



**COMILLAS**  
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

# GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO  
REDUCCIÓN DE HUELLA DE CARBONO EN ONG

Autor: Agustín Escolano Zavala

Director: María Dolores Carnicero García

Madrid

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título  
**REDUCCIÓN DE HUELLA DE CARBONO EN ONG**

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el  
curso académico 2023/24 es de mi autoría, original e inédito y

no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.

El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido  
tomada de otros documentos está debidamente referenciada.



Fdo.: Agustín Escolano Zavala

Fecha: 22/ 07/ 2024

Autorizada la entrega del proyecto  
**EL DIRECTOR DEL PROYECTO**



Fdo.: María Dolores Carnicero García

Fecha: 22/ 07/ 2024





**COMILLAS**  
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

# GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

## REDUCCIÓN DE HUELLA DE CARBONO EN ONG

Autor: Agustín Escolano Zavala

Director: María Dolores Carnicero García

Madrid



# Agradecimientos

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a todas aquellas personas que han hecho posible la realización de este Trabajo de Fin de Grado. En primer lugar, a mis padres, mi familia y amigos, tanto aquellas personas que siguen en mi vida como las que no, por su apoyo incondicional, no solo en este proyecto, sino también a lo largo del grado. Su ánimo, comprensión y consolución han sido fundamentales para mantener la motivación que requiere este tipo de carrera. Desde que comencé la universidad, han sido mi fuente de inspiración y personas de las que dejarse aconsejar en los momentos difíciles que he ido experimentando a lo largo de este tiempo, recordándome que en los momentos complicados es cuando uno tiene que dar más sí.

También, me gustaría agradecer a todos los profesores que me han impartido clase y, especialmente, a María Dolores Carnicero García, quien me ha orientado y supervisado con su experiencia este Trabajo de Fin de Grado. Gracias por tu paciencia y comprensión a lo largo de todo el proceso, por guiarme y dedicar tu tiempo a pesar de las complicaciones que suponen dirigir un proyecto como este a distancia. Cuando una persona disfruta con lo que hace se nota, y se ve reflejado en tu manera de trabajar y tratar a las personas. Por eso estoy verdaderamente agradecido por esta experiencia contigo, donde he podido crecer como persona y como profesional.

Por último, quiero agradecer a la Fundación Ingenieros ICAI y a Marta Reina Álvarez de Sotomayor por brindarme la oportunidad de colaborar con este proyecto solidario, por su tiempo y por la información proporcionada, que ha sido esencial para la elaboración de este trabajo. La experiencia de trabajar con la fundación ha ampliado mis horizontes profesionales y me ha permitido aplicar los conocimientos adquiridos en un contexto práctico y significativo. Estoy profundamente agradecido por su confianza en mí y por el impacto positivo que este proyecto puede llegar a tener.



# **REDUCCIÓN DE HUELLA DE CARBONO EN ONG**

**Autor: Escolano Zavala, Agustín.**

Director: Carnicero García, María Dolores.

Entidad Colaboradora: Fundación Ingenieros ICAI.

## **RESUMEN DEL PROYECTO**

**Palabras clave:** Sostenibilidad, GEI, Mitigar

### **1. Introducción**

La consciencia global de la sostenibilidad de las organizaciones está en auge, por ello surge este Trabajo de Fin de Grado. Mediante una medición del cálculo de la huella de carbono, las organizaciones son capaces de analizar los resultados y mitigar las emisiones de GEI generadas. Afortunadamente, el cálculo de la huella de carbono ha experimentado una transformación notable gracias a los acuerdos internacionales y a la creación de herramientas de software que facilitan el cálculo.

### **2. Definición del Proyecto**

El proyecto pretende colaborar con la Fundación Ingenieros ICAI, para desarrollar un servicio integral de reducción de la huella de carbono en instituciones colaboradoras con la fundación. Del mismo modo, busca alinear las acciones de las ONG con valores medioambientales, reduciendo su impacto negativo tanto en el bienestar del ambiente como en el de la sociedad, donde la ingeniería desempeña un papel crucial para alcanzar el objetivo de la sostenibilidad.

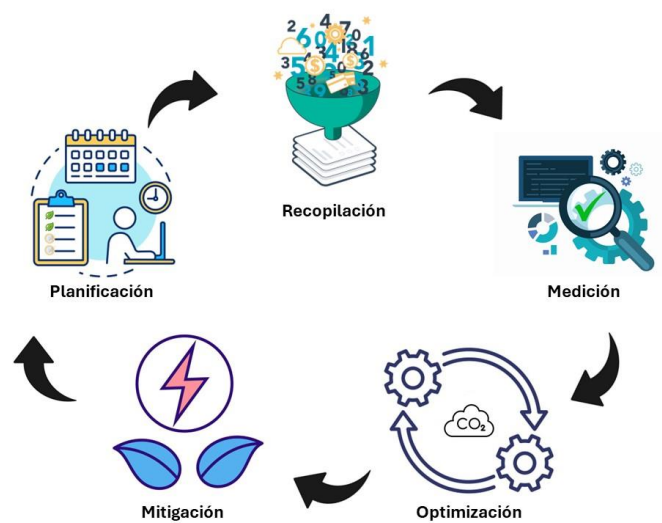
### **3. Descripción del servicio**

Este proyecto busca dotar a las organizaciones de herramientas prácticas y servicios específicos, que les permitan gestionar y reducir su huella de carbono de manera efectiva. Para ello, las fases del servicio desarrollado serán las siguientes:

- Plan de recopilación de datos: La organización deberá de facilitar todos los datos posibles sobre los consumos asociados.
- Plan de medición: Se emplea una herramienta de software, ScopeCO<sub>2</sub>, que mida eficazmente la emisión de GEI por la organización. Para ello, se introducirán los datos recopilados anteriormente según se indique.



- Plan de mitigación de los consumos de GEI: Se analizará los resultados obtenidos y se estudiará las zonas ineficientes y de mejora dependiendo del tamaño de la organización.
- Plan de mitigación de los efectos de GEI: Se estudiará un plan de reducción de GEI, así como la posibilidad de participar en diferentes proyectos de compensación de GEI dependiendo del tamaño.
- Planificación y estimación económica: Se estimará un presupuesto para mitigar el carbono emitido, dependiendo del tamaño de la ONG, así como la explotación económica de ayudas que se pudieran recibir.



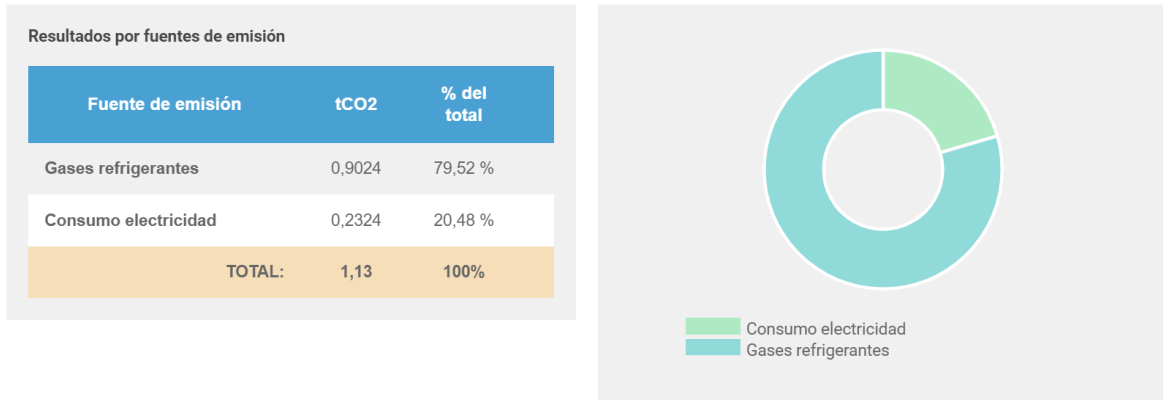
*Ilustración 1. Esquema de las fases del servicio prestado. Fuente: elaboración propia a partir de imágenes de Google.*

#### 4. Resultados

Una vez aplicado el servicio desarrollado, se obtuvieron unas emisiones de GEI, dimensionadas a la parte proporcional de la Fundación Ingenieros ICAI, de 1,13 tCO<sub>2</sub>e, de las cuales casi el 80% del total de las emisiones se deben a una fuga de gas R410A en un equipo de climatización. Con el fin de mitigar estas emisiones de carbono y ser más sostenible, se proponen las siguientes alternativas:

- Adoptar medidas de mantenimiento proactivas para evitar fugas de gases contaminantes de sistemas de climatización.
- Incentivar a los empleados de la Fundación Ingenieros ICAI a tomar medidas para el ahorro energético y, por ende, aumentar la remoción de GEI generados al medioambiente.

- Estudiar un cambio de comercializadora de energía y los posibles beneficios fiscales aplicables, basado en diferentes indicadores como, por ejemplo, el índice de emisión de GEI por euro invertido (tCO<sub>2</sub>e/€), para comparar las mejores opciones del mercado, a ser posibles, aquellas que posean un “certificado verde”.



*Ilustración 2. Análisis de la entidad Fundación Ingenieros ICAI en 2023. Fuente: elaboración propia mediante ScopeCO<sub>2</sub>.*

## 5. Conclusiones

El Trabajo de Fin de Grado remarca la creciente importancia de la sostenibilidad en las organizaciones, a través de la medición de la huella de carbono. Colaborando con la Fundación Ingenieros ICAI, el proyecto demuestra la posibilidad de reducir significativamente las emisiones de GEI mediante herramientas como ScopeCO<sub>2</sub> y estrategias de mitigación. Los resultados revelan que las emisiones son gestionables y reducibles, mediante medidas proactivas y la optimización de recursos energéticos. Este proyecto no solo ayuda a las organizaciones a ser más sostenibles, sino que, también, fomenta la adopción de prácticas medioambientales responsables, beneficiando tanto al ambiente como al bienestar social.

## 6. Referencias

- [1] Real Decreto 163/2014, de 14 de marzo (2014). Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2014/03/29/pdfs/BOE-A-2014-3379.pdf> (Accedido: 11 de junio de 2024).
- [2] ScopeCO<sub>2</sub> (2024) Ecodes. Disponible en: <https://www.scopeco2.org/> (Accedido: 25 de junio de 2024).
- [3] Gases de efecto invernadero — Huella de carbono de productos — Requisitos y directrices para cuantificación (2018).

# **REDUCTION OF THE CARBON FOOTPRINT IN NGOS**

**Author: Escolano Zavala, Agustín.**

Supervisor: Carnicero García, María Dolores.

Collaborating Entity: Fundación Ingenieros ICAI.

## **ABSTRACT**

**Keywords:** Sustainability, GHG, Mitigate

### **1. Introduction**

Global awareness of organizations' sustainability is on the rise, which is why this Bachelor's Final Project emerged. Organizations can analyze the results of measuring the carbon footprint and mitigate generated GHG emissions. Fortunately, the calculation of the carbon footprint has undergone a remarkable transformation, due to international agreements and the irruption of software tools that facilitate the calculation.

### **2. Project definition**

The project aims to collaborate with the Fundación Ingenieros ICAI, to develop a comprehensive carbon footprint reduction service for institutions partnering with the Fundación Ingenieros ICAI. Likewise, it seeks to align the actions of NGOs with environmental values, reducing their negative impact on both environmental and societal well-being, where engineering plays a crucial role in achieving sustainability goals.

### **3. Service description**

This project aims to provide organizations with practical tools and specific services that enable them to manage and reduce their carbon footprint effectively. To achieve this, the phases of the developed service will be as follows:

- **Data Collection Plan:** The organization must provide all possible data on associated consumption.
- **Measurement Plan:** A software tool, ScopeCO<sub>2</sub>, will be used to effectively measure the organization's GHG emissions. To do this, the previously collected data will be entered as indicated.
- **GHG Consumption Mitigation Plan:** The obtained results will be analyzed, and inefficient areas and improvement opportunities will be considered depending on the size of the organization.

- GHG Effects Mitigation Plan: A GHG reduction plan will be considered, as well as the possibility of participating in different GHG offset projects depending on the size.
- Economic Planning and Estimation: A budget will be estimated to mitigate the emitted carbon depending on the size of the NGO, as well as the economic exploitation of possible grants.

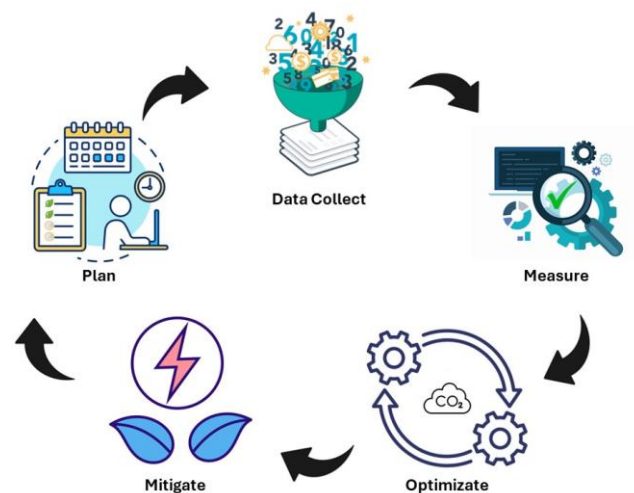


Figure 3. Diagram of the phases of the provided service. Source: self-elaborated based on images from Google.

#### 4. Results

Once applied the developed service, the GHG emissions proportionally associated to the Fundación Ingenieros ICAI were measured at 1.13 tCO<sub>2</sub>e. Among these, nearly 80% out of the total stem from an R410A cooling gas leak in an air conditioning unit. Thus, to mitigate these carbon emissions and enhance sustainability, the measures adopted will be as follows:

- Implement proactive maintenance initiatives to prevent leaks of polluting gases from air conditioning units.
- Encourage Fundación Ingenieros ICAI employees to take energy-saving measures, thereby increasing the removal of GHG emissions from the environment.
- Evaluate switching energy suppliers and potential applicable tax benefits based on indicators, such as GHG emission intensity per euro invested (tCO<sub>2</sub>e/€), to compare the best market options available and, if it is feasible, select a energy supplier with a “green certificate.”

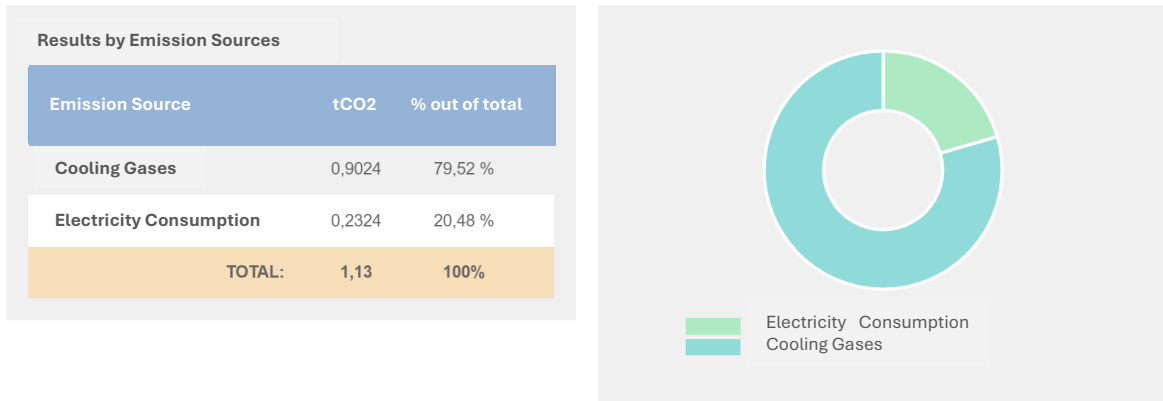


Figure 4. Analysis of the Fundación Ingenieros ICAI in 2023. Source: self-elaborated through ScopeCO<sub>2</sub>.

## 5. Conclusion

The Bachelor’s Final Project highlights the growing importance of sustainability in organizations through the measurement of carbon footprint. Collaborating with the Fundación Ingenieros ICAI, the project demonstrates the significant potential to reduce GHG emissions using tools like ScopeCO<sub>2</sub> and mitigation planning. The results reveal that emissions are manageable and reducible through proactive measures and optimization of energy resources. This project not only aids organizations in becoming more sustainable, but also promotes the adoption of responsible environmental practices, benefiting both the environment and social well-being.

## 6. References

- [1] Real Decreto 163/2014, de 14 de marzo (2014). Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2014/03/29/pdfs/BOE-A-2014-3379.pdf> (Accedido: 11 de junio de 2024).
- [2] ScopeCO<sub>2</sub> (2024) Ecodes. Disponible en: <https://www.scopeco2.org/> (Accedido: 25 de junio de 2024).
- [3] Gases de efecto invernadero — Huella de carbono de productos — Requisitos y directrices para cuantificación (2018).

## *Índice de la memoria*

<i>Índice de la memoria</i> .....	<i>I</i>
<i>Índice de ilustraciones</i> .....	<i>IV</i>
<i>Índice de tablas</i> .....	<i>VI</i>
<i>Índice de ecuaciones</i> .....	<i>VII</i>
<b>Capítulo 1. Introducción</b> .....	<b>8</b>
<b>Capítulo 2. Método de trabajo</b> .....	<b>9</b>
2.1 Metodología .....	9
2.2 Recursos a emplear .....	9
<b>Capítulo 3. Cambio climático</b> .....	<b>11</b>
3.1 Calentamiento global: Gases de Efecto Invernadero (GEI) .....	11
3.2 Indicador: Huella de carbono .....	12
<b>Capítulo 4. Estado de la cuestión</b> .....	<b>14</b>
4.1 Lucha frente al cambio climático: protocolos y normas .....	14
4.1.1 Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol) .....	15
4.1.2 Norma ISO 14064 .....	16
4.1.3 Norma ISO 14067 .....	18
4.2 Políticas contra el cambio climático .....	19
4.2.1 Políticas Internacionales .....	19
4.2.2 Políticas Nacionales .....	20
4.3 Tecnologías para la descarbonización .....	24
<b>Capítulo 5. Esencia del servicio prestado</b> .....	<b>26</b>
5.1 Justificación .....	26
5.2 Ganancias empresariales .....	26
5.3 Fases del servicio .....	28
5.4 Alineación con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) .....	30

<b>Capítulo 6. Desarrollo de la descarbonización.....</b>	<b>32</b>
6.1 Cálculo de la huella de carbono .....	34
6.2 Benchmarking integral .....	36
6.2.1 ScopeCO2.....	36
6.2.2 Excel (MITECO).....	37
6.2.3 Footprint Expert 4.0.....	38
6.2.4 SimaPro .....	40
6.2.5 OpenLCA.....	40
6.2.6 Conclusiones.....	41
6.3 Mitigación de los efectos de GEI .....	42
6.3.1 Aumento de remoción de GEI.....	42
6.3.2 Compensaciones reconocidas por el MITECO – MAGRAMA.....	44
6.3.3 Creación de nuevos proyectos de compensación .....	45
6.3.4 Poder de acción de las multinacionales antes las PYME.....	48
6.4 Planificación y estimación económica .....	50
6.4.1 Planificación.....	50
6.4.2 Presupuesto .....	52
6.4.3 Explotación económica .....	52
<b>Capítulo 7. Implementación: estudio piloto en la Fundación Ingenieros ICAI.....</b>	<b>57</b>
7.1 Empresa colaboradora .....	57
7.2 Descarbonización de la organización .....	58
7.2.1 Recopilación de datos.....	58
7.2.2 Medición de emisiones de GEI.....	61
7.2.3 Resultados y análisis .....	64
7.2.4 Mitigación de los consumos de GEI.....	68
7.2.5 Mitigación de los efectos de GEI.....	70
7.2.6 Economía de la reducción de la huella de carbono .....	70
<b>Capítulo 8. Conclusiones y trabajos futuros.....</b>	<b>74</b>
8.1 Conclusión del Trabajo de Fin de Grado.....	74
8.2 Discusión.....	75
8.3 El futuro de la descarbonización .....	77
8.3.1 Tecnologías vanguardistas.....	77

8.3.2 Regulaciones coherentes .....	78
<b>Capítulo 9. Bibliografía.....</b>	<b>80</b>
<b>ANEXO I – Factores de Emisión.....</b>	<b>85</b>
<b>ANEXO II – Ilustraciones de Emisiones de GEI.....</b>	<b>95</b>



## *Índice de ilustraciones*

Ilustración 1. Esquema de las fases del servicio prestado. ....	9
Ilustración 2. Análisis de la entidad Fundación Ingenieros ICAI en 2023.....	10
Figure 3. Diagram of the phases of the provided service. ....	12
Figure 4. Analysis of the Fundación Ingenieros ICAI in 2023. . ....	13
Ilustración 5. Explicación gráfica del efecto invernadero. . ....	12
Ilustración 6. Resumen de alcances y emisiones a través de la cadena de valor.....	16
Ilustración 7. Esquema de la obtención de los sellos del MITECO. . ....	22
Ilustración 8. Resumen de las ganancias empresariales. ....	28
Ilustración 9. Esquema de las fases del servicio prestado. ....	30
Ilustración 10. Emisiones de GEI (CO <sub>2</sub> fósil, CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O y F-gases). ....	33
Ilustración 11. Logo de ScopeCO <sub>2</sub> . ....	41
Ilustración 12. Niveles de reducción de GEI.....	44
Ilustración 13. Esquema de compensación de la huella de carbono.....	45
Ilustración 14. Resumen de las absorciones de un proyecto de absorciones (no a escala). 48	
Ilustración 15. Muestra de funcionamiento de ScopeCO <sub>2</sub> .....	62
Ilustración 16. Muestra de funcionamiento de ScopeCO <sub>2</sub> .....	62
Ilustración 17. Muestra de funcionamiento de ScopeCO <sub>2</sub> .....	63
Ilustración 18. Muestra de funcionamiento de ScopeCO <sub>2</sub> .....	63
Ilustración 19. Muestra de funcionamiento de ScopeCO <sub>2</sub> .....	64
Ilustración 20. Análisis de la entidad Fundación Ingenieros ICAI en 2023.....	65
Ilustración 21. Resultado de los índices obtenidos.....	66
Ilustración 22. Análisis de las emisiones debidas al consumo energético de la comercializadora Integra energía.....	67
Ilustración 23. Análisis de las emisiones debidas al consumo energético de la comercializadora Factor Energía S.A. ....	67
Ilustración 24. Porcentaje de emisiones de GEI globales de los sectores. ....	75
Ilustración 25. Emisiones de GEI globales (CO <sub>2</sub> fósil, CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O y F-gases) respecto a los sectores. ....	76

Ilustración 26. Emisiones de GEI de la UE27 (CO <sub>2</sub> fósil, CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O y F-gases) respecto a los sectores. ....	95
Ilustración 27. Emisiones de GEI de España (CO <sub>2</sub> fósil, CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O y F-gases) respecto a los sectores. ....	95
Ilustración 28. Emisiones de GEI (CO <sub>2</sub> fósil, CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O y F-gases) respecto al PIB.....	96
Ilustración 29. Emisiones de GEI (CO <sub>2</sub> fósil, CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O y F-gases) per cápita. ....	96

## *Índice de tablas*

Tabla 1. Ejemplos de PCG. ....	35
Tabla 2. Resumen de puntos fuertes y débiles de ScopeCO2. ....	37
Tabla 3. Resumen de puntos fuertes y débiles de la plantilla Excel del MITECO. ....	38
Tabla 4. Resumen de puntos fuertes y débiles de Footprint Expert 4.0. ....	39
Tabla 5. Resumen de puntos fuertes y débiles de SimaPro. ....	40
Tabla 6. Resumen de puntos fuertes y débiles de OpenLCA. ....	41
Tabla 7. Recopilación de los datos de la Fundación Ingenieros ICAI. . ....	60
Tabla 8. Resumen del índice de GEI por inversión. ....	69
Tabla 9. Factores de emisión de instalaciones fijas (kgCO <sub>2</sub> e/ud). ....	85
Tabla 10. PCG (CO <sub>2</sub> e). ....	86
Tabla 11. PCG de emisiones fugitivas de equipos de climatización (CO <sub>2</sub> e). ....	87
Tabla 12. Factores de emisión de energéticas (kgCO <sub>2</sub> e/kWh). ....	90
Tabla 13. Factores de emisión de vehículos y maquinaria por carretera (kgCO <sub>2</sub> e/ud). ....	92
Tabla 14. Factores de emisión de vehículos y maquinaria por transporte ferroviario, marítimo y aéreo (emisiones directas) (kgCO <sub>2</sub> e/ud). ....	92
Tabla 15. Factores de emisión de funcionamiento de maquinaria (kgCO <sub>2</sub> e/ud). ....	94

## *Índice de ecuaciones*

Ecuación 1. Fórmula de la medición del alcance .....	35
Ecuación 2. Fórmula de la medición de la huella de carbono .....	35
Ecuación 3. Fórmula del coste normalizado .....	53
Ecuación 4. Fórmula del coste de inversión (CAPEX) .....	53
Ecuación 5. Fórmula del coste de funcionamiento (OPEX) .....	53
Ecuación 6. Fórmula del coste normalizado .....	54
Ecuación 7. Fórmula del ROI .....	56
Ecuación 8. Fórmula de la suma del consumo eléctrico .....	61
Ecuación 9. Fórmula del índice de GEI .....	69
Ecuación 10. Fórmula del índice de absorción .....	70

## **Capítulo 1. INTRODUCCIÓN**

En un mundo cada vez más consciente de la importancia de la sostenibilidad, la necesidad de abordar el problema de la reducción de la huella de carbono se ha convertido en un imperativo para todas las empresas. En este contexto, surge el presente Trabajo de Fin de Grado, donde se colabora con la Fundación Ingenieros ICAI. El objetivo compartido será lograr articular un servicio integral de reducción de la huella de carbono, específicamente para aquellas instituciones que colaboren con la fundación. De esta manera, se allanará el camino hacia entornos más sostenibles y responsables.

La transcendencia de abordar la huella de carbono de las ONG se fundamenta en la naturaleza particular de estas instituciones, que, si bien están impulsadas por causas humanitarias y sociales, no están exentas de generar impactos ambientales. De forma que, la reducción de las emisiones de estas instituciones se presenta como una medida para alinear las acciones de estas organizaciones con estos valores de sostenibilidad, que han cogido más fuerza esta última década.

Además, una motivación detrás de este proyecto es la convicción personal de que la ingeniería puede desempeñar un papel crucial en la construcción de un futuro más sostenible. Es la imperante necesidad de abordar la huella de carbono, en instituciones altruistas, la que me reafirma la creencia de que la ingeniería puede formar parte de algo más trascendental, en la que puede liderar.

Por otra parte, el hecho de que el presente proyecto pueda ser aplicado en casos de la vida cotidiana y afecte de manera positiva al bienestar de la sociedad me realiza, tanto personalmente como profesionalmente. Mis convicciones me hacen creer que la ingeniería es una herramienta de cambio, y qué mejor manera de comenzar esta carrera profesional de la mano de expertos que han recorrido este camino y me pueden asesorar, como sucede con la Fundación Ingenieros ICAI.

## **Capítulo 2. MÉTODO DE TRABAJO**

El enfoque del método de trabajo que se seguirá en el proyecto se estructura en varias etapas, claves para lograr los objetivos establecidos paulatinamente.

### **2.1 METODOLOGÍA**

Primero, se comenzará con una evaluación en profundidad sobre las prácticas actuales empleadas en la medición de la huella de carbono. Esta fase incluirá tanto una revisión como una explicación de los métodos de cálculo empleados.

A continuación, se planificará un desarrollo del servicio, elaborando un plan detallado para la medición de la huella de carbono en las ONG y un estudio de las posibles opciones para reducir o compensar los efectos de los Gases de Efecto Invernadero (GEI).

Se seguirá con la implementación del servicio desarrollado en un proyecto piloto con la Fundación Ingenieros ICAI, poniendo así en práctica este servicio.

Esto proporcionará una recopilación de datos relevantes mediante la elaboración de un informe. Se analizará en profundidad la información recopilada durante el proyecto piloto, identificando, al mismo tiempo, las áreas del servicio prestado que requieran de optimización.

Finalmente, se realizarán los ajustes necesarios para mejorar el servicio y garantizar que el proceso sea eficiente y cumpla con los objetivos establecidos.

### **2.2 RECURSOS A EMPLEAR**

Los siguientes recursos proporcionarán un enfoque integral en la recopilación de datos e implementación de modelos para poder llevar a cabo la reducción de huella de carbono en ONG.

- Normas y protocolos

Será necesario la información recopilada sobre los protocolos y normas más relevantes y empleados en la medición de GEI. En este caso, los más empleados a nivel mundial son el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol) y la Norma ISO 14064. Estos, garantizarán internacionalmente la medición, pues establecen pautas y procedimientos establecidos y consensuados por la comunidad internacional, facilitando así la transparencia y comparación entre los resultados obtenidos.

- Factores de emisión

La recopilación de la información sobre factores de emisión será también esencial para estimar las emisiones de GEI asociadas a diferentes actividades y procesos. Estos factores se emplearán en el cálculo de las emisiones en función de variables como, por ejemplo, el tipo de combustible utilizado o sector de la actividad. El uso de factores de emisión actualizados y específicos para cada contexto será vital para obtener resultados más precisos en las evaluaciones de la huella de carbono y, así, poder tomar decisiones más acertadas para atajarlos.

- Herramientas de Software

Para agilizar el cálculo, se emplearán herramientas software, que garantizan una menor incertidumbre en el resultado obtenido. Se hará un estudio de la calidad de las herramientas software de código abierto en comparación con las que requieren licencia. De esta manera se podrá elegir la mejor opción para el cliente.

- Datos de Fuentes de Emisión de las Organizaciones

El cliente deberá proporcionar datos actualizados y fiables sobre facturas de energía, agua y otros servicios para obtener cálculos acertados sobre el consumo y las emisiones asociadas. Asimismo, se realizarán encuestas para comprender aquellas emisiones indirectas que, debido al trabajo de los empleados, se genera.

## **Capítulo 3. CAMBIO CLIMÁTICO**

### ***3.1 CALENTAMIENTO GLOBAL: GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)***

Los Gases de Efecto Invernadero (GEI) son sustancias químicas en estado gaseoso presentes en la atmósfera, con origen natural o antropógeno, que contribuyen al fenómeno del efecto invernadero, mediante la absorción y emisión de radiación reflejada de la Tierra o procedente del sol. Entre estas sustancias químicas se encuentran el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) y fluorocarburos. El aumento de estos gases, generados principalmente por las actividades humanas, agravan el calentamiento global y tienen impactos significativos en el cambio climático.

El dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) proviene mayoritariamente de la quema de combustibles fósiles como el carbón, petróleo o gas natural. También, los procesos industriales o cambios en el uso del suelo, como la deforestación, ayudan a incrementar este gas.

Por otro lado, el metano ( $\text{CH}_4$ ) se libera en la producción y transporte de carbón, petróleo y gas natural, así como en la descomposición de materia orgánica en vertederos y granjas de animales.

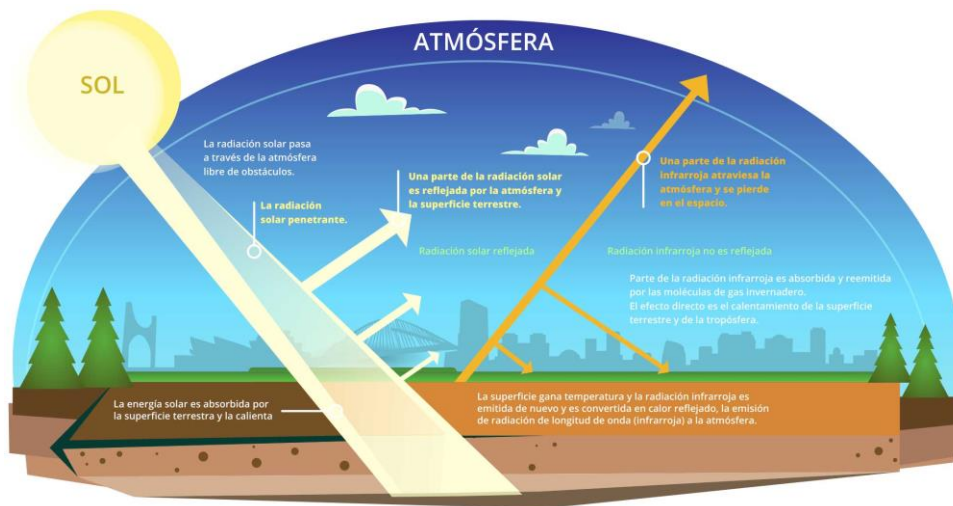
Los óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), como por ejemplo el óxido nítrico ( $\text{NO}$ ) y dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), se generan también en la quema de combustibles, procesos industriales y actividades agrícolas. Además, estos gases dan lugar a la generación de ozono troposférico ( $\text{O}_3$ ) a través de reacciones químicas. Este gas nos protege de la radiación ultravioleta del sol en la estratosfera, pero el aumento de este gas en la troposfera puede tener impactos en la salud humana y en la calidad del aire.

Los GEI primarios de la atmósfera terrestre son el vapor de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y el ozono ( $\text{O}_3$ ), y juegan un papel



crucial en mantener un equilibrio térmico en la Tierra. Esto quiere decir que, en su justa medida, ayudan a que la Tierra sea un planeta habitable y no gélido.

No obstante, a parte de su condición de gases primarios, el CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O también tienen el origen antropogénico descrito anteriormente y, junto a otros gases de puro origen antropogénico como los fluorocarburos, participan en el aumento descontrolado de la temperatura terrestre (Abram et al., 2019) [1].



*Ilustración 5. Explicación gráfica del efecto invernadero. Fuente: Oficina del Cambio Climático de Bilbao.*

### **3.2 INDICADOR: HUELLA DE CARBONO**

El desarrollo sostenible es el empleo eficiente de los recursos limitados que encontramos en la Tierra para avanzar como sociedad. Garantizar un desarrollo sostenible es vital, pues asegura la existencia de estos recursos a largo plazo, para que las generaciones actuales y venideras puedan explotarlos debidamente también.

Es por esta urgencia de un desarrollo controlado por lo que surge la necesidad de emplear herramientas de cálculo, que sean capaces de proporcionar información acerca del nivel de sostenibilidad de un individuo, organización, actividad o producto determinado. De esta

manera, se podrá evaluar el estado y prever el impacto de misma, con el fin de valorar la mitigación o compensación de los efectos que los GEI de la actividad genera.

El indicador de desarrollo sostenible de la huella de carbono hace referencia a la totalidad de GEI emitidos por efecto directo o indirecto por un individuo, organización, evento o producto. Existen dos tipos de huellas de carbono:

- Huella de carbono de una organización
- Huella de carbono de producto

El primer indicador mide la totalidad de GEI emitidos por efecto directo o indirecto provenientes del desarrollo de la actividad de dicha organización. Mientras que el segundo indicador mide los GEI emitidos durante el ciclo de vida de un producto: desde la extracción de las materias primas, pasando por el procesado, fabricación y distribución, hasta la etapa de uso y final de la vida útil (depósito, reutilización o reciclado) (Merodio. L, 2023) [2].

El servicio que se desarrollará en este proyecto se centrará en el cálculo de la huella de carbono de una organización, específicamente de una ONG. De este modo, el análisis de este indicador proporcionará un punto de referencia, para la toma de decisiones con el fin de reducir la huella de carbono.

## **Capítulo 4. ESTADO DE LA CUESTIÓN**

Como se ha citado antes, nadie puede dudar que la sostenibilidad de las organizaciones es un tema serio que tratar. Afortunadamente, el cálculo de la huella de carbono ha experimentado una transformación notable gracias a acuerdos internacionales, de los que han surgido normas y protocolos mundialmente reconocidos. Además, con la irrupción de la tecnología en el nuevo siglo, se han adoptado aplicaciones especializadas, que simplifican y estandarizan el proceso de medición, permitiendo a las organizaciones evaluar eficientemente su impacto medioambiental.

Existen trabajos que desglosan paso a paso la medición de la huella de carbono, tanto de las actividades más directas como de las más indirectas. Sin embargo, pocos, por no decir ninguno, explican con detalle las acciones que pueden adoptar las organizaciones tras evaluar su impacto medioambiental en función del tamaño de estas.

Este Trabajo de Fin de Grado pretende crear un documento específico para la Fundación Ingenieros ICAI que integre los protocolos de medición de la huella de carbono, con las aplicaciones existentes para el cálculo de estos y las posibles acciones que las organizaciones, en este caso una ONG, pueden llevar a cabo. El objetivo será mitigar los efectos de los GEI, dependiendo de las dimensiones y capacidad de acción que estas organizaciones tengan, algo novedoso respecto a los demás trabajos.

### ***4.1 LUCHA FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO: PROTOCOLOS Y NORMAS***

A continuación, se presentan el protocolo y las normas de mayor reconocimiento internacional, aunque cabe destacar que existen muchos otros.

#### **4.1.1 PROTOCOLO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GHG PROTOCOL)**

El Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol) fue desarrollado por el World Resources Institute (WRI) y el World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), y es una de las guías globales para la contabilidad de las emisiones de GEI más reconocidas. Este protocolo establece estándares para la identificación, cuantificación y reporte de emisiones.

El GHG Protocol incluye tres alcances, que permiten una evaluación completa de la huella de carbono (Ranganathan et al., 2004) [3].

- Alcance 1: emisiones directas

Emisiones provenientes de fuentes o sumideros que se encuentran dentro de la organización, es decir, bajo el control de la organización.

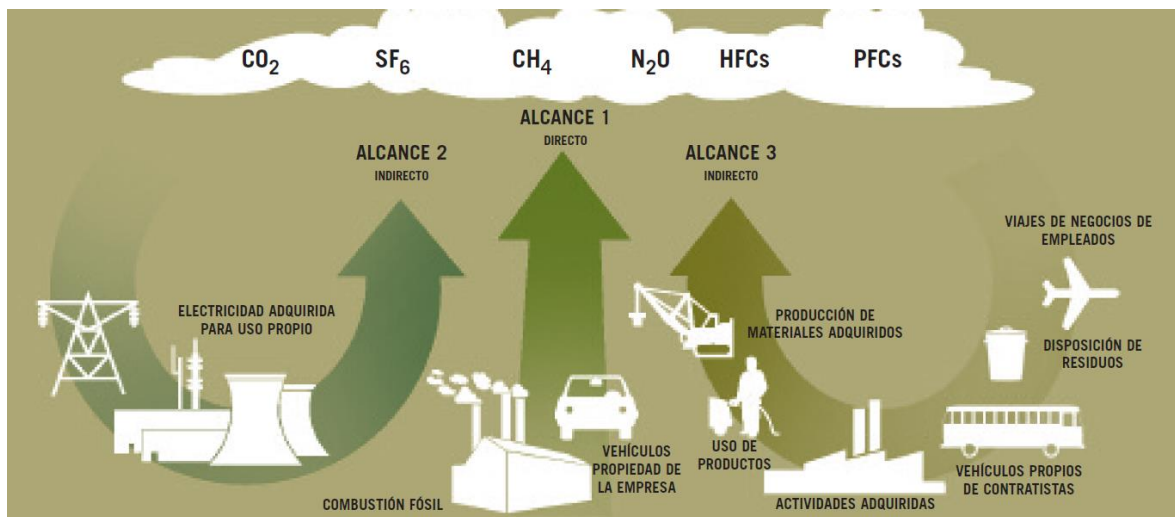
- Emisiones por consumo de combustible de instalaciones fijas como calderas turbinas, etc.
- Emisiones por consumo de combustible en vehículos y maquinaria, tales como vehículos de motor, camiones, barcos, que pertenecen o son controladas por la organización. Además, se incluyen consumos de combustible de la maquinaria móvil (tractores, motosierras, etc.).
- Emisiones por procesos industriales como la producción de cemento y cal, la producción de sustancias químicas, el refinado de petróleo, etc.
- Emisiones fugitivas directas causadas por la liberación de GEI en sistemas antropogénicos, tales como filtraciones de equipos, climatización o procesos agrícolas entre otros.

- Alcance 2: emisiones indirectas asociadas con la electricidad o energía consumida o generada

Emisiones provenientes de las actividades de la organización, pero que ocurren en fuentes que están controladas por otra organización, como la electricidad, calor, vapor, etc. consumida por una organización, pero generados externamente.

- Alcance 3: emisiones indirectas asociadas con actividades externas

Emisiones provenientes de actividades ajenas a la organización, pero, que, de una forma u otra, derivan del desarrollo de la actividad de la organización. Un ejemplo sería la emisión de GEI debido a la extracción y producción de los materiales que una empresa genera para que otra organización las compre. Al ser un alcance complejo y ambiguo, no se profundizará en este proyecto. Además, en la actualidad, se suelen practicar estudios de alcances tipo 1 y 2 para obtener los certificados, por lo que no procede desarrollar el alcance 3 en este servicio.



*Ilustración 6. Resumen de alcances y emisiones a través de la cadena de valor. Fuente: GHG Protocol.*

#### **4.1.2 NORMA ISO 14064**

La Norma ISO 14064, desarrollada por la Organización Internacional de Normalización (ISO), se centra en la contabilidad de emisiones. Esta, establece un marco para la cuantificación y reporte de GEI a nivel organizacional y se caracteriza por tener requisitos más específicos que han de cumplirse para obtener la certificación.

Consta de tres partes:

- Organizacionales: ISO 14064-1

Trata la cuantificación y el informe de emisiones y remociones de GEI, proporcionando directrices para el diseño, desarrollo, gestión y reporte de inventarios de GEI. Se facilita una contabilidad coherente y transparente, permitiendo así a las organizaciones a medir y gestionar las emisiones.

- Proyectos: ISO 14064-2

Se enfoca en los proyectos sobre GEI, específicamente diseñados para reducir las emisiones o aumentar su remoción. Ofrece requisitos para identificar, cuantificar, monitorear y reportar los resultados de los proyectos de reducción de emisiones o mejora de la absorción de GEI.

- Verificación: ISO 14064-3

Expone directrices para la validación y la verificación de GEI declarados por las organizaciones. Se asegura, de esta manera, que los datos de GEI reportados sean precisos, completos y consistentes, aumentando la confianza en la integridad de las declaraciones de GEI.

Esta norma se alinea con los principios del ya mencionado GHG Protocol, pero, como se ha indicado, se centra más en proporcionar directrices detalladas para abordar las emisiones a nivel organizacional y de proyectos, así como para verificar y garantizar la precisión de los informes, ganando de esta manera más complejidad.

Para aclarar, el GHG Protocol estará más enfocado en la gestión de emisiones e implementación de proyectos de reducción, mediante una guía metodológica para la medición, gestión y reporte de las emisiones de GEI. Es por estas características que, el GHG Protocol, es más flexible y se puede adaptar mejor a las necesidades específicas de cada organización, siendo esta la razón por la que es la más usada (ISO 14001:2015 - GUÍA DE IMPLANTACIÓN PARA SISTEMA DE GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL, 2015) [4].

### **4.1.3 NORMA ISO 14067**

La norma ISO 14067, titulada “*Gases de efecto invernadero – Huella de carbono de productos – Requisitos y directrices para la cuantificación y la comunicación*”, se centra en la medición de la Huella de Carbono de Productos (HCP), cuantificando el efecto de GEI que estos productos generan a lo largo de su ciclo de vida y en la comunicación del impacto.

ISO 14067 se aplica a cualquier tipo de producto, incluyendo bienes y servicios, y es relevante para organizaciones de todo tipo de sectores (Stephanie, 2022) [5].

Los dos principales pilares de esta reciente norma son:

- Cuantificación de la HCP

El primer paso de la norma se enfoca en el Análisis del Ciclo de Vida (ACV), considerando todas las etapas del producto, desde la extracción de materiales hasta el fin de vida. Esto incluye producción, transporte, uso y disposición, garantizando una evaluación integral de GEI. En otras palabras, es como si se incluyera el Alcance 3, citado previamente, dentro del cálculo HCP.

A continuación, la norma ISO 14067 establece el método a seguir para la cuantificación de la HCP, utilizando datos primarios y secundarios. Los datos primarios provienen de los procesos controlados por la organización, como GEI emitidos por transporte. Mientras que los datos secundarios pueden obtenerse de bases de datos de empresas asociadas y estudios publicados.

- Comunicación de la HCP

La norma, también establece las directrices para comunicar de forma clara y transparente la HCP. Esto incluye informes técnicos detallados y etiquetas ambientales para productos, para poder comparar entre productos similares. Además, se establece la información que debe incluirse en esta comunicación, como los límites del sistema o las incertidumbres asociadas.

La mejora de la transparencia o la ventaja competitiva que supone, al diferenciarse en el mercado por ser menos contaminante, son los puntos fuertes de esta norma. Sin embargo, la complejidad que presenta el ACV y el incremento del coste del producto, debido a la nueva implementación de este cálculo de la Huella de Carbono, son el mayor desafío que presenta la norma ISO 14067.

Las estrategias que están tomando muchas organizaciones, para conseguir la certificación de bajo en carbono o carbono cero de sus servicios y productos, están enfocadas en esta norma. Sin embargo, al ser una norma tan específica, y relativamente reciente, en este proyecto se optará por seguir la metodología de cálculo propuesta por GHG Protocol, que actualmente se emplea mayoritariamente (Gases de efecto invernadero — Huella de carbono de productos — Requisitos y directrices para cuantificación, 2018) [6]

## ***4.2 POLÍTICAS CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO***

La lucha contra el cambio climático es una prioridad a nivel global, y es impulsada por instituciones y acuerdos internacionales que buscan mitigar los efectos negativos de las emisiones de los GEI. Cada vez son más las políticas y obligatoriedad de reportar informes, como es el caso de las instituciones financieras, quienes están aumentando sus inversiones en ayudas a proyectos contra la huella de carbono. Por ello, aunque hay varias políticas internacionales referentes contra el cambio climático, caben destacar cuatro, que pavimentan el camino para que se desarrollen políticas a nivel nacional, acorde con los intereses globales.

### **4.2.1 POLÍTICAS INTERNACIONALES**

En 1990, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) publicó su primer informe de evaluación sobre el estado del clima global. Desde entonces, evalúa y sintetiza la información científica sobre el cambio climático, proporcionando informes científicos y las acciones necesarias para combatir este problema (La Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), 2022) [7].



La Convención Marco de las Naciones sobre el Cambio Climático (CMNUCC), establecida en 1992, crea un marco internacional para estabilizar las concentraciones de GEI y facilitar acuerdos globales que promuevan la acción climática (La Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), 2022) [7].

Tras una cumbre en 1997, el Protocolo de Kioto fue adoptado. Este, es un acuerdo internacional que impone objetivos de reducción de emisiones a países industrializados, basado en el consenso científico sobre la necesidad de reducir las emisiones antropogénicas para mitigar el calentamiento global (¿Qué es el Protocolo de Kioto?, 2023) [8].

El Acuerdo de París, firmado en 2015, busca limitar el aumento de la temperatura global a menos de 2°C, preferiblemente a 1,5°C, en comparación con los niveles preindustriales. Para ello, busca alcanzar el máximo de las emisiones de GEI para lograr un planeta con clima neutro para 2050 (El Acuerdo de París, 2023) [9].

## **4.2.2 POLÍTICAS NACIONALES**

En base a estos acuerdos internacionales, el control de la huella de carbono se encuentra reflejada en la legislación nacional mediante dos normas principalmente.

### **4.2.2.1 Real Decreto 163/2014**

El *Real Decreto 163/2014, de 14 de marzo, por el que se crea el registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono* es uno de ellos. En este, se pretende potenciar reducciones y absorciones por sumideros de carbono, reflejadas en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de España, que es dependiente del Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico (MITECO).

El objetivo principal de este real decreto es la creación del registro de huella de carbono, compensación y proyectos mediante proyectos de absorción de carbono. Este, tiene las siguientes secciones, donde las organizaciones pueden inscribirse (Real Decreto 163/2014, de 14 de marzo, 2014) [10]:

- Sección A: Sección de huella de carbono y compromisos de reducción de emisiones de GEI

Las organizaciones se pueden inscribir una vez calculen su huella de carbono y establezcan un plan de reducción de emisiones. Como mínimo se ha de calcular el alcance 1 y 2, conocido también como alcance 1+2, siendo voluntario el alcance 3, y habiendo sido verificados por el MITECO. Además, para poder inscribirse en la sección A del registro, se ha de emplear los factores de emisión facilitados por el MITECO y, de manera excepcional, se podrán utilizar otros factores, como en el caso de que no se encuentren dentro de los facilitados por el registro, como por ejemplo el alcance 3 o las emisiones de proceso (Sello del Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono, 2022) [11].

Además, las organizaciones obtendrán un sello de reducción una vez las instituciones verifiquen que estas reducciones, realizadas a lo largo de tres años, presenten una tendencia a la baja (Sello del Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono, 2022) [11].

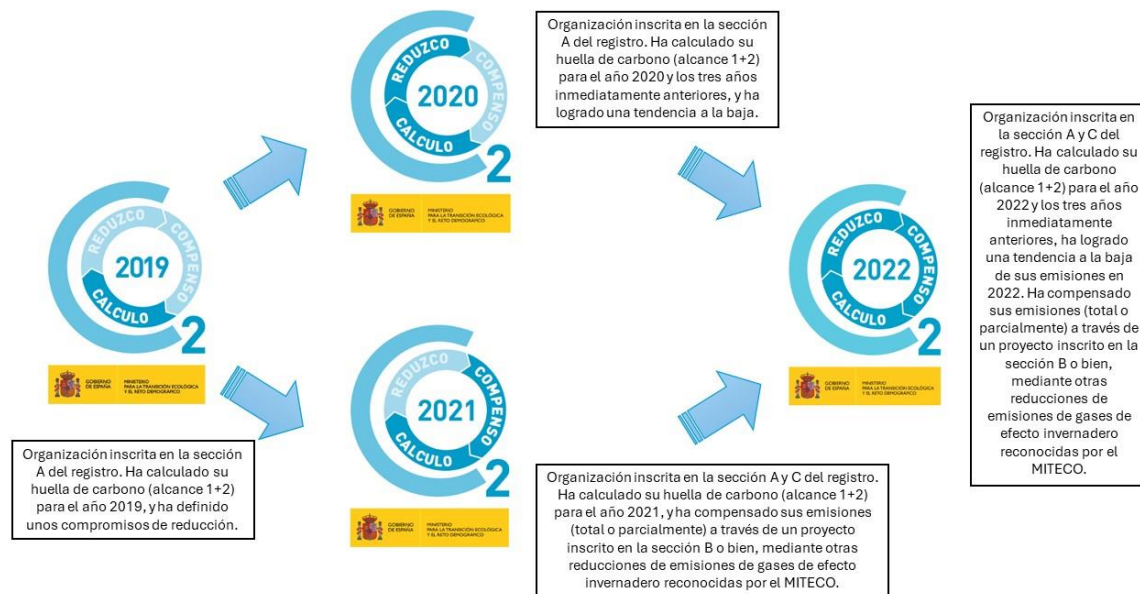
- Sección B: Sección de proyectos de absorción de  $CO_2$

En esta sección B se inscribirán las absorciones de  $CO_2$  generadas en territorio nacional en proyectos de actividades relacionadas con el uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura que supongan el aumento del carbono almacenado (Real Decreto 163/2014, de 14 de marzo, 2014) [10].

- Sección C: Sección de compensación de  $CO_2$

Las organizaciones pueden inscribirse en la sección B si quieren compensar su huella de carbono. Para ello, pueden emplear proyectos de sumideros agroforestales nacionales inscritos en la sección B o, también, pueden compensar su huella mediante reducciones de GEI llevadas a cabo por un tercero, siempre que estén reconocidas por el MITECO. (Sello del Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono, 2022) [11].

Al inscribirse en el registro, la organización recibirá un certificado de inscripción, así como el derecho al uso de un sello, que se muestra en la siguiente ilustración.



*Ilustración 7. Esquema de la obtención de los sellos del MITECO. Fuente: elaboración propia a partir de (Sello del Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono, 2022) [11].*

En el registro, que se acaba de tratar, pueden participar tanto personas físicas como jurídicas, ya sean estas públicas o privadas, así como trabajadores autónomos (Real Decreto 163/2014, de 14 de marzo, 2014) [10].

#### **4.2.2.2 Ley 7/2021**

Inicialmente, el Real Decreto indicaba que la participación era voluntaria, pero tras la *Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética*, se estableció, en la disposición final duodécima, que el gobierno debe determinar las empresas que deberán calcular y publicar su huella de carbono. Además, se incluirían las condiciones bajo las cuales esta obligación será exigible o periodicidad (Disposición 8447 del BOE núm. 121 de 2021, 2021) [12].

Este cambio en el Real Decreto sucedió en junio de 2022, cuando el Ministerio llevó a cabo una consulta pública para modificar el *Real Decreto 163/2014, de 14 de marzo, por el que se crea el registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono*. Aunque la consulta pública finalizó ese mismo junio, aún no se han comunicado avances en el proyecto, por lo que, actualmente, se encuentra retrasado.

No obstante, a pesar de que no está claro cuándo se comunicará las empresas afectadas, es innegable que esta modificación será inminente, pues, en los últimos tiempos, se están adoptando políticas medioambientales en la misma línea que esta modificación del Real Decreto.

Cabe destacar que, en algunas Comunidades Autónomas, se exige el cálculo de la huella de carbono con algunas condiciones. En las Islas Baleares, el Decreto 48/2021, establece que las empresas con más de 50 empleados y una facturación anual superior a 10 millones de euros, que operen total o parcialmente en la región, deberán calcular su huella de carbono. (¿Es obligatorio calcular la huella de carbono en las empresas?, 2023) [13] (Decreto 48/2021 de 13 de diciembre, regulador del Registro balear de Huella de Carbono, 2024) [14].

En Andalucía, por ejemplo, según la *Ley 8/2018, del 8 de octubre, de Medidas frente al Cambio Climático y para la Transición hacia un Nuevo Modelo Energético en Andalucía*, las empresas que consuman más de 1GWh/año están obligadas a calcular su huella de carbono, y las que consuman más de 3GWh/año, además, de las obligaciones anteriores, deberá elaborar un plan de reducción de GEI. Para tener un orden de magnitud, una empresa pequeña consume 250kWh/m<sup>2</sup>/año aproximadamente, por lo que necesitaría una extensión de 4.000m<sup>2</sup>, el equivalente a casi diez canchas de baloncesto (¿Cuánto paga de luz un local comercial?, 2024) [15]. (Autónoma Andalucía, 2018) [16].

Por otro lado, en Navarra, la Ley Foral 4/2022, del 22 de marzo, obliga a las empresas, incluidas las explotaciones agrícolas y ganaderas, a calcular su huella de carbono en un plazo de dos años (Foral, 2022) [17].

Finalmente, en la Comunidad Valenciana, la Ley 6/2022 indica que, a partir de 2025, todas las grandes y medianas empresas se verán afectadas. Una empresa mediana, como se define en Recomendación 2003/361/CE de la Comisión Europea, es aquella que ocupa entre 50 y 250 personas y cuyo volumen de negocios anual no excede los 50 millones de euros o cuyo balance general anual no supera los 43 millones de euros. Las empresas que superan estos límites se consideran grandes empresas. (Valenciana, 2023) [18].

Es por todo esto por lo que, las empresas estipuladas que cumplan con estos requisitos, además de calcular su huella de carbono, deberán elaborar y publicar un plan para reducir sus emisiones de GEI, como se indica en la sección A.

### **4.3 TECNOLOGÍAS PARA LA DESCARBONIZACIÓN**

Se puede apreciar que, en la actualidad, la importancia del cálculo de la huella de carbono se ha vuelto fundamental, con el auge de nuevas políticas regulatorias que apuntan a controlar la emisión de estos GEI. El cálculo de la huella de carbono, que las diferentes fuentes de una empresa producen, implica hallar las emisiones de GEI en términos de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e). Para ello, se emplea una variedad de factores de conversión, que convierten las emisiones de otros gases en su CO<sub>2</sub>e. El proceso de obtención de estos factores de conversión es complejo, aunque generalmente se usan los datos de una agencia especializada, que posee herramientas y datos más específicos.

Afortunadamente, existen herramientas de software que poseen una amplia base de datos de factores de conversión y facilitan este cálculo. Utilizan las metodologías estandarizadas, como las establecidas por el GHG Protocol, para garantizar consistencia y comparabilidad en los resultados. Con interfaces intuitivas basadas en la nube, estas herramientas facilitan la entrada de datos, el modelaje de diferentes escenarios y la generación de informes, ayudando así a optimizar la toma de decisiones.

Algunas de estas son de código abierto, aunque otras requieren una licencia para su uso. Las siguientes herramientas más empleadas son:

- ScopeCO2
- Excel (MITECO)
- Footprint Expert 4.0
- SimaPro
- GHGInventory
- OpenLCA

Una vez obtenido el orden de magnitud de la huella de carbono que produce la empresa, se puede proceder al análisis de resultados y a la posterior la reducción o compensación de GEI.

## **Capítulo 5. ESENCIA DEL SERVICIO PRESTADO**

### **5.1 JUSTIFICACIÓN**

Una vez se ha explicado y entendido por qué surge este trabajo, aparece la duda de qué aporta este servicio que no ofrece los trabajos anteriores. Debido a la cercana aplicación de la Ley 7/2021 y el compromiso destacado en Europa, respecto a otros continentes, de atajar y/o compensar las emisiones de GEI, el servicio prestado será de actualidad y podría ser ampliamente utilizado por las organizaciones.

Además, este servicio de Reducción de Huella de Carbono en ONG, no solo se podría aplicar a las organizaciones altruistas, sino que podría ser válido también para aquellas empresas que deseen, o se les requiera, un cálculo preciso y detallado de las emisiones procedentes de la misma, junto con un plan de mitigación de GEI.

No obstante, como este proyecto de fin de grado se realiza en colaboración con la Fundación Ingenieros ICAI, el último fin será poder ofrecer un servicio asequible a estas organizaciones que colaboren con la fundación. Para ello, el punto diferencial de este servicio será ofrecer una ayuda a estas organizaciones para buscar la manera de mitigar y/o compensar su huella de carbono dependiendo del tamaño.

Es por esto por lo que, más adelante, se explicará la clasificación de las medidas que puede tomar una organización para que reduzcan sus emisiones de carbono y, al mismo tiempo, sean lo más económicas posibles.

### **5.2 GANANCIAS EMPRESARIALES**

El cálculo de la huella de carbono de una organización puede tener más de una finalidad, que es la obvia concienciación medioambiental, debido a la reducción o compensación con

proyectos para controlar las emisiones de GEI. Es por ello por lo que se pueden plantear varios enfoques que reflejan una clara ganancia empresarial:

- Reducción de costes

En primer lugar, la organización podrá reducir los costes derivados de un consumo de energía ineficiente, ya sea iluminación, calefacción o transporte.

- Oportunidades de ayudas financieras y beneficios fiscales

Si la organización decide involucrarse en proyectos de absorción de dióxido de carbono o invertir en tecnologías vanguardistas que optimicen los procesos de reducción de GEI, podrán aplicar para los programas de deducción fiscal y pedir ayudas financieras, tanto a nivel nacional como a nivel regional.

- Mejorar la reputación de la organización y el posicionamiento de la empresa

La obtención de un reconocimiento de una entidad, como lo es el sello del MITECO, por realizar un cálculo y reducir sus emisiones, hará que la organización tenga el plus de ser medioambientalmente sostenible.

- Mejora de las oportunidades de negocio

Como consecuencia de ser medioambientalmente sostenible, la organización podrá atraer nuevos inversionistas y/o clientes que estén interesados y sensibilizados con el cambio climático, ampliando, de esta manera, el mercado al que la organización llegaba y obteniendo una ganancia económica.





*Ilustración 8. Resumen de las ganancias empresariales. Fuente: elaboración propia a partir de imágenes de Google.*

### **5.3 FASES DEL SERVICIO**

Este proyecto busca dotar a aquellas organizaciones, comprometidas con el bienestar social, de herramientas prácticas y servicios específicos, que les permitan gestionar y reducir su huella de carbono de manera efectiva. El fin será la creación de un modelo de descarbonización replicable y escalable, es decir, que pueda ser adoptado y ajustado por otras organizaciones similares, independientemente de su tamaño. Es por ello por lo que las fases del servicio son las siguientes:

- Plan de recopilación de datos

Se le pedirá a la organización que facilite todos los datos posibles sobre los consumos asociados. Una posible lista para calcular la huella de carbono de una ONG podría ser:

- Consumo de combustible de instalaciones fijas, como una caldera en una oficina o un motor estacionario.

- Consumo de combustible en vehículos y maquinaria, como un coche de la organización.
  - Fugas directas, causadas por fugas de equipos de climatización y/o refrigeración, que emplean GEI, y suceden durante su uso o durante las labores de mantenimiento o el uso de extintores.
  - Consumo eléctrico, como el consumo del edificio o el de coches eléctricos y/o híbridos enchufables.
- Plan de medición

Se emplearán herramientas de software que midan eficazmente la emisión de GEI por la organización. Para ello, se introducirán los datos recopilados anteriormente según se indique.

- Plan de mitigación de los consumos de GEI

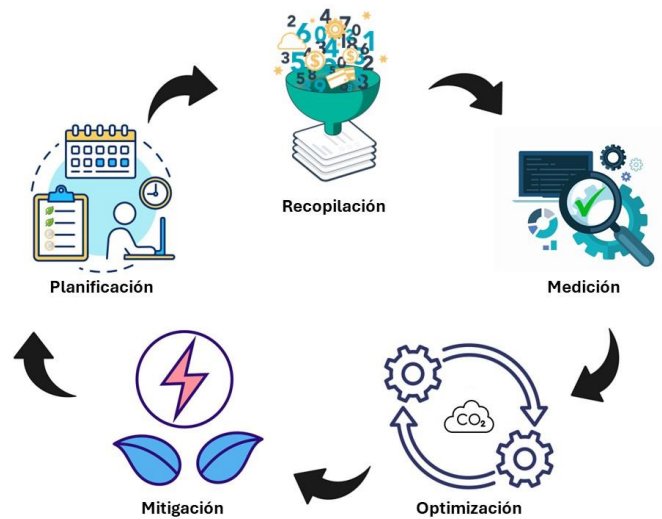
Se analizará los resultados obtenidos y se estudiará las zonas ineficientes y de mejora dependiendo del tamaño de la organización.

- Plan de mitigación de los efectos de GEI

Se estudiará un plan de reducción de GEI, así como la posibilidad de participar en diferentes proyectos de compensación de GEI dependiendo del tamaño.

- Planificación y estimación económica

Se estimará un presupuesto para mitigar el carbono emitido, dependiendo del tamaño de la ONG, así como la explotación económica de ayudas que se pudieran recibir.



*Ilustración 9. Esquema de las fases del servicio prestado. Fuente: elaboración propia a partir de imágenes de Google.*

## **5.4 ALINEACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)**

En relación con la visión global trazada por los objetivos definidos de las Naciones Unidas (ODS), este proyecto innovador ayuda a alcanzar varias metas propuestas por estos objetivos. Estas, están estrechamente relacionadas con la sostenibilidad y la acción climática.

- Objetivo 13: Acción por el clima

El proyecto busca actuar directamente contra el cambio climático, pues se pretende abordar la huella de carbono que las organizaciones altruistas producen. La reducción de esta huella contribuye a mitigar los impactos ambientales que estas organizaciones generan, promoviendo, de esta manera, prácticas más sostenibles y, avanzando hacia la meta global de estabilizar el cambio climático (METAS DE LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE, 2018). [19]

- Objetivo 12: Producción y consumo responsables

De la misma manera, el proyecto pretende la sostenibilidad en el ámbito de las ONGs, fomentando principalmente prácticas de consumo responsables. Proporcionando un servicio que evalúe los patrones consumo de la organización, se conseguirá reducir la huella que esta genera (METAS DE LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE, 2018). [19]

- Objetivos afectados de manera indirecta

Además de los objetivos citados anteriormente, este proyecto afectará de manera indirecta a otros objetivos listados por las Naciones Unidas. El Objetivo 1: Fin de la pobreza, Objetivo 2: Hambre cero o el Objetivo 4: Educación de calidad, serían algunos objetivos que se vería afectados de manera indirecta por la implementación de este proyecto. Esto se debe a que, si se consigue reducir la huella de carbono mientras se logra un beneficio a largo plazo, debido al ahorro generado por la descarbonización, estas organizaciones altruistas poseerán un mayor capital para reinvertir en sus fundaciones.

La alineación con los ODS resalta la relevancia de afrontar un desarrollo sostenible por parte de las organizaciones (METAS DE LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE, 2018). [19]

## **Capítulo 6. DESARROLLO DE LA DESCARBONIZACIÓN**

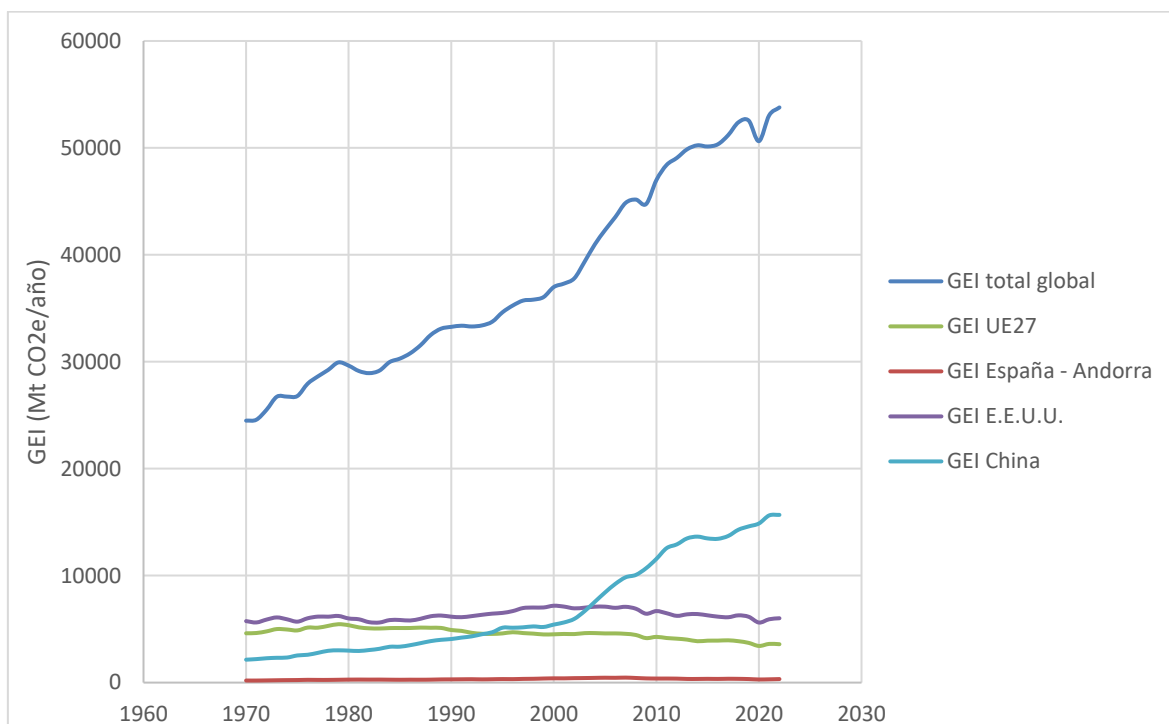
Se ha explicado anteriormente que los Gases de Efecto Invernadero (GEI) son aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, natural o antropógeno, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación terrestre emitida por la superficie de la Tierra, por la propia atmósfera y por las nubes.

Gracias a estos gases, la Tierra puede mantener la temperatura en un rango adecuado para albergar vida en ella. No obstante, esta misma propiedad de los gases es la que ocasiona el efecto invernadero. Es por ello por lo que, la abundancia de estos gases en la atmósfera genera problemas climáticos, como el calentamiento global.

Los GEI primarios de la atmósfera terrestre son:

- Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)
- Metano (CH<sub>4</sub>)
- Ozono Troposférico (O<sub>3</sub>)
- Vapor de Agua (H<sub>2</sub>O)
- Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>):  
Incluyen óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)

Aparte de sus condiciones de gases primarios, el CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y NO<sub>2</sub>, también tienen origen antropogénico, por lo que su presencia aumenta de media anualmente. Además, existen también otros tipos de GEI presentes en la atmósfera cuyo origen es puro antropogénico, tales como los halocarbonos u otras sustancias que contienen cloro y bromo, así como el hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), los hidrofluorocarburos (HCFs) y los perfluorocarburos (PCFs), conocidos como “F – gases”.



*Ilustración 10. Emisiones de GEI (CO<sub>2</sub> fósil, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y F-gases). Fuente: elaboración propia a partir de (JRC/IEA 2023 Report) (Crippa et al., 2023) [20].*

En la ilustración anterior se puede apreciar con claridad que la tendencia global de la emisión de GEI es creciente, excepto en el caso de los 27 países de la Unión Europea ligeramente. Estas cantidades siguen siendo excesivas, lo que urge a las empresas y organizaciones a mitigar los efectos que tienen sobre el medio ambiente.

Se puede contemplar también que China sigue en una tendencia creciente en cuanto a la emisión de GEI. Esto se debe probablemente a la reindustrialización que vive el país que, unido al mercado globalista que existe en la actualidad, hace de este país un perfecto exportador de productos, los cuales han ido mejorando su calidad a la vez que se mantenían unos precios competitivos.

En el Anexo II se podrán encontrar otras ilustraciones que muestran las tendencias, tanto nacionales como europeas o mundiales, de la emisión de GEI desde diferentes puntos de vista.

A continuación, se presentará cómo se procede para medir la huella de carbono de una organización, para seguir con las diferentes herramientas de software que agilizan el cálculo, y finalizar con medidas para mitigar los efectos y la planificación y estimación económica de las acciones tomadas para descarbonizar la organización.

## **6.1 CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO**

Cabe recalcar que no todos los GEI repercuten en la misma proporción al calentamiento global. Es la eficiencia con la que absorben y reemiten radiación infrarroja o la estabilidad de cada GEI, que determina el tiempo que cada gas permanecerá en la atmósfera, lo que definen su impacto en el calentamiento global (Merodio, 2023) [2].

Este impacto, producido por los diferentes gases, se mide mediante el Potencial de Calentamiento Global (PCG), el cual variará dependiendo del tiempo, midiendo sus efectos en 100 años normalmente.

La unidad de esta medida es el CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2e</sub>), de modo que los valores de PCG, también conocido como Global Warming Potential (GWP), de un determinado GEI será expresado en comparación con el valor del CO<sub>2</sub> para ese mismo volumen y periodo de tiempo, lo que provocará que el PCG del CO<sub>2</sub> sea la unidad.

A continuación, se muestran los valores del PCG de los principales GEI en la siguiente tabla. En esta, se pueden apreciar la variabilidad entre del PCG entre los distintos gases antropogénicos.

<i>Gas de Efecto Invernadero (GEI)</i>	<i>PCG en 100 años (CO<sub>2e</sub>)</i>
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	1
Metano (CH <sub>4</sub> )	28

Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	265
Hexafluoruro de azufre (SF <sub>6</sub> )	23.500
Hidrofluorocarburos (HCFs)	8.900 – 11.100
Perfluorocarburos (PCFs)	4 – 12.400

*Tabla 1. Ejemplos de PCG. Fuente:(ECODES)*

No obstante, debido a que los agentes contaminantes poseen más de un GEI, la medida que realmente se usa al calcular la huella de carbono son los factores de emisión.

Un factor de emisión es una medida que expresa la cantidad de CO<sub>2</sub>e de un contaminante específico liberadas respecto a una unidad de actividad o producción. Como se ha explicado antes, estos factores son los empleados en mediciones de emisiones de carbono. Estos valores de cálculo deben provenir de fuentes reconocidas, ya que habrán sido obtenidos como resultado de un estudio. En las tablas adjuntadas en el ANEXO I, se pueden encontrar ejemplos de factores de emisión y PCG.

El cálculo constará de dos fases; medición del Alcance 1 y medición del Alcance 2, ya que no procederá realizar una medición del Alcance 3 por lo que se ha explicado anteriormente en el Capítulo 4. No obstante, la fórmula a emplear será la misma en cada una de las mediciones para, al final, obtener el valor de la huella de carbono, que resultará al sumar todos alcances.

*Ecuación 1. Fórmula de la medición del alcance*       $AL_X = FE \cdot AC$

*Ecuación 2. Fórmula de la medición de la huella de carbono*       $HC = AL_1 + AL_2 + AL_3$

- AL<sub>X</sub>: alcance a calcular
- FE: factor de emisión o PCG, depende del caso



- AC: actividad o producción
- HC: huella de carbono a calcular

## **6.2 BENCHMARKING INTEGRAL**

Las herramientas principales que se emplean a la hora del cálculo de la huella de carbono son programas que poseen una amplia base de datos, como se ha indicado anteriormente. Mediante la recopilación de datos de consumo de la organización correspondiente, el usuario únicamente tendrá que ajustar los parámetros que más se acomoden a su organización. De esta manera, mediante estas herramientas de software, las organizaciones tienen garantizadas un cálculo integral de GEI sencillo y óptimo, así como un resumen claro de puntos de ineficiencia, en cuanto a gestiones de GEI.

En los siguientes puntos se realizará un benchmarking integral de las posibles aplicaciones existentes que facilitan el cálculo de huella de carbono en una ONG y, junto a un estudio de cada herramienta, se evaluará cuál es la que mejor se adapta a este tipo de organizaciones.

### **6.2.1 SCOPECO2**

ScopeCO2 es una aplicación promovida desde la fundación Ecodes y permite evaluar y gestionar la huella de carbono de una organización. Su cálculo emplea como marco de referencia “*The Greenhouse Gas Protocol, a Corporate Accounting and Reporting Standard*”, el estándar internacional más utilizado para el cálculo y elaboración del inventario de emisiones de GEI (ScopeCO2, 2024) [21].

Las fuentes principales de los factores de emisión empleados en la Herramienta ScopeCO2 son la Oficina Española de Cambio Climático del Ministerio para la Transición Ecológica y el reto Demográfico y la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia para electricidad. CeroCO2 actualiza cada año los factores de emisión empleados en la herramienta (ScopeCO2, 2024) [21].

A modo resumen, en la siguiente tabla se puede apreciar los puntos positivos y negativos que se han encontrado en la aplicación:

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
Interfaz gratuita e intuitiva	Imprecisa si se desea realizar el cálculo de la huella de carbono de una organización en otro país, pues los factores de emisión son ofrecidos por el MITECO
Factores de emisión actualizados y reconocidos por el MITECO	Si se desea hacer un estudio del alcance 3 extenso, la aplicación está limitada de opciones
Se pueden hacer cálculos de HC de eventos, tanto presenciales como online	
Ofrece el cálculo de indicadores relativos, para facilitar el análisis de la eficacia del plan de reducción de emisiones	

*Tabla 2. Resumen de puntos fuertes y débiles de ScopeCO2.*

### **6.2.2 EXCEL (MITECO)**

El Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico (MITECO) pone a la disposición de las organizaciones una plantilla de Excel que permite el cálculo de la huella de carbono. Este ofrece una serie de hojas donde se segmenta los distintos pasos que la organización debe tomar para el cálculo de emisiones de GEI, y sigue los pasos del GHG Protocol para los cálculos. Además, todos los factores de emisión empleados en esta hoja de cálculo, tanto del año actual como de anteriores, son ofrecidos por el MITECO, como es de esperar (Calculadoras Huella de Carbono, 2024) [22].

A modo resumen, en la siguiente tabla se puede apreciar los puntos positivos y negativos que se han encontrado en la hoja de cálculo:

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
<p>Plantilla gratuita, fácilmente descargable desde la web del MITECO</p> <p>Ofrece bastante información para las organizaciones sobre cómo funcionan el cálculo de la huella de carbono</p> <p>No tiene problema de reconocimiento, pues es una herramienta ofrecida por el mismo MITECO</p> <p>Permite cumplimentar, de manera adicional, factores de emisión que no se encuentren registrados en la hoja de cálculo</p>	<p>Puede pasar que las ventanas desplegadas dentro de la plantilla no funcionen</p> <p>Su interfaz es bastante densa y no es intuitiva</p>

*Tabla 3. Resumen de puntos fuertes y débiles de la plantilla Excel del MITECO.*

### **6.2.3 FOOTPRINT EXPERT 4.0**

Footprint Expert 4.0 es una herramienta software desarrollada por la organización británica Carbon Trust. Esta, cuenta con más de dos décadas de experiencia en el ámbito de cálculo, reducción e informes de GEI, y una posee más de dos mil organizaciones empleando su software para reducir el carbono generado. Además, tras su última actualización, está ampliamente reconocida por los protocolos y normas internacionales, como el PAS2050:2011, GHG Protocol o PAS2050:2008 (Footprint Expert 4.0 software now includes new carbon footprinting standards, 2012) [23].

Esta herramienta está más especializada en los cálculos de alcance tipo 3, pues identifica ahorros de costes o posibles reducciones de GEI a lo largo de la cadena de suministro. También, puede estudiar la disminución del uso de materiales básicos para una organización, como la energía o el agua, así como la gestión de los residuos. Todo esto, no solo mejora la eficiencia de la organización, a nivel medioambiental y económico, sino que también facilita la obtención de etiquetado de bajo carbono (Footprint Expert 4.0 software now includes new carbon footprinting standards, 2012) [23].

A modo resumen, en la siguiente tabla se puede apreciar los puntos positivos y negativos que se han encontrado en Footprint Expert 4.0:

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
<p>Interfaz intuitiva</p> <p>Es bastante útil a la hora de hacer planes de reducción, pues al centrarse en la cadena de suministros hay más margen de actuación</p>	<p>Software de pago</p> <p>A pesar de que el cálculo del alcance 3 suele ser el que aporta más emisiones de GEI, no procedería centrarse en él, basándose en el coste de la aplicación y el carácter voluntario que tiene este alcance en las posibles futuras leyes nacionales</p> <p>Podría tener problemas a la hora de ser reconocida por el MITECO, ya que es posible que la fuente de sus factores de emisión sea el <i>Department for Environment Food &amp; Rural Affairs</i> del gobierno británico</p>

*Tabla 4. Resumen de puntos fuertes y débiles de Footprint Expert 4.0.*

## 6.2.4 SIMAPRO

SimaPro es una herramienta software que se centra fundamentalmente en el análisis del ciclo de vida (ACV) de un producto. Esta herramienta se basa los métodos más actualizados del mercado para asegurar un cálculo riguroso, los cuales se actualizan en cada versión nueva. A pesar de basarse en varios métodos, todos persiguen el mismo objetivo y, por ende, poseen metodologías similares, donde destacan el IPCC 2021, ReCiPe 2016 y EF 3.1 Method. La certificación de SimaPro es ampliamente reconocida, donde destaca la norma ISO 14067 (SimaPro LCA software, 2024) [24].

A modo resumen, en la siguiente tabla se puede apreciar los puntos positivos y negativos que se han encontrado en SimaPro:

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
Ofrece esquemas de flujo que reflejan claramente es qué fase del ciclo de vida es más contaminante el producto	Software de pago
Interfaz sencilla, pero hace falta cierto conocimiento al usarla	Cálculo centrado en el ACV de productos y no en la huella de carbono de servicios
	No parece que su certificación entre en el GHG Protocol

*Tabla 5. Resumen de puntos fuertes y débiles de SimaPro.*

## 6.2.5 OPENLCA

La herramienta software OpenLCA se dedica exclusivamente al cálculo de las emisiones de los productos a lo largo de su vida, como bien indica el nombre de la herramienta (Life Cycle Analysis – LCA). Esta, es una herramienta avanzada para el estudio de sostenibilidad de un producto a lo largo de su vida, proporcionando informes detallados sobre los resultados

obtenidos. Además, ofrece una interfaz de usuario multilingüe, lo que facilita su certificación a nivel internacional y ofrece la mayor colección de datos para el cálculo de ACV, con casi 300.000 diferentes fuentes. (The world's leading, high performance, open source Life Cycle Assessment software, 2024) [25].

A modo resumen, en la siguiente tabla se puede apreciar los puntos positivos y negativos que se han encontrado en OpenLCA:

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
Software gratuito	Cálculo centrado en el ACV de productos y no en la huella de carbono de servicios
Fuente de datos bastante amplia y fácilmente reconocible	No parece que su certificación entre en el GHG Protocol

Tabla 6. Resumen de puntos fuertes y débiles de OpenLCA.

## 6.2.6 CONCLUSIONES

Tras analizar las principales aplicaciones que se emplean en el cálculo de emisiones de GEI, ScopeCO<sub>2</sub> es la herramienta software que más se adapta a las necesidades de este servicio. Esta elección se basa en que la herramienta, no solo ofrece una interfaz gratuita, sino que también es intuitiva de utilizar.



Ilustración 11. Logo de ScopeCO<sub>2</sub>.

Su certificado es ampliamente reconocido a nivel nacional, por lo que las ONG que trabajen junto con la Fundación Ingenieros ICAI, a las que se les considerará como empresas u organizaciones pequeñas, que deseen realizar un cálculo, junto a su plan de reducciones de emisiones GEI, para obtener un certificado, lo harán sin complicaciones.

Además, ScopeCO2 permite una personalización en los cálculos y análisis, lo que asegura que la interfaz se adapta adecuadamente a los usuarios, ajustando los parámetros según los diferentes escenarios que se pueda encontrar la organización.

### **6.3 MITIGACIÓN DE LOS EFECTOS DE GEI**

Una vez se ha medido el impacto que la organización altruista tiene, se ha de pasar a la mitigación de los efectos de los GEI, fase crucial en el servicio para la reducción de su huella de carbono. Existen varias técnicas para abordar este reto, entre ellas, la reducción de emisiones o aumento de remoción de GEI, la compensación de emisiones con proyectos reconocidos por los órganos nacionales e internacionales, y la creación de nuevos proyectos de compensación.

El empleo de una o de varias de estas técnicas conjuntas, puede ayudar a la organización a reducir considerablemente su impacto sobre el medioambiente. No obstante, no hay una solución única, debido a que no existen dos organizaciones iguales y, es por ello, por lo que se mencionarán las notables diferencias que existen entre las pequeñas y medianas empresas (PYME) a la hora de atajar estos problemas de contaminación.

#### **6.3.1 AUMENTO DE REMOCIÓN DE GEI**

Esta opción cuando se pretende mitigar los efectos de los GEI resulta la más sencilla, tanto al planificar como al aplicar. Básicamente, trata de reducir la generación de GEI mediante acciones directas que puede tomar la empresa, i.e., gestionar fuentes de generación de GEI directamente controladas por una organización.

No obstante, cabe mencionar que hay distintos niveles de acciones que una organización puede tomar. Estos se diferencian en la complejidad de la medida que se toma, dependiendo de su nivel de inmediatez, esfuerzo económico o el nivel de conocimiento medioambiental que se ha de poseer para tomar una decisión de remoción de GEI.

- Nivel 1: Acciones inmediatas

Acciones que se pueden aplicar de inmediato sin un gran esfuerzo de trabajo o con un nivel de inversión irrelevante. Un ejemplo sería cambiar de empresa de electricidad, de una de origen de generación convencional a otra de origen renovable. También, otras acciones a tomar serían cambiar el tipo de papel que se emplea en la empresa o concertar más videoconferencias en vez de viajar, en el caso que se estuviera teniendo en cuenta el alcance tipo 3.

- Nivel 2: Acciones no inmediatas

Medidas que requieren un mayor esfuerzo, pero el coste económico entra dentro del presupuesto de mejoras de la organización. Unas buenas medidas serían realizar estudios de eficiencia energética de edificios o de sustitución de gases refrigerantes menos contaminantes.

- Nivel 3: Acciones asesoradas

Acciones que requieren un mayor conocimiento del impacto ambiental y suelen implicar la sustitución de equipos y asesoramiento. Por ejemplo, cambiar vehículos, o equipos, por otros más eficientes y menos contaminantes para el medioambientalmente, cambiar las fachadas para que la oficina sea más eficiente térmicamente u otro tipo de obras de adecuación, como la sustitución de luminarias e instalación de sensores de presencia en zonas de paso.





*Ilustración 12. Niveles de reducción de GEI. Fuente: elaboración propia.*

### **6.3.2 COMPENSACIONES RECONOCIDAS POR EL MITECO – MAGRAMA**

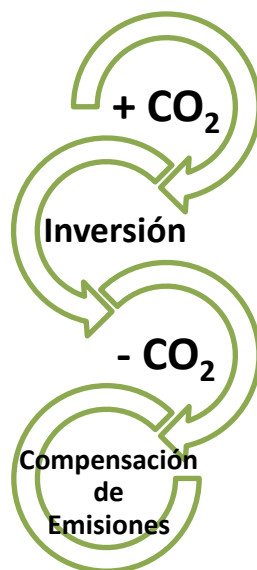
La siguiente opción a la hora de mitigar los efectos de GEI sería compensar las emisiones con un proyecto reconocido por una entidad. En el marco nacional español, el cuerpo que regula este tipo de proyectos es el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), anteriormente conocido como MAGRAMA (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente).

Este órgano de gobierno regula la creación y gestión del Registro de Huella de Carbono, Compensación y Proyectos de Absorción de CO<sub>2</sub>, que permite a las organizaciones a compensar sus emisiones de GEI mediante la financiación de proyectos que contribuyen a la remoción de carbono. Estos proyectos, generalmente, son de reforestación tras incendio, plantación de un tipo de especie o recuperaciones de especies vegetales autóctonas.

Estas compensaciones reconocidas por el MITECO deben cumplir criterios específicos establecidos en el Real Decreto 163/2014, del que se hablará más adelante, y deben ser validados y verificados por entidades independientes y acreditadas. Es por ello, que para asegurar que las reducciones de emisiones son reales, las organizaciones deberán adquirir créditos de compensación certificados una vez se haya inscrito el proyecto, los cuales representan las toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO<sub>2</sub>e) que han sido absorbidas a través de un proyecto de mitigación de GEI (Real Decreto 163/2014, de 14 de marzo, 2014) [10].

La compensación quedará registrada siempre y cuando se lleve a cabo un acuerdo entre una organización que tenga inscrita una huella de carbono y un proyecto de absorción que cuente con absorciones cedibles disponibles. Cabe mencionar que el MITECO no exige una cantidad mínima de compensación por huella, ni un número máximo de proyectos a través de los que compensar dicha huella (Inscripción en el Registro de huella, compensación y proyectos de absorción de CO<sub>2</sub>, 2024) [26].

Para ver las organizaciones y proyectos inscritos en el MITECO, se puede consultar en la bibliografía la referencia (Organizaciones y proyectos, 2024) [27], donde se podrá explorar, en la sección de “*Absorción de CO<sub>2</sub>*”, el listado con los proyectos de absorción de CO<sub>2</sub>, tanto inscritos, como preinscritos.



*Ilustración 13. Esquema de compensación de la huella de carbono. Fuente: elaboración propia.*

### **6.3.3 CREACIÓN DE NUEVOS PROYECTOS DE COMPENSACIÓN**

La última opción para mitigar los efectos de GEI es la creación de nuevos proyectos de compensación de emisiones. Esta alternativa estaría enfocada a empresas grandes, debido a su gran inversión inicial, donde se generalmente se incluiría el coste de los terrenos, todo el desarrollo logístico del proyecto y la compra, por ejemplo, de las especies que se quieran plantar en el caso de un proyecto de este tipo.

Como se ha indicado anteriormente, el MITECO es el órgano oficial del gobierno que gestiona todo el trámite de proyectos, por lo que todas las plantillas de formularios que se deben adjuntar, tanto para la inscripción del cálculo de huella de carbono, como formularios de proyectos de absorción y formularios de compensación, se pueden encontrar en la sección de “*Solicitar inscripción*” de la página web del ministerio (Inscripción en el Registro de huella, compensación y proyectos de absorción de CO<sub>2</sub>, 2024) [26].

En el caso de la creación de nuevos proyectos de compensación, toda la normativa se basa en el Real Decreto 163/2014, de 14 de marzo. Específicamente, las fases que seguiría una organización para validar su proyecto de absorción se podrían clasificar de la siguiente manera (Real Decreto 163/2014, de 14 de marzo, 2014) [10]:

- Diseño del Proyecto y solicitud

Se elabora un proyecto detallado que cumpla con los requisitos establecidos para proyectos de absorción, de los que se explicarán más adelante. Además, para cumplimentar la solicitud, se ha de rellenar y enviar el formulario de proyectos de absorción descrito anteriormente, facilitado por la Oficina Española de Cambio Climático en su página web, además de unos documentos de apoyo que deberán ser utilizados para el cálculo de las absorciones de CO<sub>2</sub>. En estos, se detallan los datos de contacto requeridos y la información del proyecto, como el tipo de proyecto, localización, superficie, referencia catastral, datos registrales de la finca, cálculo de absorciones, etc.

- Revisión y evaluación

El MITECO revisará y evaluará la solicitud y documentación proporcionada por la organización, donde se verificará la conformidad con las normativas y la validación de los métodos y resultados esperados del proyecto.

- Asignación del Código de Identificación

Una vez verificado que el proyecto de la organización cumple con todos los requisitos y es aprobado, el MITECO asignará un Código de Identificación único para el proyecto de

absorción, para que las demás organizaciones puedan referenciar cuando necesiten compensar sus emisiones de GEI.

La inscripción del proyecto de absorción tendrá una validez de cinco años, como se describe en el Real Decreto 163/2014, de 14 de marzo, Artículo 7. Transcurrido como máximo dicho plazo, o cada vez que se cedan absorciones para compensación, deberá aportarse documentación actualizada, que permita ratificar que se siguen cumpliendo las condiciones iniciales de inscripción del proyecto. En caso de haberse dado variaciones, como incendios, alto índice de marras, etc., éstas deberán ser notificadas con la mayor brevedad posible utilizando el formulario de actualización incluido en el anexo del BOE (Real Decreto 163/2014, de 14 de marzo, 2014) [10].

Respecto a los requisitos que los proyectos de absorción deben cumplir, según el MITECO, deberán de ser los siguientes (INFORMACIÓN SOBRE LA SECCIÓN DE PROYECTOS DE ABSORCIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO REGISTRO DE HUELLA DE CARBONO, COMPENSACIÓN Y PROYECTOS DE ABSORCIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO, 2024) [28]:

- Encajar en una de las dos actuaciones siguientes:
  - Repoblación forestal en zonas donde no ha habido un bosque desde el 31 de diciembre de 1989.
  - Actuaciones en zonas forestales incendiadas para el restablecimiento de la masa forestal existente.
- Estar ubicado en territorio nacional.
- La unidad mínima de actuación debe de ser 1ha, donde la cubierta de copas de los árboles mínima sea del 20 % en madurez y la altura potencial de los árboles de 3m en madurez.
- La permanencia del proyecto ha de ser de un mínimo de 30 años.
- La puesta en marcha ha de ser posterior a la campaña de plantación 2012 - 2013.
- El proyecto debe contar con un plan en el que se indiquen las actuaciones previstas.

- El cálculo de las absorciones será realizado con la calculadora del Registro y a las directrices y orientaciones sobre buenas prácticas del IPCC. Se diferenciarán cuatro tipos de absorciones:
  - Absorciones previstas al final del periodo de permanencia, que hacen referencia a las absorciones brutas que el proyecto produce.
  - Absorciones registradas útiles, que hacen referencia al 20% de las absorciones previstas al final del periodo de permanencia.
  - Absorciones cedidas a la Bolsa de Garantía, que hacen referencia a una cantidad equivalente al 10% de las absorciones registradas útiles y garantizan que, en caso de que el proyecto no cumpla con las expectativas de absorción de CO<sub>2</sub>, haya fondos para cubrir las deficiencias de absorción.
  - Absorciones disponibles, que hacen referencia a la diferencia entre las absorciones registradas útiles y las absorciones cedidas a la Bolsa de Garantía.



*Ilustración 14. Resumen de las absorciones de un proyecto de absorciones (no a escala). Fuente: elaboración propia.*

### **6.3.4 PODER DE ACCIÓN DE LAS MULTINACIONALES ANTES LAS PYME**

Previamente se ha mencionado que la situación de una organización grande comparada con la de una pequeña o mediana no es del todo similar. Tanto las PYME como las multinacionales pueden llevar a cabo políticas internas para reducir emisiones, como mejorar la eficiencia energética de los procesos e instalaciones para reducir el consumo energético, optimizar las rutas de transporte para ahorrar combustible, reducir residuos generados o

participar en programas de compensación de carbono, como los citados anteriormente. Sin embargo, a pesar de que la oferta de medidas que estas organizaciones pueden tomar es la misma, la realidad es que las PYME tienen más restricciones.

Mientras que las multinacionales tienen mayores recursos financieros y una capacidad más alta para invertir en tecnologías avanzadas con emisiones de GEI reducidas, las PYME generalmente tienen menos recursos, y suelen optar por soluciones más económicas. Es por esto por lo que se puede dar el caso en el que una organización mediana no pueda invertir en maquinaria con un alto nivel de eficiencia energética, que reduzca el consumo de energía y, por ende, las emisiones de GEI, sino que opte por adoptar prácticas de bajo consumo que reduzcan emisiones.

Además, cabe mencionar que, a pesar de que existen subsidios y beneficios fiscales que luchan contra los altos costos iniciales de las energías renovables, si por la situación geopolítica de una organización es más económico optar por una suministradora de energía convencional, como el gas natural, debido al pequeño margen de maniobra que manejan las PYME, es entendible que prefieran escoger a este tipo de suministradora y buscar reducir sus emisiones de carbono en otra parte.

En cuanto a la escala de implementación, no es comparable las políticas y proyectos que las multinacionales pueden adoptar. Debido a que la presencia global de este tipo de organizaciones no es comparable a la de una PYME, estas últimas tenderán a tomar acciones más localizadas, enfocándose en la operación directa de la organización. Es por esto por lo que, se puede dar el caso que una multinacional pueda permitirse optar por la creación de un proyecto de absorción, y una PYME prefiera simplemente reducir sus emisiones o compensar con un proyecto ya inscrito.

Por último, habría que recalcar también la pequeña capacidad de innovación y tecnología que una PYME posee ante una organización grande. Las multinacionales tienen acceso al desarrollo de tecnologías avanzadas que ofrezcan nuevas soluciones para reducir las emisiones de GEI. Además, si existiera una tecnología vanguardista que permitiera una notable reducción de emisiones de GEI, una organización grande podría permitirse un mayor

desembolso económico e invertir en ella, para alcanzar tanto el objetivo de la remoción de GEI como el de presentar una mejor imagen ante sus clientes. Sin embargo, una PYME tiene que adaptarse a las tecnologías alcanzables que ofrece el mercado, de manera que si, por ejemplo, el mercado no puede ofrecer una sustitución de luminarias económicamente alcanzable, la organización seguirá optando por el sistema actual de iluminación, no consiguiendo así una reducción del gasto energético.

## **6.4 PLANIFICACIÓN Y ESTIMACIÓN ECONÓMICA**

Una vez se haya estimado la huella de carbono de una ONG, se analizarán los resultados e indicadores, los cuales nos revelarán las medidas que deberíamos aplicar a la organización. Debido a la naturaleza de este servicio, enfocado a la Reducción de la Huella de Carbono en ONG, este apartado se centrará en la planificación y estimación económica de una organización pequeña, pues este es el tipo de organizaciones que colaboran con la Fundación Ingenieros ICAI.

### **6.4.1 PLANIFICACIÓN**

La planificación de las medidas que se tomarán una vez se hayan obtenido unos resultados será crucial para terminar de reducir la huella de carbono en la ONG. De nada servirá un cálculo transparente y preciso si la planificación de las medidas a tomar es nula. Es por ello por lo que aclarar los cronogramas, responsables y recursos que serán necesarios es vital para asegurar el éxito de mitigar los efectos de los GEI de una organización. Para ello, las fases para que una planificación sea exitosa son las siguientes:

#### **6.4.1.1 Análisis de resultados y medidas**

Será una de las partes más cruciales de la gestión de las emisiones de GEI, debido a que todas las decisiones posteriores se basarán en el enfoque que se le dé a este apartado. Se valorarán las cantidades totales y relativas de tCO<sub>2</sub>e, que proporcionarán una comprensión del impacto medioambiental de nuestra empresa. No obstante, será de mayor importancia a la hora de tomar las decisiones las cantidades relativas de tCO<sub>2</sub>e, debido a que reflejarán los

porcentajes y remarcarán aquellos aspectos en los que la organización puede mejorar la eficiencia operativa y ambiental. Además, habrá que tener en cuenta los márgenes que cada sector emisor de GEI tiene, para saber si se puede actuar sobre él o si, por el contrario, no es eficiente tomar medidas en ese sector de la organización.

Además, los indicadores específicos serán esenciales para la elección de las medidas y cumplir con los objetivos medioambientales propuestos por la empresa, ayudando también a comunicar los logros ambientales a los órganos correspondientes. Estos indicadores pueden ser:

- Emisiones totales por unidad de superficie ( $\text{tCO}_2\text{e}/\text{m}^2$ )
- Emisiones totales por empleado ( $\text{tCO}_2\text{e}/\text{persona}$ )
- Emisiones totales eléctricas anuales ( $\text{kWh}/\text{m}^2/\text{año}$ )
- Emisiones totales térmicas anuales ( $\text{kWh}/\text{m}^2/\text{año}$ )
- Litros de agua por empleado al día, en el caso que se desee realizar un alcance 3 (l/persona/día)

#### ***6.4.1.2 Decisiones de medidas***

La toma de decisiones sobre las medidas de mitigación de emisiones GEI debe tomarse en base al análisis previo, estudiando la situación de la organización, recursos económicos y tomando en cuenta aquellas medidas que tendrán un impacto más inmediato o directo en las emisiones de la organización, si el objetivo de esta es que las emisiones se vean reducidas a lo largo de un plazo de tres años como estipula la normativa española.

Es por esto por lo que no vale únicamente tomar la decisión basada en aquellas medidas que ofrezcan un mayor impacto en la reducción de GEI por euro invertido ( $\text{tCO}_2\text{e}/\text{€}$ ), sino que hay que encontrar una sinergia que permita, además, alinear esas medidas con los objetivos de la ONG, asegurando que, amén de rentables, sean al mismo tiempo sostenibles y estables a largo plazo.

Esta premisa implica analizar también la viabilidad de cada proyecto, qué empresa lo lleva a cabo y para estudiar la estabilidad y probabilidad de interrupciones, así como el retorno de



la inversión, el cual no solamente tiene por qué ser económico, sino que pueden encontrarse ventajas de marketing, además de ambientales, y se tratará más adelante.

#### ***6.4.1.3 Implementación y monitoreo de medidas***

La implementación de medidas reducción de emisión de GEI en una ONG requiere de una planificación que abarque desde la organización de la medida a llevar, los plazos y tiempos de ejecución, hasta los objetivos específicos a alcanzar en cada fase de la implementación. Para ello, establecer un grupo de trabajo, con roles y responsabilidades, encargado de asegurar esos objetivos es clave para asegurar una gestión eficiente. Se ha de acordar fechas clave realistas, que permitan monitorear el progreso y hacer ajustes si es necesario, además de considerar los recursos disponibles y necesarios, para poder garantizar que las medidas adoptadas están generando los resultados esperados.

#### **6.4.2 PRESUPUESTO**

Una parte fundamental a la hora de la toma de decisiones de las medidas será tomarlas acorde con la economía de la organización. Los proyectos seleccionados han de ser financieramente viables dentro del presupuesto de la empresa y que no comprometan su estabilidad económica. En otras palabras, no tiene sentido que una ONG gaste más recursos en mediar con las emisiones de carbono que produce que en emplearlos en acciones altruistas, que es su verdadero fin. Un análisis económico de las ventanas de operación financiera que tiene la organización será clave para decidir qué medida es la óptima.

El presupuesto estimará la inversión de la medida, ya sea de reducción o de compensación, para mitigar los efectos de GEI. En el caso de las reducciones, obteniéndose a partir de la adquisición, transporte, montaje, etc., y en el de las compensaciones, a partir del valor de la aportación a la compensación, y será un dato relevante para el estudio económico.

#### **6.4.3 EXPLOTACIÓN ECONÓMICA**

En este tipo de servicio, el único sentido que se le puede dar a realizar una explotación económica será evaluar los recursos financieros empleados en mitigar los efectos de las emisiones de GEI y minimizarlos, con el fin de que las organizaciones altruistas puedan

destinar la mayor cantidad de dinero posible a su fin último, ofrecer un servicio sin ánimo de lucro.

Para cuantificar y valorar los recursos empleados y ganancias, se calcularán las siguientes variables.

- Coste Normalizado de la medida ( $C_N$ )

El costo normalizado de la medida es el costo total ajustado por diferentes factores y permite comparaciones uniformes entre diferentes escenarios o periodos.

*Ecuación 3. Fórmula del coste normalizado*      $C_N = CAPEX + OPEX$

El CAPEX (Capital Expenditure) es el gasto de capital destinado a la adquisición de la medida tomada, como por ejemplo la compra de una nueva impresora que consuma menos electricidad.

*Ecuación 4. Fórmula del coste de inversión (CAPEX)*      $CAPEX = INV \cdot f_a \approx \frac{INV}{N}$

La Ecuación 4, que se refiere al método del cálculo del CAPEX queda reducida a la cantidad invertida (INV) entre los años de vida de la medida tomada. Esta simplificación se debe a que, al tratarse de una inversión de un proyecto pequeño, no se tendrá en cuenta el interés ( $i=0$ ).

El OPEX (Operational Expenditure) será el gasto de capital destinado al funcionamiento de la medida tomada, como el mantenimiento, la energía consumida, reparaciones, operación, materiales o el coste del trabajo del personal que cuesta que una impresora esté en marcha.

Simplificando los costes de funcionamiento, pues no procede dar relevancia a las variaciones de energía, mantenimiento, reparaciones, operación, materiales, trabajo personal, etc., la expresión del OPEX será la siguiente:

*Ecuación 5. Fórmula del coste de funcionamiento (OPEX)*      $OPEX = \sum_{x=0}^j C_x$

De manera, que la Ecuación 3 quedaría de la siguiente manera para el coste normalizado de las medidas al año:

*Ecuación 6. Fórmula del coste normalizado* 
$$C_N = \frac{INV}{N} + \sum_{x=0}^j C_x$$

- Beneficios o ingresos

A pesar de que las medidas tomadas no supondrán unos beneficios directos o ganancias (G), existen otras maneras de minimizar los costes de inversión de las medidas y, así, comparar qué proyecto consume menos recursos financieros para la organización.

En cuanto a las ayudas financieras, existen varias subvenciones europeas que financian a organizaciones con sus proyectos ambientales:

- Programa LIFE: Ofrece financiamiento para proyectos ambientales y de acción climática. Este programa está disponible tanto para entidades públicas como privadas que promuevan sostenibilidad y protección del medio ambiente (Programa LIFE, 2024) [29].
- Fondos Estructurales y de Inversión Europeos (EIE): Son fondos que apoyan el desarrollo regional, la cohesión económica y social, y la creación de empleo. Estos son accesibles para administraciones locales, empresas, y organizaciones sin fines de lucro (FONDOS EIE, 2024) [30].

Respecto a los beneficios fiscales, son más las opciones nacionales que podemos encontrar.

- Deducción por Inversiones Medioambientales, donde el gobierno regional de ciertas comunidades autónomas, como Castilla y León o el Gobierno de Navarra, permiten las empresas que inviertan en bienes del activo fijo que tengan como objetivo la protección del medio ambiente, como la reducción de emisiones de GEI, pueden beneficiarse de una deducción de un tanto por ciento de la inversión en el Impuesto de Sociedades (Cómo puede obtener tu empresa beneficios fiscales si realiza inversiones en medioambiente, 2023) [31].

- Deducción por Producción de Energía Renovable, donde las inversiones en instalaciones de energías renovables, como la solar fotovoltaica, la eólica, o la biomasa, pueden beneficiarse de deducciones fiscales. Estas deducciones suelen ser del 10% al 20% de la inversión, dependiendo de la comunidad autónoma y del tipo de tecnología implementada (¿Cuáles son las deducciones fiscales para energías renovables?, 2023) [32].
- Bonificación en el Impuesto sobre Actividades Económicas (IAE). Algunas comunidades autónomas y municipios ofrecen bonificaciones en el IAE para empresas que implementen planes de reducción de emisiones de GEI. Estas bonificaciones pueden llegar hasta el 50% del impuesto, como la Comunidad de Madrid o Andalucía, dependiendo de la normativa local y del grado de reducción de emisiones conseguido (Bonificaciones que requieren aprobación por el Ayuntamiento (IAE), 2024) [33]
- Incentivos por Energías Renovables para la exención Impuesto sobre Bienes Inmuebles IBI (Averigua si tu municipio bonifica en el IBI, el ICIO o el IAE para instalaciones de autoconsumo Portada» Averigua si tu municipio bonifica en el IBI, 2024) [34].

En relación con beneficios fiscales por la compensación de emisiones a través de entidades independiente, teniendo en cuenta la Ley 49/2002, de 23 de diciembre, de “*Régimen fiscal de las entidades sin fines lucrativos y de los incentivos fiscales al mecenazgo*”, el Artículo 20. “*Deducción de la cuota del Impuesto sobre Sociedades*” indica que los contribuyentes del Impuesto sobre Sociedades pueden deducir el 40% de la base de la deducción de su cuota íntegra, una vez aplicadas otras deducciones y bonificaciones. Si no se deduce en el periodo impositivo, pueden aplicarse en los diez años siguientes. Si han realizado donaciones a la misma entidad en los dos años anteriores, y estas son iguales o mayores al año anterior, la deducción será del 50%. La base de esta deducción no puede exceder el 15% de la base imponible del periodo impositivo, y las cantidades excedentes pueden aplicarse en los diez años siguientes (Haz tu compensación con CeroCO2, 2024) [35].

Finalmente, a pesar de que habría que realizar un estudio de marca, al reducir la huella de carbono, la organización puede atraer a un sector del mercado cada vez más consciente de este problema medioambiental. Este hecho ayudaría a la organización a aumentar sus ingresos, y reducir su pérdida por la inversión de la medida, al llegar a clientes que busquen organizaciones comprometidas con la sostenibilidad, traduciéndose incluso en una relación de fidelidad por parte del consumidor.

Una vez cuantificados estos recursos empleados y beneficios, se podrá proceder al análisis de costo – beneficio real de la medida tomada, pues la realidad de la inversión no es del todo cierta tras el primer esfuerzo económico de la organización. Como se ha visto previamente, pueden existir beneficios fiscales que pueden ayudar a la organización a mejorar la rentabilidad de la medida, aunque generalmente salga negativa esta.

No tendrá sentido hacer el cálculo del TIR (Tasa Interna de Retorno) ni del VAN (Valor Actual Neto), debido a que no existen estudios de mercado que reflejen tasas de descuento para las medidas que se va a tomar, por lo que no hay comparación posible. Es por ello por lo que se calculará el ROI (Return Of Investment), la cual indica el porcentaje de rentabilidad anual de una inversión respecto al coste de inversión.

$$\text{Ecuación 7. Fórmula del ROI} \quad ROI = \frac{(G-C_N)-INV}{INV} \cdot 100\%$$

## **Capítulo 7. IMPLEMENTACIÓN: ESTUDIO PILOTO EN LA FUNDACIÓN INGENIEROS ICAI**

A continuación, se llevará a cabo un estudio piloto del servicio que se ha desarrollado previamente en las fases anteriores. De esta manera, se podrá evaluar la calidad del servicio prestado, así como las fases a optimizar.

### **7.1 EMPRESA COLABORADORA**

La institución en la que se implementará este estudio piloto será la Fundación Ingenieros ICAI, que se dedica a mejorar las condiciones de vida de personas más desfavorecidas. Para lograr este objetivo, la Fundación Ingenieros ICAI facilita que la comunidad de la Universidad Pontificia Comillas, específicamente la facultad de ingeniería ICAI, y empresas relacionadas, aporten su conocimiento y recursos al servicio de estas personas. Este compromiso no solo se manifiesta en proyectos técnicos, sino también en iniciativas para promover la igualdad y bienestar social a través del uso del ingenio y colaboración comunitaria.

Implementando un proyecto piloto de descarbonización en la fundación es una excelente opción por varias razones. Primero, sirve como una referencia para demostrar el impacto positivo y la viabilidad de estrategias de reducción de GEI. La fundación pretende con esto liderar con el ejemplo e inspirar a otras organizaciones a seguir un camino hacia la sostenibilidad.

Además, como se ha explicado antes, este proyecto piloto proporcionará datos y distintos enfoques sobre las prácticas más eficientes a escoger y los distintos desafíos que presenta la descarbonización, que será crucial para optimizar las estrategias y herramientas de remoción de carbono.

Por último, el estudio piloto se alinea con el objetivo de la fundación de contribuir a una sociedad más justa y solidaria. Reduciendo la huella de carbono, la Fundación Ingenieros ICAI mejora las condiciones ambientales para las generaciones futuras y promueve el bienestar de las actuales. Una iniciativa que demuestra el compromiso de la fundación con la justicia ambiental y social.

## **7.2 DESCARBONIZACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN**

Referente a la medición de las emisiones de carbono generadas por la fundación, cabe matizar que los datos recopilados no corresponden únicamente a la Fundación Ingenieros ICAI, sino que las inmediaciones de la fundación son compartidas. La Asociación/Colegio Nacional de Ingenieros del ICAI comparten las oficinas con la Fundación Ingenieros ICAI, además de salas de trabajo, coworking y un auditorio que también utilizar los socios para reuniones y/o eventos externos.

De tal manera que, para dimensionar la medición de carbono a las emisiones reales que genera la fundación en el año natural 2023, se empleará un factor de un veinteavo (5%) de la información que se recopile de las facturas y gastos comunes que generen GEI.

### **7.2.1 RECOPIACIÓN DE DATOS**

De acorde con el tipo de organización del que se está realizando la medición, no procedería requerirles datos más propios de grandes industrias, como de procesados de materias primas o multinacionales. Es por ello por lo que los datos anuales a requerir más propios de una ONG deben de ser los siguientes:

- Número de empleados
- Área de superficie de la ONG (m<sup>2</sup>), como, por ejemplo, oficinas

Estos datos se emplearán para elaborar los indicadores citados y poder tomar decisiones en base a ellos.

- Consumo de instalaciones fijas
  - Calderas fijas: se deberá recopilar todas las facturas mensuales en el periodo de un año, que contenga la energía empleada (kWh/mes) y la referencia del contador
  - Motor y/o bomba: se deberá recopilar el tipo de combustible empleado y el volumen de combustible gastado a lo largo de un año natural (l/año)
- Fugas directas: en caso de haber tenido una fuga de un equipo de climatización y/o refrigeración debido a una fuga y/o mantenimiento, recopilar todas las incidencias en el año natural, indicando el gas y la masa de gas recargado (kg)
- Extintores: en caso de haber empleado un extintor en el año natural, recopilar, de la factura de la empresa de protección contra incendios, el gas y la masa empleada (kg)
- Consumo de combustible en vehículos y maquinaria: recopilar los datos de combustible gastados de vehículos que la organización tenga en su posesión. Cabe recalcar que esta recopilación no afecta a aquellos vehículos que la organización emplee de manera indirecta, solamente de aquellos que figuren como propiedad de la organización. De los datos recopilados del coche, furgoneta, autobús, motocicleta, vehículo pesado, etc., se ha de escoger el formato de una de las siguientes opciones:
  - Presentar el tipo de combustible del vehículo y la distancia recorrida en un año natural (km/año)
  - Presentar el tipo de combustible del vehículo y el volumen de combustible repostado en un año natural (l/año)
  - Presentar el tipo de combustible del vehículo y el gasto de combustible en un año natural (€/año)
- Consumo eléctrico: recopilar todas las facturas mensuales en el periodo de un año natural del consumo del edificio y/o el de coches eléctricos y/o híbridos enchufables. Se debe reflejar la referencia del contador, si dispone de garantía de origen y su porcentaje y la energía empleada (kWh/mes). Respecto a la garantía de origen, se trata de un certificado que las comercializadoras proporcionan a sus usuarios para garantizar que la energía proviene de una fuente renovable. Viene expresado en un



porcentaje, que hace referencia la parte de energía renovable que se le entrega al usuario respecto a la total.

En cuanto a los datos proporcionados por la Fundación Ingenieros ICAI, se pueden ver reflejados en la siguiente tabla.

<i>Dato proporcionado</i>	<i>Tipo</i>			<i>Cantidades</i>	<i>Unidades</i>
Número de empleados				1	empleado
Área de superficie				566*	m <sup>2</sup>
Calderas fijas	-			0	kWh/mes
Motor y/o bomba	- **			- **	l/año
Fugas directas		R410A		8***	kg
Extintores	-			0	kg
Consumo de combustible en vehículos y maquinaria	-			0	km/año
					€/año
Consumo eléctrico	0049561309	No	- %	18.710,92*****	kWh/año

*Tabla 7. Recopilación de los datos de la Fundación Ingenieros ICAI. Fuente: elaboración propia a partir de los datos proporcionados por la Fundación Ingenieros ICAI.*

Cabe mencionar que tanto las fugas directas como el consumo eléctrico son gastos comunes, por lo que, en las mediciones, se le aplicará el factor (5%).

\* El cálculo del área superficie de las oficinas por plantas se ha realizado de la siguiente manera con los datos proporcionados:

- Área de superficie de la planta – 1: 285m<sup>2</sup>
- Área de superficie de la planta 0: 169m<sup>2</sup>
- Área de superficie de la planta + 1: 112m<sup>2</sup>

De manera que el área de superficie total: 566m<sup>2</sup>

\*\* De los datos de consumo de instalaciones fijas, donde hay una calefacción por bomba de calor, no se dispone de los datos de consumo individualizados, por lo que es imposible realizar el cálculo total de la energía empleada.

\*\*\* La masa de gas recargado, debido a fugas directas, es de 8kg. No obstante, al dimensionar y aplicar el factor del 5%, la cantidad que se introducirá en la ScopeCO<sub>2</sub> será de 0,4kg.

\*\*\*\* El cálculo del consumo eléctrico se realizará con la suma de la energía proporcionada por los documentos de las facturas correspondientes al año natural 2023. No obstante, hay que mencionar que en este año se produjo un cambio de comercializadora, por lo que se sumarán por separado los gastos de energía de cada comercializadora, debido a que ambas tendrán factores de emisión diferentes.

$$\text{Ecuación 8. F\acute{o}rmula de la suma del consumo el\acute{e}ctrico } CE_x = \sum m_y$$

La primera comercializadora es Integra energía, no obstante, el suministro que regula esta comercializadora es proporcionado por Iberdrola Distribución Eléctrica, S.A.U., por lo que se escogerá esta opción para que aplique su factor de emisión correspondiente. El sumatorio del consumo energético, dimensionado, de la primera mitad del 2023 es el siguiente.

$$CE_{\text{Integra energía}} = (2.066 + 3.860 + 2.924 + 1.978 + 771 + 48) \cdot 5\% = 582,35kWh$$

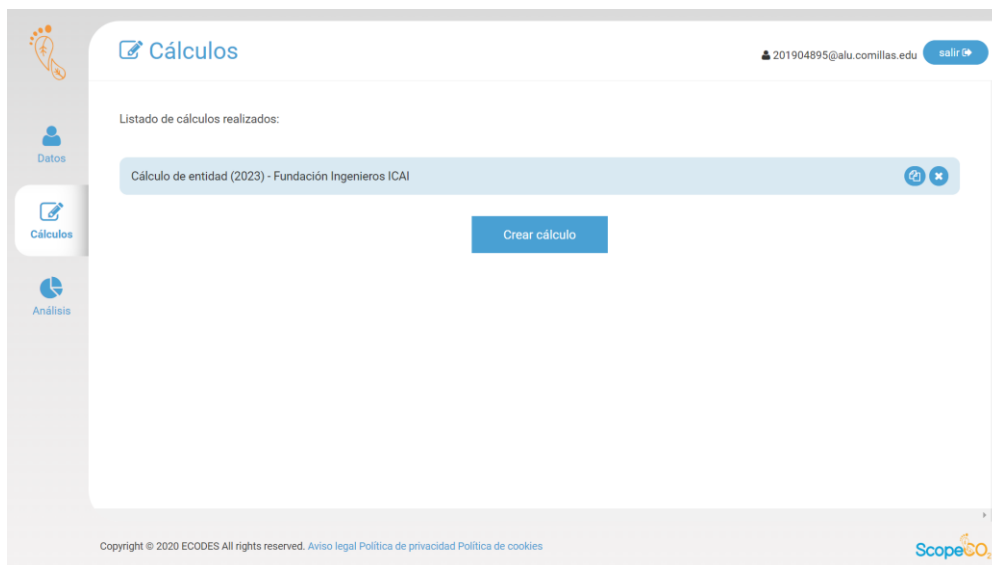
La segunda comercializadora es Factor Energía S.A., por lo que se aplicará, del mismo modo que se aplicó anteriormente, el factor de emisión correspondiente para esta comercializadora. El sumatorio del consumo energético, dimensionado, de la segunda mitad del 2023 será el siguiente.

$$CE_{\text{Factor Energía}} \\ = (755,53 + 1.194,16 + 1.145,16 + 901,37 + 1.085,63 + 1.982,08) \\ \cdot 5\% = 353,20kWh$$

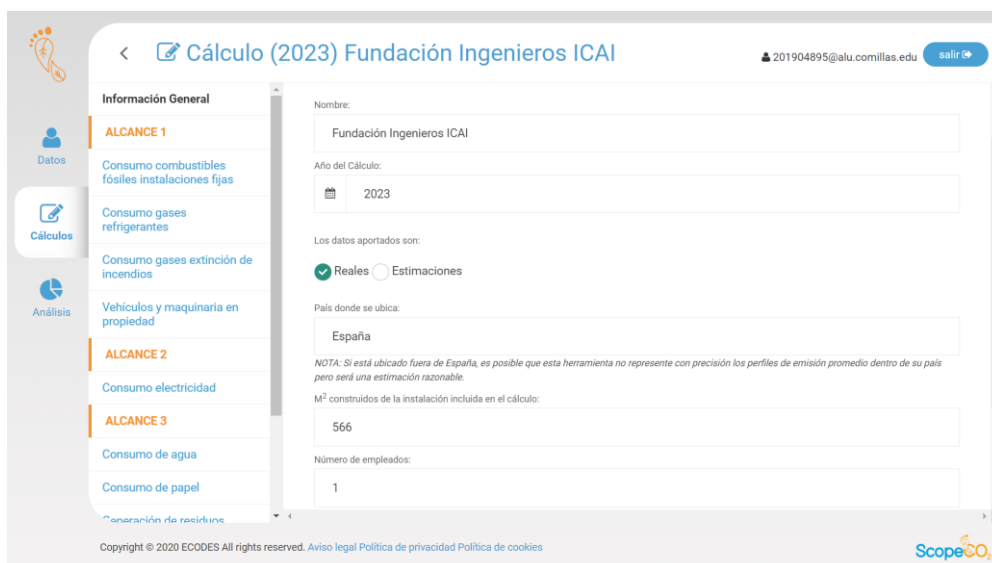
## **7.2.2 MEDICIÓN DE EMISIONES DE GEI**

Una vez recopilados los datos necesarios para la medición de emisión de GEI, se procederá a usar la herramienta ofimática ScopeCO<sub>2</sub>, como se indicó previamente, insertando los datos que corresponden en cada apartado.

Para comenzar, una vez registrados, se selecciona crear cálculo, donde se escogerá la opción de “Crear Cálculo de entidad”, rellenando con los datos correspondientes del año de la medición, especificando que los datos son reales y no estimados, la ubicación de la entidad de la que se realizará el cálculo, el área de superficie total y el número de empleados, como se muestran en las siguientes ilustraciones.



*Ilustración 15. Muestra de funcionamiento de ScopeCO<sub>2</sub>. Fuente: elaboración propia.*



*Ilustración 16. Muestra de funcionamiento de ScopeCO<sub>2</sub>. Fuente: elaboración propia.*

A continuación, se procederá a rellenar los datos de las emisiones de alcance 1 y alcance 2. En el caso de la Fundación Ingenieros ICAI, al solo tener emisiones de GEI debidas a las fugas directas y al consumo eléctrico, se rellenaran los datos correspondientes a estos, tal y como indica la Tabla 7.



*Ilustración 17. Muestra de funcionamiento de ScopeCO<sub>2</sub>. Fuente: elaboración propia.*



*Ilustración 18. Muestra de funcionamiento de ScopeCO<sub>2</sub>. Fuente: elaboración propia.*



The screenshot shows the 'Cálculo (2023) Fundación Ingenieros ICAI' interface. The main content area displays the following information:

- General:** FACTOR ENERGÍA ESPAÑA, S.A. | CUPS: 0049561309  
353.20 kWh al año.
- Añadir contador** (button)
- Modificar contador** (modal form):
  - Referencia Contador - CUPS: 0049561309
  - Uso: General
  - Comercializadora: FACTOR ENERGÍA ESPAÑA,...
  - ¿Dispone de garantía de origen?: No
  - ¿Porcentaje?: 0
  - Introducción de datos (mensual / anual): Consumo anual
  - Consumo anual en kWh: 353.20

At the bottom, there is a copyright notice: 'Copyright © 2020 ECODES All rights reserved. Aviso legal Política de privacidad Política de cookies' and the ScopeCO2 logo.

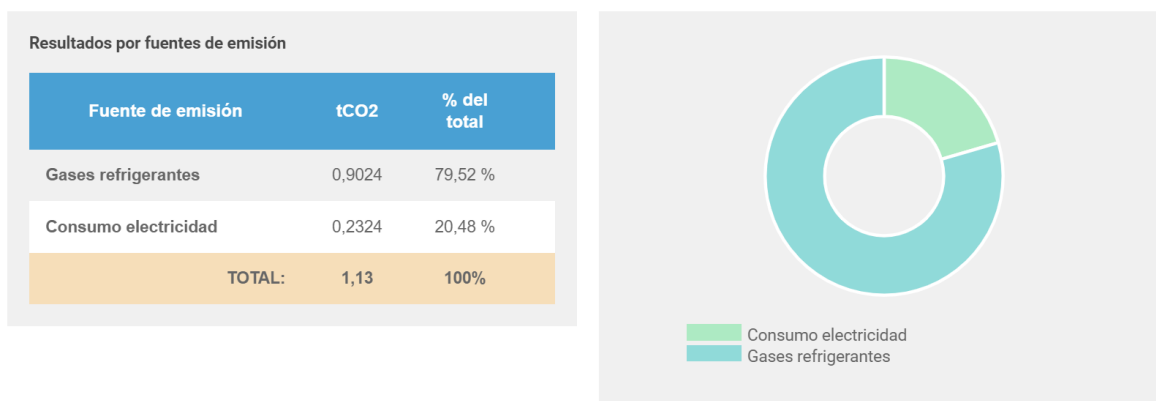
*Ilustración 19. Muestra de funcionamiento de ScopeCO<sub>2</sub>. Fuente: elaboración propia.*

Finalmente, para el resto de las mediciones de alcance 3, se seleccionará la opción de “No dispongo de esta fuente de emisión”, pues el objetivo de este servicio, como se indicó previamente, es la medición de las emisiones de GEI del alcance 1+2, que son las obligatorias.

## **7.2.3 RESULTADOS Y ANÁLISIS**

### **7.2.3.1 Resultados**

Concluido la medición sobre las emisiones de GEI que produce la Fundación Ingenieros ICAI, en la pestaña de la izquierda de “Análisis” aparecerá nuestro informe de emisiones de la entidad. En este apartado, se podrá visualizar la cuantificación de las emisiones generadas, para proceder a su posterior análisis, y tomar las decisiones que sean oportunas para mitigar los efectos del carbono generado.



*Ilustración 20. Análisis de la entidad Fundación Ingenieros ICAI en 2023. Fuente: elaboración propia mediante ScopeCO<sub>2</sub>.*

Como bien se puede apreciar en la ilustración anterior, el total de emisiones, dimensionadas, generadas por la fundación es de 1,13 tCO<sub>2</sub>e, de las cuales 0,9024 tCO<sub>2</sub>e proceden de la fuga de gases refrigerantes que experimentó la organización y 0,2324 tCO<sub>2</sub>e del consumo de electricidad, que resulta ser la suma de emisiones de carbono de ambas comercializadoras por separado.

Resalta que el mayor porcentaje de las emisiones generadas es debido a la fuga de gases refrigerantes, con un 79.52% del total de las emisiones, por lo que sería conveniente atajar este problema si se desea obtener resultados positivos respecto a la remoción de carbono. Esto resulta obvio, pues, debido a la naturaleza de estos gases contaminantes, poseen un factor de emisiones relativamente mayor respecto a los demás, que se puede comprobar en la Tabla 11. Del Anexo I.

### **7.2.3.2 Análisis**

Los resultados obtenidos de las emisiones totales de GEI, dimensionadas, son relativamente bajas. Para tener un orden de magnitud, el promedio de emisiones de carbono generadas por una persona en un año natural es de 6,76 tCO<sub>2</sub>e, a pesar de que varía dependiendo del país y del estilo de vida. Por ejemplo, mientras que la media de España es del 7,08 tCO<sub>2</sub>e, más baja que la media per cápita europea que es del 8,09 tCO<sub>2</sub>e, en EE. UU. la media es de 17,90

tCO<sub>2e</sub>, debido al alto consumo energético y uso extensivo del transporte privado, tal y como se puede comprobar en la Ilustración 29., adjuntada en el Anexo II.

Esta cifra puede ser baja debido a que no se ha contabilizado el alcance 3, que aumentaría notablemente las cantidades de las emisiones de GEI generadas. No obstante, como se ha repetido varias veces, el objetivo de este servicio es contabilizar las emisiones obligatorias, entre las que no se encuentra este tipo de alcance.

Respecto a los índices, servirán para conocer la evolución de las emisiones a lo largo de los años, así como poder realizar comparativas con otras entidades del mismo sector que hayan hecho el cálculo de su huella. Por ejemplo, si se han aplicado medidas de reducción, pero al hacer el cálculo las toneladas totales han aumentado con respecto al año anterior y en el año de estudio se ha llevado a cabo una ampliación aumentando los m<sup>2</sup>, calculando el indicador emisiones por m<sup>2</sup> se puede conocer realmente si los planes reducción han sido efectivos., aunque haya habido mayores emisiones, ya que se obtiene las emisiones por m<sup>2</sup>, independientemente de la superficie utilizada en los diferentes años.

Por otro lado, con el indicador por empleado ocurre lo mismo, muestra los kilogramos de CO<sub>2</sub> que emite un empleado al desarrollar su trabajo y por tanto conocer las emisiones por empleado independientemente de si se ha aumentado o reducido la plantilla (ScopeCO<sub>2</sub>, 2024) [21].

A continuación, se muestran dichos indicadores para el año de cálculo:

R1: tCO <sub>2</sub> /empleado	1,13
R2: kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	2,00
R3: kWh eléctricos/m <sup>2</sup> al año	1,65
R4: kg papel/ empleado al año	0,00
R5: litros de agua / empleado al año	0,00

*Ilustración 21. Resultado de los índices obtenidos. Fuente: elaboración propia mediante ScopeCO<sub>2</sub>.*

Finalmente, se puede hacer un análisis de las diferencias de emisiones de GEI que se generarán debidas al cambio de comercializadora. Respecto a la comercializadora Integra energía, suministrada por Iberdrola Distribución Eléctrica, S.A.U., si se realiza un cálculo por separado en ScopeCO<sub>2</sub>, se obtiene el siguiente resultado.

Análisis detallado

Fuente de emisión	tCO <sub>2</sub>	% del total
Consumo electricidad	0,1403	100,00 %
<b>TOTAL:</b>	<b>0,14</b>	<b>100%</b>

*Ilustración 22. Análisis de las emisiones debidas al consumo energético de la comercializadora Integra energía. Fuente: elaboración propia mediante ScopeCO<sub>2</sub>.*

Se aprecia que se generan 140,30 kgCO<sub>2</sub>e de los 582,35 kWh, del que se puede obtener el siguiente índice de emisiones por energía (kgCO<sub>2</sub>e/kWh).

$$\frac{140,30}{582,35} = 0,2409 \text{ kgCO}_2\text{e/kWh}$$

En cuanto a la comercializadora Factor Energía S.A., si se realiza el mismo cálculo por separado en ScopeCO<sub>2</sub>, se obtiene el siguiente resultado.

Resultados por fuentes de emisión

Fuente de emisión	tCO <sub>2</sub>	% del total
Consumo electricidad	0,0918	100,00 %
<b>TOTAL:</b>	<b>0,09</b>	<b>100%</b>

*Ilustración 23. Análisis de las emisiones debidas al consumo energético de la comercializadora Factor Energía S.A. Fuente: elaboración propia mediante ScopeCO<sub>2</sub>.*



Se aprecia que se generan 91,80 kgCO<sub>2e</sub> de los 353,30 kWh, del que se puede obtener el siguiente índice de emisiones por energía (kgCO<sub>2e</sub>/kWh).

$$\frac{91,80}{353,30} = 0,2598 \text{ kgCO}_2\text{e/kWh}$$

De consumo eléctrico, se generan 0,2409 kgCO<sub>2e</sub>/kWh con la comercializadora Integra energía y 0,2598 kgCO<sub>2e</sub>/kWh con Factor Energía S.A., lo que implica un aumento del 7,85% de las emisiones de carbono, por kWh consumido, al haber cambiado de comercializadora. Cabe mencionar que, a pesar de que parece que se producen menos tCO<sub>2e</sub> en las mediciones, esto se debe al menos consumo de energía realizado con la comercializadora actual.

#### **7.2.4 MITIGACIÓN DE LOS CONSUMOS DE GEI**

Realizado el análisis correspondiente de los resultados obtenidos tras la medición de emisiones de GEI, se procede a planificar una optimización de los recursos empleados que generan esta contaminación, con el objetivo de tomar acciones, directas o indirectas, que reducirían la generación de GEI.

Una acción inmediata podría ser promover un mantenimiento proactivo, y no reactivo, de los aparatos de refrigeración y/o climatización para prevenir las fugas de gases altamente contaminantes, como es el caso del R410A. Del mismo modo, se podría incentivar que el trabajador, y los demás trabajadores de las otras organizaciones que usan las instalaciones, tome medidas para reducir el consumo eléctrico innecesario, como dejar una luz prendida o un aire acondicionado funcionando sin que haya nadie en la oficina.

También, existe la opción de cambiar de comercializadora de energía más sostenible y responsable con el medioambientalmente. Para ello, dado que la Fundación Ingenieros ICAI tiene unos recursos financieros limitados, se calculará un índice de GEI por euro invertido (tCO<sub>2e</sub>/€), que servirá para comparar las mejores opciones del mercado.

Ecuación 9. Fórmula del índice de GEI  $CO_2e/\text{€} = \frac{FE_x}{C_x}$

- $FE_x$ : factor de emisión de una comercializadora (kgCO<sub>2</sub>e/kWh)
- $C_x$ : coste medio de la energía de una comercializadora (€/kWh)

Para ello, se presenta la siguiente tabla, que recopila los FE de comercializadoras ampliamente reconocidas a nivel nacional, recogidos de la Tabla 12. en el Anexo II, y los datos de los precios por energía, recogidos de las distintas tarifas en las páginas web de las comercializadoras.

Comercializadora	FE (kgCO <sub>2</sub> e/kWh)	Coste medio de la energía (€/kWh)	Índice de GEI por inversión (kgCO <sub>2</sub> e/€)
Factor Energía S.A.	0,270	0,19597	1,378
Iberdrola Distribución Eléctrica, S.A.U.	0,232	0,20170	1,150
ACCIONA GREEN ENERGY DEVELOPMENTS SL	0	0,12409	0
ENDESA ENERGÍA S.A.U.	0,272	0,12500	2,176
ENI PLENITUDE IBERIA, S.L.	0	0,14025	0
NATURGY IBERIA, S.A.	0,271	0,11490	2,359
REPSOL COMERCIALIZADORA DE ELECTRICIDAD Y GAS, S.L.U.	0,259	0,11970	2,164
TOTALENERGIES ELECTRICIDAD Y GAS ESPAÑA, S.A.U.	0,249	0,13670	1,822

Tabla 8. Resumen del índice de GEI por inversión. Fuente: elaboración propia.

Debido a que el índice posee dos variables, el factor de emisión (FE) y el coste de la energía, el análisis del índice de GEI por inversión puede complicarse. Conviene que el índice tienda a cero si se tiene en cuenta únicamente el FE, pues significará que se emite menos carbono.

Sin embargo, si, por el contrario, se tiene en cuenta el precio de la energía, no convendrá que el índice tienda a cero, pues significará que la energía sea más costosa. Es por ello por lo que se buscarán índices bajos con un coste medio de la energía bajo también, como es el caso de las comercializadoras Acciona y Plenitude.

### **7.2.5 MITIGACIÓN DE LOS EFECTOS DE GEI**

Existe, por otra parte, la opción de compensar las emisiones generadas con un plan de inversión en un proyecto que absorba emisiones de carbono. Para ello, será bastante útil evaluar los posibles proyectos de compensaciones existentes mediante un índice de absorción de GEI por euro invertido (tCO<sub>2</sub>e/€).

*Ecuación 10. Fórmula del índice de absorción*

$$\frac{\text{Absorción de la compensación } tCO_2e}{\text{Coste de la inversión } \text{€}}$$

Al estar compensando los GEI emitidos con absorciones por una cierta cantidad de dinero invertido, mientras mayor sea la absorción o, mientras menor sea el coste de inversión, el índice mejorará aumentando, y es lo que se pretenderá.

No obstante, al presentar la Fundación Ingenieros ICAI emisiones bajas, no procederá involucrarse en un proyecto de este tamaño, pues los recursos limitados de esta organización condicionan. Es por el mismo motivo que tampoco tendría sentido comenzar un proyecto de absorción y presentarlo, ya que son procesos costosos.

### **7.2.6 ECONOMÍA DE LA REDUCCIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO**

Para finalizar la planificación del plan de mitigación de emisiones de GEI, se ha de realizar un estudio económico, para cuantificar la inversión que requerirá reducir las emisiones de carbono y ser conscientes de los recursos económicos que se emplearán en ella.

#### **7.2.6.1 Presupuesto**

Primero, será necesario el cálculo de la inversión (INV) de las diferentes medidas que se emplearán. Estas medidas comenzarían con un mantenimiento proactivo de los sistemas de refrigeración y/o climatización, ya que no procedería sustituir este sistema por uno que

contenga un gas refrigerante con un factor de emisión menor, al ser un proceso costoso. Seguiría una charla sobre acciones rutinarias que los empleados pueden tomar con el fin de disminuir las emisiones generadas innecesariamente y, finalmente, la evaluación de un cambio de comercializadora, para reducir las emisiones asociadas a la nueva compañía.

El coste medio de tomar medidas proactivas de mantenimiento de los sistemas de refrigeración y/o climatización ronda los 200€ (¿Cuál es el precio de mantenimiento de aire acondicionado?, 2024) [36] Por otra parte, una orientación sobre medidas eficientes contra el consumo innecesario de la energía puede llegar a ser gratuitos, ya que existen muchas organizaciones altruistas que buscan ayudar a reducir los consumos innecesarios de empresas.

Por último, la penalización que conllevaría una rescisión del contrato con una comercializadora, antes del cumplimiento de un año, es como máximo el 5% del precio estipulado en el contrato por la energía estimada pendiente de suministro (Cambios de suministrador, 2024) [37], por lo que el costo de la rescisión inmediata, teniendo en cuenta que se ha vuelto a renovar en julio del 2024, sería el siguiente teniendo en cuenta las condiciones del contrato actual.

- Duración del contrato: 12 meses
- Consumo anual estipulado: 15.000 kWh, ya que es el doble de la cantidad redondeada del consumo de la segunda mitad del 2023
- Precio del kWh: 0.19597 €/kWh

Valor del consumo restante:  $15.000 \cdot 0,19597 \cdot 5\% = 147\text{€}$  , que, redondeándolo para facilitar los cálculos, son aproximadamente 147 €, lo que hace un total aproximado de la inversión (INV) de 350 €.

### ***7.2.6.2 Explotación de la descarbonización***

Para realizar la explotación de la descarbonización, primero será necesario hallar el Coste Normalizado de la medida ( $C_N$ ), que dependerá de los siguientes factores.

- Inversión (INV): será el presupuesto estimado en el apartado anterior, de 210 €
- Años de vida de la medida (N): se estimará que, a los 3 años, tiempo necesario que la organización debe reflejar una clara reducción de sus emisiones, se podría valorar tomar nuevas medidas
- Costes de funcionamiento ( $C_X$ ): serán los costes asociados al consumo de energía, del se estimará que no variarán a lo largo del trienio y serán 800 kWh/año consumidos al coste de la nueva comercializadora, por ejemplo, Acciona, de 0,12409€/kWh

$$C_N = \frac{350}{3} + 15.000 \cdot 0,12409 = 1.978,02 \frac{\text{€}}{\text{año}} \sim 2.000 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

A continuación, se investigarán los diferentes beneficios (B) las medidas pueden generar. Al ser una inversión para mejorar la remoción de carbono, los beneficios no serán ingresos como tal, sino las deducciones y bonos que se trataron anteriormente en el capítulo 6. Una deducción que podría aplicarse al caso sería la Bonificación en el Impuesto sobre Actividades Económicas (IAE), ya que se estaría implementando un plan de reducción de emisiones de GEI. Como se indicó previamente, estas bonificaciones pueden llegar hasta el 50%, por lo que si una PYME, como lo sería la fundación, tiene una cuota de 300 €, pues tiene un carácter local y no industrial, se deduciría 150 €.

Sin embargo, un caso de bonificación que no sería aplicable, pero es interesante comentar, sería el de la reducción del 50% del Impuesto de Sociedades. Como en este plan de mitigación de GEI no se ha planteado una compensación, como se justificó anteriormente, no se puede aprovechar esa reducción, aunque si se encuentra una inversión rentable de un proyecto de absorción de carbono, se podría valorar la opción de invertir en el proyecto.

Finalmente, se procederá a calcular el ROI, dimensionado, de las diferentes medidas tomadas, donde no será de extrañar si sale negativo, pues no esperamos ganar nada con esta inversión, sino que mitigar los efectos de los GEI que generamos en la fundación.

$$ROI = \frac{(150 - 2.000) - 350}{350} \cdot 5\% \cdot 100 = -31,43\%$$

Esto indicaría que se estaría perdiendo el 31,43% del dinero de la inversión hecha para mitigar los efectos de GEI debido a la comercializadora de energía y el mantenimiento proactivo de los sistemas de refrigeración y/o climatización.

Es importante recalcar que, en caso de poseer diferentes medidas posibles, debido a la naturaleza compleja de cierta organización, habrá que realizar los cálculos hechos para cada una de estas medias por separado y, finalmente, compararlos. Para la elección de estas medidas finales, se deberá tener en cuenta todos los indicadores y datos, tanto recogidos como hallados, como la inversión GEI por euro invertido ( $tCO_2e/€$ ), como la que medida sea sostenible a largo plazo, y que el ROI sea lo menos negativo posible.

## **Capítulo 8. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS**

Tras el Trabajo de Fin de Grado: “*Reducción de Huella de Carbono en ONG*”, se pueden obtener varias conclusiones. Se reflejará lo que se ha pretendido con este servicio, lo conseguido y lo aportado, así como las lagunas que le pueden faltar. Además, se ofrecerá un punto de vista a largo plazo, donde las nuevas tecnologías serán el epicentro de las mediciones de emisiones de GEI.

### **8.1 CONCLUSIÓN DEL TRABAJO DE FIN DE GRADO**

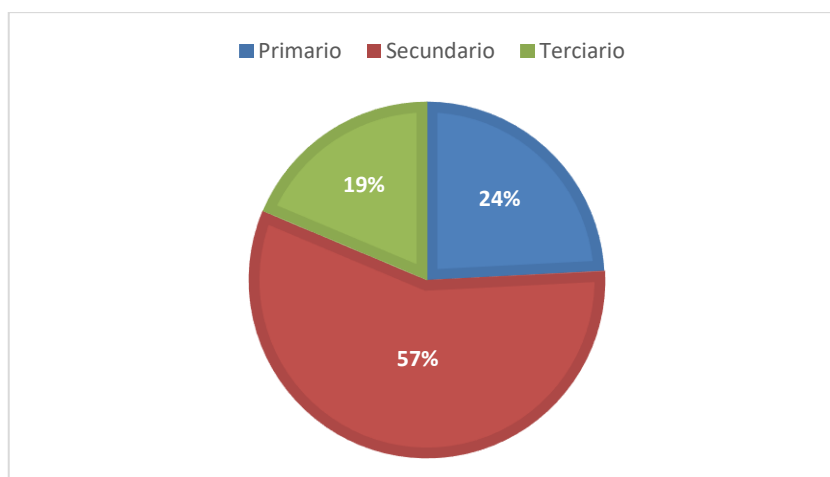
Se ha pretendido, con este Trabajo de Fin de Grado, aportar un enfoque más proactivo que un proyecto de fin de carrera regular. Esto se debe a la situación legislativa en la que se encuentran este tipo de mediciones, pues al no haberse comunicado avances en el proyecto de ley, se encuentra retrasado. Además, se ha buscado establecer un claro servicio de reducción de emisiones de GEI en organizaciones altruistas, donde se establecen claramente las fases a seguir y las herramientas a emplear. Cabe destacar la fase de mitigación de los efectos y la explotación económica de estos, que, hasta ahora, estaba en manos de empresas especialistas en este tipo de mediciones. Al mismo tiempo, se ha explicado las posteriores decisiones sobre la remoción a tomar y, ahora, están al alcance de todo tipo de organizaciones, gracias a este servicio clasificado en fases entendibles y simples de aplicar.

Se consigue así acercar la medición de la huella de carbono a las organizaciones, ya que, al desglosarlo y hacer un manual, se podrá aplicar con más facilidad. Es más, gracias al servicio, la frecuencia con la que las organizaciones pueden realizar su propia medición de carbono será mayor, descentralizando este cálculo y agilizándolo. Esta preparación para una futura legislación, no tan lejana, es un beneficio, pues todas las empresas comprenderán cómo llevar a cabo esta medición correctamente. Por otra parte, también se consigue una concienciación social con este servicio, que ayudará a que todos llevemos a cabo acciones más favorables para el medioambiente y de bajo carbono.

Es por estas razones por lo que este servicio no solo ayuda a aumentar, aún más si cabe, la concienciación medioambiental y a la sociedad, que resulta beneficiada al disfrutar de un ambiente en bajo carbono, algo que, por ejemplo y sin ir más lejos, repercute en la salud de la población. Sino que también ayuda a que las organizaciones puedan realizar estos cálculos sin la necesidad de contratar a una empresa para que los haga por esta, con una obvia reducción en los recursos financieros disponibles, que podrían ser empleados para el fin propio de la empresa.

## 8.2 DISCUSIÓN

Un dato que habría que recalcar es que, a nivel global, el sector secundario, es, con diferencia, el más importante emisor de CO<sub>2</sub>. La naturaleza de este sector, dedicado a el aprovechamiento y tratamiento de las materias primas para que la población pueda explotarlas, genera una gran cantidad de emisiones de carbono. La quema de combustibles fósiles, los diferentes procesos de las industriales, la construcción, y, sobre todo, por la industria energética, son los mayores contribuyentes de emisiones de GEI a este sector.



*Ilustración 24. Porcentaje de emisiones de GEI globales de los sectores. Fuente: elaboración propia a partir de (JRC/IEA 2023 Report) (Crippa et al., 2023) [20].*



Además, disgregando uno a uno los sectores, es notable cómo la industria energética es el mayor contribuyente a las emisiones de CO<sub>2</sub>e, seguido de los transportes que organizaciones de todos los sectores emplean, como se puede apreciar en la siguiente ilustración.

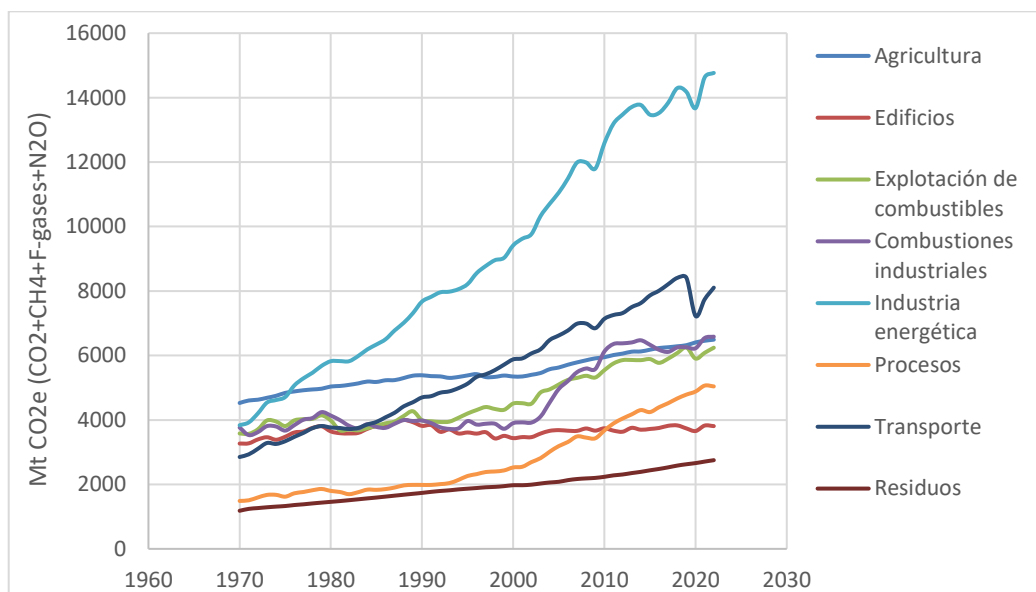


Ilustración 25. Emisiones de GEI globales (CO<sub>2</sub> fósil, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y F-gases) respecto a los sectores.

Fuente: elaboración propia a partir de (JRC/IEA 2023 Report) (Crippa et al., 2023) [20].

Todo esto lleva a pensar en que los esfuerzos de emisiones se deben centrar en estos sectores. Implementar tecnologías más limpias y la mejora de la eficiencia energética en estos procesos puede ser crucial para notar significativas reducciones en las emisiones globales. No obstante, cierto es que la flexibilidad que el sector secundario no es la misma que la del sector terciario, pues resulta más simple reducir las emisiones de los individuos del sector terciario a implementar un plan de remoción de CO<sub>2</sub> en una organización perteneciente al sector secundario, y vital para la cadena de suministro, como lo es la industria energética.

A pesar de ello, nadie puede negar que las multinacionales tienen un impacto más significativo en las emisiones globales de GEI que las PYME. Estas grandes corporaciones, debido a la magnitud de sus operaciones y equipos, son a menudo responsables de altos niveles de contaminación. Por ejemplo, desde 1988, año en el que se crea el IPCC, más de la mitad de las emisiones industriales mundiales se puede rastrear en sólo 25 empresas y

entidades estatales (CIEN EMPRESAS SON RESPONSABLES DEL 71 % DE LAS EMISIONES DE GEI, 2024) [38].

Según el CDP (Carbon Disclosure Project), entre los años 1988 y 2015 cien empresas fueron responsables del 71 % de emisiones de GEI mundiales. Tal como indica el informe The Carbon Majors Database, estas son las diez compañías que arrojan más dióxido de carbono a la atmósfera (The Carbon Majors Database Dataset 1.0 Methodology and Results, 2017) [39]:

- China Coal 14,3 %
- Saudi Aramco 4,5 %
- Gazprom OAO 3,9 %
- National Iranian Oil Co 2,3 %
- ExxonMobil Corp 2,0 %
- Coal India 1,9 %
- Petróleos Mexicanos 1,9 %
- Russia Coal 1,9 %
- Royal Dutch Shell PLC 1,7 %
- China National Petroleum Corp 1,6 %

La parte positiva, cada vez son más las grandes empresas las que apoyan la transición a una economía libre de carbono, y se han comprometido a obtener energía de origen 100% renovable. Es el caso de las compañías como Apple, Facebook, Google o Ikea.

### **8.3 EL FUTURO DE LA DESCARBONIZACIÓN**

La descarbonización de las empresas e industrias en una rama de la ingeniería que está en auge, y es por esto por lo que tiene un futuro brillante. Ante el rápido avance de la tecnología, la legislación deberá estudiar cuál es la manera óptima y justa de regular estas mediciones.

#### **8.3.1 TECNOLOGÍAS VANGUARDISTAS**

El futuro de la recopilación, tratamiento y estudio de datos ha eclosionado en los últimos años gracias a tecnologías emergentes, y han cambiado el paradigma del análisis de la ingeniería. El Big Data, el Machine Learning (ML), donde destaca la Inteligencia Artificial (IA), y los Gemelos Digitales, son el futuro de la automatización y tratamiento de datos, los cuales pueden ayudar a la toma de decisiones o, incluso, a automatizar o semi automatizar procesos.

El Big Data recolectaría los datos de consumos de las diferentes fuentes de emisiones de GEI. Lo óptimo sería que estos datos recopilados fuesen preprocesados por los sensores IoT (Internet of Things), ya que es más eficiente que cada instrumento elimine el ruido y trate los datos previos al envío de estos. A continuación, se procedería al entrenamiento de una IA, para que vaya asistiendo en tiempo real y ofrezca directamente distintas opciones para mitigar las emisiones de GEI y que, al mismo tiempo, estén adaptadas a las necesidades de la organización.

Para ello, sería necesario contar con un gran banco de datos, que sean recopilados de miles de empresas para, así poder conseguir que la máquina entrenada ofrezca la mejor opción posible. Además, si se deseara implementar este tipo de tecnología a multinacionales, debido a que su desarrollo sería costoso, se podría entrenar a una IA, mediante regresiones y redes neuronales, que prediga la demanda que va a tener y, de esta manera poder obtener las futuras emisiones de carbono que va a generar y poder anticiparse a estas. Esta inteligencia se podría ir corrigiendo y mejorando mediante algoritmos de detección de anomalías, como Random Forest (RF), para seguirla entrenando con diferentes métodos con los datos históricos que se poseen.

Al mismo tiempo, se podría barajar la opción de crear un Gemelo Digital, que es un sistema digital donde se implementan las medidas oportunas en base al ML. Después, se evaluaría el modelo y la calidad de las decisiones tomadas, mediante MAE, RMSE, F1-Score, k-fold o cross – validation, para garantizar precisión y robustez del modelo. Finalmente, sería conveniente crear un círculo de realimentación (feedback loop) donde los resultados de las simulaciones y predicciones se utilicen para actualizar y refinar, tanto el gemelo digital, como los modelos de la IA, creando así un ciclo continuo de mejora.

### **8.3.2 REGULACIONES COHERENTES**

Sin embargo, de nada sirve avanzar tecnológicamente si la legislación se queda estancada. La normativa carece de rigor y claridad, sobre todo ante qué empresas estarán exentas y obligadas a llevar a cabo esta medición. Falta, por ejemplo, aclarar qué porcentaje mínimo de reducción anual ha de ser necesario para dar por válida la reducción de emisiones, pues

no es lo mismo que una empresa reduzca el 0,5% de sus reducciones totales y otra el 8%, y ambas sean consideradas reducciones por igual.

Al mismo tiempo, no tendría sentido no establecer un mínimo respetable por el que las empresas no estarían obligadas a implementar medidas para reducir sus emisiones, pues hay que entender que lograr el carbono cero es una utopía. El término bajo en carbono es más apto, porque, de una manera u otra, se va a generar carbono, como, por ejemplo, una fabricación masiva de las placas solares que pretenden reemplazar a una planta de cogeneración.

Además, se debería mantener conversaciones con los empresarios para crear una legislación coherente y viable, donde las metas no sean las mismas para PYME que para las multinacionales, pues estas últimas poseen un mayor margen de actuación al tener más recursos financieros. También, es necesario el punto de vista de los empresarios para entender otros problemas que pueden surgir y que se pueden estar escapando.

Para finalizar, estas metas realistas para la remoción de las emisiones de GEI han de ser llevadas a cabo a nivel global. Si se implementan únicamente a nivel nacional, aparte de no estar consiguiendo el objetivo de reducir el carbono mundial, y no únicamente en una nación, los países que no implementen estas medidas pueden aprovecharse de la situación y captar la inversión “ahuyentada” de los demás países, como ocurre en la actualidad con China o India.

## Capítulo 9. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Abram, N., J.-P. Gattuso, A. Prakash, L. Cheng, M.P. Chidichimo, S. Crate, H. Enomoto, M. Garschagen, N. Gruber, S. Harper, E. Holland, R.M. Kudela, J. Rice, K. Steffen y K. von Schuckmann (2019) *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* . Disponible en: <https://www.ipcc.ch/srocc/chapter/chapter-1-framing-and-context-of-the-report/> (Accedido: 5 de junio de 2024).
- [2] Merodio, L. (2023) *PROPUESTA DE GUÍA PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO- ALCANCE 3, SEGÚN NORMA UNE-EN-ISO 14064:2019. ADAPTACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID.*
- [3] Ranganathan, J., Smith, B., Aksel, H., Norsk, H., Vicki, H., Cochran, A., Murphy, A. J., Gupta, S., Eaton, R., McMahon, M., Don, B. P., Dow, H., Canada, C., Vanderborgh, B., Melanie, H., Kjell, E. K., Norsk, O., Laurent, H., Pricewaterhousecoopers, S., Pricewaterhousecoopers, M. M., Acosta, R. y Camobreco, V. (2004) *Protocolo de Gases de Efecto Invernadero.*
- [4] *ISO 14001:2015 - GUÍA DE IMPLANTACIÓN PARA SISTEMA DE GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL* (2015).
- [5] Stephanie, S. (2022) *ISO 14067: Meaning, Standard and Requirements, Greenly Institute.* Disponible en: <https://greenly.earth/en-gb/blog/company-guide/iso-14067-meaning-standard-and-requirements> (Accedido: 11 de junio de 2024).
- [6] *Gases de efecto invernadero — Huella de carbono de productos — Requisitos y directrices para cuantificación* (2018).
- [7] *La Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)* (2022) *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.* Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/el-proceso-internacional-de-lucha-contra-el-cambio-climatico/naciones-unidas.html> (Accedido: 11 de junio de 2024).

- [8] *¿Qué es el Protocolo de Kioto?* (2023) CMNUCC. Disponible en: [https://unfccc.int/es/kyoto\\_protocol](https://unfccc.int/es/kyoto_protocol) (Accedido: 11 de junio de 2024).
- [9] *El Acuerdo de París* (2023) CMNUCC. Disponible en: <https://unfccc.int/es/acerca-de-las-ndc/el-acuerdo-de-paris> (Accedido: 11 de junio de 2024).
- [10] *Real Decreto 163/2014, de 14 de marzo* (2014). Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2014/03/29/pdfs/BOE-A-2014-3379.pdf> (Accedido: 11 de junio de 2024).
- [11] *Sello del Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono* (2022).
- [12] *Disposición 8447 del BOE núm. 121 de 2021* (2021). Disponible en: <https://www.boe.es>. (Accedido: 11 de junio de 2024).
- [13] *¿Es obligatorio calcular la huella de carbono en las empresas?* (2023) Asociación de Empresas de Eficiencia Energética. Disponible en: <https://www.asociacion3e.org/noticia/es-obligatorio-calcular-la-huella-de-carbono-en-las-empresas#:~:text=Seg%C3%BAn%20el%20decreto%2048%2F2021,de%20Carbo no%20en%20su%20organizaci%C3%B3n>. (Accedido: 12 de junio de 2024).
- [14] *Decreto 48/2021 de 13 de diciembre, regulador del Registro balear de Huella de Carbono* (2024) EQA. Disponible en: <https://eqa.es/decreto-482021-registro-balear-huella-carbono#:~:text=El%20Decreto%2048%2F2021%2C%20obliga,de%20su%20huella%20de%20carbono>. (Accedido: 12 de junio de 2024).
- [15] *¿Cuánto paga de luz un local comercial?* (2024) Repsol. Disponible en: <https://www.repsol.es/autonomos-y-empresas/asesoramiento/gasto-luz-local-comercial/> (Accedido: 12 de junio de 2024).
- [16] *Autónoma Andalucía, C. DE* (2018) *I. DISPOSICIONES GENERALES COMUNIDAD AUTÓNOMA DE ANDALUCÍA*. Disponible en: <http://www.boe.es>. (Accedido: 12 de junio de 2024).

- [17] Foral, L. (2022) *I. DISPOSICIONES GENERALES COMUNIDAD FORAL DE NAVARRA 6402*. Disponible en: <https://www.boe.es>. (Accedido: 12 de junio de 2024).
- [18] Valenciana, C. (2023) *Disposición 4378 del BOE núm. 43 de 2023*. Disponible en: <https://www.boe.es>. (Accedido: 12 de junio de 2024).
- [19] *METAS DE LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE* (2018).
- [20] Crippa, M., Guizzardi, D., Schaaf, E., Monforti-Ferrario, F., Quadrelli, R., Risquez Martin, A., Rossi, S., Vignati, E., Muntean, M., Brandao De Melo, J., Oom, D., Pagani, F., Banja, M., Taghavi-Moharamli, P., Köykkä, J., Grassi, G., Branco, A., San-Miguel, J. y European Commission. Joint Research Centre. (2023) *GHG emissions of all world countries: 2023*. Comisión Europea.
- [21] *ScopeCO2 (2024) Ecodes*. Disponible en: <https://www.scopeco2.org/> (Accedido: 25 de junio de 2024).
- [22] *Calculadoras Huella de Carbono (2024) Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico*. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/calculadoras.html> (Accedido: 25 de junio de 2024).
- [23] *Footprint Expert 4.0 software now includes new carbon footprinting standards (2012) Carbon Trust*. Disponible en: <https://www.carbontrust.com/news-and-insights/news/footprint-expert-40-software-now-includes-new-carbon-footprinting-standards> (Accedido: 25 de junio de 2024).
- [24] *SimaPro LCA software (2024) SimaPro*. Disponible en: <https://simapro.com/> (Accedido: 25 de junio de 2024).
- [25] *The world's leading, high performance, open source Life Cycle Assessment software (2024) OpenLCA*. Disponible en: <https://www.openlca.org/> (Accedido: 25 de junio de 2024).
- [26] *Inscripción en el Registro de huella, compensación y proyectos de absorción de CO2 (2024) Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico*. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/registro-huella/inscripcion-registro.html> (Accedido: 9 de julio de 2024).

- [27] *Organizaciones y proyectos (2024) Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico*. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/registro-huella/organizaciones-proyectos.html> (Accedido: 9 de julio de 2024).
- [28] *INFORMACIÓN SOBRE LA SECCIÓN DE PROYECTOS DE ABSORCIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO REGISTRO DE HUELLA DE CARBONO, COMPENSACIÓN Y PROYECTOS DE ABSORCIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO (2024)*. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/registro-huella/inscripcion-registro.html> (Accedido: 9 de julio de 2024).
- [29] *Programa LIFE (2024) Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico*. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/ministerio/servicios/ayudas-subsvenciones/programa-life.html> (Accedido: 11 de julio de 2024).
- [30] *FONDOS EIE (2024) Ministerio de Trabajo y Economía Social*.
- [31] *Cómo puede obtener tu empresa beneficios fiscales si realiza inversiones en medioambiente (2023) Zabala Innovation*. Disponible en: <https://www.zabala.es/noticias/deduccin-por-inversion-medioambiental/> (Accedido: 11 de julio de 2024).
- [32] *¿Cuáles son las deducciones fiscales para energías renovables? (2023) Nova Luz*. Disponible en: <https://novaluz.es/blog/consejos-practicos/cuales-son-las-deducciones-fiscales-para-energias-renovables/> (Accedido: 11 de julio de 2024).
- [33] *Bonificaciones que requieren aprobación por el Ayuntamiento (IAE) (2024) Diputación de Alicante*. Disponible en: <https://www.suma.es/iae-bonificaciones-aytos> (Accedido: 11 de julio de 2024).
- [34] *Averigua si tu municipio bonifica en el IBI, el ICIO o el IAE para instalaciones de autoconsumo Portada» Averigua si tu municipio bonifica en el IBI (2024) Fundación Renovables*. Disponible en: <https://fundacionrenovables.org/averigua-municipio-bonifica-ibi-icio-autoconsumo/> (Accedido: 11 de julio de 2024).



- [35] *Haz tu compensación con CeroCO2* (2024) *CeroCO2*. Disponible en: <https://www.ceroco2.org/soluciones-ceroco2/compensacion-co2> (Accedido: 11 de julio de 2024).
- [36] *¿Cuál es el precio de mantenimiento de aire acondicionado?* (2024) *Habitissimo*. Disponible en: <https://www.habitissimo.es/presupuestos/mantenimiento-aire-acondicionado> (Accedido: 18 de julio de 2024).
- [37] *Cambios de suministrador* (2024) *Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico*. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/energia/energia-electrica/electricidad/contratacion-suministro/cambios-suministrador.html#:~:text=En%20caso%20de%20rescindir%20el.energ%C3%ADa%20estimada%20pendiente%20de%20suministro>. (Accedido: 18 de julio de 2024).
- [38] *CIEN EMPRESAS SON RESPONSABLES DEL 71 % DE LAS EMISIONES DE GEI* (2024) *Acciona*. Disponible en: [https://www.sostenibilidad.com/cambio-climatico/cien-empresas-responsables-71-emisiones-gei/?\\_adin=11734293023](https://www.sostenibilidad.com/cambio-climatico/cien-empresas-responsables-71-emisiones-gei/?_adin=11734293023) (Accedido: 11 de julio de 2024).
- [39] *The Carbon Majors Database Dataset 1.0 Methodology and Results* (2017).

## ANEXO I – FACTORES DE EMISIÓN

	2022
Gasóleo C (l)	2,721
Gasóleo B (l)	2,721
Gas natural (kWh <sub>PCS</sub> )*	0,182
Fuelóleo (l)	3,124
LPG (l)	1,545
Queroseno (l)	2,500
Gas propano (kg)	2,966
Gas butano (kg)	2,996
Gas manufacturado (kg)	0,881
Biogás (kg)**	0,001
Biomasa madera (kg)**	0,137
Biomasa pellets (kg)**	0,171
Biomasa astillas (kg)**	0,143
Biomasa serrines virutas (kg)**	0,150
Biomasa cáscara f. secos (kg)**	0,147
Biomasa hueso aceituna (kg)**	0,153
Carbón vegetal (kg)**	0,184
Coque de petróleo (kg)	3,183
Coque de carbón (kg)	3,036
Hulla y antracita (kg)	3,138
Hullas subituminosas (kg)	1,340

*Tabla 9. Factores de emisión de instalaciones fijas (kgCO<sub>2</sub>e/ud). Fuente: (OECC 2022)*

\* Factor de emisión del gas natural expresado en kgCO<sub>2</sub>/kWhPCS (Poder Calorífico Superior). Para el paso de PCS a PCI se utiliza el factor de conversión de 0,901.

\*\* La utilización de la biomasa como combustible se considera neutra en emisiones de CO<sub>2</sub> al ser de origen biogénico, pero sí producirá emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O. Los factores de emisión de CO<sub>2</sub> de la biomasa con independencia de su origen biogénico serían: biogás 1,369 kgCO<sub>2</sub>/kg, madera 1,617 kgCO<sub>2</sub>/kg, pellets 1,474 kgCO<sub>2</sub>/kg, astillas 1,680 kgCO<sub>2</sub>/kg, serrines 2,123 kgCO<sub>2</sub>/kg, cáscara de fruto secos 2,022 kgCO<sub>2</sub>/kg, hueso de aceituna 2,022 kgCO<sub>2</sub>/kg y carbón vegetal 3,0516 kgCO<sub>2</sub>/kg.

<i>Formula química</i>	<i>Nombre</i>	<i>PCA 5th</i>
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono	1
CH <sub>4</sub>	Metano	28
N <sub>2</sub> O	Óxido nitroso	265
SF <sub>6</sub>	Hexafluoruro de azufre	23.500
NF <sub>3</sub>	Trifluoruro de nitrógeno	16100
HCFE-235da2	Isoflurano	491
HFE-236ea2	Desflurano	1.790
HFE-347mmz1	Sevoflurano	216
C <sub>2</sub> F <sub>6</sub> (PFC-116)	Hexafluoroetano	11.100
C <sub>3</sub> F <sub>8</sub> (PFC-218)	Octofluorpropano	8.900

Tabla 10. PCG (CO<sub>2</sub>e). Fuente: (OECC 2022)

<i>Nombre</i>	<i>Fórmula química</i>	<i>PCA 5AR</i>
HFC-23	CH <sub>2</sub> F <sub>3</sub>	12.400
HFC-32	CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	677
HFC-41	CH <sub>3</sub> F	116
HFC-125	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> F <sub>5</sub>	3.170
HFC-134	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> F <sub>4</sub>	1.120
HFC-134a	CH <sub>2</sub> FCF <sub>3</sub>	1.300
HFC-143	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> F <sub>3</sub> .	328
HFC-143a	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> F <sub>3</sub>	4.800
HFC-152	CH <sub>2</sub> FCH <sub>2</sub> F	16
HFC-152a	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> F <sub>2</sub>	138
HFC-161	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> F	4
HFC-227ea	C <sub>3</sub> H <sub>2</sub> F <sub>7</sub>	3.350
HFC-236cb	CH <sub>2</sub> FCF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	1.210
HFC-236ea	CHF <sub>2</sub> CHFCF <sub>3</sub>	1.330
HFC-236fa	C <sub>3</sub> H <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	8.060
HFC-245ca	C <sub>3</sub> H <sub>3</sub> F <sub>5</sub>	716
HFC-245fa	C <sub>3</sub> H <sub>3</sub> F <sub>5</sub>	858
HFC-365mfc	C <sub>4</sub> H <sub>5</sub> F <sub>5</sub>	804

HFC-43-10mee	C5H2F10	1.650
R-404A	R-125/143a/134a (44/52/4)	3.943
R-407A	R-32/125/134a (20/40/40)	1.923
R-407B	R-32/125/134a (10/70/20)	2.547
R-407C	R-32/125/134a (23/25/52)	1.624
R-407F	R-32/125/134a (30/30/40)	1.674
R-410A	R-32/125 (50/50)	1.924
R-410B	R-32/125 (45/55)	2.048
R-413A	R-218/134a/600a (9/88/3)	1.945
R-417A	R-125/134a/600 (46,6/50/3,4)	2.127
R-417B	R-125/134a/600 (79/18,25/2,75)	2.742
R-422A	R-125/134a/600a (85,1/11,5/3,4)	2.847
R-422D	R-125/134a/600a (65,1/31,5/3,4)	2.473
R-424A	R-125/134a/600a/600/601a (50,5/47/0,9/1/0)	2.212
R-426A	R-134a/125/600/601a (93/5,1/1,3/0,6)	1.371
R-427A	R-32/125/143a/134a (15/25/10/50)	2.024
R-428A	R-125/143a/600a/290 (77,5/20/1,9/06)	3.417
R-434A	R-125/143a/134a/600a (63,2/18/16/2,8)	3.075
R-437A	R-125/134a/600/601 (19,5/78,5/1,4/06)	1.639
R-438A	R-32/125/134a/600/601a (8,5/45/44,2/1,7/0,6)	2.059
R-442A	R-32/125/134a/152a/227ea (31/31/30/3/5)	1.754
R-449A	R-32/R-125/HFO-1234yf/R-134a (24,3/24,7/25,3/25,7)	1.282
R-452A	R-125/R-32/HFO-1234yf (59/11/30)	1.945
R-453A	R-134a/125/32/227ea/600/601a (53,8/20/20/5/0,6/0,6)	1.636
R-507A	R-125/143a (50/50)	3.985

*Tabla 11. PCG de emisiones fugitivas de equipos de climatización (CO<sub>2</sub> e). Fuente: (OECC 2022)*

<i>Comercializadora</i>	<i>kg CO<sub>2</sub>e/kWh</i>
AB ENERGÍA 1903, S.L.	0,273
ACCIONA GREEN ENERGY DEVELOPMENTS SL	0,000
ACSOL ENERGÍA GLOBAL, S.A.	0,272
ADEINNOVA ENERGIA S.L	0,273
ADELFA ENERGY SL	0,000
AGRI-ENERGIA, S.A.	0,215
AHORRELUZ SERVICIOS ONLINE S.L	0,252
ALCANZIA ENERGIA, S.L.	0,272
ALPIQ ENERGIA ESPAÑA SAU	0,272
ARACAN ENERGIA S.L.	0,269
ARSUS ENERGIA, S.L	0,273
ATLAS ENERGIA COMERCIAL, S.L.	0,272
AUDAX RENOVABLES, S.A	0,000
AVANZALIA ENERGIA COMERCIALIZADORA SA	0,204
AXPO IBERIA S.L.	0,264
BIROU GAS S.L.	0,270
BP GAS & POWER IBERIA, S.A.U.	0,000
CAPITAL ENERGY COMERCIALIZADORA, S.L.U.	0,000
CEPSA GAS Y ELECTRICIDAD, S.A.U.	0,195
CIMA ENERGIA COMERCIALIZADORA SL	0,272
COMERCIALIZADORA ADI ESPAÑA, S.L.	0,268
COMERCIALIZADORA ELECTRICA PENINSULAR S.L.	0,273
CYE ENERGIA SL	0,272
DISA ENERGIA ELECTRICA S.L.	0,000
EDP CLIENTES SAU	0,272
EDP ESPAÑA, S.A	0,273
ELECTRA NORTE ENERGÍA, S.A.	0,256
ELECTRICA DE GUIXES ENERGIA, SL	0,273
ELECTRICA SEROSENSE, S.L.	0,272
ELECTRICIDAD ELEIA S.L.	0,273
EMPRESA DE ALUMBRADO ELECTRICO DE CEUTA, S.A.	0,273
ENDESA ENERGÍA RENOVABLE, S.L.	0,000
ENDESA ENERGÍA S.A.U.	0,272
ENDI ENERGY TRADING SL	0,267
ENERGIA DLR COMERCIALIZADORA, SL	0,273

ENERGIA NUFRI SL	0,271
ENERGIA VIVA SPAIN, S.L.	0,272
ENERGY BY COGEN S.L.U.	0,273
ENERGY STROM XXI SL	0,240
ENERGY TRADER SOLUTIONS, S.L.	0,271
ENERGYA VM GESTION DE ENERGÍA, S.L.	0,273
ENERGÉTICA DEL ESTE SL	0,273
ENERGÍA ECOLÓGICA ECONÓMICA, S.L.	0,270
ENERPLUS ENERGIA, S.A.	0,273
ENERXIA GALEGA MAIS SLU	0,273
ENGIE ESPAÑA, S.L.	0,272
ESCANDINAVA DE ELECTRICIDAD, S.L.U.	0,271
ESTRATEGIAS ELÉCTRICAS INTEGRALES, S.A.	0,272
FACTOR ENERGÍA ESPAÑA, S.A.	0,272
FACTOR ENERGÍA, S.A.	0,255
FENIE ENERGIA SA	0,267
FOENER ENERGÍA, S.L.	0,272
FORTIA ENERGIA S.L.	0,272
FOX ENERGÍA S.A.	0,270
GALP ENERGÍA ESPAÑA, S.A.U.	0,273
GAS NATURAL COMERCIALIZADORA SA	0,262
GASELEC DIVERSIFICACIÓN S.L.	0,273
GEO ALTERNATIVA S.L.	0,273
GERENTA ENERGÍA, S.L.U.	0,191
GESTERNOVA, S.A	0,000
HELIOELEC ENERGIA ELECTRICA, S.L.	0,273
HIDROELÉCTRICA DEL VALIRA, S.L.	0,273
HOLALUZ-CLIDOM, S.A	0,000
IBERDROLA CLIENTES, S.A.U.	0,270
IBERDROLA SERVICIOS ENERGETICOS, S.A.U.	0,000
INER ENERGIA CASTILLA LA MANCHA SL	0,270
INER EUSKADI, S.L.	0,266
INTEGRACIÓN EUROPEA DE ENERGIA, S.A.U.	0,273
IRIS ENERGÍA EFICIENTE S.A.	0,269
JUAN ENERGY, S.L.	0,267
LONJAS TECNOLOGÍA, S.A.	0,223

NABALIA ENERGIA 2000 S.A	0,266
NATURGY CLIENTES, S.A.U.	0,000
NATURGY IBERIA, S.A.	0,271
NEOELECTRA ENERGIA	0,273
NEXUS ENERGIA SA	0,000
NINOBE SERVICIOS ENERGÉTICOS, SL	0,271
OCTOPUS ENERGY ESPAÑA, S.L.U.	0,268
ON DEMAND FACILITIES, SLU	0,272
PASIÓN ENERGÍA, S.L.	0,000
PETRONIEVES ENERGIA 1, S.L.	0,250
POTENZIA COMERCIALIZADORA SL	0,273
RECICLAJES ECOLOGICOS NAGINI, S.L.	0,273
RENEWABLE VENTURES SLU	0,269
REPSOL COMERCIALIZADORA DE ELECTRICIDAD Y GAS, S.L.U.	0,000
RESPIRA ENERGÍA ESPAÑA, S.L.	0,272
RESPIRA ENERGÍA S.A.	0,112
ROFEICA ENERGIA, S.A.	0,273
RONDA OESTE ENERGÍA, S.L.	0,271
SAMPOL INGENIERIA Y OBRAS SA	0,269
SERVIGAS S XXI SA	0,267
SISTEMAS URBANOS DE ENERGÍAS RENOVABLES S.L.	0,273
SMART ELECTRIC ENGINEERING P2P SL	0,000
SOCIEDAD ARAGONESA DE COMERCIALIZACION DE ENERGIA S.L.	0,250
SUNAIR ONE ENERGY S.L.	0,273
SYDER COMERCIALIZADORA VERDE SL	0,258
TELECOR S.A. UNIPERSONAL	0,000
THE YELLOW ENERGY, S.L	0,273
TOTALENERGIES CLIENTES S.A.U.	0,051
TOTALENERGIES ELECTRICIDAD Y GAS ESPAÑA, S.A.U.	0,270
TOTALENERGIES MERCADO ESPAÑA, S.A.U.	0,230
VISALIA ENERGIA S.L.	0,273
VIVO ENERGIA FUTURA S.A.	0,272
WATIO WHOLESALE, S.L.	0,273
WATIUM, S.L.	0,273
WIND TO MARKET S.A.	0,261

*Tabla 12. Factores de emisión de energéticas (kgCO<sub>2</sub>e/kWh). Fuente: (OECC 2022)*

		2022
Gasolina (l)	Turismos (M1)	-
	Furgonetas y furgones (N1)	-
	Camiones y autobuses (N2, N3, M2, M3)	-
	Ciclomotores y motocicletas (L)	-
E5 (l)	Turismos (M1)	2,250
	Furgonetas y furgones (N1)	2,265
	Camiones y autobuses (N2, N3, M2, M3)	2,253
	Ciclomotores y motocicletas (L)	2,342
E10 (l)	Turismos (M1)	2,133
	Furgonetas y furgones (N1)	2,148
	Camiones y autobuses (N2, N3, M2, M3)	2,136
	Ciclomotores y motocicletas (L)	2,224
E85 (l)	Turismos (M1)	0,373
	Furgonetas y furgones (N1)	0,388
	Camiones y autobuses (N2, N3, M2, M3)	0,376
	Ciclomotores y motocicletas (L)	0,464
E100 (l)	Turismos (M1)	0,021
	Furgonetas y furgones (N1)	0,036
	Camiones y autobuses (N2, N3, M2, M3)	0,024
	Ciclomotores y motocicletas (L)	0,112
Gasóleo (l)	Turismos (M1)	-
	Furgonetas y furgones (N1)	-
	Camiones y autobuses (N2, N3, M2, M3)	-
	Ciclomotores y motocicletas (L)	-
B7 (l)	Turismos (M1)	2,519
	Furgonetas y furgones (N1)	2,505
	Camiones y autobuses (N2, N3, M2, M3)	2,519
B10 (l)	Turismos (M1)	2,443
	Furgonetas y furgones (N1)	2,429
	Camiones y autobuses (N2, N3, M2, M3)	2,443



B20 (l)	Turismos (M1)	2,191
	Furgonetas y furgones (N1)	2,177
	Camiones y autobuses (N2, N3, M2, M3)	2,191
B30 (l)	Turismos (M1)	1,939
	Furgonetas y furgones (N1)	1,925
	Camiones y autobuses (N2, N3, M2, M3)	1,939
B100 (l)	Turismos (M1)	0,175
	Furgonetas y furgones (N1)	0,161
	Camiones y autobuses (N2, N3, M2, M3)	0,175
LPG (l)	Turismos (M1)	1,662
CNG (kg)	Turismos (M1)	2,755
	Camiones y autobuses (N2, N3, M2, M3)	2,783

Tabla 13. Factores de emisión de vehículos y maquinaria por carretera ( $\text{kgCO}_2 \text{ e/ud}$ ). Fuente: (OECC 2022)

		2022
Gasóleo (l)	Ferrocarril	2,709
	Marítimo	2,774
Fuelóleo (l)	Marítimo	3,212
Queroseno (l)	Aéreo	2,539
Gasolina aviación (l)	Aéreo	2,304

Tabla 14. Factores de emisión de vehículos y maquinaria por transporte ferroviario, marítimo y aéreo (emisiones directas) ( $\text{kgCO}_2 \text{ e/ud}$ ). Fuente: (OECC 2022)

		2022
Gasóleo B (l)	Agrícola	2,702
	Forestal	2,701
	Comercial, institucional e industrial	2,701
Gasóleo (l)	Agrícola	-
	Forestal	-
	Comercial, institucional e industrial	-
B7 (l)	Agrícola	2,500
	Forestal	2,500
	Comercial, institucional e industrial	2,500
B10 (l)	Agrícola	2,425
	Forestal	2,425
	Comercial, institucional e industrial	2,425
B20 (l)	Agrícola	2,174
	Forestal	2,174
	Comercial, institucional e industrial	2,174
B30 (l)	Agrícola	1,923
	Forestal	1,923
	Comercial, institucional e industrial	1,923
B100 (l)	Agrícola	0,168
	Forestal	0,168
	Comercial, institucional e industrial	0,168
Gasolina (l)	Forestal	-
	Comercial, institucional e industrial	-
E5 (l)	Forestal	2,445
	Comercial, institucional e industrial	2,623
E10 (l)	Forestal	2,326
	Comercial, institucional e industrial	2,504

E85 (l)	Forestal	0,539
	Comercial, institucional e industrial	0,717
E100 (l)	Forestal	0,182
	Comercial, institucional e industrial	0,360

*Tabla 15. Factores de emisión de funcionamiento de maquinaria (kgCO<sub>2</sub>e/ud). Fuente: (OECC 2022)*

## ANEXO II – ILUSTRACIONES DE EMISIONES DE GEI

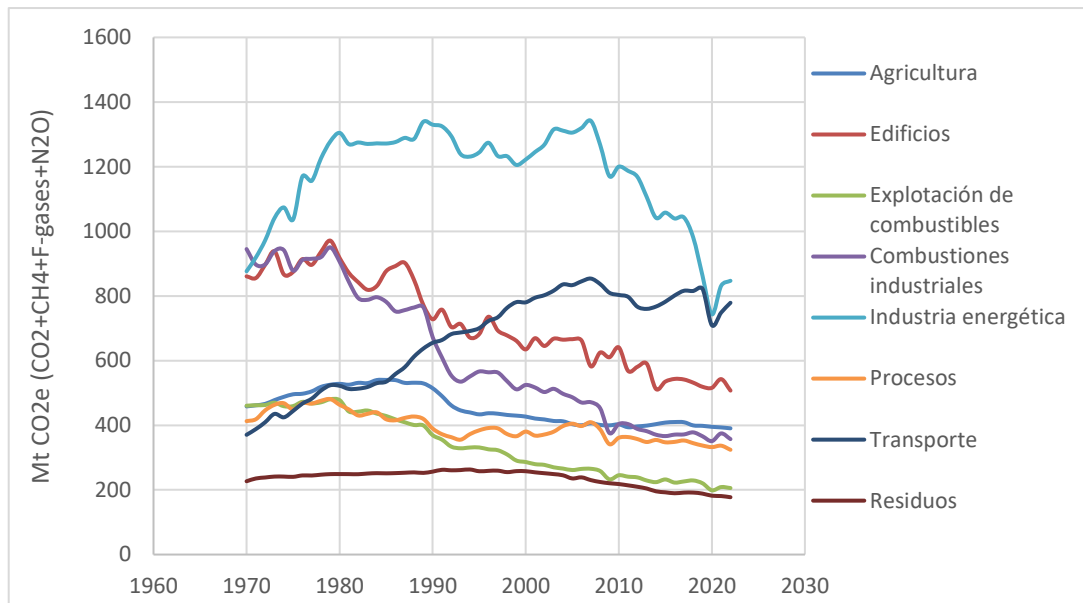


Ilustración 26. Emisiones de GEI de la UE27 ( $\text{CO}_2$  fósil,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  y F-gases) respecto a los sectores. Fuente: elaboración propia a partir de (JRC/IEA 2023 Report) (Crippa et al., 2023) [20].

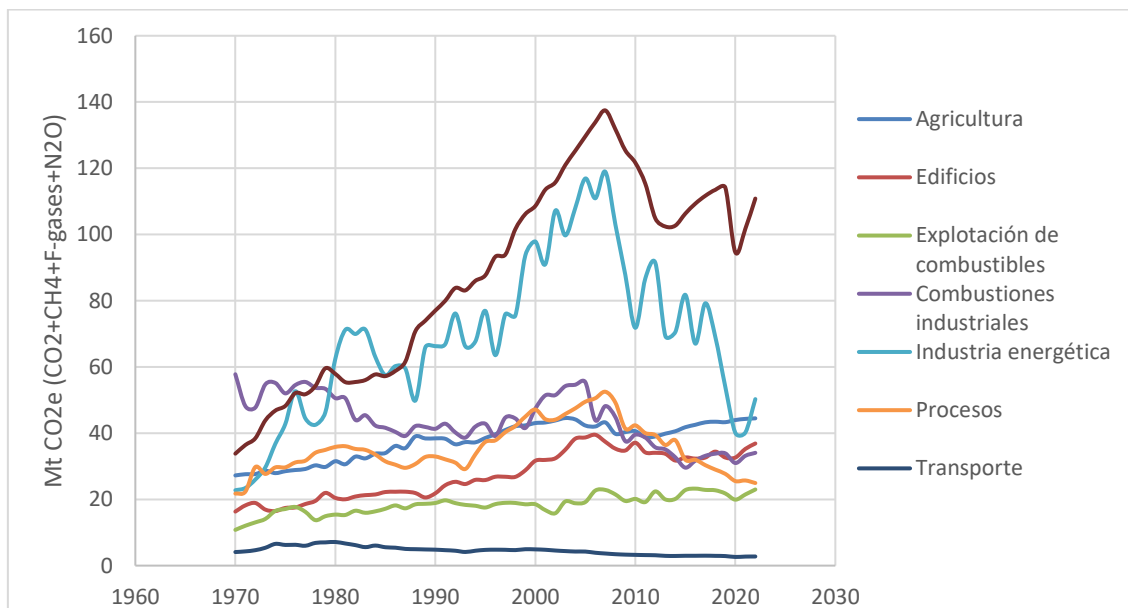


Ilustración 27. Emisiones de GEI de España ( $\text{CO}_2$  fósil,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  y F-gases) respecto a los sectores. Fuente: elaboración propia a partir de (JRC/IEA 2023 Report) (Crippa et al., 2023) [20].

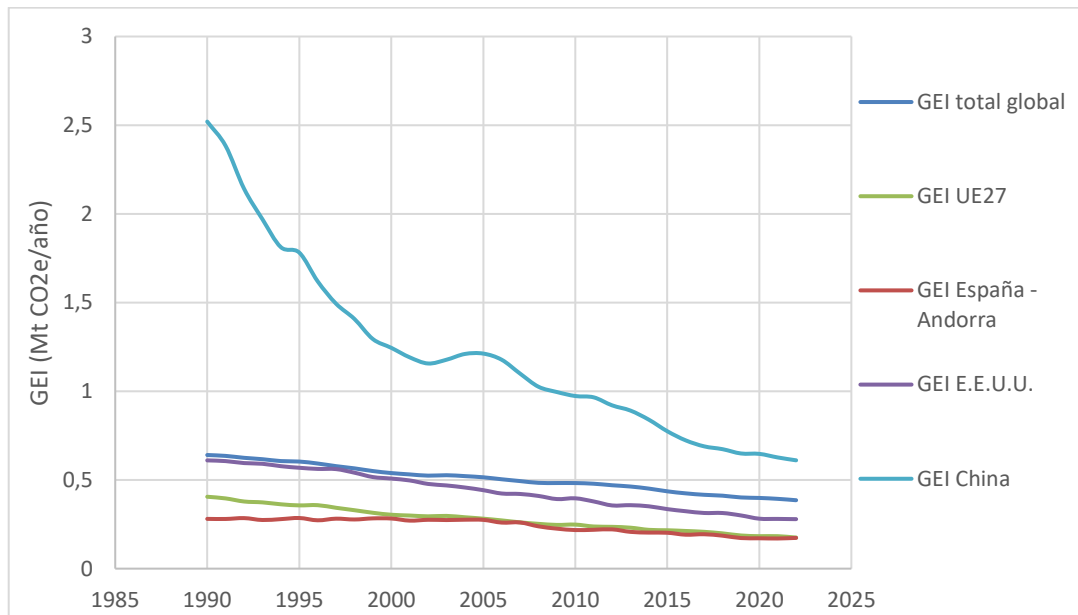


Ilustración 28. Emisiones de GEI ( $CO_2$  fósil,  $CH_4$ ,  $N_2O$  y F-gases) respecto al PIB. Fuente: elaboración propia a partir de (JRC/IEA 2023 Report) (Crippa et al., 2023) [20].

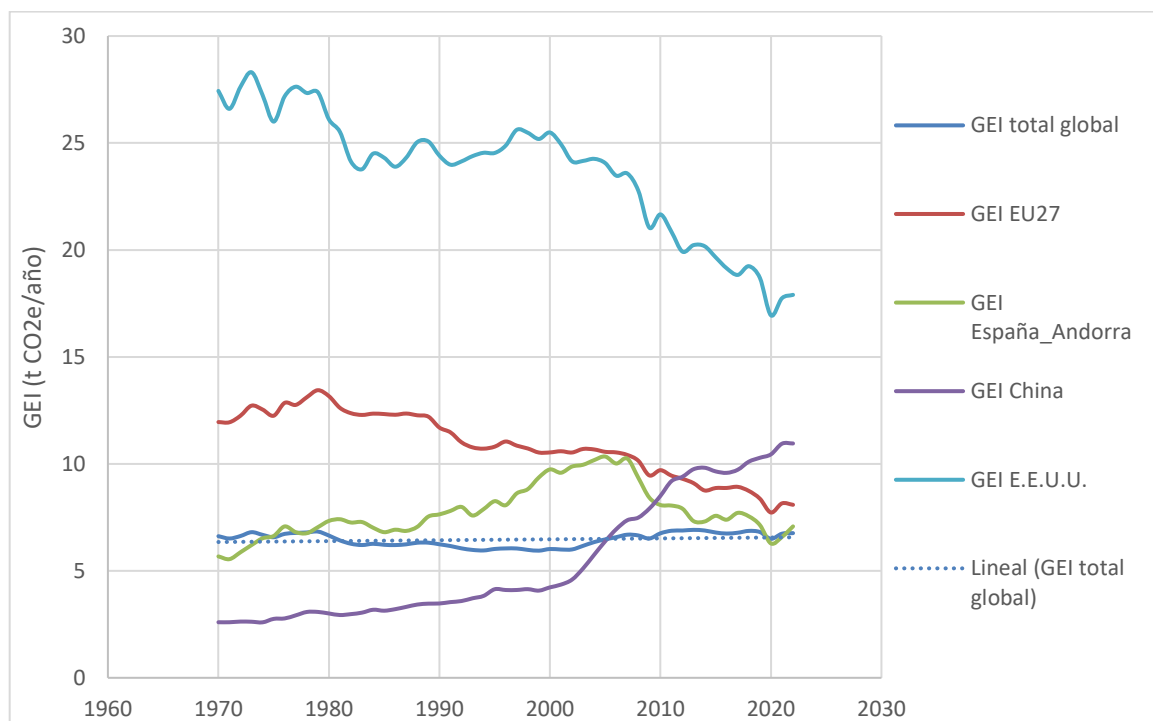


Ilustración 29. Emisiones de GEI ( $CO_2$  fósil,  $CH_4$ ,  $N_2O$  y F-gases) per cápita. Fuente: elaboración propia a partir de (JRC/IEA 2023 Report) (Crippa et al., 2023) [20].

