacidad para satisfacer la demanda total, y sus costos de implementación siguen siendo elevados (Merino, 2019).

Figura 2 Gráfico de líneas comparativo por consumo de diésel en los años 2022 - 2023



En 2023, la Universidad Politécnica Salesiana registró un consumo de 3,713 toneladas de CO₂ equivalente, lo que evidencia una variabilidad esperada en comparación con el año anterior. En 2022, las emisiones fueron menores, un incremento atribuible principalmente al crecimiento poblacional de la institución, que incrementó la demanda energética y las actividades asociadas. Esta tendencia subraya la necesidad de estrategias de mitigación adaptadas al dinamismo demográfico en entornos educativos.

4.2 Toneladas de CO₂ por consumo de energía eléctrica

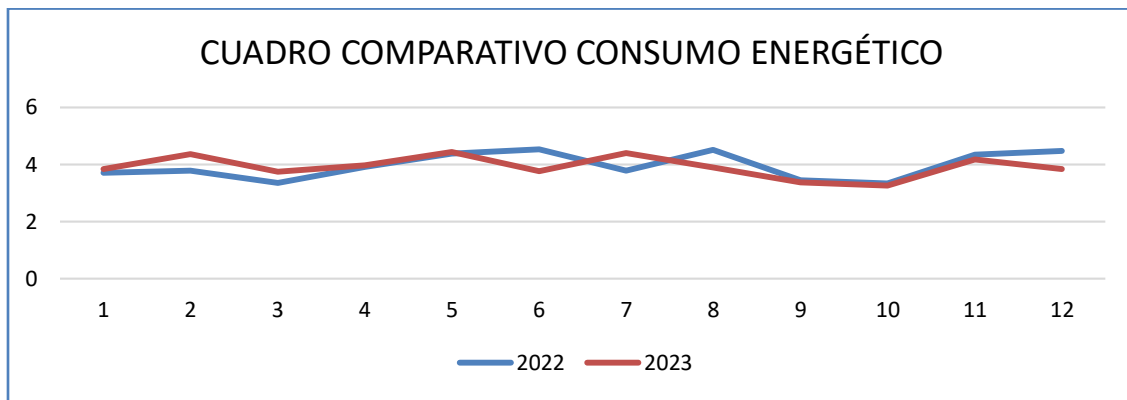
Tabla 5 Toneladas de CO₂eq por Consumo de Energía Eléctrica

Emisión en Toneladas de CO ₂ por Consumo de Energía Eléctrica		
Año	2022	2023
Consumo por año	714,472	728,306
Factor de emisión por Mwh	0,092	0,092
Toneladas de CO ₂	65,731	67,004

Como se indicó previamente, la electricidad constituye uno de los principales generadores de emisiones en la Universidad Politécnica Salesiana. La tabla siguiente detalla el consumo Mwh por año, revelando un incremento sostenido durante el período analizado.

Tal tendencia se atribuye principalmente al uso intensivo de iluminación, computadoras, proyectores y otros equipos eléctricos. El factor determinante del mayor crecimiento en los últimos dos años radica en el aumento del número de estudiantes, que genera una mayor ocupación y explotación de aulas, biblioteca, laboratorios y recursos informáticos.

Figura 3 Gráfico de líneas comparativo por consumo energético en los años 2022 - 2023



Los datos revelan un incremento notable en el consumo de energía eléctrica entre 2022 y 2023 en la Universidad Politécnica Salesiana. En 2022, las emisiones asociadas alcanzaron 65,73 toneladas de CO₂ equivalente, cifra que ascendió progresivamente a 67,00 toneladas en 2023.

Este aumento refleja la mayor demanda energética derivada del crecimiento institucional mencionado previamente.

La progresión de 65,73 a 67,00 toneladas de CO₂ eq. (un alza aproximada del 1,9%) subraya la necesidad de medidas de eficiencia energética, como la optimización de iluminación LED y el monitoreo de equipos en aulas y laboratorios, alineadas con el GHG Protocolo para el Alcance 2.

4.3 Toneladas de CO₂e por DQO de aguas residuales

Tabla 6 Toneladas de CO₂eq por DQO de Aguas Residuales

DQO DE AGUAS RESIDUALES			
Punto	Alcantarillado de la Av. Rumicha Ñan	Alcantarillado que descarga a la quebrada	Alcantarillado junto a las instalaciones ADA UPS
DQO	792,4	6776	9914,8
Factor de emisión	0,25	0,25	0,25
Toneladas de CO ₂	0,20	1,69	2,48

Desde épocas antiguas, las aguas residuales han constituido un desafío persistente para la humanidad. En la Universidad Politécnica Salesiana, tal contaminación ocupa el tercer lugar en magnitud, con una tendencia ascendente ligada al incremento progresivo de estudiantes, docentes y personal administrativo.

Figura 4 Gráfico de líneas comparativo por análisis de DQO punto 1

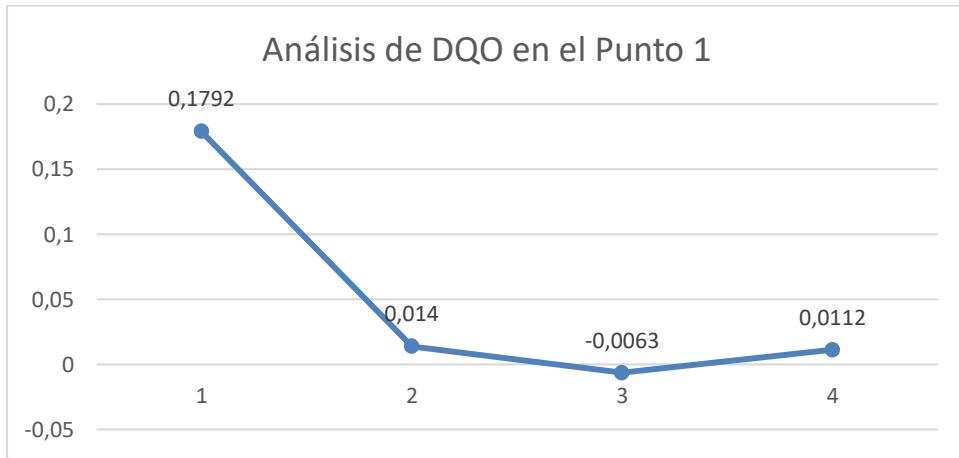


Figura 5 Gráfico de líneas comparativo por análisis de DQO punto 2

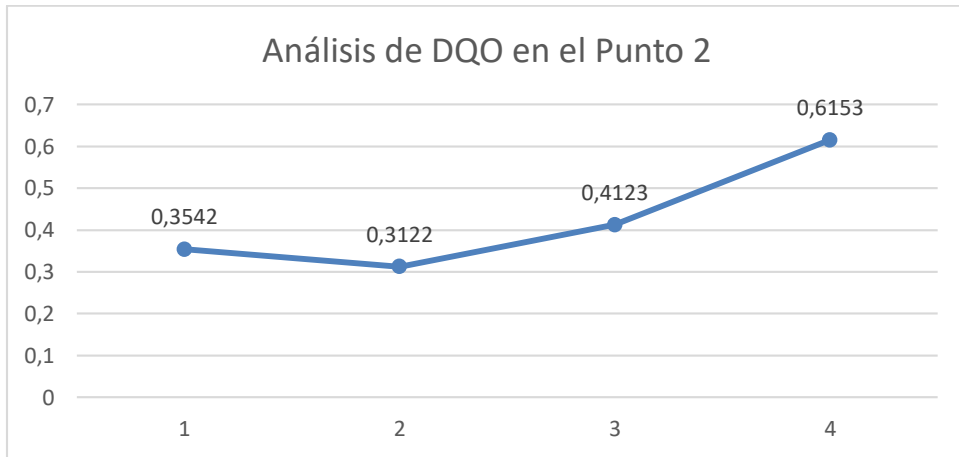
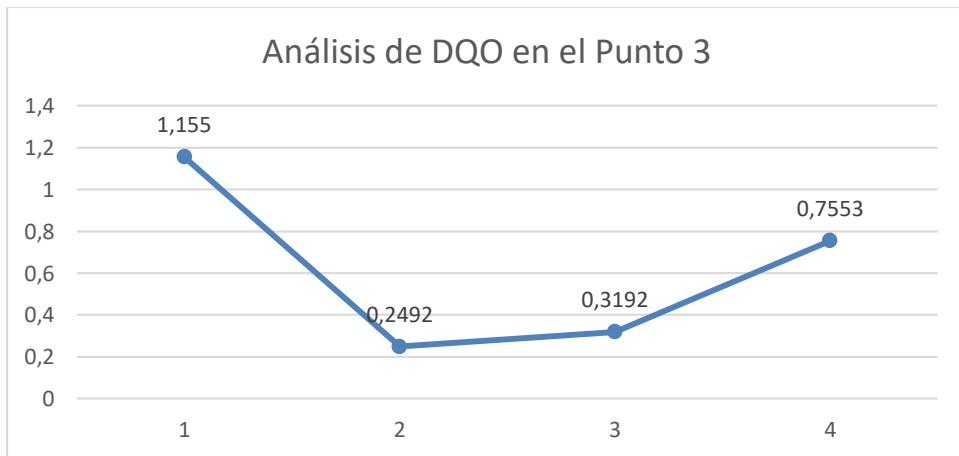


Figura 6 Gráfico de líneas comparativo por análisis de DQO punto 3



Las gráficas evidencian que el incremento poblacional intensifica tanto la contaminación como las emisiones de gases de efecto invernadero. Se prevé que, conforme la Universidad Politécnica Salesiana amplíe su matrícula y oferta académica, su huella ecológica experimentará un crecimiento proporcional. Esta tendencia subraya la urgencia de implementar estrategias preventivas adaptadas al dinamismo institucional.

4.4 Toneladas de CO₂e por residuos sólidos

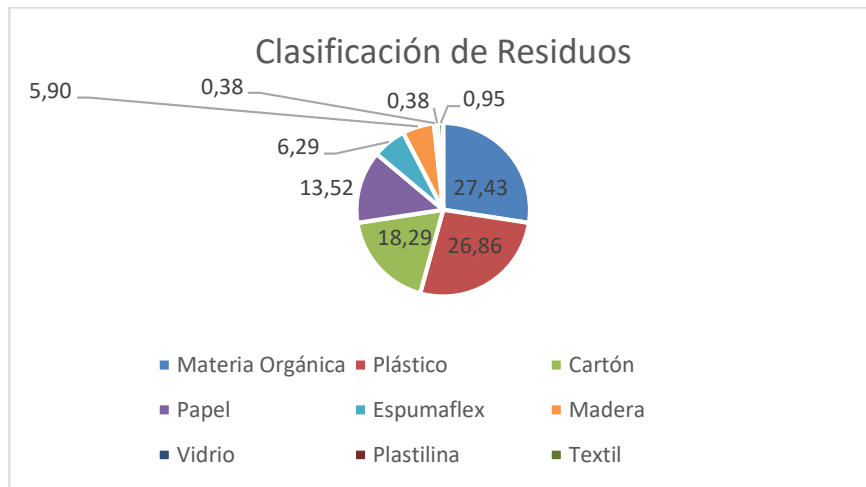
A través de la clasificación directa de residuos, desde el inicio del proceso hasta el día previo a su recolección, logramos tomar muestras representativas. Esto nos dio una visión clara para aproximar la cantidad y tipo de desechos generados en la universidad. Con base en ello, recopilamos los siguientes datos:

Tabla 7 *Toneladas de CO₂eq por Residuos*

Peso Específico (kg)	0,0095
Factor de Emisión	600
Toneladas de CO ₂	5,7

Para lograr estos resultados, colaboramos mano a mano con estudiantes de Ingeniería Ambiental y el personal de la Universidad Politécnica Salesiana. Juntos, clasificamos los residuos y calculamos los porcentajes generados en el campus, asegurando datos reales y representativos.

Figura 7 Porcentaje de residuos clasificados dentro de la universidad



4.5 Resultados del muestreo de DQO en agua residual

Los resultados del análisis de DQO en aguas residuales de la Universidad Politécnica Salesiana muestran una calidad variable de los efluentes, con cumplimiento intermitente de la normativa ecuatoriana (≤ 500 mg O₂/L para descargas a alcantarillado público, según TULSMA Libro VI).

- **Análisis detallado por ubicación**

Punto 1 Alcantarillado de la Av. Rumicha Ñan: Registra los valores más bajos (256 mg O₂/L en Día 1; 20, <9 y 16 mg O₂/L en días siguientes), todos por debajo del límite. Esto sugiere una carga orgánica mínima, típica de efluentes diluidos o con bajo aporte contaminante, posiblemente de áreas administrativas o baños con flujo constante.

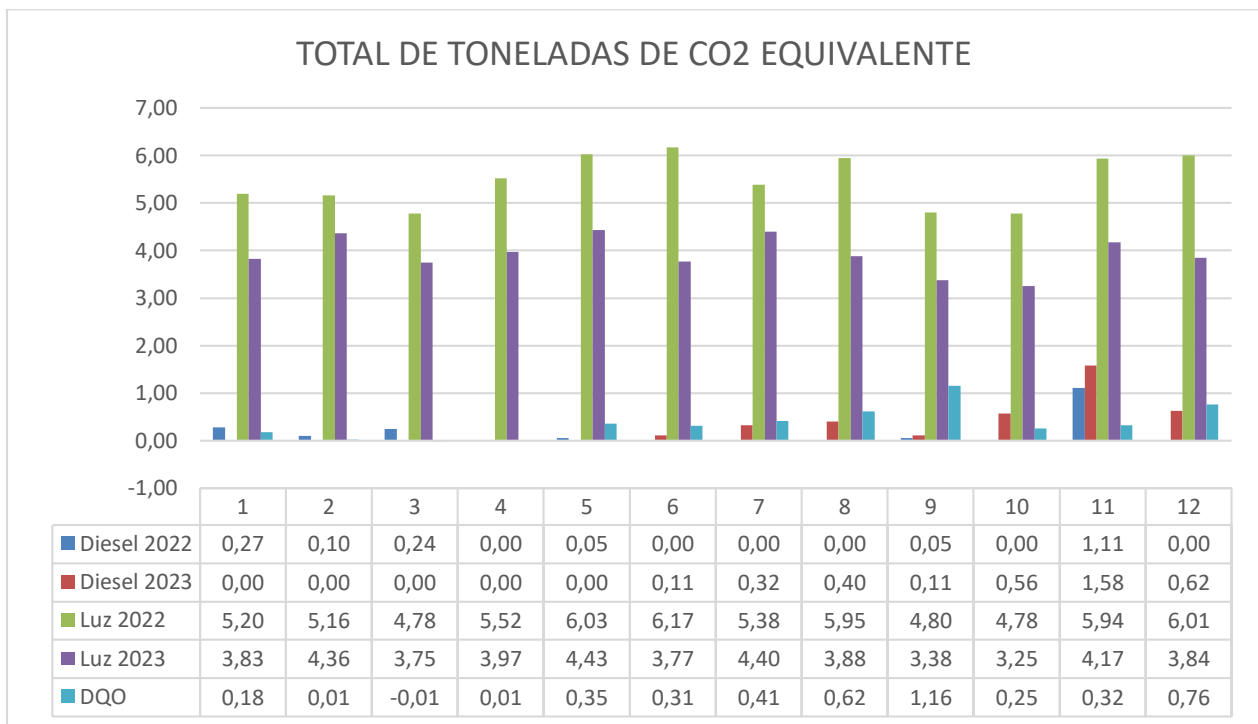
Punto 2 Alcantarillado que descarga a la quebrada: Presenta mayor inestabilidad: Día 1 (506 mg O₂/L) y Día 3 inicial (589 mg O₂/L) superan el umbral, mientras Día 2 (446 mg O₂/L) y Día 4 (879 mg O₂/L) varían. Día 4 excede ampliamente, indicando picos de materia orgánica degradable (e.g., restos alimenticios o limpieza intensiva).

Punto 3 Alcantarillado junto a las instalaciones ADA UPS: Exhibe la mayor variabilidad y riesgo: Día 1 alcanza 1650 mg O₂/L (3,3 veces el límite), Día 4 1079 mg O₂/L (no cumple), pero Días 2-3 (356-456 mg O₂/L) sí lo hacen. Esto refleja aportes esporádicos elevados, comunes en comedores, laboratorios químicos o de uso estudiantil.

4.6 Gráfico comparativo

La gráfica muestra de manera clara la diferencia que aporta cada alcance a las fuentes principales de emisiones de gases de efecto invernadero en la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur, donde la electricidad emerge como el factor predominante de contaminación.

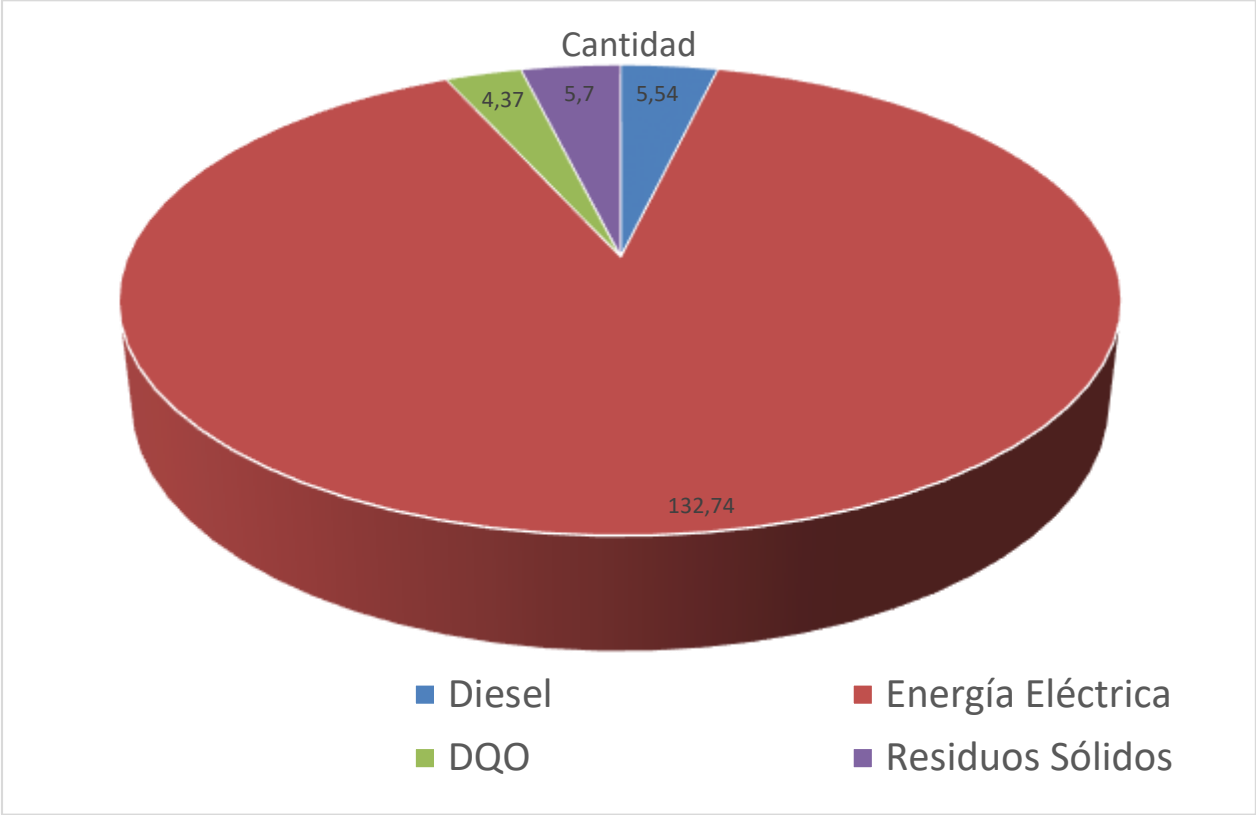
Figura 8 Gráfica comparativa de las emisiones de GEI



Dentro de los alcances definidos, el consumo energético se posiciona como el más crítico que demanda atención inmediata en la Universidad Politécnica Salesiana. La gráfica subsiguiente desglosa el porcentaje atribuible a cada fuente emisora, confirmando su predominio sobre combustibles fósiles, DQO de aguas residuales, residuos.

Esta focalización permite diseñar intervenciones eficientes, alineadas con estándares corporativos de inventario GEI, priorizando Alcance 2 para maximizar reducciones en huella ecológica institucional.

Figura 9 *Porcentaje de emisión de CO2 eq por cada fuente*



5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El inventario consolidado de gases de efecto invernadero (GEI) en la Universidad Politécnica Salesiana totalizó 142,65 toneladas de CO₂ equivalente durante el bienio 2022-2023, distribuidas en 65,73 t para 2022 y 67,00 t para 2023, reflejando una variación porcentual mínima al dinamismo institucional.
- La cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero para el periodo 2022–2023 permitió obtener un diagnóstico actualizado del desempeño ambiental de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito – campus Sur, evidenciando el comportamiento de sus fuentes emisoras bajo condiciones operativas normales y en concordancia con los lineamientos metodológicos de la norma ISO 14064.
- La identificación de los principales aspectos ambientales determinó que el consumo de energía eléctrica constituye el factor de mayor contribución a la huella de carbono institucional, seguido por el uso de combustibles y las emisiones asociadas a aguas residuales, lo que permitió establecer indicadores representativos para el seguimiento de las emisiones.
- La elaboración del inventario de emisiones proporcionó una base técnica confiable sobre las fuentes directas evaluadas, evidenciando la necesidad de fortalecer los sistemas de registro y monitoreo para mejorar la precisión de futuras estimaciones y la gestión de la información ambiental.
- El análisis de los resultados permitió identificar oportunidades de reducción enfocadas principalmente en la eficiencia energética, la optimización del uso de combustibles y la

mejora en las prácticas operativas, sentando las bases para la implementación de estrategias de mitigación y la toma de decisiones orientadas a la sostenibilidad institucional.

5.2 Recomendaciones

- Se propone la difusión de estos resultados mediante conferencias especializadas que aborden las causas y efectos del incremento en emisiones de gases de efecto invernadero, con el propósito de diseñar e implementar metodologías de optimización energética e hídrica que reduzcan significativamente los patrones de consumo actuales en la Universidad Politécnica Salesiana.
- Dado que el consumo de diésel constituye la principal fuente de emisiones directas, se propone fortalecer el control del uso de combustible mediante registros operativos más detallados, mantenimiento preventivo de vehículos y evaluación de alternativas de movilidad sostenible dentro del campus.
- De manera complementariamente, se recomienda establecer un comité de sostenibilidad que monitorice KPIs mensuales (reducción 10% emisiones anuales), impulse certificaciones ISO 14064 y desarrolle campañas educativas para mitigar el impacto.
- La reducción del aporte de materia orgánica a través de buenas prácticas en laboratorios, comedores y actividades académicas permitiría disminuir las emisiones asociadas al tratamiento de aguas residuales.

6 BIBLIOGRAFÍA

- Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial Gobierno Vasco. (2013). *7 METODOLOGÍAS PARA EL CÁLCULO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO*. Alda: Ihobe S.A. . Obtenido de https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/7metodologias_gei/es_def/adjuntos/7METODOLOGIAS.pdf
- Alejandro Paspuezan , J. J., & Mozo Pillajo, A. N. (FEB de 2023). *Determinación de huella de carbono y desarrollo de un plan piloto basado en la ISO 14064 en dos Obras Salesianas, ubicadas en Quito, Ecuador*. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24413>
- American Public Health Association (APHA). (2017). Standard methods for the examination of water and wastewater (23rd ed.). *Washington, D.C.: APHA, AWWA, WEF*.
- Aquae ODS . (04 de MARZO de 2022). *Los gases de efecto invernadero, muy peligrosos para nuestro planeta*. Obtenido de <https://www.fundacionaquae.org/wiki/los-gases-de-efecto-invernadero/>
- Benayas, J., Fiandrino, A., Bollati, A., & Goldar, M. (2022). *Huella de Carbono Universitaria*. UNLitoral.
- Caballero, M., Lozano, S., & Ortega, B. (2007). EFECTO INVERNADERO, CALENTAMIENTO GLOBAL Y CAMBIO CLIMÁTICO: UNA PERSPECTIVA DESDE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA. *REVISTA DIGITAL UNIVERSITARIA*, 5 - 12.
- CLIMATE & CLEAN AIR COALITION. (s.f.). *HIDROFLUOROCARBONOS (HFC)*. Obtenido de CLIMATE & CLEAN AIR COALITION: <https://www.ccacoalition.org/es/short-lived-climate-pollutants/hydrofluorocarbons-hfcs>
- climatico, G. I. (2014). *CAMBIO CLIMÁTICO 2014, IMPACTOS, ADAPTACIÓN Y VULNERABILIDAD*. IPCC. Obtenido de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WGIIAR5-IntegrationBrochure_es-1.pdf
- Dávila Collaguazo , F. J., & Varela Rosario, D. S. (Marzo de 2014). *Determinación de la huella de carbono en la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito, Campus Sur*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/6320>
- Erazo Guzman, S. A. (Marzo de 2018). *Determinación de la huella de carbono y la huella hídrica en el Instituto Tecnológico Superior SUCRE, Quito, Ecuador: Propuesta de un sistema de*

- mitigación. Obtenido de <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2904/2/TESIS%20ALEXANDRA%20ERAZO%20GUZM%C3%81N%20DOCUMENTO%20FINAL%2009-03.pdf>
- FAO. (2019). *El apoyo de la FAO para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible en América del Sur – Panorama Actual*. Santiago de Chile .
- Flores , R., Delgado , F., & Romero, V. (2012). *Aplicaciones del SF6 en la Industria Eléctrica y su Impacto en el Medio Ambiente*. Mérida, México: Universidad Autónoma de Yucatán.
- Flores Chavez, R. (2018). *Cambio climático, ciudad y gestión ambiental. Los ambitos nacionales e internacionales*. . México : Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- FOGAR . (s.f.). *Bonos de Carbono* . Obtenido de Organización de Regiones Unidas : <https://www.regionsunies-fogar.org/es/actividades/proyectos/672-bonos-de-carbono>
- Foro Nuclear . (2017). *Rincón Educativo Energía y Medio Ambiente* . Obtenido de El protocolo de Kioto : <https://rinconeducativo.org/es/recursos-educativos/protocolo-kioto/>
- FROHMANN, A., & OLMOS, X. (2013). *HUELLA DE CARBONO, EXPORTACIONES Y ESTRATEGIAS EMPRESARIALES FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO* . Santiago de Chile : CEPAL.
- Garcia Garcia, S. L. (2021). *Universidad Técnica Estatal de Quevedo* . Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/d9bfba66-0a74-45bc-a6ca-ee6da09685f4/content>
- Giddens, A., Echavarren, J., & }. (2010). *La política del cambio climático*. Madrid: Alianza Editorial.
- Greenpeace México. (2020). *Huella de carbono: aprende a calcular tu impacto ambiental* . Obtenido de GREENPEACE: <https://www.greenpeace.org/mexico/blog/9386/huella-de-carbono/>
- Hermosilla Alcaraz, A. (2013-2014). *Huella de Carbono en la Universidad Politécnica de Cartagena: En busca de la Ecoeficiencia*. Universidad Politécnica de Cartagena.
- IHOBE. (5 de Junio de 2012). Obtenido de <https://www.ihobe.eus/Documentos/imagenpaginas/Sem2012/SE-2012-05-28-ponencia%20ml.pdf>
- INEN. (Segunda Edición 2020). *GASES DE EFECTO INVERNADERO — PARTE 1: ESPECIFICACIÓN CON ORIENTACIÓN, A NIVEL DE LAS ORGANIZACIONES, PARA*

- LA CUANTIFICACIÓN, Y EL INFORME DE LAS EMISIONES Y REMOCIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (ISO 14064- 1:2018, IDT)* . QUITO-ECUADOR . Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2019). Perfeccionamiento de 2019 de las directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. *Ginebra, Suiza: IPCC*.
- Martinez, J., Fernandez Bremauntz , A., & con la colaboracion de Osmaya, P. (2004). *Cambio climático: una visión desde México*. México: ISBN 968-817-704-0.
- Melo Castillo, G. P. (2018). *Medidas de Reducción y Mitigación de la Huella de Carbono en la Pontificia Universidad Católica* . Obtenido de PUCE - QUITO: <https://repositorio.puce.edu.ec/items/a071341e-7747-45c2-b279-295ca71d333f>
- Merino, Á. (2019). ¿Qué países han emitido más CO2 entre 1751 y 2016? *EOM - El Orden Mundial*.
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE). (2022). *Inventario nacional de gases de efecto invernadero del Ecuador*. Quito, Ecuador: MAATE.
- Naciones Unidas . (s.f.). *CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO*. Obtenido de UNFCCC: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
- NTE INEN-ISO. (2020-01). *GASES DE EFECTO INVERNADERO — PARTE 1: ESPECIFICACIÓN CON ORIENTACIÓN, A NIVEL DE LAS ORGANIZACIONES, PARA LA CUANTIFICACIÓN, Y EL INFORME DE LAS EMISIONES Y REMOCIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (ISO 14064- 1:2018, IDT)*. Quito-Ecuador.
- OPEN MARKET. (s.f.). BUENAS PRÁCTICAS PARA EL AHORRO DE ENERGÍA . *The Best Logistics Team* , 16.
- Pallmall, A. (2021). *EL CAMBIO CLIMÁTICO, UNA AMENAZA GLOBAL*. Sevilla: Ediciones Alfar S.A.
- Parra, R. (2015). Factor de emisión de CO2 debido a la generación de electricidad en el Ecuador durante el periodo 2001 - 2014. *AVANCES EN CIENCIAS E INGENIERÍAS* , 6.
- Perez Sierra, P. M. (31 de Agosto de 2018). *Huella de Carbono de la Universidad San Francisco de Quito año 2017 y Plan de Mitigación de Emisiones de CO2-eq*. Obtenido de <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/7594/1/139732.pdf>

- Rodriguez, R., Belfort, A., & Udaquiola, S. (2014). Gestión ambiental empresarial: cálculo de la huella de carbono en la industria vitivinícola.
- Sánchez López, F. (2014). *EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO*. España: ELEARNING S.L.
- Segura Madrigal, M., Andrade Castañeda, H., & Mojica Sanchez, C. (2019). Estructura, composición florística y almacenamiento de carbono en bosques nativos del páramo de Anaime, Tolima, Colombia. *Ciencia Florestal*, 12.
- United Nations Climate Change. (22 de Noviembre de 2018). *OMM: Los niveles de gases de efecto invernadero en la atmósfera alcanzan un nuevo récord*. Obtenido de <https://unfccc.int/es/news/omm-los-niveles-de-gases-de-efecto-invernadero-en-la-atmosfera-alcanzan-un-nuevo-record>
- Wilde, T. (29-abr-2015). *Calentamiento Global: 50 claves para entender el problema que muchos tratan de ignorar*. MB Cooltura.

7 ANEXOS

Figura 10 *Caracterización de Residuos Campus Sur*



Figura 11 *Separación de residuos por su tipo de fuente*



Figura 12 *Pesaje de residuos*



Figura 13 *Toma de muestra Av. Rumichaca Ñan*



Figura 14 *Muestra de Agua Av. Rumichaca Ñan*



Figura 15 Toma de muestra alcantarillado junto a la quebrada



Figura 16 Muestra alcantarillado junto a la quebrada



Figura 17 Toma de muestra alcantarillado ADA UPS



Figura 18 *Muestra del alcantarillado ADA UPS*



Figura 19 *Muestras recolectadas de los 3 puntos*



Figura 20 Informes del Análisis de DQO

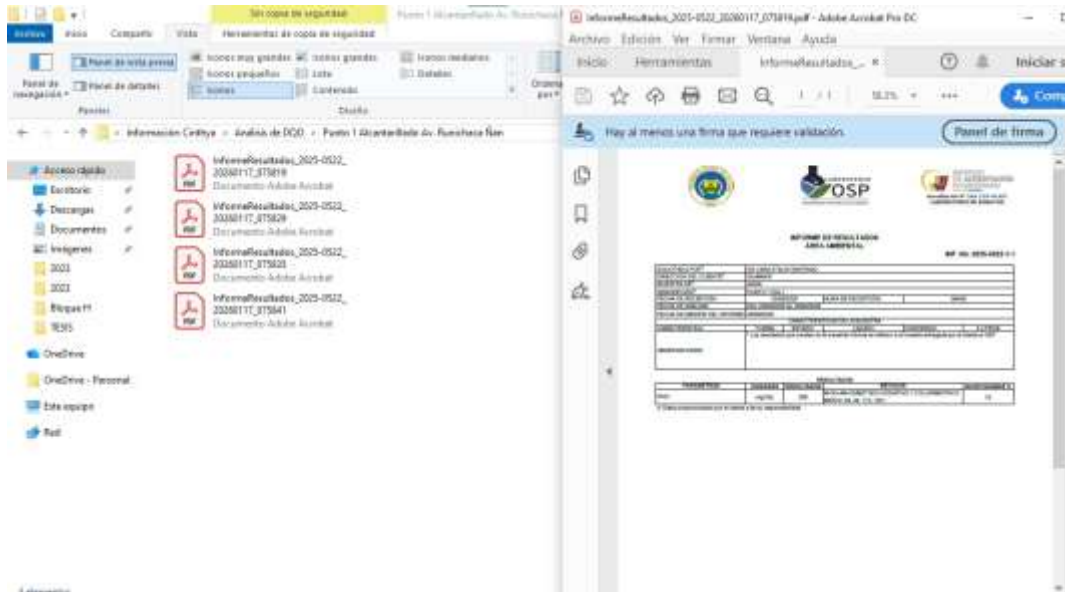


Figura 21 Recolección de datos

