



**CAMBIO EN EL ENFOQUE DE ESTIMACIÓN DE GEI A NIVEL INTERNACIONAL (NTC
ISO 14064-1:2020): CASO DE ESTUDIO HUELLA DE CARBONO - UNIVERSIDAD
ECCI**

Karem Daniela Flórez López

Universidad ECCI

Programa de Ingeniería Ambiental

Facultad de Ingeniería

Bogotá D.C, Colombia

Noviembre del 2023



**CAMBIO EN EL ENFOQUE DE ESTIMACIÓN DE GEI A NIVEL INTERNACIONAL (NTC
ISO 14064-1:2020): CASO DE ESTUDIO HUELLA DE CARBONO - UNIVERSIDAD
ECCI**

Karem Daniela Flórez López

Trabajo de investigación presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniera Ambiental

Director:

Leonel Alexander Martínez Vallejo
lmartinezv@ecci.edu.co
Universidad ECCI

Codirector:

Yessica Melisa Martínez Soto
ymartinezs@ecci.edu.co
Universidad ECCI

Universidad ECCI

Programa de Ingeniería Ambiental

Facultad de Ingeniería

Bogotá D.C, Colombia

Noviembre del 2023

Dedicatoria

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, fuente de toda sabiduría y fortaleza. Sin su guía y bendiciones, este logro no sería posible. A mis padres Laura y Javier, por su amor incondicional, paciencia y constante apoyo.

A mis hermanas Laura y Sofía, por su comprensión y apoyo emocional a lo largo de este desafiante proceso. A Deginál y Patricia Boykin por ser una segunda familia gracias por estar a mi lado y alentarme en todo momento.

Este trabajo es un testimonio de gratitud hacia todos ustedes gracias por creer en mí, por no dejarme caer y por ver esta emocionante etapa que se cierra hoy, ser profesional.

-Daniela Flórez López

Agradecimientos

Agradezco a Dios por inspirarme y darme fortaleza a lo largo de este camino académico. Al Profesor Leonel Martínez, quien ha sido mi guía y brújula en este proyecto y ha compartido generosamente su conocimiento. Su orientación fue fundamental para el éxito de esta investigación. A la Profesora Melissa Martínez por codirigir este proyecto y compartir sus valiosos conocimientos, lo cual ha sido esencial para mi desarrollo profesional.

Agradezco a cada maestro que ha influido en mi camino académico, aportando valiosos conocimientos y experiencias. Expreso mi gratitud al Ingeniero Felipe Ávila por su constante apoyo compartido a lo largo de este proceso.

Extiendo mi agradecimiento a todas las personas que me rodean y que han brindado su apoyo incondicional en este proceso.

Por último, agradezco a la Universidad ECCI por financiar este proyecto de investigación a través de la convocatoria interna 08-2023 IN-S08-01. Asimismo, a la Oficina de Gestión Ambiental de la Universidad ECCI por su colaboración en la recolección del inventario de emisiones, al semillero de investigación en cambio climático y huella de carbono por respaldar esta investigación y a la vicerrectora académica con confiar en este proyecto.

Resumen

Las universidades, como centros de generación de conocimiento y promoción de la lucha contra el cambio climático, desempeñan un papel fundamental en la recopilación de inventarios de gases de efecto invernadero (GEI). En el contexto de Colombia, que se ha comprometido a reducir sus emisiones en un 51% para el año 2030, la importancia de calcular la huella de carbono a nivel institucional se vuelve crucial. La investigación está basada en calcular la huella de carbono de la Universidad ECCI bajo la metodología NTC ISO 14064-1:2020 y, proponer una metodología para determinar emisiones significativas indirectas.

La Organización Internacional de Estandarización (ISO) actualizó el estándar ISO 14064-1:2018 (anterior: ISO 14064-1:2006), eliminando la distinción de "alcances" y promoviendo un nuevo enfoque que aborda emisiones directas e indirectas. A nivel global, este enfoque ha sido adoptado por organizaciones y entidades académicas para evaluar y reducir su impacto en el cambio climático. Sin embargo, en Colombia, la aplicación de esta última versión de la norma es un terreno inexplorado.

Este proceso incluyó un análisis del estado del arte de la huella de carbono en universidades colombianas, la recopilación de datos relacionados con emisiones de GEI (tanto directas como indirectas), y la estimación de la huella de carbono utilizando una metodología de valoración de emisiones significativas adaptando una metodología ya implementada y certificada por la Organización Sanitaria Integrada Barrualde Galdakao en Bizkaia, España.

Los resultados Universidad ECCI indican una emisión total de 358,97 ton de CO_{2eq}, con un 16,25% de emisiones directas y un 83,75% de emisiones indirectas. La huella de carbono per cápita se sitúa en 19,932 kg de CO_{2eq} equivalente, considerando los 18,009 estudiantes activos en 2022.

Este estudio representa un hito en Colombia, convirtiendo a la Universidad ECCI como pionera al realizar un reporte de emisiones de GEI bajo este nuevo estándar. Además, este trabajo

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

proporciona una metodología de estimación de emisiones indirectas significativas que será guía para otras instituciones que deseen implementar el estándar.

Como un paso adicional, se evalúa la importancia de un plan de reducción de emisiones diseñado para contribuir a la sostenibilidad ambiental. Este plan se basó en los hallazgos de la evaluación de la huella de carbono y estableció medidas específicas para reducir las emisiones de GEI en la Universidad ECCI, apoyando así los compromisos nacionales de Colombia en la lucha contra el cambio climático.

Palabras Clave: *GEI, Huella de carbono, Huella de carbono universitaria, Cambio climático, Universidad carbono neutral, NTC ISO 14064-1:2020*

Abstract

Universities, as centers of knowledge generation and advocates for combating climate change, have a fundamental role in compiling greenhouse gas (GHG) inventories. In the context of Colombia, which has committed to reducing its emissions by 51% by 2030, the importance of calculating the institutional carbon footprint becomes crucial. This research is based on calculating the carbon footprint of ECCI University using the NTC ISO 14064-1:2020 methodology and simultaneously proposing an innovative approach that encompasses significant direct and indirect emissions.

The International Organization for Standardization (ISO) has updated the ISO 14064-1:2018 standard, eliminating the distinction of "scopes" and promoting a new approach that addresses direct and indirect emissions. Globally, this approach has been adopted by organizations and academic entities to assess and reduce their impact on climate change. However, in Colombia, the application of this latest version of the standard is uncharted territory.

This process included an analysis of the state of the art of the carbon footprint in Colombian universities, the collection of data related to GHG emissions (both direct and indirect), and the estimation of the carbon footprint using a methodology for assessing significant emissions. Adapting a methodology already implemented and certified by the Integrated Health Organization BARRUALDE Galdakao in Bizkaia, Spain.

The results for ECCI University indicate total emissions of 358,97 tons of CO_{2eq}, with 16,25% direct emissions and 83,75% indirect emissions. The per capita carbon footprint stands at 19,932 kg of CO_{2eq} equivalent, considering the 18,009 active students in 2022.

This study represents a milestone in Colombia, making ECCI University a pioneer in reporting GHG emissions under this new standard. Additionally, this work provides a methodology for

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

estimating both direct and indirect emissions that can serve as a guide for other institutions looking to implement the standard.

As an additional step, the importance of a decarbonization plan designed to contribute to environmental sustainability is evaluated. This plan was based on the findings of the carbon footprint assessment and established specific measures to reduce GHG emissions at ECCI University, thereby supporting Colombia's national commitments in the fight against climate change.

Keywords: *GHG, University carbon footprint, Climate change, Carbon-neutral university, NTC ISO 14064-1:2020."*

Tabla de contenido

1. Glosario.....	17
2. Introducción.....	21
3. Justificación.....	22
4. Objetivos	24
4.1. Objetivo General.....	24
4.2. Objetivos específicos	24
5. Estado del arte	24
5.1. Evolución del estándar de reporte de huella de carbono	24
5.2. Estándares para Calculo de Huella de Carbono Corporativa.....	25
5.3. Estándares para Cálculo de Huella de Carbono de producto	31
5.4. Huella de carbono en universidades (contexto internacional):.....	34
5.5. Huella de carbono universidades (contexto nacional):.....	41
5.6. Huella de Carbono – Universidad ECCI 2017.....	45
5.7. Huella de Carbono, Área de estudio – Universidad ECCI.....	46
6. Metodología cálculo Huella de Carbono Universidad ECCI	49
6.1. Año base	50
7. Alcance de inventario de GEI	50
7.1. Límites de la organización	50
7.2. Límites geográficos (área).....	55
8. Inventario de emisiones de GEI.....	57
8.1. Metodología para la determinación de emisiones significativas	57
8.1.2. Fuentes de emisiones	57
8.1.2. Evaluación de emisiones significativas.....	61
9. Resultados	64
9.1. Emisiones significativas	64
9.1.1. Emisiones directas	67

9.1.2. Emisiones Indirectas	69
10. Cuantificación	71
10.1. Cálculo de emisiones directas.....	72
10.1.1. Emisiones por extintores:	72
10.1.1.1. Extintores de dióxido de carbono (CO ₂)	72
10.1.1.2. Extintores R-123 / HCFC-123:.....	74
10.1.2. Emisiones por combustibles y biocombustibles:	75
10.1.2.1. Gasolina corriente y extra	76
10.1.2.2. Diésel – ACPM.....	83
10.1.2.3. Consumo de gas natural:	91
10.2. Cálculo de emisiones indirectas	95
10.2.1. Emisiones por consumo de energía.....	95
10.2.2. Residuos sólidos	97
10.2.3. Prácticas de campo	98
10.2.4. Vuelos	105
10.2.5. Consumo de papel	106
11. Factores de emisión	107
12. Reducción de huella de carbono por remociones	109
12.1. Remoción por reciclaje.....	109
12.2. Remoción por inventario forestal.....	111
12.2.1. Remoción por cupressus lusitanica	112
13. Análisis de resultados	113
13.1. Análisis de emisiones por fuentes directas	114
13.2. Análisis de emisiones por fuentes indirectas	115
13.3. Análisis de remociones	116
13.4. Análisis de general de emisiones	117
14. Incertidumbre	119
15. Comparación de Huella de Carbono.....	121
16. Plan de reducción de emisiones	124

16.1. Estrategias de reducción para emisiones directas	125
16.1.1. Reducción de emisiones por combustibles	125
16.2. Estrategias de reducción para emisiones indirectas	130
16.2.1. Política de papel cero	130
16.2.2. Cambio de luminarias para la “Sede P” de la universidad ECCI	131
16.2.3. Campaña de “uso responsable de la energía”	132
17. Conclusiones.....	133
18. Bibliografía	135
19. Anexos	148

Índice de tablas

Tabla 1. Alcances según ISO 14064-1:2006	26
Tabla 2. Evolución GHG PROTOCOL.....	29
Tabla 3. Huella de carbono universidades del mundo.....	36
Tabla 4. Huella de Carbono universidades de Colombia.....	42
Tabla 5. Programas académicos Universidad ECCI	47
Tabla 6. Resumen universidad ECCI	55
Tabla 7. Identificación de fuentes de emisión en la universidad ECCI	57
Tabla 8. Criterios para evaluación de fuentes de emisión	62
Tabla 9. Ponderación para criterios de evaluación para determinación de emisiones significativas	63
Tabla 10. Valoración y determinación de emisiones significativas.....	65
Tabla 11. Tipo de datos para emisiones por extintores	68
Tabla 12. Tipo de datos para emisiones por consumo de combustibles.....	68
Tabla 13. Tipo de datos para emisiones por consumo de gas.....	68
Tabla 14. Tipo de datos para emisiones por consumo de energía	69

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

Tabla 15. Tipo de datos para emisiones por producción de residuos solidos	69
Tabla 16. Tipo de datos para emisiones por viajes en prácticas de campo	70
Tabla 17. Tipo de datos para emisiones por vuelos	70
Tabla 18. Tipo de datos para emisiones por consumo de papel.....	70
Tabla 19. Potencial de calentamiento global	71
Tabla 20. Resumen de extintores tipo CO ₂	72
Tabla 21. Kg CO _{2eq} extintores CO ₂	73
Tabla 22. Resumen de extintores tipo HCFC-123.....	74
Tabla 23. GWP por HCFC -123	75
Tabla 24. Toneladas totales de CO _{2eq} por extintores	75
Tabla 26. Valor total gasolina corriente, Universidad ECCI-2022	76
Tabla 26. Promedio por galón de gasolina corriente, Bogotá 2022	77
Tabla 27. Valor total gasolina extra, Universidad ECCI-2022	78
Tabla 28. Promedio por galón de gasolina extra, Bogotá 2022	78
Tabla 29. Total de galones de gasolina Universidad ECCI.....	80
Tabla 30. Kg CO _{2eq} gasolina	82
Tabla 31. Valor total diésel, Universidad ECCI-2022.....	83
Tabla 32. Promedio por galón de diésel, Bogotá 2022.....	84
Tabla 33. Kg CO _{2eq} para diésel.....	90
Tabla 34. Toneladas totales de CO _{2eq} por consumo de combustibles	91
Tabla 35. Totalización de consumo de m ³ de gas natural, Universidad ECCI.....	92
Tabla 36. Kg CO _{2eq} para consumo de gas natural.....	94
Tabla 37. Totalización de consumo de Kwh de energía eléctrica Universidad ECCI	96
Tabla 38. Resumen de generación de residuos en la Universidad ECCI	97
Tabla 39. Prácticas de campo durante periodos 2022-1 y 2022-2 Universidad ECCI	99

Tabla 40. Kg CO _{2eq} para diésel por prácticas de campo	104
Tabla 41. Resumen Kg CO _{2eq} por vuelos	105
Tabla 42. Tipo de emisión por papel bond	106
Tabla 43. Distribución de consumo de papel universidad ECCI	106
Tabla 44. Peso en Kg por resmas de papel bond tamaño carta y oficio	107
Tabla 45. Factores de emisión	108
Tabla 46. Resumen de generación de residuos en la Universidad ECCI	110
Tabla 47. Inventario forestal Universidad ECCI.....	112
Tabla 48. Resumen de TonCO _{2eq} por fuentes de emisión	113
Tabla 49. Porcentaje de precisión en los datos según incertidumbre	119
Tabla 50. Incertidumbre por factor de emisión	120
Tabla 51. Comparación Huella de Carbono universidades Colombia.....	122
Tabla 52. Estrategia de reducción por cambio de flotas.....	126
Tabla 53. Estrategia de reducción por carpooling	128

Índice de figuras

Figura 1. Descripción de emisiones según ISO 14064-1:2018	27
Figura 2. GHG Protocol, resumen de alcances.....	29
Figura 3. Evolución de los estándares de huella de carbono corporativa y de producto 2001 – 2023.....	33
Figura 4. Tabla de decisión de estándares de huella de carbono.....	34
Figura 5. Huella de carbono per/cápita universidades del mundo.....	40
Figura 6. Porcentaje de huella de carbono Per/cápita por países	41
Figura 7. Huella de Carbono por alcances Universidad ECCI-2017.....	46
Figura 8. Metodología cálculo huella de carbono – Universidad ECCI.....	49

Figura 9. Distribución Universidad ECCI, Bogotá	51
Figura 10. Distribución Universidad ECCI - localidad Teusaquillo	52
Figura 11. Distribución Universidad ECCI - localidad Santa Fe	53
Figura 12. Distribución Universidad ECCI - localidad de Suba	54
Figura 13. Distribución Universidad ECCI - localidad Ciudad Bolívar	55
Figura 14. Porcentaje de emisiones directas e indirectas	114
Figura 15. Análisis de emisiones por fuentes directas	115
Figura 16. Análisis de emisiones por fuentes indirectas.....	116
Figura 17. Comparación de huella de carbono con la aplicación de remociones	117
Figura 18. Ton CO _{2eq} Universidad ECCI 2022	118
Figura 19. Comparación por Huella per cápita área.....	123
Figura 20. Comparación por Huella per cápita estudiante	123

Índice de ecuaciones

Ecuación 1. Emisión de CO _{2eq} por extintor de CO ₂	73
Ecuación 2. Emisión de CO _{2eq} por extintor de CO ₂	73
Ecuación 3. Ton CO _{2eq} por extintores CO ₂	74
Ecuación 4. Ton CO _{2eq} por Extintores R-123/HCHC-123	75
Ecuación 5. Galones totales de gasolina corriente	78
Ecuación 6. Galones totales de gasolina extra	79
Ecuación 7. Emisión de CO ₂ para gasolina corriente.....	80
Ecuación 8. Factor de emisión CH ₄ gasolina	80
Ecuación 9. Factor de emisión CH ₄ gasolina	81
Ecuación 10. Emisiones de CO ₂ por CH ₄ de gasolina	81
Ecuación 11. Factor de emisión N ₂ O gasolina	82

Ecuación 12. Factor de emisión N ₂ O gasolina	82
Ecuación 13. Emisiones de CO ₂ por N ₂ O de gasolina	82
Ecuación 14. CO _{2eq} por gasolina	83
Ecuación 15. Galones totales de diésel	85
Ecuación 16. Emisión de CO ₂ para diésel	85
Ecuación 17. Emisiones de CO ₂ para Biodiésel	85
Ecuación 18. Factor de emisión CH ₄ diésel	86
Ecuación 19. Factor de emisión CH ₄ diésel	86
Ecuación 20. Emisiones de CO ₂ por CH ₄ de diésel	87
Ecuación 21. Factor de emisión CH ₄ biodiésel	87
Ecuación 22. Factor de emisión CH ₄ biodiésel	87
Ecuación 23. Emisiones de CO ₂ por CH ₄ de Biodiésel	88
Ecuación 24. Factor de emisión N ₂ O diésel	88
Ecuación 25. Factor de emisión N ₂ O diésel	88
Ecuación 26. Emisiones de CO ₂ por N ₂ O de diésel	89
Ecuación 27. Factor de emisión N ₂ O biodiésel	89
Ecuación 28. Factor de emisión N ₂ O diésel	90
Ecuación 29. Emisiones de CO ₂ por N ₂ O de biodiésel	90
Ecuación 30. Ton CO _{2eq} para diésel	91
Ecuación 31. Emisiones de CO ₂ para gas natural	93
Ecuación 32. Emisiones de CH ₄ para Gas Natural	93
Ecuación 33. Emisiones de CO ₂ por CH ₄ de Gas Natural	93
Ecuación 34. Factor de emisión CH ₄ gas natural	94
Ecuación 35. Emisiones de CO ₂ por N ₂ O de Gas Natural	94
Ecuación 36. Ton CO _{2eq} para gas natural	95

Ecuación 37. Ton CO _{2eq} para energía eléctrica.....	97
Ecuación 38. Ton CO _{2eq} por residuos no aprovechables.....	98
Ecuación 39. Cantidad de diésel estimado para prácticas de campo	102
Ecuación 40. Emisión de CO ₂ para diésel por prácticas de campo.....	102
Ecuación 41. Emisiones de CO ₂ para biodiésel por prácticas de campo	102
Ecuación 42. Emisiones de CO ₂ por CH ₄ de diésel por prácticas de campo.....	103
Ecuación 43. Emisiones de CO ₂ por CH ₄ de biodiésel por prácticas de campo	103
Ecuación 44. Emisiones de CO ₂ por N ₂ O de diésel por prácticas de campo.....	103
Ecuación 45. Emisiones de CO ₂ por N ₂ O de biodiésel por prácticas de campo.....	104
Ecuación 46. Ton CO _{2eq} para diésel.....	104
Ecuación 47. Ton CO _{2eq} por vuelos.....	105
Ecuación 48. Ton CO _{2eq} por consumo de papel	107
Ecuación 49. Remoción de Ton CO _{2eq} por residuos aprovechables.....	111
Ecuación 50. Remoción de Ton CO _{2eq} por Inventario forestal "Cipres"	112
Ecuación 51. Emisiones de CO ₂ por consumo de energía en la sede P.....	131
Ecuación 52. Emisiones de CO ₂ por consumo de energía con luminaria LED en la sede P	132

Anexos

Anexo 1. Discriminación de consumo de combustible- Universidad ECCI.....	148
Anexo 2. Cronograma de actividades.....	149

1. Glosario

Cambio climático: “Cambios a largo plazo en el clima y las temperaturas. Aunque pueden existir factores naturales, desde el siglo XIX las actividades humanas, como la quema de combustibles fósiles, han sido la principal causa del cambio climático” (Naciones Unidas, 2023).

Calentamiento global: “Fenómeno ocurrido gracias a la absorción de energía solar por la Tierra y la reemisión de calor hacia la superficie terrestre, lo que se traduce al aumento sostenido de la temperatura del planeta a largo plazo. Se ha registrado un aumento documentado en la temperatura global desde principios del siglo XX” (NASA, 2022).

Efecto invernadero: “Fenómeno natural y necesario en para la vida humana que ocurre en la atmósfera de la Tierra, donde ciertos gases, como el dióxido de carbono y el vapor de agua, absorben la radiación infrarroja emitida por la Tierra” (IDEAM, 2007).

Huella de carbono: “Es la medida y cuantificación de emisiones de dióxido de carbono equivalente generados a partir de diferentes fuentes directas o indirectas y que generan un impacto sobre la tierra” (IPCC, 2014).

Huella de carbono corporativa: “Indicador ambiental que evalúa la cantidad total de gases de efecto invernadero (GEI), incluyendo el dióxido de carbono (CO₂), emitidos por una empresa u organización como resultado directo o indirecto de sus operaciones” (Secretaría Distrital de Ambiente, 2015)

Huella de carbono de producto: Suma de las emisiones totales de gases de efecto invernadero que se generan a lo largo de todas las etapas de su ciclo de vida. (BASF, 2022).

Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI): “Aquellos gases que tienen la capacidad de atrapar la radiación solar y contribuir al calentamiento global al mantener el calor cerca de la superficie terrestre” (EPA- Agencia de protección ambiental de Estados Unidos, 2017).

CO₂ equivalente: “Medida que permite comparar el impacto de distintos gases de efecto invernadero en el cambio climático. Esto se logra expresando las emisiones de otros gases en términos equivalentes a las emisiones de dióxido de carbono (CO₂)” (IPCC, 2018).

- **Dióxido de carbono (CO₂):** “Se produce principalmente por la quema de combustibles fósiles y la deforestación”.
- **Metano (CH₄):** “Emitido en la producción y transporte de combustibles fósiles, ganadería, agricultura y descomposición de residuos orgánicos”.
- **Óxido nítrico (N₂O):** “Se emite durante actividades agrícolas e industriales, así como en la combustión de combustibles fósiles o la gestión de residuos”.
- **Hidrofluorocarbonos (HFC):** “Compuestos químicos utilizados en diversos sectores industriales, como la refrigeración y la climatización”.
- **Perfluorocarbonos (PFC):** “Se utilizan en la fabricación de semiconductores y productos químicos especializados, tienen una capacidad de retención de calor significativa en la atmósfera”.
- **Hexafluoruro de azufre (SF₆):** “Es conocido por su capacidad de aislamiento eléctrico y su estabilidad química”.

Protocolo de Kyoto: “Primer acuerdo internacional adoptado en 1997 que establece compromisos para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero con el objetivo de combatir el cambio climático y limitar el calentamiento global” (Naciones Unidas, 1998).

Acuerdo de París: “Acuerdo global que busca combatir el cambio climático. Establece metas para limitar el calentamiento global a menos de 2 grados Celsius y esfuerzos para limitarlo a 1.5 grados Celsius” (Naciones Unidas, 2015).

Conferencias de las Partes (COP): “Es la máxima autoridad de la (CMNUCC). En esta todos los Estados miembros discuten temas de vitalidad como la adaptación al cambio climático” (Naciones Unidas, 2020a).

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

“Una convención que han adoptado 197 países la cual busca en conjunto establecer los lineamientos para la lucha mundial contra el cambio climático” (Naciones Unidas, 2020b).

Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC):

“Entidad internacional que evalúa los conocimientos e impactos referentes al cambio climático. Fue creado en 1988 por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente” (PNUMA) (IPCC, 2013).

Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC): "Son contribuciones determinadas que cada país conforma con el fin de establecer los objetivos de cada país para reducir las emisiones nacionales y adaptarse a los efectos del cambio climático cumpliendo con los compromisos del acuerdo de París" (Naciones Unidas, 2020c).

Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): “17 objetivos mundiales visionados al año 2030 que buscan dar respuesta y solución a las problemáticas globales actuales” (CEPAL, 2015)

Crisis climática: “Situación de emergencia actual causada por el rápido aumento de la temperatura del planeta en las últimas décadas, principalmente debido a las actividades humanas” (Naciones Unidas, 2020c).

NDC: “Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) son fundamentales en el Acuerdo de París y para alcanzar sus objetivos a largo plazo. Cada país se compromete a reducir emisiones y adaptarse al cambio climático a través de sus NDC. El acuerdo exige que cada país prepare, comunique y actualice sus NDC sucesivas” (United Nations Climate Change, 2015).

Emisiones directas: “Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que provienen de fuentes propiedad o controladas por una organización, como instalaciones industriales, vehículos de la flota de la empresa o procesos de producción” (ISO, 2018a).

Emisiones indirectas: “Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que no provienen directamente de fuentes propiedad o controladas por una organización, pero que están relacionadas

con sus actividades, como las generadas por la producción de electricidad adquirida o el transporte de terceros en la cadena de suministro” (ISO, 2018a).

Emisiones significativas: “Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que tienen un impacto sustancial en la huella de carbono de una organización o en su contribución al cambio climático. Estas emisiones destacan por su relevancia en relación con el tamaño, naturaleza y operaciones de la entidad, y requieren una atención especial en términos de medición, seguimiento y gestión” (ISO, 2018a).

IES: “Instituciones de Educación Superior (IES) son entidades legalmente reconocidas en Colombia para ofrecer servicios de educación superior” (Ministerio de Educación Nacional, 2010)

Ley de cambio climático: “Ley 1931 de 2018, establece directrices para integrar el cambio climático en las decisiones tanto públicas como privadas, involucrando a diversas entidades a nivel nacional y local (Congreso de Colombia, 2018)”

Carbono neutral: “Equilibrio entre la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (como el dióxido de carbono) liberadas a la atmósfera y la cantidad de estas emisiones que se retiran o se compensan de alguna manera” (Naciones Unidas, 2023).

Carpooling: “Es un sistema en el cual varias personas comparten un vehículo para realizar un trayecto juntas, generalmente de casa al trabajo o a otros destinos comunes” (UPB, 2021).

2. Introducción

Actualmente, el cambio climático es uno de los desafíos más importantes que enfrenta la sociedad. Sus impactos afectan a los seres humanos, la biodiversidad, sistemas naturales y provocan cambios en el uso y disponibilidad de los recursos. Entre los factores que contribuyen al cambio climático se encuentran la quema de combustibles fósiles, la generación de energía eléctrica, la deforestación, el transporte, entre muchos otros factores (CLEAN, 2022).

Según el último informe del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) en 2023, las evidencias más claras sobre el impacto y la influencia del cambio climático se reflejan en la degradación de los sistemas naturales. Así como la constante preocupación sobre estos cambios de temperatura; afirmando que cada una de las últimas tres décadas ha sido sucesivamente más cálida en la superficie de la Tierra que cualquier década anterior desde 1850 (IPCC, 2023a).

En este contexto, es fundamental destacar el papel de las organizaciones en la estimación, mitigación y compensación de sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). El último comunicado de prensa del IPCC señala la importancia de integrar las medidas de adaptación al cambio climático para entidades e instituciones centrándose en la compensación y disminución de la emisión de gases de efecto invernadero (IPCC, 2023b). El primer paso para abordar este desafío consta en la cuantificación de GEI que se emiten a la atmósfera, lo cual permite desarrollar estrategias por medio de un inventario confiable que indique el impacto ambiental de las instituciones y organizaciones al medio ambiente.

En línea con esta preocupación global, la Universidad ECCI se ha convertido en pionera en la implementación de la Norma Técnica Colombiana (NTC) ISO 14064-1:2020, el estándar de cuantificación de emisiones más innovador y completo a la fecha. Esta iniciativa busca contribuir activamente a la lucha contra el cambio climático, la promoción de prácticas sostenibles en el sector educativo y la gestión de nuevo conocimiento en estimación de GEI en el país.

La adopción de la NTC ISO 14064-1:2020 por parte de la Universidad ECCI refleja un compromiso con las metas establecidas en el Acuerdo de París y en las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés), en donde Colombia se compromete a reducir en un 51% las emisiones de gases de efecto invernadero GEI a 2030 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020). Además, se alinea con las recomendaciones científicas del IPCC, la Organización del Clima y la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en cuanto a la importancia de cuantificar y reducir las emisiones de GEI para limitar el calentamiento global y sus impactos. en todas las organizaciones en Colombia, como el caso de los inventarios de emisiones que la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ya solicita a los proyectos de tienen licencia ambiental (ANLA, 2022). En el caso de las universidades, el potencial para ser carbono neutral es vital para la gestión del conocimiento. Sin embargo; sólo una minoría publica inventarios completos de emisiones de GEI (Helmerts, Chein, & Dauwels, 2021).

El estudio de la huella de carbono de la Universidad ECCI en conformidad con el estándar de reporte actual establece una base sólida y promueve el conocimiento para futuras investigaciones y medidas orientadas hacia una gestión ambiental más eficiente y responsable dentro del ámbito universitario. A partir de esta información, se propone desarrollar una metodología que permita identificar emisiones significativas y definir un plan de acción, incluyendo estrategias de remoción de gases de efecto invernadero.

Como pionera en la implementación de este enfoque, la universidad se encaminará hacia la verificación y certificación por tercera parte, evidenciando su compromiso con la reducción de emisiones y marcando así un hito en la aplicación de prácticas sostenibles en la educación superior.

3. Justificación

A nivel mundial, los estudios de estado global del clima indican un aumento de la temperatura media mundial para el año 2022 reportado en 1,15 [1,02 a 1,28] °C por encima del

periodo base 1850-1900 y determinando el período (2015 – 2022) como los ocho años más cálidos de los que se tiene constancia (World Meteorological Organization, 2023) Reporte que soporta el informe del IPCC del año 2023 sobre impactos climáticos: *“el reporte indica que la incorporación de una acción climática eficaz y equitativa no solo reducirá las pérdidas y los daños para la naturaleza y las personas, sino que también aportará mayores beneficios”* (IPCC, 2023a)

Asimismo, Colombia es uno de los países con mayor compromiso en la disminución en la generación de Gases de efecto invernadero, “la NDC, se compromete a reducir en un 51% sus emisiones de gases de efecto invernadero para finales de la presente década” (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020)

Por consiguiente, se elige el cálculo de la huella de carbono la cual se define como: *“la cantidad de carbono (generalmente en toneladas) que se emite durante un proceso o por una organización o entidad. Es una métrica popular que apareció en los medios, conferencias e informes gubernamentales y de institutos ambientales a medida que aumentaba la presión del público sobre la contaminación y su impacto en la salud humana”* (Harkiolakis, 2013)

En este contexto, el proyecto busca aportar en el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible planteados por la Agenda 2030 de las Naciones Unidas (Asamblea General de las Naciones Unidas, 2015) destacando, el objetivo 13, "acción por el clima" y el objetivo 4, "Educación de calidad".

En este sentido, este proyecto permitirá a la Universidad ECCI ser pionera en estimación de emisiones de GEI bajo estándares internacionalmente reconocidos y brindar reconocimiento en los sectores públicos y privados en materia de cambio climático, soportados por la diferente literatura y bibliografía de instituciones en el mundo que ya cuentan con una certificación en el ámbito . Adicional, la medición de la huella de carbono en la universidad permitirá sensibilizar y educar a la comunidad universitaria sobre la importancia de la sostenibilidad y la necesidad de reducir su impacto ambiental.

4. Objetivos

4.1. Objetivo General

Estimar la huella de carbono de la Universidad ECCI sede Bogotá correspondiente al año 2022

4.2. Objetivos específicos

- Realizar una línea base de la información correspondiente a fuentes de emisión directa e indirecta de gases de efecto invernadero de la Universidad ECCI en Bogotá durante el año 2022.
- Reportar la información recolectada de acuerdo con lo establecido en la NTC-ISO 14064-1:2020.
- Plantear estrategias de reducción de emisiones de GEI para la Universidad ECCI.

5. Estado del arte

5.1. Evolución del estándar de reporte de huella de carbono

El reporte de emisiones de GEI por cuantificación de herramientas como el cálculo de la huella de carbono se ha convertido en el principal indicador para abordar los impactos y mitigación del cambio climático y la promoción de prácticas sostenibles en diversos sectores, principalmente en instituciones de educación superior, tema que ha permitido generar diversos análisis e investigaciones. En estos, se afirma la evaluación precisa de la huella de carbono como uno de los

elementos clave para evaluar el progreso hacia el desarrollo sostenible y el impacto en universidades e instituciones (Ma, et al., 2023).

Para cumplir este propósito, a lo largo de los años, han surgido diversos estándares y metodologías para calcular y reportar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Estos estándares han evolucionado para proporcionar enfoques más precisos y confiables, brindando a las organizaciones y proyectos una mejor comprensión de su impacto ambiental y las oportunidades para reducirlo.

La evolución de los estándares ha sido fundamental para la mejora continua en la medición de la huella de carbono. Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) la diversidad en las metodologías de cálculo de huella de carbono, permite a las organizaciones contar con los procesos metodológicos para calcular y reportar sus emisiones de GEI (Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2017).

5.2. Estándares para Calculo de Huella de Carbono Corporativa

ISO 14064: ISO se refiere a Organización Internacional para la Normalización la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial las define como normas a nivel mundial que buscan que organizaciones y entidades adopten parámetros y procedimientos para diferentes reportes y estándares(ONUUDI, 2010).

La norma ISO 14064-1 establece los principios y requisitos para la contabilidad y reporte de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel organizacional. Esta se centra en la contabilidad de los GEI proporcionando orientación detallada sobre la cuantificación y reporte las emisiones y remociones en una organización. Esta norma se aplica a todo tipo de organizaciones y a la fecha se considera una de las más completas para el reporte de las mismas (Organización Internacional de Normalización, 2006).

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

La norma ISO 14064-1 ha tenido diferentes actualizaciones y en Colombia han sido adoptadas por la Norma Técnica Colombiana (NTC) generando la traducción y adaptación a los estándares del país.

ISO 14064-1:2006: Esta primera versión de la norma especificaba los principios y la estandarización para el reporte y la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero que puede tener una organización, este tiene dentro de su estructura la definición de los límites organizacionales, dichas emisiones son medidas por alcances (1, 2 y 3), siendo las emisiones de alcance 3 opcionales para las organizaciones (ISO, 2006), en Colombia fue adaptada por la NTC ISO 14064-1:2006 y ha servido como guía para diferentes entidades que buscan el reporte de emisiones. Sin embargo, a pesar que las organizaciones siguen utilizando este estándar, el mismo no cuenta con vigencia (ICONTEC, 2006) la tabla 1 presenta los alcances definidos según el estándar ISO 14064-1:2006.

Tabla 1. Alcances según ISO 14064-1:2006

Definición de "Alcances" en ISO 14064-1:2006		
ALCANCE 1	ALCANCE 2	ALCANCE 3
Reporte de emisiones directas de gases de efecto invernadero GEI que provienen de fuentes que las organizaciones controlan, tales como la quema de combustibles fósiles, el uso de extintores, aires acondicionados, entre otros	Reporte de emisiones indirectas, principalmente la generación de energía por medio de la electricidad.	Reporte voluntario de otro tipo de emisiones indirectas Esto incluye una amplia gama de emisiones asociadas con la cadena de suministro, el uso de productos y servicios, los viajes de negocios, la disposición de residuos y otras actividades relacionadas.

Elaboración propia, adaptación de (ISO, 2006)

ISO 14064-1:2018: Esta última actualización es la más novedosa dentro de los estándares de medición de huella de carbono, está dirigido a brindar nuevos lineamientos para la cuantificación, reporte y remoción de inventarios de GEI, revolucionando la forma de medición en la que ya no se tienen en cuenta los -alcances- (siendo el alcance 3 de la norma anterior voluntario en el reporte de emisiones indirectas) y generando un reporte más completo con la inclusión general de emisiones significativas de alcance directo e indirecto (ISO, 2018a). En Colombia, esta norma fue adoptada como NTC ISO 14064-1:2020 y busca un reporte de inventario más preciso en organizaciones colombianas (ICONTEC, 2020), la figura 1 muestra la relación entre emisiones directas e indirectas.

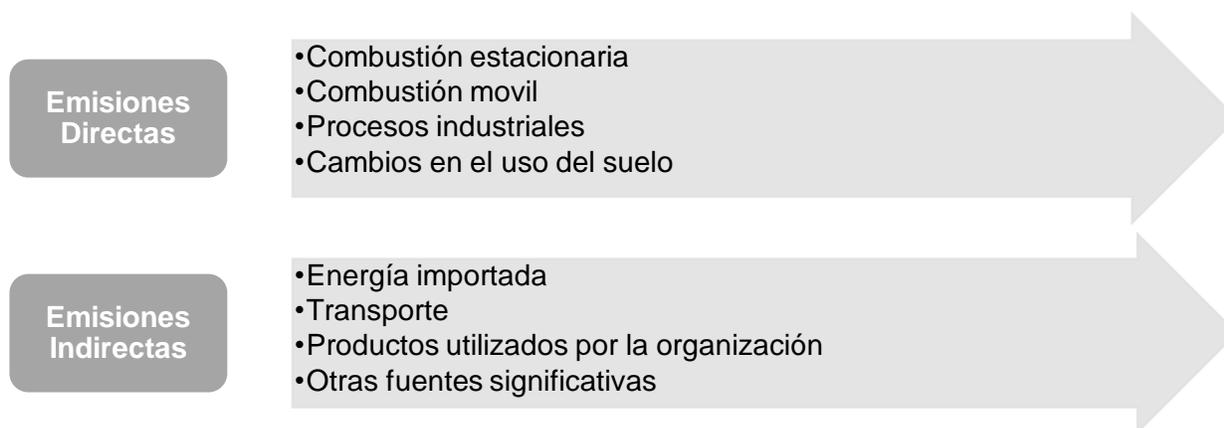


Figura 1. Descripción de emisiones según ISO 14064-1:2018

Elaboración propia, adaptación de (ICONTEC, 2020)

Como resultado de estas nuevas adaptaciones, las normas ISO y su compromiso con el cambio climático son vitales para generar reportes confiables; los estándares ISO ayudan a abordar esta problemática mundial y a promover el uso de energías alternativas y el impulso del desarrollo sostenible en el mundo buscando organizaciones bajas en emisiones de carbono (International Organization for Standardization, 2019), así mismo, esta norma señala las emisiones significativas

como aquellas emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que tienen un impacto sustancial en la huella de carbono de una organización o en su contribución al cambio climático. Estas emisiones destacan por su relevancia en relación con el tamaño, naturaleza y operaciones de la entidad, y requieren una atención especial en términos de medición, seguimiento y gestión para reducir su impacto ambiental y cumplir con los objetivos de sostenibilidad (ISO, 2018a).

GHG PROTOCOL: El Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol) fue desarrollado por el World Resources Institute (WRI) y el World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) para estandarizar la contabilidad y el reporte de las emisiones de gases de efecto invernadero. Es uno de los estándares más ampliamente aceptados y utilizados. Este estándar ha evolucionado a lo largo de los años y ha sido adoptado internacionalmente. Dividido en tres alcances siendo este último, al igual que la norma ISO 14064-1:2006 de forma opcional, este estándar permite una contabilidad exhaustiva de las emisiones directas e indirectas, brindando una perspectiva al impacto de una organización (WRI, 2001).

Este estándar busca la integración de principios en el reporte y cálculo que incluyen la relevancia, integridad, consistencia, transparencia y precisión. La figura 2, representa el resumen del protocolo en sus diferentes alcances.

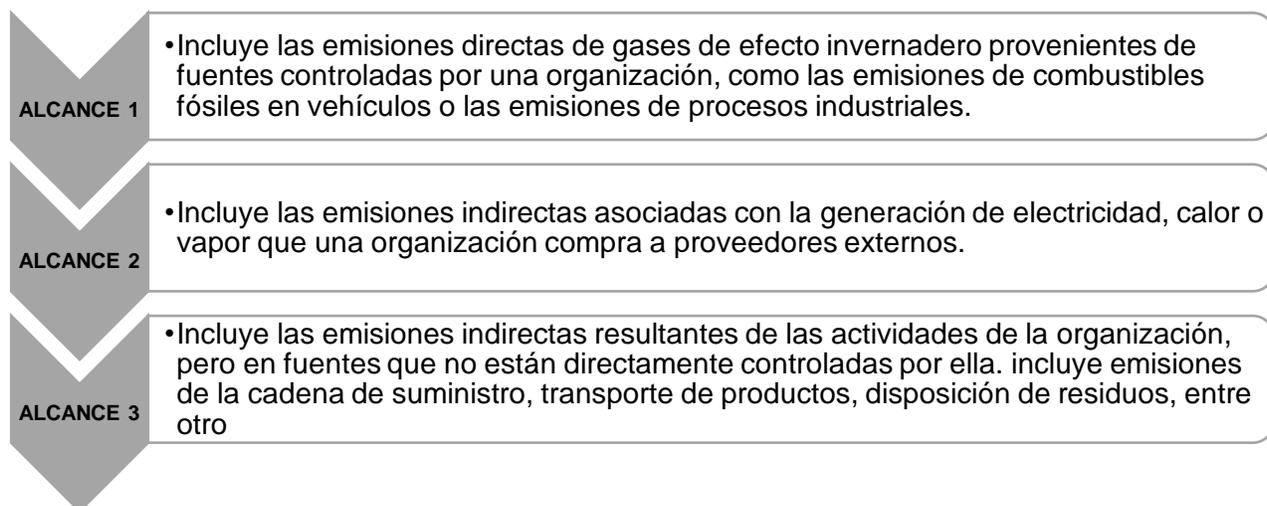


Figura 2. GHG Protocol, resumen de alcances

Fuente: Adaptado de (WRI, 2001)

Este protocolo es uno de los estándares más ampliamente utilizados en la medición y gestión de las emisiones de gases de efecto invernadero (Titenkov, 2023). La tabla 2, describe la evolución que ha experimentado este estándar a lo largo del tiempo, desde su primera versión en 1998 hasta las últimas actualizaciones y publicaciones que ha abordado esta metodología.

Tabla 2. Evolución GHG PROTOCOL

Año	Nombre	Descripción	Fuente
2001	Estándar corporativo de Contabilidad y Reporte del Protocolo de GEI.	Primera versión del estándar que estableció los lineamientos para empresas y organizaciones con el fin	(WRI, 2001)

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

		de contabilizar las principales emisiones de GEI.
2004	Estándar de Contabilidad e informes corporativos	Proporciona directrices detalladas (WRI, 2004) sobre cómo identificar, cuantificar y reportar las emisiones de GEI en los tres alcances principales: alcance 1, alcance 2 y alcance 3, de acuerdo con la metodología desarrollada por el GHG Protocol.
2011	Estándar de la Cadena de Valor Corporativo (Alcance 3)	Es un marco estructurado y (WRI, 2011) consistente en brindar los lineamientos para recolectar, analizar y calcular datos específicos para diferentes categorías de emisiones de alcance 3, como las emisiones de la cadena de suministro, los viajes y desplazamientos, el uso de productos, la disposición de residuos, entre otras.
2013	Guía de Cálculo del Alcance 3	Brinda información adicional (WRI, 2013) proporcionado por el GHG Protocol que se centra específicamente en

		brindar orientación técnica para calcular otras emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el alcance 3 de una organización.
2015	Guía del alcance 2	Establece los lineamientos y (WRI, 2015) herramientas para una adecuada contabilización de las emisiones de alcance 2, principalmente el impacto en la electricidad

Fuente: Elaboración propia

La comisión de expertos que lideran el reporte del GHG PROTOCOL resaltan la importancia de generar actualizaciones en los métodos de cuantificación entendiendo la evolución de los reportes del estado del clima anualmente. Así mismo la importancia de seguir actualizando dichos reportes; el más reciente cambio fue invitar al público entre noviembre de 2022 y marzo de 2023 a enviar comentarios y sugerencias para actualizar dichos reportes. Sin embargo, dicha actualización se seguirá llevando a cabo por alcances (Greenhouse Gas Protocol, 2023).

5.3. Estándares para Cálculo de Huella de Carbono de producto

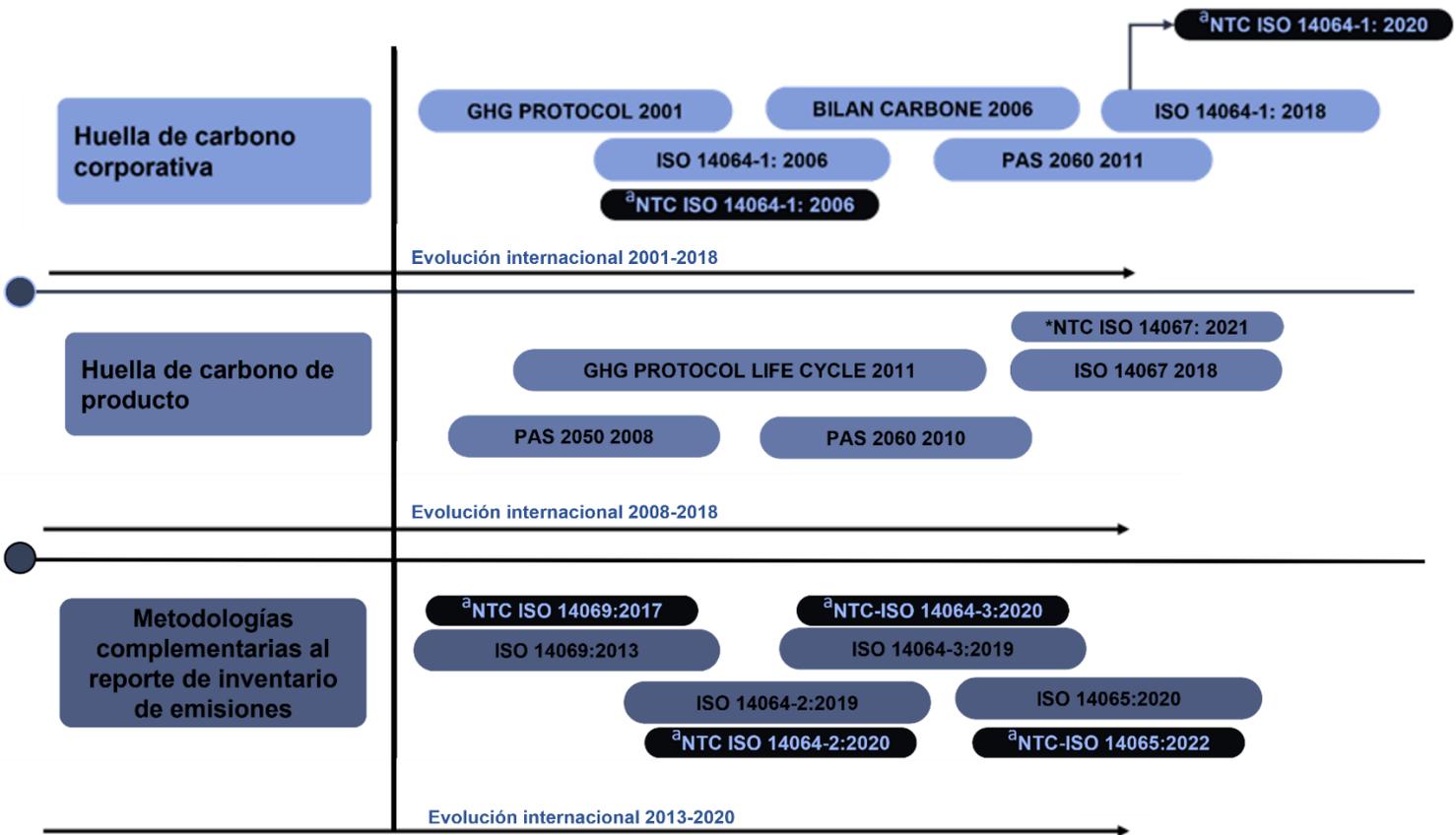
PAS 2050: Esta metodología para calcular huella de carbono de producto es una de las más importantes y utilizadas, fue publicada por British Standards Institution en 2008, el propósito de esta metodología es permitir a las organizaciones medir emisiones de gases de efecto invernadero desde todas las etapas de ciclo de vida de un producto o servicio, buscando ser complementaria a los reportes de huella de carbono corporativa (British Standards, 2008).

GHG PROTOCOL Product Life Cycle Accounting and reporting standard: Esta metodología es un complemento del GHG Protocol para poder calcular el impacto y las emisiones de GEI de diferentes productos a través del ciclo de vida de estos, este tiene en cuenta parámetros como la extracción y el procesamiento de materias primas, la producción del producto, la distribución y logística, el uso del producto y su disposición final (WBCSD, 2011).

ISO 14067: Este estándar internacional de ISO busca, al igual que las metodologías descritas el análisis de ciclo de vida de un producto, siendo este un poco más flexible en los límites del producto y añade variables como la funcionalidad del producto para analizar su impacto medio ambiental. (ISO, 2018b).

Gracias a todo el impacto que ha tenido el fenómeno de cambio climático. Se han implementado con el pasar de los años más metodologías que buscan que todas las organizaciones realicen un cálculo y estimación de sus emisiones de huella de carbono. En la figura 3 se aprecia esta evolución incluyendo otro tipo de metodologías.

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

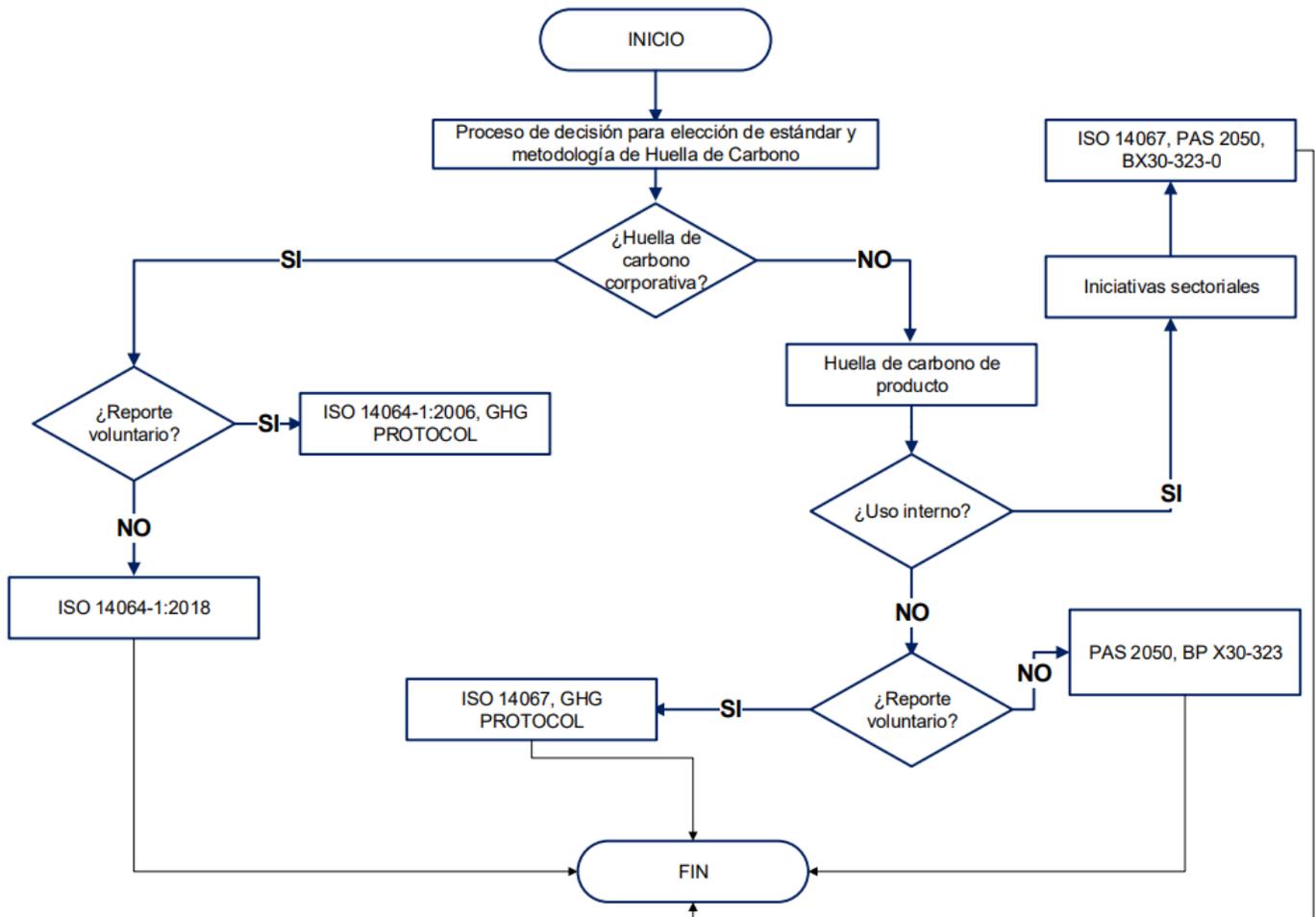


^aEn Colombia, las normas ISO se estandarizan y adoptan a través de las Normas Técnicas Colombianas (NTC).

Figura 3. Evolución de los estándares de huella de carbono corporativa y de producto 2001 – 2023.

Fuente: Elaboración propia

Para este resumen, es importante entender y poder definir los diferentes estándares y comprender la necesidad de las corporaciones para adoptar una metodología de reporte de emisiones, la figura 4 se muestra un diagrama de decisión para adoptar la mejor metodología según la necesidad de reporte de emisiones.



*Uso interno: Divulgación propia de la organización sin necesidad de incluir en reportes de sostenibilidad

Figura 4. Tabla de decisión de estándares de huella de carbono

Fuente: Elaboración propia, adaptado de: (De Schryver & Zampori, 2022)

5.4. Huella de carbono en universidades (contexto internacional):

Las universidades desempeñan un papel fundamental en la lucha contra el cambio climático al ayudar a medir y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero contribuyendo al conocimiento global y brindando los parámetros y lineamientos para un adecuado reporte de emisiones. Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), "El

cambio climático está afectando a todos los países de todos los continentes. Está alterando las economías nacionales y afectando a distintas vidas. Los sistemas meteorológicos están cambiando, los niveles del mar están subiendo y los fenómenos meteorológicos son cada vez más extremos” (PNUMA, 2021).

En este contexto, la promoción de prácticas sostenibles en la sociedad se vuelve responsabilidad de las diferentes instituciones educativas, dando ejemplo en cuanto a la medición y reducción de su propia huella de carbono. El Tecnológico de Monterrey en México, destaca el papel de las universidades para cumplir con los compromisos de la agenda 2030 y señala:

“La educación superior es incuestionablemente un potencializador de la innovación y de ciudadanos con sentido humano. Suele destacarse el papel de este actor precisamente en el cuarto ODS: educación inclusiva, equitativa y de calidad. Y para que esto se lleve a cabo, se espera que estos objetivos se aborden de forma transversal en todas las distintas áreas de la vida universitaria: formación, investigación y extensión” (Villafuerte, 2020)

Gracias a este contexto, impulsamos la gestión de emisiones de las universidades como una fuente vital para la gestión de huella de carbono de diferentes entidades y corporaciones; para las universidades, este reporte representa un hito para ser sostenibles (Cano, Berrio, Carvajal, & Arango, 2022), En la tabla 3, se presenta una adaptación que resume la gestión y cálculo de huella de carbono de universidades en el mundo. La disparidad entre las emisiones totales y la emisión per cápita puede explicarse por la flexibilidad que tienen las universidades al elegir la metodología, el alcance operativo que desean reportar y la cantidad de fuentes de emisión consideradas en sus informes. La variabilidad en estas decisiones metodológicas puede conducir a diferencias significativas en las cifras de emisiones totales, mientras que la emisión per cápita, al considerar la población estudiantil o el tamaño de la institución, puede revelar patrones distintos.

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

Tabla 3. Huella de carbono universidades del mundo

Universidad/Insti tución	País	Año	Emisión TonCO ₂	
			Total	Per/Cápita
University of Leuven	Bélgica	2010	7.085	0,35
Clemson University	EE. UU.	2013–2014	95	4,3
Universitas Pertamina	Indonesia	2018–2019	1.352	0,52
Keele University	UK	2015–2016	14	1,3
Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)	México	2016	3.000	1,07
Bournemouth University	UK	2018	2.120	1,43
		2019	2.140	1,41
Universidad de Medellín	Colombia	2016	1.624	-
Universidad Santo Tomás	Colombia	2018	2.416	0,069
Universidad de Santiago de Compostela	España	2007	32.408	1,01

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

De Montfort University	UK	2008–2009	51	1,99
Universidad de Valencia	España	2010	58.518	0,88
Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de ingeniería	México	2010	1.577	1,47
Universidad Complutense de Madrid	España	2010	2.147	1,87
Universidad Católica de Rio de Janeiro, Gavea Campus	Brasil	2011	5.782	0,29
Universidad de Talca, Curico Campus	Chile	2012	1.569	1
University of Alberta	Canadá	2012–2013	33	6,51
Universidad Politécnica de Cartagena	España	2013	9.008	1,07

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

Universidad de Valladolid	España	2014	22.081	1,1
Edith Cowan University	Australia	2015	24.798	1,73
University of Cambridge	UK	2016	102.050	3,5
University of California, Berkeley	EE. UU.	2016	152	2,9
Universidad de Málaga	España	2017	24.832	0,66
Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Cuajimalpa	México	2016	2.956	1,07
Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ingeniería	México	2010	1.577	2,7
Tongji Universit	China	2009–2010	NA	3,8

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

The University of Cape Town, Africa	Sudáfrica	2007	84.926	4
University of Illinois at Chicago	EE. UU.	2008	275.000	10,9
University of Sydney	Australia	2008	20.000	-
University of Maribor	Eslovenia	--	974	-
De Montfort University	Inglaterra	2008–2009	51.080	2,4
Rowan University	EE. UU.	2007	38.000	4
Clemson University	EE. UU.	2014–2017	95.418	4,4
Universidad de Castilla-La Mancha	España	2013	23.000	2,13
Yale University	EE. UU.	2003-2008	874.000	-
Norwegian University of Technology & Science	Noruega	2009	92.000	4,6

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

University of Leeds	Inglaterra	2010–2001	162	5,3
------------------------	------------	-----------	-----	-----

Adaptado de (Cano, Berrio, Carvajal, & Arango, 2022)

La figura 5 permite comparar las universidades por su factor per/cápita, se observa que las instituciones educativas con las cifras más altas son la universidad de Illinois en Chicago, la universidad de Alberta, la universidad tecnológica de Noruega, entre otras. Estos datos revelan una preocupante realidad del impacto que una universidad puede representar y confirma la importancia de generar inventarios de emisiones constantes y actualizados. y en la figura 6 se aprecia el porcentaje de influencia por país y generación de huella de carbono por universidades Per/Cápita.

Huella de carbono Per/Cápita Universidades en el Mundo

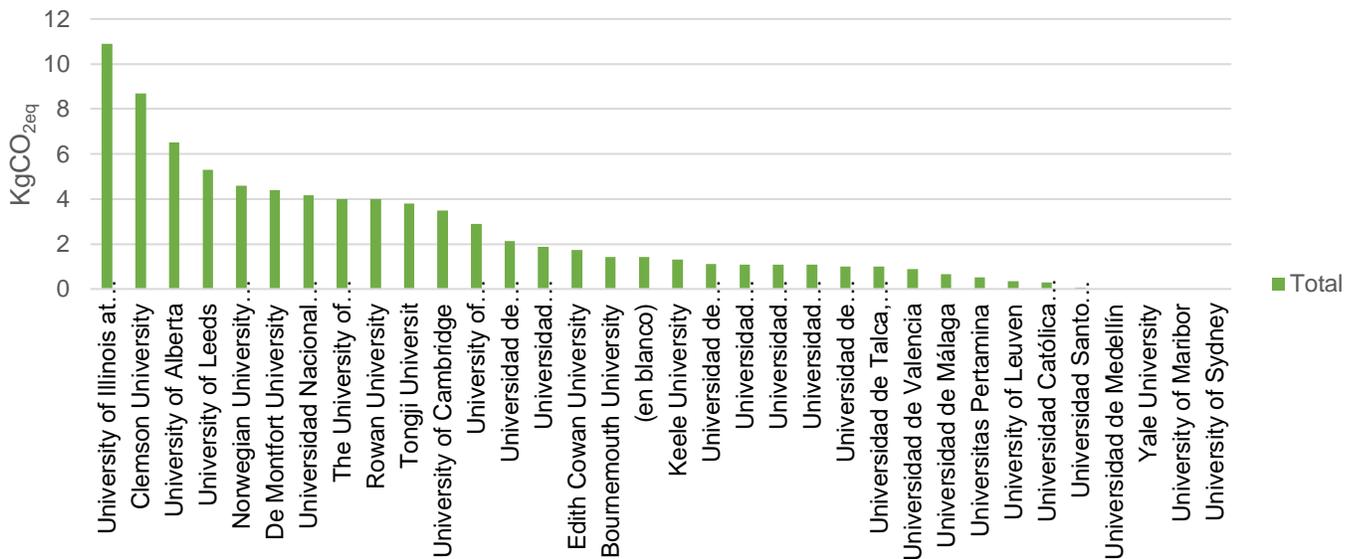


Figura 5. Huella de carbono per/cápita universidades del mundo

Fuente: Elaboración propia, adaptado de (Cano, Berrio, Carvajal, & Arango, 2022)

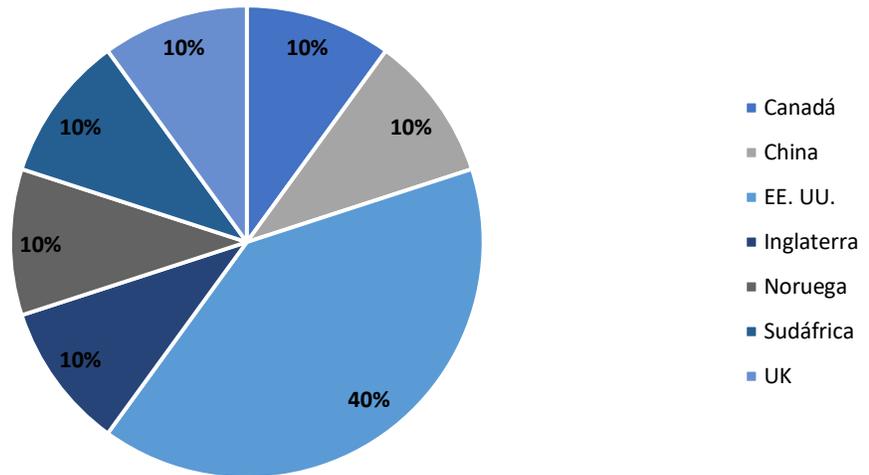


Figura 6. Porcentaje de huella de carbono Per/cápita por países

Fuente: Elaboración propia

Este análisis de las 10 universidades con mayor huella de carbono per cápita y sus respectivos países de origen, se destaca que el 40% de estas instituciones se encuentran en Estados Unidos, mientras que el 10% se localiza en Canadá. Esto revela que la mitad de las universidades con mayor impacto en términos de emisiones de carbono per cápita se encuentran en Norteamérica. Esta evidencia respalda los estudios de huella de carbono mundial, en la que se destaca a Estados Unidos como el segundo país que más huella de carbono produce a corte del año 2019 con más de con 5.416 millones de toneladas de CO₂ (Climate Trade, 2021). Entendiendo la contribución de las instituciones educativas en gestión de cambio climático.

5.5. Huella de carbono universidades (contexto nacional):

En Colombia, las universidades e instituciones de educación superior tienen un papel importante y fundamental en la formación académica y el desarrollo social y académico del país, para esta gestión el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible ha creado la Red Ambiental de

Universidades Sostenibles RAUS denominada “Cambio Climático en la Educación Superior” y se busca responder a las necesidades en investigación de los sectores y territorios en materia de cambio climático (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022). En este sentido, la medición de la huella de carbono es un paso importante para tomar medidas concretas y reducir la huella ecológica en Colombia y las instituciones de educación superior son un factor clave para la investigación y los planes de acción. Una versión detallada del análisis sobre la Huella de Carbono en universidades a nivel nacional ha sido aceptada para su publicación en el tercer volumen de la revista INQUIRO¹. Este artículo lleva por título "Sostenibilidad en Instituciones de Educación Superior en Colombia: Indicador de Huella de Carbono" (Serrano, Florez, & Martinez, 2023).

Por lo anterior, las universidades pueden ser líderes en la transición hacia un mundo más sostenible, y a su vez, contribuir al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y al cumplimiento de los acuerdos internacionales en materia de cambio climático. Por lo tanto, el cálculo de la huella de carbono es una herramienta clave para la identificación de acciones que permitan reducir la emisión de gases de efecto invernadero y promover la adopción de prácticas sostenibles en las universidades. La tabla 4 presenta la información recopilada de varias instituciones de educación superior que han estimado y publicado su huella de carbono; también la metodología utilizada con el fin de evaluar y comparar su desempeño ambiental.

Tabla 4. Huella de Carbono universidades de Colombia

	Universidad	Resultado (Ton CO₂eq)	Año de calculo	Metodología	Fuente
3	Universidad de Santander	106,07	2020	GHG PROTOCOL	UDES, 2021)

¹ Revista Interdisciplinar en Organizaciones INQUIRO
<http://bienestar.bogota.unal.edu.co/pgp/Publicaciones/Inquiuro/Inquiuro.html>

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

	Universidad	Resultado (Ton CO ₂ eq)	Año de calculo	Metodología	Fuente
4	Universidad Nacional de Colombia	1.525,90	2021	GHG PROTOCOL	(UNAD, 2020)
8	Universidad Pontificia Bolivariana ²	409,19	2018	GHG PROTOCOL	(UPB, 2019a)
11	Universidad de los Andes	2.617	2021	ISO 14064-1	(UNI ANDES, 2021)
14	Universidad CES	817,36	2019	ISO 14064-1	(CES, 2020)
18	Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano	1.699,44	2015	ISO 14064-1	(UTADEO, 2016)
21	Universidad de Ciencias	582,14	2014	GHG PROTOCOL	(UDCA, 2015)

² Certificada como carbono neutralidad por ICONTEC en el año 2019, primera universidad en Colombia en obtener certificación

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

	Universidad	Resultado (Ton CO₂eq)	Año de calculo	Metodología	Fuente
	Aplicadas y Ambientales- U.D.C.A.				
27	Institución Universitaria Politécnico Grancolombian o	170,99	2021	GHG PROTOCOL	(POLITECNICO GRANCOLOM BIANO, 2020)
28	Universidad de Magdalena	77,054	2020	GHG PROTOCOL	(UNIMAGDALE NA, 2019)
36	Universidad de Manizales	264,2	2019	GHG PROTOCOL	(UCM, 2020)
5	Universidad Tecnológica de Pereira	8944	2018	N/A	(UTP, 2019)
13	Universidad EAFIT	2870	2021	GHG PROTOCOL	(EAFIT, 2022)
23	Universidad Santo Tomás	2555,6	2018	N/A	(SANTO TOMÁS, 2019)
-	Universidad EAN ³	309	2021	GHG PROTOCOL	(EAN, 2023)

³ Certificada como carbono neutralidad por ICONTEC en el año 2021, primera universidad en Bogotá en obtener certificación

	Universidad	Resultado (Ton CO₂eq)	Año de calculo	Metodología	Fuente
-	Universidad ECCI	237,47	2017	GHG PROTOCOL	(UECCI, 2018)

1- Posición “Ranking by Country 2022” – Colombia

Fuente: (Elaboración propia)

Este resumen nos permite dimensionar el impacto de las universidades en Colombia y como cada año ha crecido la preocupación por generar reportes e inventarios de emisiones confiables que soporten sus informes de sostenibilidad y compromisos que tienen frente al país.

5.6. Huella de Carbono – Universidad ECCI 2017

La Universidad ECCI de la sede de Bogotá llevó a cabo un análisis de su huella de carbono corporativa con un inventario de emisiones del año 2017 y obtuvo la certificación de cumplimiento por parte de ICONTEC en el año 2018. Dicho cálculo se realizó siguiendo la metodología del GHG PROTOCOL y la ISO 14064-1:2006. Desde entonces la Universidad se ha comprometido a demostrar su compromiso con la sostenibilidad y el cuidado del medio ambiente (UECCI, 2018). Dicho compromiso se extiende a la actualidad en el que se busca retomar este reporte de emisiones con un estándar actualizado e innovador.

Para el año 2017, la universidad ECCI, reporto un total de 237,47 Ton CO_{2eq} dividido en tres alcances, dicho reporte permitió también el cálculo de una huella de carbono per cápita, en el que se estimó una participación de 19.253 estudiantes, obteniendo una huella de 12,33 Kg CO_{2eq}, la figura 7 menciona la distribución de emisiones según alcance para la Universidad ECCI en el año 2017.

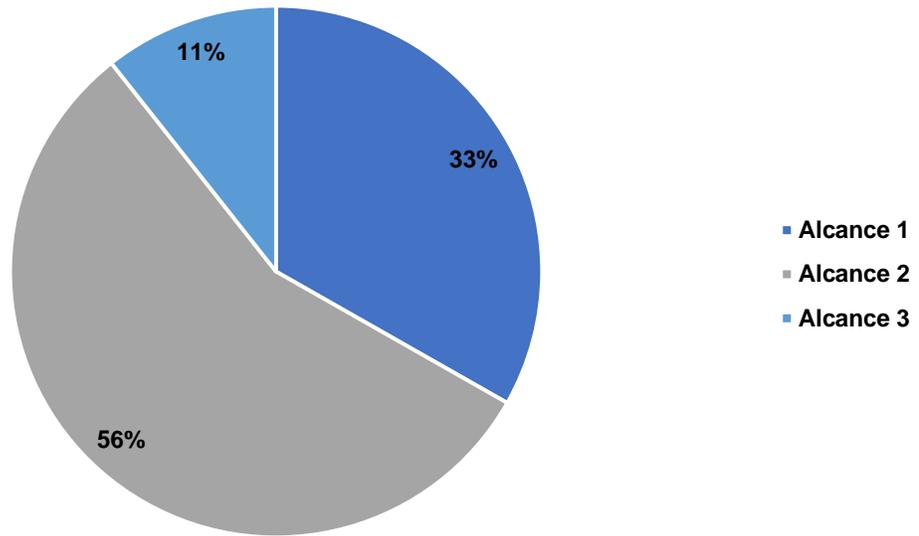


Figura 7. Huella de Carbono por alcances Universidad ECCI-2017

Fuente: (UECCI, 2018)

El propósito de esta investigación es obtener un nuevo cálculo de huella de carbono de la Universidad ECCI con este reporte y metodología actualizado.

5.7. Huella de Carbono, Área de estudio – Universidad ECCI

La Universidad ECCI fue fundada en 1977 con el objetivo de ofrecer formación técnica y carreras intermedias a bachilleres colombianos. Aprobada por el Ministerio de Educación Nacional, ha evolucionado y crecido a lo largo de los años. En 2014, obtuvo el reconocimiento como universidad, fortaleciendo su compromiso con la educación en Colombia. Desde entonces, ha inaugurado nuevas sedes, como la Sede Sur en 2019 y la sede "Crisanto Luque" en el centro de Bogotá en 2018. Además, ha impulsado la investigación y la innovación a través del CEINTECCI, contribuyendo así al desarrollo y transformación del país (Universidad ECCI, 2023a).

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

Actualmente la Universidad ECCI se destaca por su amplia variedad de programas tecnológicos y profesionales, que ofrecen oportunidades de formación integral a más de 18.000 estudiantes activos, graduado a más de 40.000 egresados y con un equipo comprometido de más de 1150 docentes y funcionarios (Universidad ECCI, 2023b). La institución cuenta con 51 programas académicos distribuidos en diferentes facultades tal y como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Programas académicos Universidad ECCI

Facultad/Departamento	Ciclo I	Ciclo II
Facultad de Artes	Tecnología en Gestión Gastronómica	Gastronomía
	Tecnología en Creación y Producción de Moda	Diseño de Modas
Facultad de Ciencias de la Salud	Profesional en Entrenamiento Deportivo	
	Enfermería	
Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas	Tecnología en Mercadeo y Diseño Publicitario	Mercadeo y Publicidad
	Tecnología en Gestión Contable	Contaduría Pública
	Tecnología en Gestión de Comercio Exterior	Comercio Internacional
	Contaduría Pública Virtual	
	Estadística	
	Administración de Empresas Virtual	
Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales y Humanas	Lenguas Modernas	

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

	Derecho	
Facultad de Ingeniería	Tecnología en Procesos Químicos Industriales	Ingeniería Química
	Tecnología en Procesamiento de Polímeros	Ingeniería de Polímeros
	Tecnología en Automatización y Robótica Industrial	Ingeniería Mecatrónica
	Tecnología en Mecánica Industrial	Ingeniería Mecánica
	Tecnología en Mecánica Automotriz	Ingeniería Mecánica
	Tecnología en Gestión de Procesos Industriales	Ingeniería Industrial
	Tecnología en Soporte de Telecomunicaciones	Ingeniería Electrónica
	Tecnología en Electrónica Industrial	Ingeniería Electrónica
	Tecnología en Mantenimiento de Equipos Biomédicos	Ingeniería Biomédica
	Tecnología en Desarrollo Informático	Ingeniería de Sistemas
	Estadística	
	Ingeniería Ambiental	
Tecnología en Gestión Ambiental		

Fuente: Adaptado de: (Universidad ECCI, 2023c)

6. Metodología cálculo Huella de Carbono Universidad ECCI

Para este caso de estudio fue seleccionado el estándar de estimación y reporte NTC ISO 14064-1:2020, con el objetivo de incluir las emisiones de impacto significativo (ICONTEC, 2020), esté establece un marco para la cuantificación, el monitoreo y la presentación de informes de las emisiones y remoción de gases de efecto invernadero (GEI). Esta norma se divide en cuatro fases: I. Recolección de información, II. Modelos matemático y calculadoras, interpretación de resultados y elaboración de informes.

En la figura 8 se puede observar las etapas de la metodología utilizada para medir la huella de carbono por medio de la NTC ISO 14064-1:2020 en la universidad ECCI.

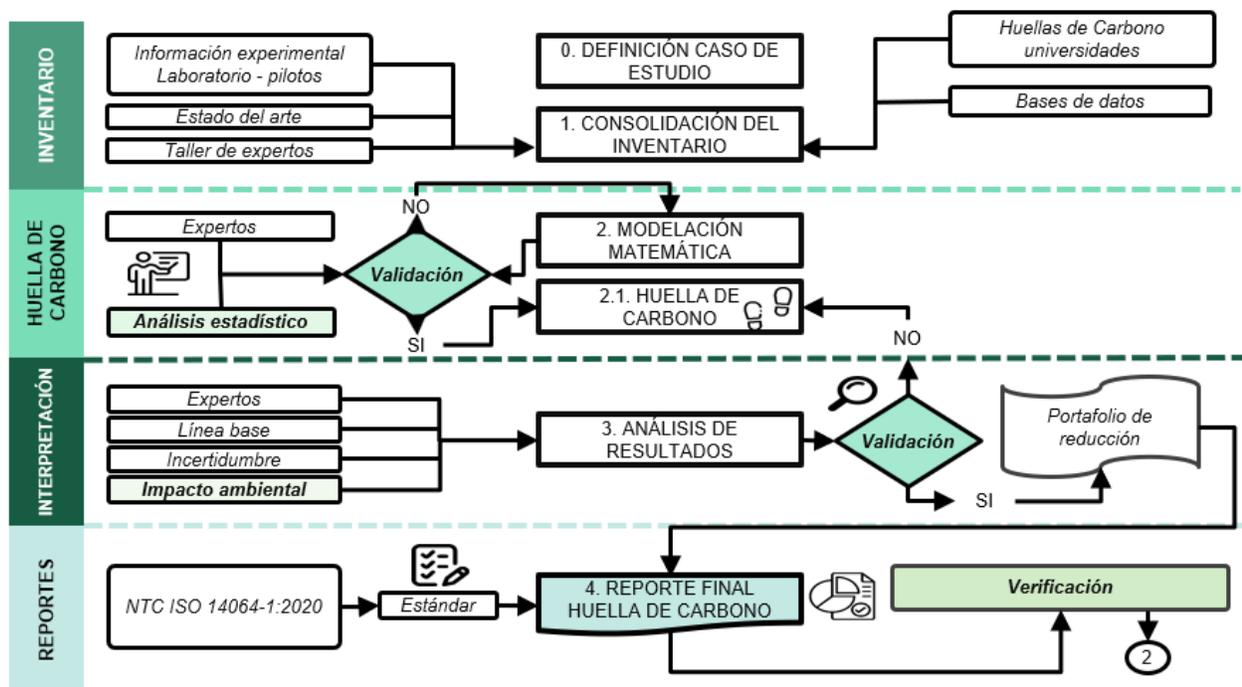


Figura 8. Metodología cálculo huella de carbono – Universidad ECCI.

Fuente: Elaboración propia. Adaptado de (Martínez et al., 2020)

6.1. Año base

Es relevante destacar que la Universidad ECCI previamente había calculado y certificado por parte de ICONTEC su huella de carbono en el año 2017. Sin embargo, debido al transcurso de cinco años desde ese reporte, la información ha perdido su vigencia y confiabilidad para representar el panorama actual. Por lo tanto, se ha tomado como año base para la universidad el nuevo cálculo realizado en el año 2022, utilizando la metodología NTC ISO 14064-1:2020. Este enfoque se considera más completo y significativo, ya que reflejará de manera precisa los cambios en la infraestructura y el aumento en el número de estudiantes, permitiendo una evaluación más actualizada y acertada del impacto ambiental de la institución.

7. Alcance de inventario de GEI

7.1. Límites de la organización

La Universidad ECCI cuenta con sedes en ciudades de Medellín, Cali y Bogotá. Este reporte se enfoca en un análisis de emisiones significativas de gases de efecto invernadero generadas por todas las sedes de la universidad en la ciudad de Bogotá siendo este su domicilio principal. La Universidad ECCI cuenta con una infraestructura que abarca un área total de 124.984,033 m²

A continuación, en la figura 9 se presenta el detalle de las sedes que se tienen en cuenta en la huella de carbono de la universidad ECCI.

Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional (NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI

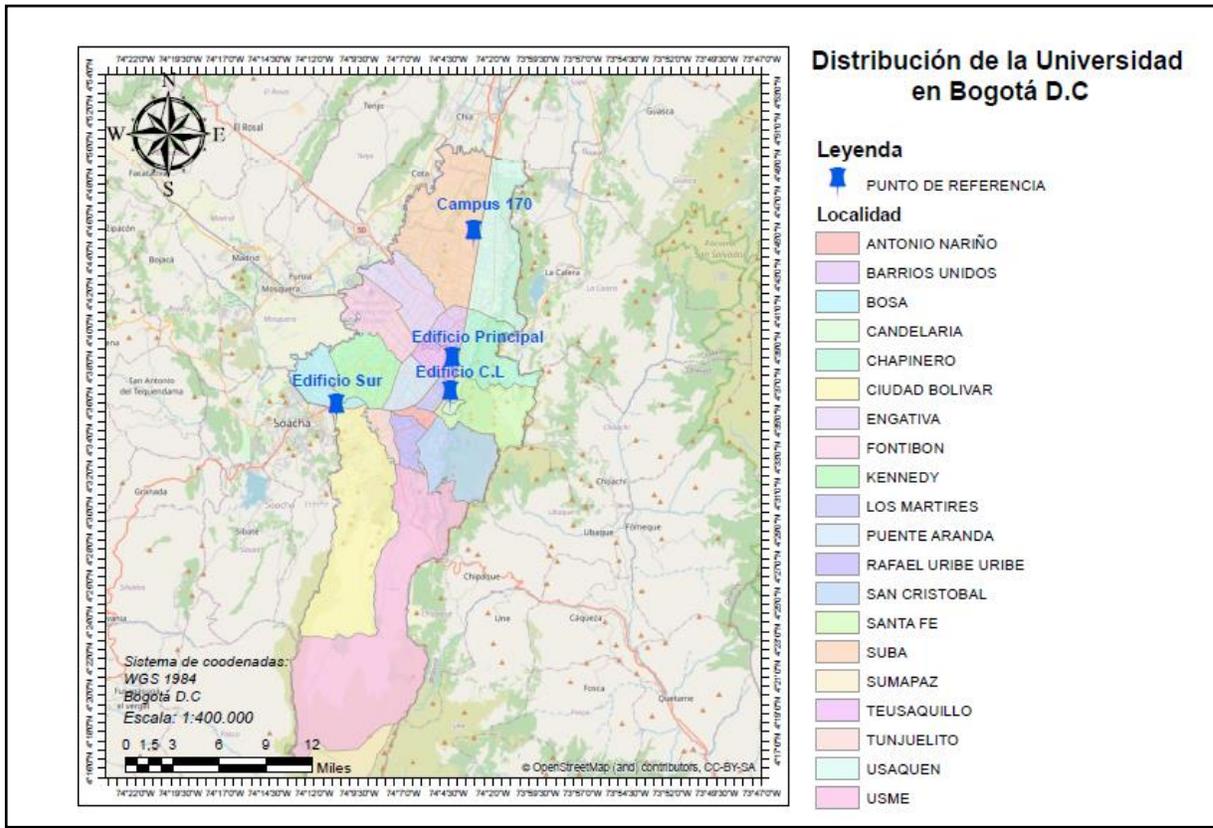


Figura 9. Distribución Universidad ECCI, Bogotá

Fuente: (Oficina de Gestión Ambiental- Universidad ECCI, 2023)

Localidad de Teusaquillo: En la localidad de Teusaquillo, la Universidad ECCI cuenta con su edificio principal subdividido en secciones A, B, C, D, E y F, que albergan oficinas administrativas, laboratorios de ingenierías y ciencias de la salud, y un centro médico para la comunidad universitaria. Además, se encuentran otros edificios esenciales como J, J2, J3, S, G, P, CEINTECCI y talleres, equipados con salas de cómputo y medios audiovisuales para apoyar las actividades académicas e investigativas. Esta infraestructura respalda la investigación e innovación de la universidad, creando un entorno propicio para el crecimiento intelectual y el bienestar de su comunidad educativa (Oficina de Gestión Ambiental- Universidad ECCI, 2023).

Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional (NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI

En la figura 10 se presenta la distribución de las sedes de la Universidad ECCI en la localidad de Teusaquillo en Bogotá.

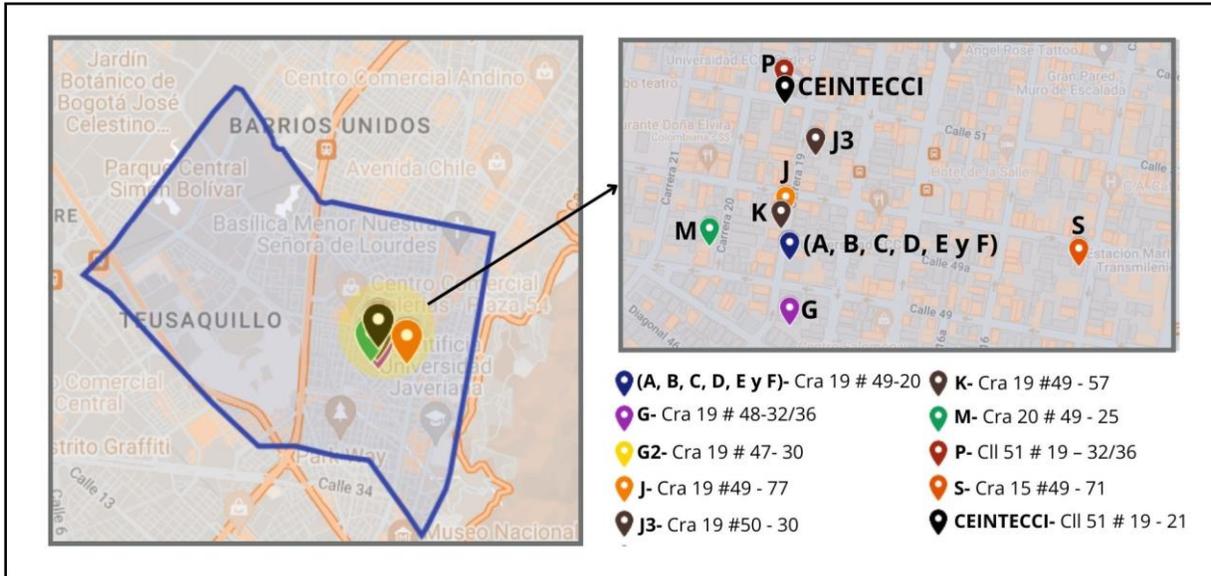


Figura 10. Distribución Universidad ECCI - localidad Teusaquillo

Fuente: Elaboración propia. Adaptado de: (Google maps,2023)

Localidad Santa Fe: En la localidad de Santa Fe, se erigen dos destacadas construcciones pertenecientes a la Universidad: el Teatro ECCI y el Edificio Crisanto Luque. El Teatro ECCI, también conocido como "El Dorado", fue inaugurado en el año 2007. Por otro lado, encontramos edificio Crisanto Luque, ubicado en la Carrera 10 con calle 19 la cual alberga una biblioteca, un teatro, laboratorios, salones de informática etc. (Oficina de Gestión Ambiental- Universidad ECCI, 2023), la figura 11 muestra la distribución de la universidad en esta localidad.

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**



Figura 11. Distribución Universidad ECCI - localidad Santa Fe

Fuente: Elaboración propia. Adaptado de: (Google maps,2023)

Localidad de Suba: En la localidad de Suba, se ubica el Campus cultural y deportivo de la calle 170, situado en la Calle 170 #49b – 96, que brinda una amplia variedad de espacios deportivos como canchas de tenis, baloncesto, fútbol, hockey, así como instalaciones para eventos incluyendo un Auditorio, salones de recepción y una capilla, proporcionando un entorno versátil y completo para actividades culturales y deportivas, además cuenta con un inventario forestal del cual surge un cálculo de remociones para la huella de carbono en la Universidad ECCI (Oficina de Gestión Ambiental- Universidad ECCI, 2023). La figura 12 muestra la ubicación de la universidad ECCI en la localidad de suba.

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

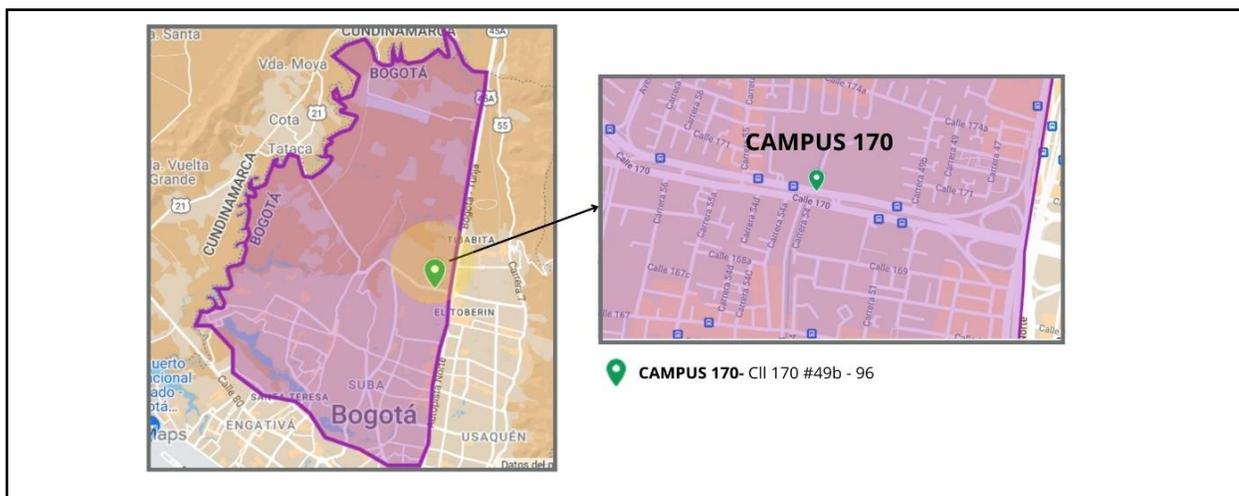


Figura 12. Distribución Universidad ECCI - localidad de Suba

Fuente: Elaboración propia. Adaptado de: (Google maps,2023)

Localidad Ciudad Bolívar: En la localidad Ciudad Bolívar se encuentra la sede más reciente de la universidad ECCI, inaugurada en el año 2020, cuenta con una estructura de 39.000 m2 con más de 22 aulas y 10 salas de sistema (Oficina de Gestión Ambiental- Universidad ECCI, 2023). La figura 13 muestra la distribución de la universidad ECCI en la localidad Ciudad Bolívar.

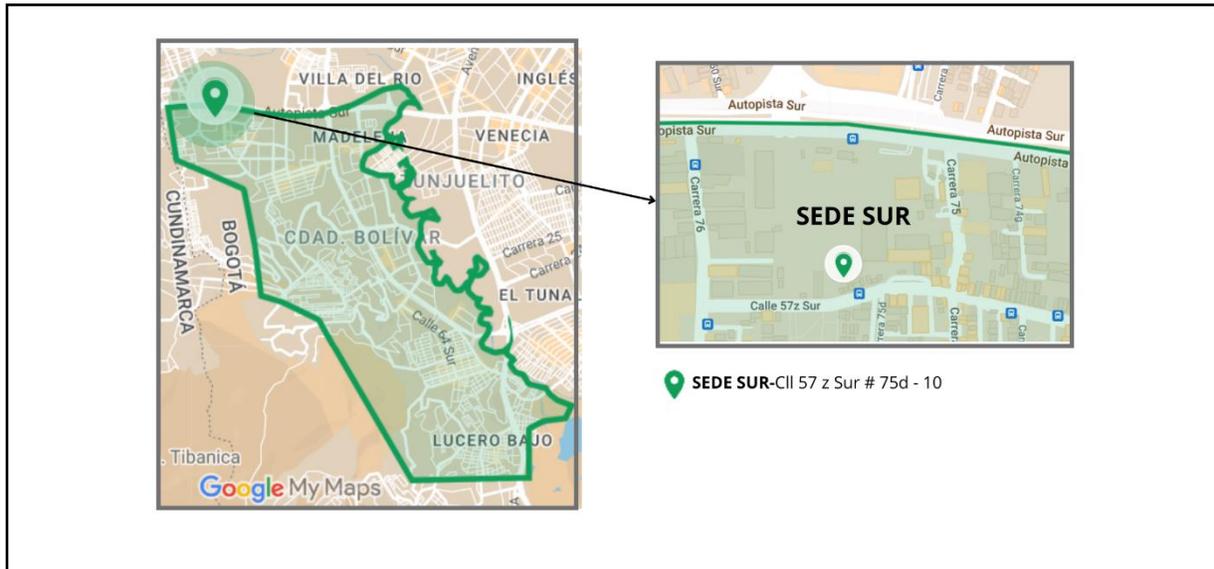


Figura 13. Distribución Universidad ECCI - localidad Ciudad Bolívar

Fuente: Elaboración propia. Adaptado de: (Google maps,2023)

7.2. Límites geográficos (área)

La Universidad ECCI cuenta con 4 sedes, donde lleva a cabo la mayoría de las actividades académicas, con un área construida de 124.984 m², cuenta con 18.009 estudiantes y 1150 personal docente y administrativo. En la tabla 6 se presenta un resumen con las características de la Universidad.

Tabla 6. Resumen universidad ECCI

Áreas por uso actuales 2022		
Sede	Inmueble	Área m²
Teusaquillo	Edificio A	1.006,92
	Edificio B	1.936,92
	Edificio C	2.182,26

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

	Edificio CeintECCI	1.105,24
	Edificio D	1.943,04
	Edificio E	1.947,65
	Edificio F	1.401,26
	Edificio G	3.354,91
	Edificio G2	748,27
	Edificio J	1.909,26
	Edificio J2	1.556,19
	Edificio J3	1.411,93
	Edificio K	1.808,98
	Edificio L	304,54
	Edificio múltiple	1.365,97
	Edificio I	417,59
	Taller diésel	207,30
	Taller Cra 17	856,86
	Edificio P	5.316,56
	Edificio S	1.791,99
	CID	783,84
Suba	Sede calle 170	70.042,47
		971,69
Santa Fe	Teatro ECCI	1.512,40
	Sede Crisanto Luque	15.600,00
Ciudad Bolívar	Sede sur	3.500,00
	TOTAL	124.984,03

8. Inventario de emisiones de GEI

8.1. Metodología para la determinación de emisiones significativas

A continuación, se describirá la metodología empleada para determinar las emisiones significativas en el cálculo de la huella de carbono de la universidad ECCI por medio de la metodología NTC ISO 14064-1:2020 la cual exige realizar esta estimación para incluir las emisiones que más impacten en la operación (ICONTEC, 2020). Para la estimación de las emisiones significativas, se planteó el desarrollo de una metodología aplicable tanto a la Universidad ECCI como a otras instituciones educativas tomando como soporte diferentes metodologías ya certificadas, en especial en base a la metodología presentada por la Organización Sanitaria Integrada Barrualde Galdakao (Osakidetza, 2020), en dicha metodología se excluyen las fuentes de emisión que representan menos del 0,1% del total de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), siempre y cuando el conjunto de exclusiones no supere el 1% del total de las emisiones. En contraste, la propuesta para la universidad ECCI se distingue por realizar una evaluación de cada fuente de emisión identificada, asignándoles un valor específico para determinar su significancia en el cálculo de la huella de carbono.

8.1.2. Fuentes de emisiones

En primer lugar, se identifican y reconocen las fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero dentro del alcance de la universidad. Para ello, se tomó en cuenta cada uno de los procesos y actividades que opera en la institución, realizando la comparación con lo descrito en la NTC ISO 14064-1:2020. La tabla 7 muestra la identificación de fuentes de emisión en la Universidad ECCI.

Tabla 7. Identificación de fuentes de emisión en la universidad ECCI

Tipo de emisión	Uso en la		Área generadora		
	Universidad				
	SI	NO			
Emisiones directas	Emisiones de Combustión Estacionaria	Combustión de gas	X	Consumo de gas natural	
		Combustión de gasóleo o Diésel	X	Consumo de combustibles por plantas eléctricas y equipo de mecánica	
		Combustión de carbón		X	
		Combustión de biomasa		X	
	Emisiones de Combustión Móvil	Emisiones de la flota de vehículos de la empresa (automóviles, camiones, autobuses)	X		Consumo de combustibles fósiles por vehículos propios
		Emisiones de maquinaria y equipos móviles (tractores, montacargas, etc.)		X	
		Emisiones de GEI resultantes de reacciones químicas en procesos de producción.	X		Reactivos químicos en laboratorios
	Emisiones de Procesos Industriales	Emisiones de procesos metalúrgicos y de fundición.		X	
		Emisiones de procesos de tratamiento de residuos.		X	

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

Emisiones Indirectas	Emisiones de Energía Adquirida	Recarga de extintores	X	Recarga anual de extintores para todas las sedes	
		Fugas de gases refrigerantes utilizados en sistemas de refrigeración y aire acondicionado.	X	Sistema de aires acondicionados para algunos laboratorios y refrigeración en vehículos	
		Fugas de gases industriales utilizados en procesos específicos		X	
		Emisiones de GEI asociadas a la electricidad comprada a la red pública.	X		Servicio de energía en todas las sedes
		Emisiones de GEI relacionadas con la compra de calor o vapor de fuentes externas.		X	

Emisiones de Disposición de Residuos	Emisiones de GEI generadas por el uso de los productos de la universidad	X	Consumo de papel
	Emisiones de GEI provenientes del tratamiento y disposición de residuos generados por la universidad	X	Producción de residuos sólidos
Emisiones de Uso de Productos consumidos			

Fuente: Elaboración propia, adaptación de lineamientos de la NTC ISO 14064-1:2020

8.1.2. Evaluación de emisiones significativas

Una vez identificadas las fuentes de emisiones en el punto anterior, procedimos a evaluar su significancia. La Organización Sanitaria Integrada Barrualde Galdakao determino en su cálculo de huella de carbono del año 2020 diversos criterios para determinar la importancia relativa de cada fuente de emisión (Osakidetza, 2020). Para este caso, se tuvieron en cuenta estos y otros criterios

que abarcan tanto la magnitud de las emisiones como su relevancia en el contexto operativo de la universidad, dichos criterios están descritos en la tabla 8.

Tabla 8. Criterios para evaluación de fuentes de emisión

Criterio	Descripción
Frecuencia y duración de la emisión	Determinación de la frecuencia con la que ocurren las emisiones de GEI y la duración de cada evento, expresadas en número de eventos por año o por ciclo académico.
Inversión económica en la fuente de emisión	Inversión financiera, recursos invertidos
Calidad y disponibilidad de la información	Evaluación de la disponibilidad y de los datos utilizados para calcular las emisiones de GEI. Se considera si la universidad cuenta con información confiable y actualizada sobre las fuentes de emisión y su estimación precisa.
Contribución climática según el factor de emisión.	Evaluación del impacto ambiental del factor de emisión específico. Se considera si la cantidad de gases de efecto invernadero (GEI) liberados por unidad de medida es considerable entre fuentes de emisión.

Fuente: Elaboración propia. Adaptado de: (Osakidetza, 2020)

A continuación, se asigna una calificación cuantitativa a cada uno de los criterios de evaluación, lo que permitirá determinar las emisiones significativas.

Se asignó un valor máximo de 3 puntos a cada uno de los criterios de evaluación previamente establecidos (ver tabla 8). se definió un rango de evaluación que guiará la calificación para cada fuente de emisión identificada. En la tabla 9 se describen cada uno de la ponderaciones aplicadas a la universidad ECCI.

Tabla 9. Ponderación para criterios de evaluación para determinación de emisiones significativas

Criterio	0	1	2	3
Frecuencia y duración de la emisión	No hay emisiones de GEI o frecuencia insignificante.	Baja frecuencia o duración muy reducida de las emisiones. (anual, bianual...)	Frecuencia o duración moderada de las emisiones de GEI. (trimestral, semestral)	Alta frecuencia o duración significativa de las emisiones. (mensual, diario)
Inversión económica en la fuente de emisión	Inversión económica realizada de forma no habitual.	Baja inversión económica en la fuente de emisión de GEI.	Inversión moderada que tiene un impacto relevante en la huella de carbono.	Alta inversión económica que contribuye significativamente a las emisiones.
Calidad y disponibilidad de información	No hay acceso a la información relevante o los datos disponibles no son precisos o confiables.	Bajo acceso a la información o la de los datos es limitada, lo que afecta la confiabilidad de la evaluación de emisiones.	Acceso moderado a la información, pero aún hay ciertas limitaciones en la de los datos .	Amplio acceso a información precisa y confiable sobre las fuentes de emisión de GEI.

Contribución climática según el factor de emisión.	El factor de emisión no tiene impacto en el reporte final de huella de carbono.	Bajo impacto del factor de emisión en la huella de carbono, con una contribución limitada a las emisiones de GEI.	Moderado impacto del factor de emisión en la huella de carbono	Alto impacto del factor de emisión en la huella de carbono, siendo una fuente de emisión clave
--	---	---	--	--

9. Resultados

9.1. Emisiones significativas

Se llevó a cabo una recopilación de cada una de las fuentes de emisión, asignando a cada criterio la calificación predefinida de acuerdo con su influencia en el contexto de la universidad. Este procedimiento se traducirá en la asignación de un valor numérico a cada fuente de emisión, reflejando así su relevancia en la huella de carbono de la institución.

En este proceso, se estableció un valor máximo de 12 puntos como referencia, y en función de esta ponderación, se determinó que cualquier factor de emisión que obtuviera una calificación igual o superior a 10 puntos sería considerado significativo. Por el contrario, cualquier fuente de emisión que obtuviera una calificación por debajo de este umbral sería excluida del cálculo de la huella de carbono. La Tabla 10 presenta las ponderaciones asignadas a cada fuente de emisión.

- a) Frecuencia y duración de la emisión
- b) Inversión económica en la fuente de emisión

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

- c) Calidad y disponibilidad de la información
- d) Contribución climática según el factor de emisión

Tabla 10. Valoración y determinación de emisiones significativas

		Concepto	a	b	c	d	Total	
Emisiones Directas	Emisiones de Combustión Estacionaria	Combustión de gas natural	3	3	3	3	12	
		Combustión de gasóleo o Diésel	3	3	3	3	12	
	Emisiones de Combustión Móvil	Emisiones de la flota de vehículos	3	3	3	3	12	
		Emisiones de GEI resultantes de reacciones químicas en procesos de producción.	1	1	3	2	7	
	Emisiones de Fugas	Recarga de extintores	Solkaflam	3	3	3	3	12
			Agua, ABC	0	0	0	0	0
			CO ₂	3	3	3	3	12
	Emisiones de Fugas	Fugas de gases refrigerantes utilizados en sistemas de refrigeración y aire acondicionado.	1	2	2	2	7	
	Emisiones Indirectas	Emisiones de Energía Adquirida	Emisiones de GEI asociadas a la electricidad comprada a la red pública.	3	3	3	3	12

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

	Concepto	a	b	c	d	Total
Emisiones de Transporte	Emisiones de GEI asociadas al transporte de servicios comprados (servicios logísticos, mensajería, etc.).	1	2	0	1	4
Emisiones de Viajes	Emisiones de GEI generadas por viajes realizados por empleados o estudiantes	3	3	3	3	12
	Vuelos	3	3	3	3	12
	Salidas de campo	3	3	3	3	12
Emisiones de Uso de Productos consumidos	Emisiones de GEI generadas por el uso de los productos de la universidad. (Papel)	3	3	3	3	12
Emisiones de Disposición de Residuos	Emisiones de GEI provenientes del tratamiento y disposición de residuos generados por la universidad	3	3	3	3	12

Fuente: Elaboración propia

Tras analizar cada fuente de emisión, se desestimó emisiones de GEI producidas por el uso de agentes químicos en laboratorios, los extintores de agua, los servicios de transporte o mensajería y los sistemas de aire acondicionado, dichas fuentes se aprecian sombreadas en la matriz (ver tabla 10) y se determinó como emisiones directas significativas las emisiones por combustión estacionaria, combustión móvil, recarga de extintores (CO₂ y Solkaflam), y como emisiones

indirectas, emisiones por energía adquirida, vuelos, salidas de campo, consumo de papel y producción de residuos sólidos.

Fuente de datos y recolección de la información:

La oficina de Gestión Ambiental de la Universidad ECCI ha llevado a cabo un levantamiento primario de información para el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Durante la fase inicial, se recopilaban datos de diversas fuentes, como registros de consumo energético, datos de movilidad y transporte, datos de procesos industriales y otras actividades relacionadas con emisiones de GEI de la universidad.

Tras la identificación de las fuentes de emisión significativas, se emprendió una etapa crucial de filtro y recolección secundaria de datos. El propósito fundamental de esta fase era obtener la información de mayor relevancia y los respaldos necesarios para llevar a cabo un cálculo preciso de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Durante este proceso, se sometieron a un minucioso escrutinio los datos recopilados, descartando meticulosamente cualquier información que no fuera aplicable al cálculo de la huella de carbono de la Universidad ECCI. El enfoque se mantuvo estrictamente en los datos esenciales para comprender y cuantificar las emisiones de GEI de la institución.

A continuación, se proporciona un desglose de cada una de las fuentes de emisión identificadas, así como su relevancia en el contexto de la Universidad ECCI. Este análisis exhaustivo es fundamental para evaluar y abordar eficazmente el impacto ambiental de la institución.

9.1.1. Emisiones directas

a. Extintores

Tabla 11. Tipo de datos para emisiones por extintores

	Ciudad	Fecha de recarga	Tipo de extintor	Capacidad	Unidades
	Bogotá	Año 2022	ABC, CO ₂ , Solkaflam	Libras	Kilogramos

b. Consumo de combustible

Tabla 12. Tipo de datos para emisiones por consumo de combustibles

	Ciudad	Valor	Tipo de combustible	Promedio precio	Unidades
	Bogotá	Pesos colombianos COP	Gasolina a motor, diésel, gasolina extra	Promedios del para el valor del combustible en	Galones

c. Consumo de gas

Tabla 13. Tipo de datos para emisiones por consumo de gas

	Numero de contrato	Ciudad	Operador	Periodo de facturación	Unidades
--	--------------------	--------	----------	------------------------	----------



Número único	Bogotá	Vanti	2022	Metros cúbicos consumidos
--------------	--------	-------	------	---------------------------------

9.1.2. Emisiones Indirectas

a. Consumo de energía

Tabla 14. Tipo de datos para emisiones por consumo de energía

	Numero de contrato	Ciudad	Operador	Periodo de facturación	Unidades
	Número único	Bogotá	Enel	2022	KWh consumido s

b. Residuos solidos

Tabla 15. Tipo de datos para emisiones por producción de residuos solidos

	Periodo	Ciudad	Tipo de residuo	Unidades
	Año 2022	Bogotá	No aprovechable (residuos sólidos)	Expresada en kilogramos

c. Prácticas de campo

Tabla 16. Tipo de datos para emisiones por viajes en prácticas de campo

	Asignatura	Origen	Destino	Número de viajes	Unidad
	Facultad	Punto de origen-	-	Cantidad de salidas al año	Kilómetros recorridos*
		Bogotá			

**Con el fin de obtener el dato necesario para calcular las emisiones de las salidas de campo se estableció la relación entre el consumo de Diésel de un autobús en Colombia contra los kilómetros recorridos.*

d. Vuelos

Tabla 17. Tipo de datos para emisiones por vuelos

	Fecha	Pax	Características	Origen/destino	Unidades
	Viajes del año 2022	Cantidad de pasajeros	Un destino/Viaje redondo	-	Kg CO ₂ ICAO

e. Consumo de papel

Tabla 18. Tipo de datos para emisiones por consumo de papel

	Fecha	Producto	Departamento	Unidades
	Consumo de papel/2022	Tipo de resma	Dirección/decanatura	Cantidad de resmas

10. Cuantificación

Cuantificación de emisiones GEI

A continuación, se presenta el cálculo de las emisiones de todas las fuentes significativas directas e indirectas asociadas a la Universidad ECCI, siguiendo la metodología NTC ISO 14064-1:2020. De esta manera, se obtendrá una final en toneladas de CO₂ equivalente (Ton CO_{2eq}).

Potencial de calentamiento global

El Potencial de Calentamiento Global (PCG), también conocido como GWP por sus siglas en inglés (Global Warming Potential), es una métrica utilizada para comparar el impacto climático de los gases de efecto invernadero (GEI) en relación con el dióxido de carbono. El CO₂ se toma como referencia y se le asigna un valor de GWP de 1, ya que es el gas de efecto invernadero más común y representativo (Red Ambiental de Asturias, 2021).

El Potencial de Calentamiento Global de un gas se calcula en función de su capacidad para atrapar el calor en la atmósfera en un período de tiempo específico, generalmente 20 o 100 años. En la tabla 19, se presenta la relación de PCG para los gases de efecto invernadero que se involucran en la combustión. En la tabla 19 se presentan los PCC actualizados con el informe del Grupo Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático en el año 2022.

Tabla 19. Potencial de calentamiento global

Gas de efecto invernadero	100 años	20 años
CO ₂	1	1
CH ₄ Fósil	29,8	82,5

CH ₄	27,2	80,8
N ₂ O	273	273

Fuente: Adaptado de (IPCC AR6, 2022)

10.1. Cálculo de emisiones directas

10.1.1. Emisiones por extintores:

En Colombia, se utilizan principalmente diferentes tipos de extintores: Agua, ABC CO₂ y con compuestos de tipo R-123 / HCFC-123. Para la Universidad ECCI según metodología establecida por la NTC ISO 14064-1:2020, solo se considerarán como emisiones significativas los extintores de CO₂ y los extintores R-123 / HCFC-123 puesto que los extintores de Agua y extintores ABC son agentes limpios que no emiten GEI.

10.1.1.1. Extintores de dióxido de carbono (CO₂)

El extintor emplea dióxido de carbono como agente extintor. Su propósito principal es sofocar incendios de clases B y C, ya que el CO₂ tiene la propiedad de ser un aislante eléctrico (MADS, 2021b)

La Universidad ECCI cuenta con un total de 77 extintores tipo CO₂ distribuidos en sus distintas sedes presentando sus características en la tabla 20:

Tabla 20. Resumen de extintores tipo CO₂

Cantidad	Tipo	Características C/U	
22	CO ₂	10 lb	4,53 kg
55	CO ₂	15 lb	6,80 kg

Fe: El factor de emisión para los extintores de CO₂ es 1 Kg CO_{2eq}/Kg (IPCC, 2006), puesto que el balance de masas se realiza directamente sobre el dióxido de carbono (ISAGEN, 2018).

a. Extintores 10 lb:

Ecuación 1. Emisión de CO_{2eq} por extintor de CO₂

Emisión por extintores de CO₂ = Kg del agente * # de extintores * Factor de emisión

Emisión por extintores de CO₂ = 4,53 kg * 22 * 1 Kg CO_{2eq}/Kg

Emisión por extintores de CO₂ = 99,66 Kg CO_{2eq}

b. Extintores 15 lb:

Ecuación 2. Emisión de CO_{2eq} por extintor de CO₂

Emisión por extintores de CO₂ = Kg del agente * # de extintores * Factor de emisión

Emisión por extintores de CO₂ = 6,80 Kg * 55 * 1 Kg CO_{2eq}/Kg

Emisión por extintores de CO₂ = 374 Kg CO_{2eq}

Tabla 21. Kg CO_{2eq} extintores CO₂

Unidades - kg CO_{2eq}	
Extintor CO₂	CO₂
10 lb	99,66
15 lb	374
Total	473,66

Ecuación 3. Ton CO_{2eq} por extintores CO₂

$$\text{Ton } CO_{2eq} \text{ Extintores } CO_2 = 473,66 \text{ Kg } CO_{2eq} / \frac{1 \text{ Ton } CO_{2eq}}{1.000 \text{ Kg } CO_{2eq}}$$

$$\text{Ton } CO_{2eq} \text{ Extintores } CO_2 = 0,47 \text{ Ton } CO_{2eq}$$

10.1.1.2. Extintores R-123 / HCFC-123:

Para el caso de la universidad ECCI, se cuenta con dos tipos de extintores con estas características, extintores de tipo Agente limpio y Solkaflam. Estos tipos de extintores emplean hidroclorofluorocarbonos (HCFC) como HCFC-123, así como hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y fluoriodocarbonos (FIC). Son altamente efectivos para combatir incendios en equipos electrónicos (clase C) y también son apropiados para fuegos de clases A y B. (MADS, 2021b).

La Universidad ECCI cuenta con un total de 61 extintores de este tipo distribuidos en sus distintas sedes, la tabla 22 muestra dicha distribución:

Tabla 22. Resumen de extintores tipo HCFC-123

Cantidad	Tipo	Características C/U	
53	Solkaflam	3.700 g	3,7 Kg
8	Agente Limpio	3.700 g	3,7 Kg

Este tipo de extintores no cuenta con un factor de emisión directo, por lo cual se realiza la relación en base a su Potencial de Calentamiento Global (GWP), El agente extintor usado es el gas hidrofluorocarbono (R-123) (ISAGEN, 2018), la tabla 23 muestra esta relación.

Tabla 23. GWP por HCFC -123

Sustancia	Fórmula	Potencial de Calentamiento Global	
		IPCC 1995	IPCC 2007
HCFC-123	CHCl ₂ CF ₃	90	77

Fuente: Adaptado de (CAEM, 2013)

Ecuación 4. Ton CO_{2eq} por Extintores R-123/HCHC-123

Emisión por extintores R/123 – HCFC/123 = Kg del agente * # de extintores * Factor de emisión

Emisión por extintores R – 123 = 3,7Kg * 61 * 77 Kg CO_{2eq}

Emisión por extintores R – 123 = 173.789 Kg CO_{2eq}

173.789 Kg CO_{2eq} = 17,37 Ton CO_{2eq}

Tabla 24. Toneladas totales de CO_{2eq} por extintores

Extintor	Ton CO _{2eq}
Extintor de CO ₂	0,47
Extintor R-123/HCFC-123	17,37
Total	17,86

10.1.2. Emisiones por combustibles y biocombustibles:

Según la descrito por el decreto 2629 de 2007, la mezcla con biocombustibles para uso

vehículos y demás artefactos a motor que utilicen combustibles para su funcionamiento es de carácter obligatorio. el porcentaje demargen de tolerancia será de +/- 5% para la presicion de los equipos (Presidencia de la Republica, 2007).

10.1.2.1. Gasolina corriente y extra

La resolución 40111 de 2021 “por la cual se discrimina el contenido máximo de alcohol carburante - etanol en la mezcla con gasolina motor corriente y extra, señala que el contenido máximo de alcohol carburante - etanol en la mezcla con gasolina motor corriente y extra a nivel nacional será del 10%” (Ministerio de Minas y Energía, 2021). La gasolina utilizada en los motores de la Universidad ECCI (vehículos y motores de la facultad de ingeniería) constituye una fuente directa de emisiones de gases de efecto invernadero y será denominada por fuente de emisión de la UPME como Gasolina E10 comercial. La composición para la gasolina se mide como:

Gasolina corriente: 90% Gasolina y 10% Bioetanol

La Gasolina E10 comercial ya tiene en su factor de emisión incluido la proporción entre gasolina y bioetanol, así pues, para llevar a cabo el cálculo de las emisiones de la gasolina, se utilizó un enfoque basado en los costos mensuales de adquisición de este tipo de combustible (ver anexo 1). La tabla 26 y 27 muestran la relación del consumo y gasto de gasolina motor en Bogotá.

Tabla 25. Valor total gasolina corriente, Universidad ECCI-2022

Tipo de combustible	Valor total año 2022
Gasolina Motor	\$14.127.297

Posteriormente, se realizó un promedio de los precios del galón de gasolina en Bogotá,

utilizando datos obtenidos del Ministerio de Minas y Energía:

Tabla 26. Promedio por galón de gasolina corriente, Bogotá 2022

Estadísticas precios en estaciones de servicio Bogotá, DC	
Gasolina Corriente	Promedio
Enero	\$ 9.205
Febrero	\$ 9.207
Marzo	\$ 9.202
Abril	\$ 9.194
Mayo	\$ 9.147
Junio	\$ 9.186
Julio	\$ 9.273
Agosto	\$ 9.335
Septiembre	\$ 9.324
Octubre	\$ 9.420
Noviembre	\$ 9.627
Diciembre	\$ 9.852
Promedio	\$ 9.226

Fuente: (Ministerio de Minas y Energía, 2023)

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

Utilizando la relación entre el costo total invertido en gasolina para este tipo de motor y el promedio del precio del galón de gasolina corriente en Bogotá, estimamos la cantidad total de galones de gasolina a motor consumida en la Universidad ECCI.

Ecuación 5. Galones totales de gasolina corriente

$$\text{Galones gasolina corriente} = \frac{\text{Costo total de Gasolina 2022}}{\text{Promedio Gasolina Motor 2022}}$$

$$\text{Galones gasolina corriente} = \frac{14.127.297}{9.226}$$

Galones gasolina Corriente = 1.531,24 Gal

Tabla 27. Valor total gasolina extra, Universidad ECCI-2022

Tipo de combustible	Valor total año 2022
Gasolina extra	\$25.291.600

Posteriormente, se realizó un promedio de los precios del galón de gasolina en Bogotá, utilizando datos obtenidos del Ministerio de Minas y Energía:

Tabla 28. Promedio por galón de gasolina extra, Bogotá 2022

Estadísticas precios en estaciones de servicio Bogotá, DC	
Gasolina Extra	Promedio
Enero	\$ 16.127
Febrero	\$ 16.142
Marzo	\$ 16.649

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

Abril	\$ 16.872
Mayo	\$ 16.973
Junio	\$ 17.688
Julio	\$ 18.537
Agosto	\$ 18.879
Septiembre	\$ 18.842
Octubre	\$ 18.818
Noviembre	\$ 19.165
Diciembre	\$ 19.440
Promedio	\$ 17.807

Fuente: (Ministerio de Minas y Energía, 2023)

Utilizando la relación entre el costo total invertido en gasolina para este tipo de motor y el promedio del precio del galón de gasolina corriente en Bogotá, estimamos la cantidad total de galones de gasolina a motor consumida en la Universidad ECCI.

Ecuación 6. Galones totales de gasolina extra

$$\text{Galones gasolina extra} = \frac{\text{Costo total de Gasolina 2022}}{\text{Promedio Gasolina Motor 2022}}$$

$$\text{Galones gasolina extra} = \frac{25.291.600}{17.807}$$

Galones gasolina extra = 1.420,32 Gal

Tabla 29. Total de galones de gasolina Universidad ECCI

Tipo de combustible	Galones
Corriente	1.531,24
Extra	1.420,32
Total galones	2.951,57

a. Factor de emisión CO₂ gasolina:

Según los Factores de Emisión de los Combustibles Colombianos- FECOC el factor de emisión para el año 2016 para la gasolina comercial E10 es de 7,62 KgCO₂/gal (UPME, 2016)

Ecuación 7. Emisión de CO₂ para gasolina corriente

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ Gasolina} = (2.951,57 \text{ Gal}) * (7,62 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{Gal}})$$

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ Gasolina} = \mathbf{22.485,33 \text{ KgCO}_2}$$

b. Factor de emisión CH₄ gasolina:

Según los Factores de Emisión de los Combustibles Colombianos- FECOC el factor de emisión para el año 2016 es de 3 Kg/TJ (UPME, 2016)

Factor Emisión UPME: 3 KgCH₄/TJ

Poder Calorífico FECOC LHV: 40,66 MJ/Kg = 0,000040 TJ/Kg

Potencial de calentamiento global CH₄: 29,8

Densidad Gasolina: 741,2 Kg/m³

Ecuación 8. Factor de emisión CH₄ gasolina

$$FE = 3 \frac{\text{KgCH}_4}{\text{TJ}} * 0,000040 \frac{\text{TJ}}{\text{Kg}}$$

$$FE = 0,00012 \frac{\text{KgCH}_4}{\text{Kg}}$$

Utilizando la densidad de la gasolina se obtiene:

Ecuación 9. Factor de emisión CH₄ gasolina

$$741,2 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * \frac{\text{m}^3}{1000\text{l}} = 0,74 \frac{\text{Kg}}{\text{L}} * \frac{3,7854}{\text{Gal}} = 2,80 \frac{\text{Kg}}{\text{Gal}}$$

$$0,00012 \frac{\text{KgCH}_4}{\text{Kg}} * 2,80 \frac{\text{Kg}}{\text{Gal}} = 0,00034 \frac{\text{KgCH}_4}{\text{Gal}}$$

Remplazando por el potencial de calentamiento global:

$$0,00034 \frac{\text{KgCH}_4}{\text{Gal}} * 29,8 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{KgCH}_4} = 0,01 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{Gal}}$$

Emisión de CH₄ por gasolina

Ecuación 10. Emisiones de CO₂ por CH₄ de gasolina

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ Gasolina} = (2.951,53 \text{ Gal}) * (0,01 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{Gal}})$$

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ Gasolina} = 29,60 \text{ KgCO}_2$$

c. Factor de emisión N₂O gasolina:

Según los Factores de Emisión de los Combustibles Colombianos- FECOC el factor de emisión para el año 2016 para el óxido nitroso en fuentes móviles es de 3,2 Kg/TJ (UPME, 2016)

Factor Emisión UPME: 3,2 KgN₂O/TJ

Poder Calorífico FECOC LHV: 40,66 MJ/Kg = 0,000040 TJ/Kg

Potencial de calentamiento global N₂O: 273

Densidad Gasolina: 741,2 Kg/m³

Ecuación 11. Factor de emisión N₂O gasolina

$$FE = 3,2 \frac{\text{KgN}_2\text{O}}{\text{TJ}} * 0,000040 \frac{\text{TJ}}{\text{Kg}}$$

$$FE = 0,00013 \frac{\text{KgN}_2\text{O}}{\text{Kg}}$$

Utilizando la densidad de la gasolina se obtiene:

Ecuación 12. Factor de emisión N₂O gasolina

$$741,2 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * \frac{\text{m}^3}{1000\text{l}} = 0,74 \frac{\text{Kg}}{\text{L}} * \frac{3,78}{\text{Gal}} = 2,80 \frac{\text{Kg}}{\text{Gal}}$$

$$0,00012 \frac{\text{KgN}_2\text{O}}{\text{Kg}} * 2,80 \frac{\text{Kg}}{\text{Gal}} = 0,00036 \frac{\text{KgN}_2\text{O}}{\text{Gal}}$$

Remplazando por el potencial de calentamiento global:

$$0,00036 \frac{\text{KgN}_2\text{O}}{\text{Gal}} * 273 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{KgN}_2\text{O}} = 0,098 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{Gal}}$$

Emisión de N₂O por gasolina

Ecuación 13. Emisiones de CO₂ por N₂O de gasolina

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ Gasolina} = (2.951,53 \text{ Gal}) * (0,098 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{Gal}})$$

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ Gasolina} = 289,27 \text{ KgCO}_2$$

Tabla 30. Kg CO_{2eq} gasolina

Composición	Unidades - Kg CO _{2eq}
-------------	---------------------------------

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

	CO₂	CH₄	N₂O
Gasolina E10	22.485,33	29,60	289,27

Ecuación 14. CO_{2eq} por gasolina

$$\text{Ton CO}_{2\text{eq Gasolina}} = (22.485,33\text{KgCO}_{2\text{eq}} + 29,60\text{KgCO}_{2\text{eq}} + 289,27\text{KgCO}_{2\text{eq}}) / \frac{1 \text{ Ton CO}_{2\text{eq}}}{1.000 \text{ Kg CO}_{2\text{eq}}}$$

$$\text{Ton CO}_{2\text{eq Gasolina}} = 22,80 \text{ Ton CO}_{2\text{eq}}$$

10.1.2.2. Diésel – ACPM

En Colombia, el Diésel, comunmente llamado aceite combustible para motores (ACPM) es un combustible de gran ditribución en el territorio, para la universidad ECCI mayormente utilizado en talleres de investigación y vehículos corporativos. Según la Resolución 40421 del 2021 se busca la que la relación entre la composición de Diésel y Biodiésel en Colombia sea de proporción 90/10 (MADS, 2021a).

Diésel: 90% Diésel y 10% Biodiésel palma

Al igual que para la gasolina, se realizó el cálculo de galones de Diésel basados un en los costos mensuales de adquisición de este tipo de combustible:

Tabla 31. Valor total diésel, Universidad ECCI-2022

Tipo de combustible	Valor total año 2022
Diésel ACPM	\$6.290.903

Adicional se realizó un promedio de los precios del galón de Diésel Bogotá:

Tabla 32. Promedio por galón de diésel, Bogotá 2022

Estadísticas precios en estaciones de servicio Bogotá, DC	
Diesel	Promedio
Enero	\$ 9.123
Febrero	\$ 9.153
Marzo	\$ 9.167
Abril	\$ 9.120
Mayo	\$ 9.114
Junio	\$ 9.167
Julio	\$ 9.223
Agosto	\$ 9.235
Septiembre	\$ 9.216
Octubre	\$ 9.218
Noviembre	\$ 9.240
Diciembre	\$ 9.254
Promedio	\$ 9.190

La relación total entre lo pagado por diésel con el promedio del precio del galón de Diésel en Bogotá, se estima la cantidad total de galones de Diésel para la universidad ECCI durante el año 2022.

Ecuación 15. Galones totales de diésel

$$\text{Galones de diésel} = \frac{\text{Costo total de Diésel 2022}}{\text{Promedio Diésel 2022}}$$

$$\text{Galones de diésel} = \frac{6.290.903}{9.190}$$

$$\text{Galones de diésel} = 684,54$$

a. Factor de emisión CO₂ diésel:

Según los Factores de Emisión de los Combustibles Colombianos- FECOC el factor de emisión para Diésel el año 2015 es de 10,15 KgCO₂/gal (UPME, 2016)

Ecuación 16. Emisión de CO₂ para diésel

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ diésel} = 0,90 * (684,54 \text{ Gal}) * \left(10,15 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{Gal}}\right)$$

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ diésel} = 6.252,66 \text{ KgCO}_2$$

b. Factor de emisión CO₂ biodiésel:

Según los Factores de Emisión de los Combustibles Colombianos- FECOC el factor de emisión para Biodiésel el año 2016 es de 6,88 KgCO₂/gal (UPME, 2016)

Ecuación 17. Emisiones de CO₂ para Biodiésel

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ biodiésel} = 0,10 * (684,54 \text{ Gal}) * \left(6,88 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{Gal}}\right)$$

$$\text{Emisión CO}_2_{\text{biodiesel}} = 471,12 \text{ KgCO}_2$$

c. Factor de emisión CH₄ diésel:

Según los Factores de Emisión de los Combustibles Colombianos- FECOC el factor de emisión para el año 2016 es de 3 Kg/TJ (UPME, 2016)

Factor Emisión UPME: 3 KgCH₄/TJ

Poder Calorífico FECOC LHV: 37,9079 MJ/Kg = 0,000038 TJ/Kg

Potencial de calentamiento global CH₄: 29,8

Densidad Diésel: 875,1 Kg/m³

Ecuación 18. Factor de emisión CH₄ diésel

$$FE = 3 \frac{\text{KgCH}_4}{\text{TJ}} * 0,000038 \frac{\text{TJ}}{\text{Kg}}$$

$$FE = 0,00011 \frac{\text{KgCH}_4}{\text{Kg}}$$

Utilizando la densidad del diésel se obtiene:

Ecuación 19. Factor de emisión CH₄ diésel

$$875,1 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * \frac{\text{m}^3}{1000\text{l}} = 0,88 \frac{\text{Kg}}{\text{L}} * \frac{3,78}{\text{Gal}} = 3,31 \frac{\text{Kg}}{\text{Gal}}$$

$$0,000038 \frac{\text{KgCH}_4}{\text{Kg}} * 3,31 \frac{\text{Kg}}{\text{Gal}} = 0,00013 \frac{\text{KgCH}_4}{\text{Gal}}$$

Remplazando por el potencial de calentamiento global:

$$0,00013 \frac{\text{KgCH}_4}{\text{Gal}} * 29,8 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{KgCH}_4} = 0,0037 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{Gal}}$$

Emisión de CH₄ por diésel

Ecuación 20. Emisiones de CO₂ por CH₄ de diésel

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ Diésel} = 0,90 * (684,54 \text{ Gal}) * (0,0037 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{Gal}})$$

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ Diésel} = 2,30 \text{ KgCO}_2$$

d. Factor de emisión CH₄ biodiésel:

Según los Factores de Emisión de los Combustibles Colombianos- FECOC el factor de emisión para el Biodiésel en el año 2016 es de 3 Kg/TJ (UPME, 2016)

Factor Emisión UPME: 3 KgCH₄/TJ

Poder Calorífico FECOC LHV: 37.9079 MJ/Kg = 0,000038 TJ/Kg

Potencial de calentamiento global CH₄: 29,8

Densidad Biodiésel: 0,8751 Kg/l = 875,1 Kg/m³

Ecuación 21. Factor de emisión CH₄ biodiésel

$$FE = 3 \frac{\text{KgCH}_4}{\text{TJ}} * 0,000038 \frac{\text{TJ}}{\text{Kg}}$$

$$FE = 0,00011 \frac{\text{KgCH}_4}{\text{Kg}}$$

Utilizando la densidad del biodiésel se obtiene:

Ecuación 22. Factor de emisión CH₄ biodiésel

$$875,1 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * \frac{\text{m}^3}{1000\text{l}} = 0,88 \frac{\text{Kg}}{\text{L}} * \frac{3,78}{\text{Gal}} = 3,31 \frac{\text{Kg}}{\text{Gal}}$$

$$0,00011 \frac{\text{KgCH}_4}{\text{Kg}} * 3,31 \frac{\text{Kg}}{\text{Gal}} = 0,00038 \frac{\text{KgCH}_4}{\text{Gal}}$$

Remplazando por el potencial de calentamiento global:

$$0,00038 \frac{\text{KgCH}_4}{\text{Gal}} * 29,8 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{KgCH}_4} = 0,011 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{Gal}}$$

Emisión de CH₄ por biodiésel

Ecuación 23. Emisiones de CO₂ por CH₄ de Biodiésel

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ Biodiésel} = 0,10 * (684,54 \text{ Gal}) * (0,011 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{Gal}})$$

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ Biodiésel} = 0,77 \text{ KgCO}_2$$

e. Factor de emisión N₂O diésel:

Según los Factores de Emisión de los Combustibles Colombianos- FECOC el factor de emisión para el año 2016 del óxido nitroso en fuentes móviles es de 3,9 Kg/TJ (UPME, 2016)

Factor Emisión UPME: 3,9 KgCH₄/TJ

Poder Calorífico FECOC LHV: 37,9079 MJ/Kg = 0,000038 TJ/Kg

Potencial de calentamiento global N₂O: 273

Densidad Diésel: 875,1 Kg/m³

Ecuación 24. Factor de emisión N₂O diésel

$$FE = 3,9 \frac{\text{KgCH}_4}{\text{TJ}} * 0,000038 \frac{\text{TJ}}{\text{Kg}}$$

$$FE = 0,00015 \frac{\text{KgN}_2\text{O}}{\text{Kg}}$$

Utilizando la densidad del diésel se obtiene:

Ecuación 25. Factor de emisión N₂O diésel

$$875,1 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * \frac{\text{m}^3}{1000\text{l}} = 0,88 \frac{\text{Kg}}{\text{L}} * \frac{3,78}{\text{Gal}} = 3,31 \frac{\text{Kg}}{\text{Gal}}$$

$$0,00015 \frac{\text{KgN}_2\text{O}}{\text{Kg}} * 3,31 \frac{\text{Kg}}{\text{Gal}} = 0,00049 \frac{\text{KgN}_2\text{O}}{\text{Gal}}$$

Remplazando por el potencial de calentamiento global:

$$0,00049 \frac{\text{KgN}_2\text{O}}{\text{Gal}} * 273 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{KgN}_2\text{O}} = 0,13 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{Gal}}$$

Emisión de N₂O por diésel

Ecuación 26. Emisiones de CO₂ por N₂O de diésel

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ Diésel} = 0,90 * (684,54 \text{ Gal}) * (0,13 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{Gal}})$$

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ Diésel} = \mathbf{82,25 \text{ KgCO}_2}$$

f. Factor de emisión N₂O biodiésel:

Según los Factores de Emisión de los Combustibles Colombianos- FECOC el factor de emisión para el Biodiésel en el año 2016 para fuentes móviles es de 3,9 Kg/TJ (UPME, 2016)

Factor Emisión UPME: 3,9 KgN₂O/TJ

Poder Calorífico FECOC LHV: 37,9079 MJ/Kg = 0,000038 TJ/Kg

Potencial de calentamiento global N₂O: 273

Densidad Biodiésel: 0,8751 Kg/l = 875,1 Kg/m³

Ecuación 27. Factor de emisión N₂O biodiésel

$$FE = 3,9 \frac{\text{KgCH}_4}{\text{TJ}} * 0,000038 \frac{\text{TJ}}{\text{Kg}}$$

$$FE = \mathbf{0,00015 \frac{\text{KgN}_2\text{O}}{\text{Kg}}}$$

Utilizando la densidad del biodiésel se obtiene:

Ecuación 28. Factor de emisión N₂O diésel

$$875,1 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * \frac{\text{m}^3}{1000\text{l}} = 0,88 \frac{\text{Kg}}{\text{L}} * \frac{3,78}{\text{Gal}} = 3,31 \frac{\text{Kg}}{\text{Gal}}$$

$$0,00015 \frac{\text{KgN}_2\text{O}}{\text{Kg}} * 3,31 \frac{\text{Kg}}{\text{Gal}} = 0,00049 \frac{\text{KgN}_2\text{O}}{\text{Gal}}$$

Remplazando por el potencial de calentamiento global:

$$0,00049 \frac{\text{KgN}_2\text{O}}{\text{Gal}} * 273 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{KgN}_2\text{O}} = 0,13 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{Gal}}$$

Emisión de N₂O por diésel

Ecuación 29. Emisiones de CO₂ por N₂O de biodiésel

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ Biodiésel} = 0,10 * (684,54 \text{ Gal}) * (0,13 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{Gal}})$$

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ Diésel} = 9,14 \text{ KgCO}_2$$

Tabla 33. Kg CO_{2eq} para diésel

Unidades - Kg CO _{2eq}			
Composición	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Diésel - 90%	6.252,66	2,30	82,25
Biodiésel Palma -10%	471,12	0,77	9,14
Total	6.723,78	3,07	91,39

Ecuación 30. Ton CO_{2eq} para diésel

$$\text{Ton CO}_{2\text{eq Diésel}} = (6.723,78\text{Kg CO}_{2\text{eq}} + 3,07\text{Kg CO}_{2\text{eq}} + 91,39\text{Kg CO}_{2\text{eq}}) / \frac{1 \text{ Ton CO}_{2\text{eq}}}{1.000 \text{ Kg CO}_{2\text{eq}}}$$

$$\text{Ton CO}_{2\text{eq Diésel}} = 6,82 \text{ TonCO}_{2\text{eq}}$$

Tabla 34. Toneladas totales de CO_{2eq} por consumo de combustibles

Combustible	CO₂
Gasolina Corriente	22,80
Diésel-ACPM	6,82
Total Ton CO_{2eq}	29,62

10.1.2.3. Consumo de gas natural:

El consumo de gas natural en la Universidad ECCI se ve presente en su mayoría en los laboratorios de química y biología, calderas de los laboratorios de mecánica y en las cocinas de la facultad de gastronomía, por tal razón se cuantifica dentro de las emisiones directas por combustión estacionaria.

La universidad ECCI cuenta con 32 “cuenta contrato” de la empresa VANTI que presta servicio de emisión de gas natural, para este propósito se contabilizo las facturas de los meses del año 2022 totalizando la cantidad de m³ consumidos, resumen que se presenta en la tabla 35:

Tabla 35. Totalización de consumo de m³ de gas natural, Universidad ECCI

Mes	Total, de m³ consumidos
Enero	62
Febrero	151
Marzo	616
Abril	743
Mayo	641
Junio	664
Julio	126
Agosto	166
Septiembre	657
Octubre	801
Noviembre	942
Diciembre	406
Total	5.975

a. Factor de emisión CO₂ gas natural:

Según los Factores de Emisión de los Combustibles Colombianos- FECOC el factor de emisión para el gas natural en el año 2016 es de 1,98 KgCO₂/m³ (UPME, 2016)

Ecuación 31. Emisiones de CO₂ para gas natural

$$\text{Emisión CO}_2_{\text{gas natural}} = 5.975 \text{ m}^3 * 1,98 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{m}^3}$$

$$\text{Emisión CO}_2_{\text{gas natural}} = \mathbf{11.831,10 \text{ KgCO}_2}$$

b. Factor de emisión CH₄ gas natural:

Según los Factores de Emisión de los Combustibles Colombianos- FECOC el factor de emisión para el gas natural en el año 2016 es de 0,3557 g/m³ (UPME, 2016)

Ecuación 32. Emisiones de CH₄ para Gas Natural

$$0,36 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} * \frac{1 \text{ kg}}{1000\text{g}} = 0,00036 \text{ kgCH}_4 / \text{m}^3$$

Remplazando por el potencial de calentamiento global:

$$0,00036 \text{ kgCH}_4 * 29,8 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{KgCH}_4} = 0,011 \text{ KgCO}_2 / \text{m}^3$$

Emisión de CH₄ por gas natural

Ecuación 33. Emisiones de CO₂ por CH₄ de Gas Natural

$$\text{Emisión CO}_2_{\text{Gas Natural}} = 5.975 * 0,011 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{m}^3}$$

$$\text{Emisión CO}_2_{\text{Gas Natural}} = \mathbf{63,33 \text{ KgCO}_2}$$

c. Factor de emisión N₂O gas natural:

Según los Factores de Emisión de los Combustibles Colombianos- FECOC el factor de emisión para el Gas natural de óxido nitroso para combustión estacionaria en el año 2016 es de 0,1 Kg/TJ (UPME, 2016)

Factor Emisión UPME: 0,1 KgN₂O/TJ

Poder Calorífico FECOC LHV: 35,65 MJ/m³

Potencial de calentamiento global N₂O: 273

Ecuación 34. Factor de emisión CH₄ gas natural

$$35,65 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^3} * \frac{1\text{TJ}}{1.000.000\text{MJ}} = 0,000036 \frac{\text{TJ}}{\text{m}^3}$$

$$0,1 \frac{\text{KgN}_2\text{O}}{\text{TJ}} * 0,000036 \frac{\text{TJ}}{\text{m}^3} = 0,0000036 \frac{\text{KgN}_2\text{O}}{\text{m}^3}$$

Para obtener las emisiones de CO_{2eq}, se utiliza el potencial de calentamiento global del N₂O:

$$0,0000036 \frac{\text{KgN}_2\text{O}}{\text{m}^3} * 273 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{KgN}_2\text{O}} = 0,00097 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{m}^3}$$

Emisión de N₂O por gas natural

Ecuación 35. Emisiones de CO₂ por N₂O de Gas Natural

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ gas natural} = 5.975 * 0,00097 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{m}^3}$$

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ gas natural} = 5,82 \text{ KgCO}_2$$

Tabla 36. Kg CO_{2eq} para consumo de gas natural

Unidades - Kg CO _{2eq}			
Composición	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Gas Natural	11.831,10	63,33	5,82

Ecuación 36. Ton CO_{2eq} para gas natural

$$\text{Ton CO}_{2\text{eq gas natural}} = (11.831,10 \text{ Kg CO}_{2\text{eq}} + 63,33 \text{ Kg CO}_{2\text{eq}} + 5,82 \text{ Kg CO}_{2\text{eq}}) / \frac{1 \text{ Ton CO}_{2\text{eq}}}{1.000 \text{ Kg CO}_{2\text{eq}}}$$

$$\text{Ton CO}_{2\text{eq gas natural}} = \mathbf{11,90 \text{ TonCO}_{2\text{eq}}}$$

10.2. Cálculo de emisiones indirectas

10.2.1. Emisiones por consumo de energía

En la Universidad ECCI, la electricidad es un recurso fundamental y que por su naturaleza genera una gran emisión de GEI.

En Colombia, la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) es la encargada de proporcionar el factor de emisión de CO₂ por consumo de energía eléctrica, que se utiliza para calcular la huella de carbono en el país (UPME, 2007), esto debido a que El factor de emisión de CO₂ por consumo de energía varía año tras año y depende del país. Para el territorio nacional y para el año 2022 se estimó un factor de emisión de 0,112 (KgCO_{2eq}/KWh) (XM, 2023).

En el marco de la presente investigación, se logró recopilar un conjunto de 89 recibos de energía correspondientes a las instalaciones de la Universidad ECCI, ubicada en la sede Bogotá, los cuales son suministrados en su totalidad por la compañía Enel Codensa. A través de este proceso de recopilación, se obtuvo un conjunto de datos compuesto por un total de 1,067 registros. Sin embargo, es importante destacar que se identificaron 108 registros para los cuales no fue posible disponer de un recibo que los respaldara. En vista de esta limitación, se procedió a aplicar una técnica de premediación sobre el conjunto global de datos correspondientes al número de cuenta al que pertenecían los registros sin soporte documental. Como resultado de este procedimiento, se estimó una incertidumbre promedio del 10.12%. En aquellos casos en los que se obtuvo una factura de tipo "express", el dato necesario se calculó dividiendo el valor abonado por

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

consumo entre el valor promedio del kilovatio hora, permitiendo así la inclusión de estos datos en el análisis. Posteriormente, se procedió a totalizar la cantidad de kilovatios (kWh) consumidos durante dicho período presentado en la tabla 37.

Tabla 37. Totalización de consumo de Kwh de energía eléctrica Universidad ECCI

Mes	Consumo Kwh
Enero	116.370,49
Febrero	129.706,95
Marzo	185.889,60
Abril	189.426,51
Mayo	164.865,49
Junio	159.895,47
Julio	168.493,45
Agosto	162.449,70
Septiembre	185.384,98
Octubre	196.589,85
Noviembre	177.526,65
Diciembre	146.279,79
Total	1.982.878,92

Ecuación 37. Ton CO_{2eq} para energía eléctrica

$$\text{Ton CO}_{2\text{eq}} \text{ por consumo de energía} = 1.982.878,92 \text{ Kwh} * 0,112 \text{ Kg CO}_{2\text{eq}} / \text{Kwh}$$

$$\text{Ton CO}_{2\text{eq}} \text{ por consumo de energía} = 222.082,44 \text{ Kg CO}_{2\text{eq}} * \frac{1 \text{ Ton CO}_{2\text{eq}}}{1.000 \text{ Kg CO}_{2\text{eq}}}$$

$$\text{Ton CO}_{2\text{eq}} \text{ por consumo de energía} = 222,08 \text{ Ton CO}_{2\text{eq}}$$

10.2.2. Residuos sólidos

Según el IPCC, el proceso de descomposición anaeróbica de los desechos orgánicos en vertederos de residuos sólidos genera emisiones significativas de metano (CH₄). Esta descomposición ocurre a un ritmo gradual y puede llevar muchos años en completarse por completo (IPCC, 2001). Para el caso de Bogotá, dichos residuos se dirigen al relleno sanitario Doña Juana. La tabla 38 muestra la cantidad de residuos generados por la universidad ECCI en el año 2022.

Tabla 38. Resumen de generación de residuos en la Universidad ECCI

Mes	Cantidad Generados (Kg)	Cantidad Residuos Aprovechables (Kg)	Cantidad Residuos No Aprovechables (Kg)
Enero	477,30	237,50	239,80
Febrero	2.757,30	319,00	2.438,30
Marzo	2.683,70	439,00	2.244,70
Abril	1.672,70	374,00	1.298,70
Mayo	3.067,60	408,00	2.659,60
Junio	1.643,90	493,00	1.150,90

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

Julio	1.429,50	217,00	1.212,50
Agosto	3.800,80	366,00	3.434,80
Septiembre	4.428,50	279,00	4.149,50
Octubre	3.707,00	208,00	3.499,00
Noviembre	3.576,00	264,00	3.312,00
Diciembre	986,00	142,00	844,00
TOTAL	30.230,30	3.746,50	26.483,80

El factor de emisión estándar para la generación de residuos sólidos es de 0,048 Ton CH₄/Ton residuo (Alcaldía de Santiago de Cali, 2015)

$$\text{Ton de residuos} = 3.746,50 + 26.483,80 \text{ Kg RS} * \left(\frac{1 \text{ Ton RS}}{1.000 \text{ Kg rs}} \right)$$

$$\text{Ton de residuos} = 30,23 \text{ Ton RS}$$

Total de CO_{2eq} por residuos sólidos

Ecuación 38. Ton CO_{2eq} por residuos no aprovechables

$$\text{Ton CO}_{2\text{eq}} \text{ Residuos Solidos} = \text{FE} * \text{GWP} * \text{Ton Rs}$$

$$\text{Ton CO}_{2\text{eq}} \text{ Residuos Solidos} = 0,048 \text{ Ton CH}_4 * 27,2 \frac{\text{Ton CH}_4}{\text{Ton CO}_2} * 30,23$$

$$\text{Ton CO}_{2\text{eq}} \text{ Residuos Solidos} = 39,46 \text{ Ton CO}_{2\text{eq}}$$

10.2.3. Prácticas de campo

La universidad ECCI, en su rol de gestora del conocimiento y por medio de la formación integral ofrecida implementa cada semestre prácticas de campo como parte esencial de su currículo.

Reconociendo la importancia de cuantificar y mitigar el impacto ambiental de dichas actividades, se ha decidido tomarlas como una fuente de emisión significativa. Para lograrlo, se ha establecido una metodología que permitirá estimar las emisiones generadas durante los traslados a dichas prácticas.

I. Identificación de prácticas de campo

Para obtener la información necesaria sobre los viajes realizados, se registró el origen y destino de cada trayecto, teniendo en cuenta únicamente las salidas de campo fuera de la ciudad de Bogotá que involucra un transporte terrestre, adicional se estableció que todos los viajes eran redondos. Posteriormente, se cuantificó la cantidad total de viajes efectuados. Con el apoyo de la herramienta Google Maps, se estimaron los kilómetros totales recorridos en cada salida. Los resultados obtenidos se resumen en la tabla 39:

Tabla 39. Prácticas de campo durante periodos 2022-1 y 2022-2 Universidad ECCI

Origen	Destino	# Viajes	Km Ida	Km Vuelta	Total, km	# Viajes * Km Totales
Bogotá- Universidad ECCI Sede principal Carrera 19 # 49 - 20	Choachí	5	44,7	44,7	89,4	447
	Reserva El Secreto, Garagoa, Boyacá	4	143	143	286	1144
	San Juan Sumapaz	1	96,9	96,9	193,8	193,8
	Danubio Frailejónal, La Calera	3	21,2	21,2	42,4	127,2
	Río claro Antioquia	4	522	522	1044	4176
	Occidente Boyacá	5	157	157	314	1570
	Plantas de tratamiento ARI y ARD patio la conejera	4	19,5	19,5	39	156

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

Relleno sanitario-Manizales. Planta de incineración de RESPEL-Manizales Granja Mama Lulú –Quimbaya –Quindío	4	308	308	616	2464
Tecniamasa SA(Veolia) en Parque Tecnológico Ambiental de La Sabana-Mosquera vía Mondoñedo entrada Los Puentes	1	30,4	30,4	60,8	60,8
Laguna Ibaque, Choachí	1	44,7	44,7	89,4	89,4
Parque Nacional Natural de los Nevados	5	392	392	784	3920
Monguí cuenca del rio Sogamoso	4	230	230	460	1840
San José de Guaviare	6	392	392	784	4704
P.N.N Uramba, Bahía Málaga, Valle del Cauca	1	545	545	1090	1090
San José del Guaviare - laguna Damas del Nare. Puerta de orión	1	392	392	784	784
Nevado del Cocuy	3	412	412	824	2472
Laguna Ibaque, Choachí	1	44,7	44,7	89,4	89,4
Finca Danubio-Frailejónal (Calera)	1	21,2	21,2	42,4	42,4
Eco hotel los lagos Pance-Valle del Cauca	1	429	429	858	858
Granja Solar de Pereira, Electrolinea de Pereira, Parque del Café	1	289	289	578	578
Reserva Río Claro	2	522	522	1044	2088

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

Quebrada la Vieja - Alto de la cruz Quebrada la vieja - Claro de luna	1	11,9	11,9	23,8	23,8
Eje Cafetero	1	312	312	624	624
Mina de Esmeraldas. Municipio de San Pablo de Borbur, Occidente de Boyacá, Minas Coscuez Boyacá, Sector Chacaro.	4	199	199	398	1592
Cuenca Media Rio Bogotá (Zona urbana Bogotá, área protegida de los Cerros Orientales, área rural de Bogotá) Municipio de la Calera Embalse San Rafael	4	23,3	23,3	46,6	186,4
Cuenca del río Sumapaz	2	132	132	264	528
Eco hotel los lagos Pance-Valle del Cauca	1	429	429	858	858
				Total	32.706,20

** Según los datos recolectados, la facultad de ingeniería en su dirección de ingeniería ambiental es la única carrera con prácticas de campo fuera de la ciudad de Bogotá*

II. Estimaciones de GEI por prácticas de campo

Con la información de los kilómetros totales recopilados, se estimó el consumo de combustible Diésel utilizado en los trayectos. Para este cálculo, se tomó como referencia el informe de rendimiento promedio de los buses Diésel en Colombia para el año 2015 (último informe publicado), y se tomó como referencia la ciudad de Bogotá, este rendimiento se identificó en 12 Km/galón promedio en buses Diésel (UPME, 2019).

III. Cálculo de GEI

Con base en los datos anteriores, se determinó la cantidad de galones de Diésel utilizados en los trayectos y se procedió a calcular el impacto y las emisiones correspondientes.

Ecuación 39. Cantidad de diésel estimado para prácticas de campo

$$\text{Galones diésel} = 32.706,20 \text{ Km} * \left(\frac{1 \text{ Galon Diésel}}{12 \text{ Km}} \right)$$

$$\text{Galones diésel} = 2.725,52$$

Siguiendo lo mencionado anteriormente por la Resolución 40421 del 2021 se busca la que la relación entre la composición de Diésel y Biodiésel en Colombia sea de proporción 90/10 (MADS, 2021a).

Diésel: 90% Diésel y 10% Biodiésel Palma

a. Factor de emisión CO₂ diésel por prácticas de campo:

FECOC determina el factor de emisión en 10,15 KgCO₂/gal (UPME, 2016)

Ecuación 40. Emisión de CO₂ para diésel por prácticas de campo

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ Diésel Prácticas de Campo} = 0,90 * (2.725,51 \text{ Gal}) * \left(10,15 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{Gal}} \right)$$

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ Diésel Prácticas de Campo} = 24.897,59 \text{ KgCO}_2$$

b. Factor de emisión CO₂ biodiésel por prácticas de campo:

FECOC determina el factor de emisión para biodiésel en **6,88 KgCO₂/Gal** (UPME, 2016)

Ecuación 41. Emisiones de CO₂ para biodiésel por prácticas de campo

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ Biodiésel por Prácticas de Campo} = 0,10 * (2.725,51 \text{ Gal}) * \left(6,88 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{Gal}} \right)$$

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ Biodiesel por Practicas de Campo} = 1.875,16 \text{ KgCO}_2$$

c. Factor de emisión CH₄ diésel por prácticas de campo:

Según los cálculos realizados para el cálculo de fuentes directas el factor de emisión se establece en 0,0037 KgCO₂/Gal pag87

Ecuación 42. Emisiones de CO₂ por CH₄ de diésel por prácticas de campo

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ diésel por prácticas de campo} = 0,90 * (2.725,51 \text{ Gal}) * (0,0037 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{Gal}})$$

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ diésel} = 9,08 \text{ KgCO}_2$$

d. Factor de emisión CH₄ biodiésel por prácticas de campo:

Según los cálculos realizados para el cálculo de fuentes directas el factor de emisión se establece en 0,011 KgCO₂/Gal pag88

Ecuación 43. Emisiones de CO₂ por CH₄ de biodiésel por prácticas de campo

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ Biodiésel por practicas de campo} = 0,10 * (2.725,51 \text{ Gal}) * (0,011 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{Gal}})$$

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ Biodiésel por practicas de campo} = 3,00 \text{ KgCO}_2$$

e. Factor de emisión N₂O diésel por prácticas de campo:

Según los cálculos realizados para el cálculo de fuentes directas el factor de emisión se establece en 0,13 KgCO₂/Gal pag89

Ecuación 44. Emisiones de CO₂ por N₂O de diésel por prácticas de campo

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ Diésel por practicas de campo} = 0,90 * (2.725,51 \text{ Gal}) * (0,14 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{Gal}})$$

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ Diésel por practicas de campo} = 318,89 \text{ KgCO}_2$$

f. Factor de emisión N₂O biodiésel por prácticas de campo:

Según los cálculos realizados para el cálculo de fuentes directas el factor de emisión se establece en 0,13 KgCO₂/Gal pag90

Ecuación 45. Emisiones de CO₂ por N₂O de biodiésel por prácticas de campo

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ Biodiésel} = 0,10 * (2.725,51 \text{ Gal}) * (0,14 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{Gal}})$$

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ Biodiésel} = 35,43 \text{ KgCO}_2$$

Tabla 40. Kg CO_{2eq} para diésel por prácticas de campo

Composición	Unidades - Kg CO _{2eq}		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Diésel - 90%	24.897,59	9,08	318,89
Biodiésel Palma -10%	1.875,16	3,00	35,43
Total	26.772,75	12,07	354,32

Ecuación 46. Ton CO_{2eq} para diésel

$$\text{Ton CO}_{2eq} \text{ Diésel} = (26.772,75\text{Kg CO}_{2eq} + 12,07\text{Kg CO}_{2eq} + 354,32\text{Kg CO}_{2eq}) / \frac{1 \text{ Ton CO}_{2eq}}{1.000 \text{ Kg CO}_{2eq}}$$

$$\text{Ton CO}_{2eq} \text{ Diésel} = 27,14 \text{ TonCO}_{2eq}$$

10.2.4. Vuelos

Dentro del inventario de emisiones indirectas se incluyó las emisiones generadas por los viajes corporativos aéreos. Para llevar a cabo esta evaluación, se utilizó la herramienta de cálculo de la plataforma ICAO ⁴(Organización de Aviación Civil Internacional). Para ello, se recopilaron datos como la cantidad de viajes, el origen y destino, número de pasajeros y características de los viajes, considerando opciones de "one way" como "round trip". A través de este proceso, se obtuvo la cantidad de Kg de CO_{2eq} emitidos los cuales se ven reflejados en la tabla 41:

Tabla 41. Resumen Kg CO_{2eq} por vuelos

	Cantidad de Viajes	Kg CO_{2eq} ICAO
Nacional	86	7.545,7
Internacional	15	7.547,3
	Total	15.093

Ecuación 47. Ton CO_{2eq} por vuelos

$$\text{Ton CO}_{2\text{eq}} \text{ Diésel} = (15.093 \text{ Kg CO}_{2\text{eq}}) / \frac{1 \text{ Ton CO}_{2\text{eq}}}{1.000 \text{ Kg CO}_{2\text{eq}}}$$

$$\text{Ton CO}_{2\text{eq}} \text{ Diésel} = 15,09 \text{ TonCO}_{2\text{eq}}$$

⁴ Disponible en: <https://www.icao.int/environmental-protection/CarbonOffset/Pages/default.aspx>

10.2.5. Consumo de papel

Para evaluar las emisiones significativas por consumo de papel se ha totalizado la cantidad utilizada durante el periodo 2022. La estimación se basa en el cálculo de Kg de papel equivalentes a dicho consumo. Para realizar esta estimación, se emplean las medidas estándar del papel tamaño carta 22 x 28 cm y oficio 22 x 34 cm por medio de los siguientes pasos expuestos en la tabla 42 y 43:

Tabla 42. Tipo de emisión por papel bond

Tipo de insumo	Factor de emisión	Unidad
Papel Bond	1,05	KgCO₂/kg

Fuente: (Lopes Silva, Raymundo Pavan , de Olivera, & Ometto, 2015)

La universidad ECCI reporto un consumo total de 845 resmas de papel entre carta y oficio distribuidas de la siguiente manera:

Tabla 43. Distribución de consumo de papel universidad ECCI

Consumo de papel	
Tipo	Resmas
Carta	684,00
Oficio	161,00
Total	845,00

Tabla 44. Peso en Kg por resmas de papel bond tamaño carta y oficio

Tamaño Carta								
Dimensiones (cm)	Dimensiones m ² /hoja	Gramaje/m ₂	Peso /hoja (g)	Hojas x resma	Gramos totales por resma	kg por resma	Resmas consumidas	Peso total resmas consumidas kg
21,59 x 27,94	0,06	75	5	500	2262,09	2,26	684	1.547
Tamaño Oficio								
21,59 x 35,56	0,08	75	6	500	2879,03	2,88	161	464

Ecuación 48. Ton CO_{2eq} por consumo de papel

$$\text{Ton CO}_{2\text{eq}} \text{ papel} = (1.547 \text{ Kg} + 464 \text{ Kg}) * 1,05 \text{ KgCO}_{2\text{eq}}$$

$$\text{Ton CO}_{2\text{eq}} \text{ Papel} = 2.111,55 \text{ KgCO}_{2\text{eq}} * \frac{1 \text{ Ton CO}_{2\text{eq}}}{1.000 \text{ Kg CO}_{2\text{eq}}}$$

$$\text{Ton CO}_{2\text{eq}} \text{ Papel} = 2,11 \text{ Ton CO}_{2\text{eq}}$$

11. Factores de emisión

Para el cálculo de la Huella de Carbono de la Universidad ECCI, se validó que cada factor de emisión se derive de fuentes reconocidas y sea específicamente apropiado para las distintas fuentes de gases de efecto invernadero involucradas en el inventario. Todos los datos han sido actualizados en el momento de la realización de este informe, lo que nos permite obtener resultados

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

precisos y reproducibles de acuerdo con la metodología NTC ISO 14064-1:2020 y reflejados en la tabla 45.

Tabla 45. Factores de emisión

Agente	Factor de emisión		Unidades	Fuente
Extintor CO ₂	CO ₂	1	CO ₂ /Kg	(UPME, 2016)
Extintor -123/HCFC-123	HCFC	77	GWP	(CAEM, 2013)
Gasolina	CO ₂	7,62	KgCO ₂ /gal	(UPME, 2016)
	CH ₄	3	Kg/TJ	(UPME, 2016)
	N ₂ O	3,2	Kg/TJ	(UPME, 2016)
Diésel	CO ₂	10,15	KgCO ₂ /gal	(UPME, 2016)
	CH ₄	3	Kg/TJ	(UPME, 2016)
	N ₂ O	3,9	Kg/TJ	(UPME, 2016)
Biodiésel	CO ₂	6,88	KgCO ₂ /gal	(UPME, 2016)
	CH ₄	3	Kg/TJ	(UPME, 2016)
	N ₂ O	3,9	Kg/TJ	(UPME, 2016)
Gas Natural	CO ₂	1,98	KgCO ₂ /m ³	(UPME, 2016)
	CH ₄	0,36	g/m ³	(UPME, 2016)
	N ₂ O	0,1	Kg/TJ	(UPME, 2016)
Energía	CO ₂	0,112	KgCO ₂ /KWh	(XM, 2023)
Residuos Solidos	CH ₄	0,048	Ton CH ₄ /Ton	(Alcaldia de Santiago de Cali, 2015)
Vuelo	CO ₂	ICAO	Kg CO ₂	(ICAO, 2023)

Papel Bond	CO ₂	1,05	Kg CO ₂ /kg	(Lopes Silva, Raymundo Pavan , de Olivera, & Ometto, 2015)
------------	-----------------	------	------------------------	--

12. Reducción de huella de carbono por remociones

12.1. Remoción por reciclaje

La Universidad ECCI cuenta con un sistema de separación de residuos en todas sus sedes, enfocándolo en la separación de material aprovechable desde la fuente. Como parte de esta gestión, los residuos aprovechables son entregados a una tercera parte, la Asociación de Recicladores Pedro León Trabuchí (ARPLT), ubicada en la Localidad 16 de Puente Aranda quien se encarga de la gestión de los mismos y que procede a certificar la recuperación de los materiales.

En vista del enfoque integral hacia la sostenibilidad, se ha integrado la gestión del reciclaje como parte de la remoción de emisiones de CO₂ en la Universidad ECCI. Esta relación directa de 1 a 1 implica calcular las emisiones que se evitan al desviar los residuos hacia la Asociación de Recicladores Pedro León Trabuchí (ARPLT), en lugar de enviarlos al relleno sanitario Doña Juana.

Mediante este cálculo, se obtiene un valor negativo que representa la reducción de emisiones lograda gracias a la correcta disposición y aprovechamiento de los materiales reciclables. Esta cifra negativa se restará de la huella de carbono de la universidad.

Tabla 46. Resumen de generación de residuos en la Universidad ECCI

Mes	Cantidad Generados (Kg)	Cantidad Residuos Aprovechables (Kg)	Cantidad Residuos No Aprovechables (Kg)
Enero	477,30	237,50	239,80
Febrero	2.757,30	319,00	2.438,30
Marzo	2.683,70	439,00	2.244,70
Abril	1.672,70	374,00	1.298,70
Mayo	3.067,60	408,00	2.659,60
Junio	1.643,90	493,00	1.150,90
Julio	1.429,50	217,00	1.212,50
Agosto	3.800,80	366,00	3.434,80
Septiembre	4.428,50	279,00	4.149,50
Octubre	3.707,00	208,00	3.499,00
Noviembre	3.576,00	264,00	3.312,00
Diciembre	986,00	142,00	844,00
TOTAL	30.230,30	3.746,50	26.483,80

El factor de emisión estándar para la generación de residuos sólidos es de 0,048 Ton CH₄/Ton residuo (Alcaldía de Santiago de Cali, 2015)

$$\text{Ton de residuos aprovechables} = 3.746,50 \text{ Kg RA} * \left(\frac{1 \text{ Ton RA}}{1.000 \text{ Kg RA}} \right)$$

Ton de residuos aprovechables = 3,75 Ton RS

Ecuación 49. Remoción de Ton CO_{2eq} por residuos aprovechables

$$\text{Ton CO}_{2\text{eq}} \text{ residuos aprovechables} = -(\text{FE} * \text{GWP} * \text{Ton RS})$$

$$\text{Ton CO}_{2\text{eq}} \text{ residuos aprovechables} = -\left(0,048 \text{ Ton CH}_4 * 27,2 \frac{\text{Ton CH}_4}{\text{Ton CO}_2} * 3,75\right)$$

$$\text{Ton CO}_{2\text{eq}} \text{ Residuos Aprovechables} = -4,90 \text{ Ton CO}_{2\text{eq}}$$

12.2. Remoción por inventario forestal

La Universidad ECCI llevo a cabo un inventario forestal del campus ubicado en la Cl.170 # 49b-96, mediante un censo de vegetación que incluye la totalidad de la población arbórea y arbustiva que se encuentra en el predio del campus universitario (Cortes Vargas & Rubio Zafra, 2017) La presencia de estos árboles y arbustos es de gran importancia, ya que contribuyen como herramienta de remoción de toneladas de CO₂ equivalente de la huella de carbono de la universidad ECCI.

Durante el inventario forestal realizado en el campus universitario de la Universidad ECCI, se evidencio la presencia de 230 individuos, distribuidos en 32 especies arbóreas y 33 setos. Sin embargo, para el cálculo de remociones de CO₂, se ha priorizado el análisis de la especie que muestran una mayor presencia y significancia dentro de la universidad, en la tabla 47 se aprecia la síntesis del inventario forestal de la universidad ECCI.

Tabla 47. Inventario forestal Universidad ECCI

Inventario Forestal			
Nombre Común	Nombre Científico	Número de individuos	Porcentaje de Participación
Ciprés, Pino	<i>Cupressus lusitanica</i>	74	32,17%

Adaptado de (Cortes Vargas & Rubio Zafra, 2017)

12.2.1. Remoción por *Cupressus lusitanica*

Para estimar la captura de CO₂ en el transcurso de un año, se han tomado en cuenta estudios previos que demuestran el valor de 19 Ton/Ha toneladas de CO_{2eq} capturadas por la especie de ciprés (*Cupressus macro carpa*). Considerando que en una hectárea se pueden albergar aproximadamente 1,000 especies de árboles (Yantas Tinoco, 2019), se ha utilizado esta relación para proyectar el potencial de captura de CO₂ de estas especies, esta estimación se realizara negativa para generar la remoción correspondiente.

Ecuación 50. Remoción de Ton CO_{2eq} por Inventario forestal "Cipres"

$$\text{Captura CO}_2 \text{ Cipres} = -\left(74 \text{ individuos} * \frac{19 \frac{\text{Ton CO}_{2\text{eq}}}{\text{Ha}}}{1.000 \frac{\text{especies}}{\text{Ha}}}\right)$$

$$\text{Captura CO}_2 \text{ Cipres} = -(1,41 \text{ Ton CO}_{2\text{eq}})$$

NOTA: Con base en los resultados expuestos, se ha elaborado un informe técnico que ha sido entregado a la universidad ECCI para certificación en inventario de emisiones siguiendo la metodología NTC ISO 14064-1:2020.

13. Análisis de resultados

Según la metodología implementada para estimar la huella de carbono de la Universidad ECCI por medio del estándar NTC ISO 14064-1:2020, se determinó una huella total de 358,97 toneladas de CO₂ equivalente. Este valor incluye significativas, que incluyen tanto las emisiones directas como las indirectas. Así como la remoción de -6,29 toneladas de CO₂ equivalente, en la tabla 48, se presenta la discriminación de estas emisiones:

Tabla 48. Resumen de Ton CO_{2eq} por fuentes de emisión

	Fuente de emisión	Ton CO_{2eq}	Porcentaje
Emisiones directas	Extintores CO ₂	0,47	0,13%
	Extintores R-123 HCFC-123	17,37	4,76%
	Gasolina	22,8	6,24%
	Diésel	6,82	1,87%
	Gas natural	11,9	3,26%
Emisiones Indirectas	Energía	222,08	60,80%
	Residuos Solidos	34,58	10,81%
	Prácticas de campo	27,14	7,43%
	Vuelos	15,09	4,13%
	Papel	2,11	0,58%
Remociones	Reciclaje	-4,88	
	Inventario Forestal	-1,41	
	Total	358,97	100%

*El porcentaje de participación de las fuentes de emisión se calculó sobre el total de la huella de carbono antes de las remociones aplicadas (360,36 Ton CO_{2eq})

En la figura 14 se observa el análisis de la huella de carbono de la Universidad ECCI reveló que las emisiones directas contribuyen con un 16,25 % del inventario total, mientras que las emisiones indirectas representan el 83,75% restante. Esta diferencia enfatiza la importancia de considerar las emisiones de alcance indirecto, que otras metodologías consideran voluntarias. El uso de la metodología NTC ISO 14064-1:2020 ha permitido obtener un informe más completo y detallado, brindando una visión más amplia y precisa del impacto ambiental de la universidad.

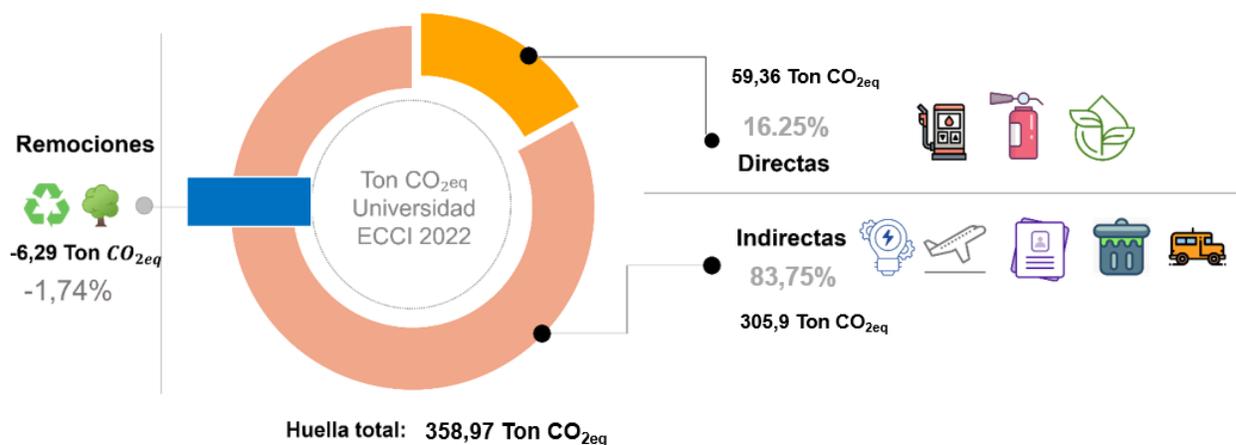


Figura 14. Porcentaje de emisiones directas e indirectas

Fuente: Elaboración propia

13.1. Análisis de emisiones por fuentes directas

De la figura 15 observamos que de la fuente de emisiones directas más significativa se destaca consumo de gasolina, que representa el 6,24% de la huella de carbono total. Los extintores R-123 HCFC-123 también contribuyen significativamente con un 4,76% de las emisiones directas. Estos niveles resaltan la importancia de continuar con el registro detallado del inventario de emisiones

directas para comprender mejor su comportamiento y efectividad en el tiempo. de emisiones por fuentes directas

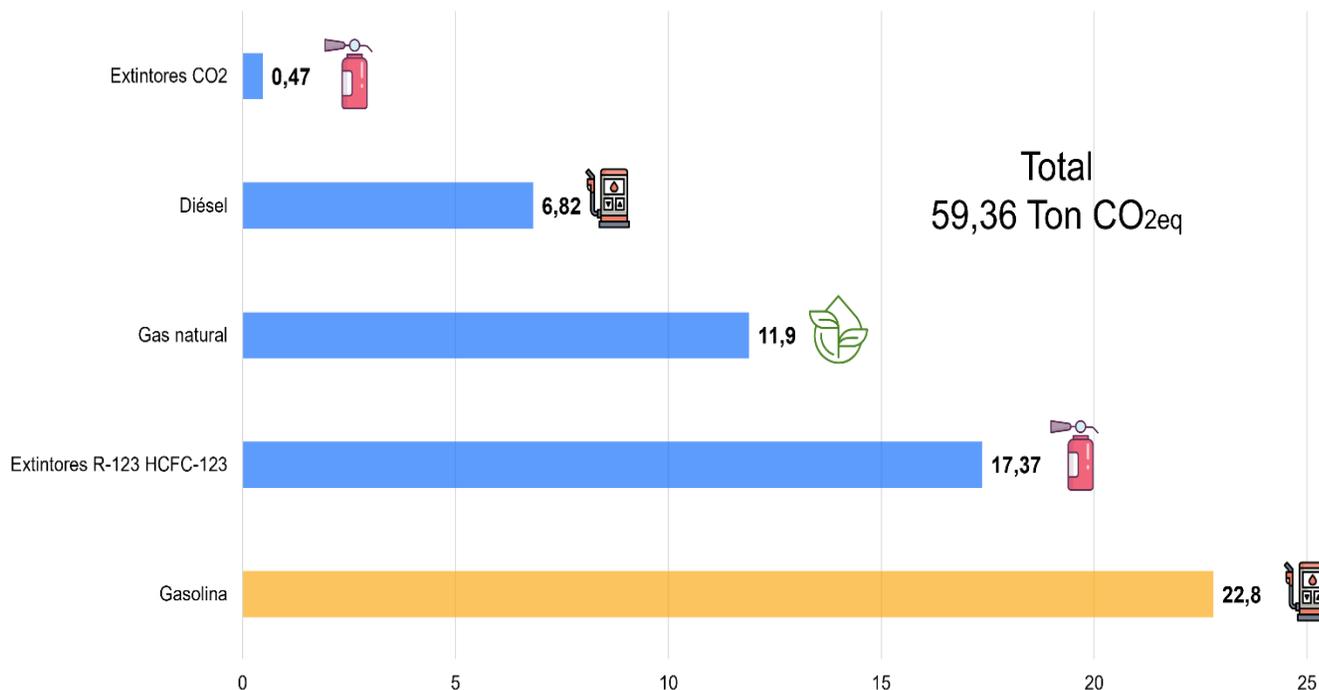


Figura 15. Análisis de emisiones por fuentes directas

Fuente: Elaboración propia

13.2. Análisis de emisiones por fuentes indirectas

La figura 16 revelan las emisiones indirectas como un porcentaje significativamente alto del inventario total de la huella de carbono. Las principales fuentes de emisiones indirectas incluyen el consumo de energía y la producción de residuos sólidos. Esta alta proporción de emisiones indirectas destaca la importancia de que se reporten y se tomen en cuenta en el inventario de la huella de carbono de la universidad.

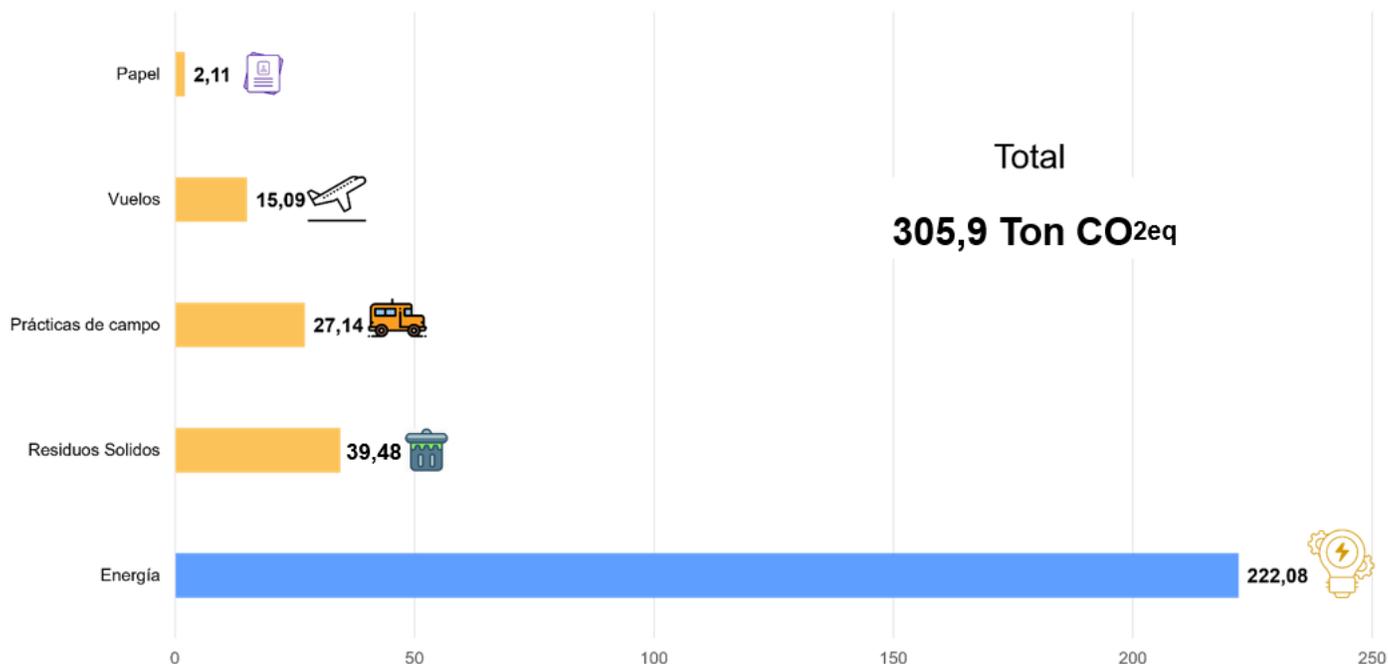


Figura 16. Análisis de emisiones por fuentes indirectas

Fuente: Elaboración propia

13.3. Análisis de remociones

La Universidad ECCI busca generar reducción en huella de carbono implementando diferentes medidas sostenibles que soportes y ayuden a la disminución de esta. A través de dos acciones (gestión del reciclaje e inventario forestal), la Universidad descontó 6,29 Ton CO₂eq. Las remociones son un componente importante en la reducción de la huella de carbono de la universidad ECCI, ya que representan actividades sostenibles que contribuyen a compensar las emisiones generadas. En el análisis realizado y validado en la figura 17, las remociones representaron una disminución del 1,72 % del inventario total de la huella de carbono. Estos resultados destacan la efectividad de implementar prácticas de mitigación y conservación.

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

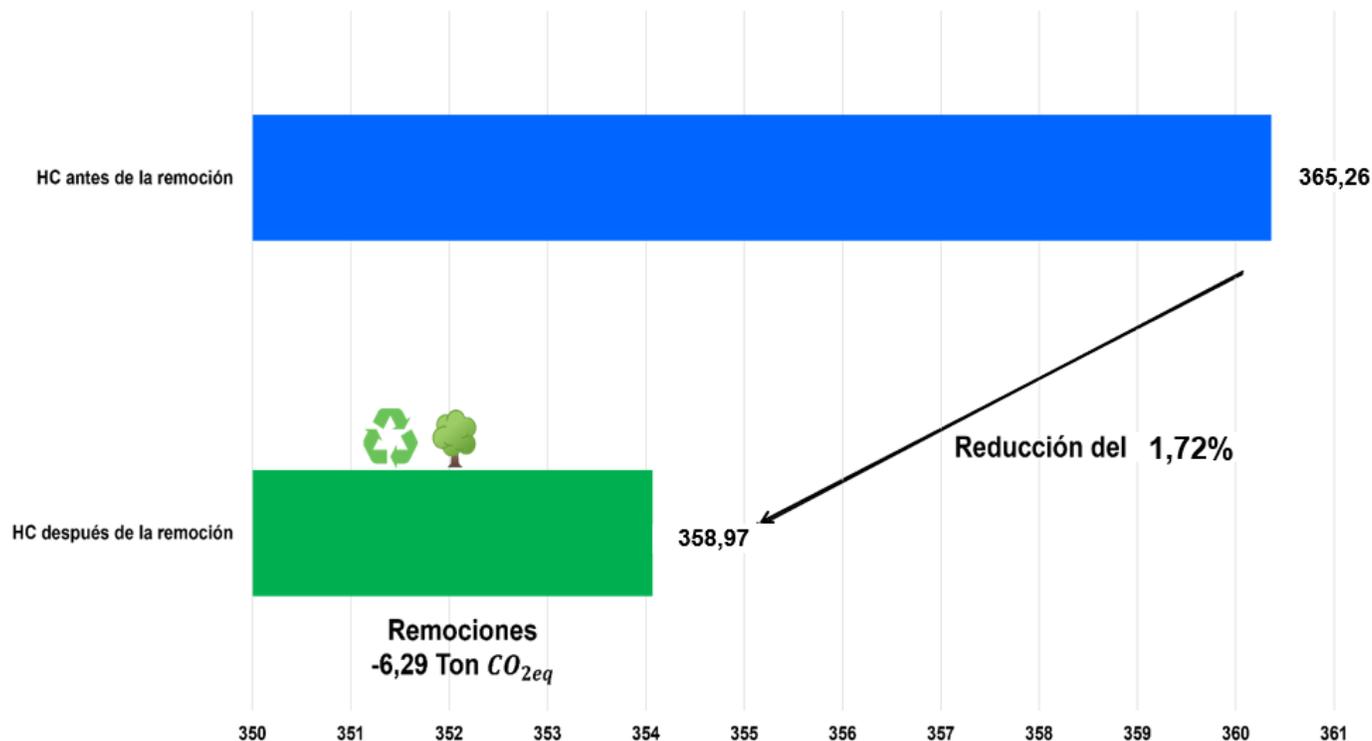


Figura 17. Comparación de huella de carbono con la aplicación de remociones

Fuente: Elaboración propia

13.4. Análisis de general de emisiones

La Figura 18 presenta un resumen integral de la relación de la Huella de Carbono en la universidad ECCI. Esta representación gráfica brinda una visión global y concisa de la totalidad de las emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con las operaciones de la institución por medio de la metodología NTC ISO 14064-1:2020.

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

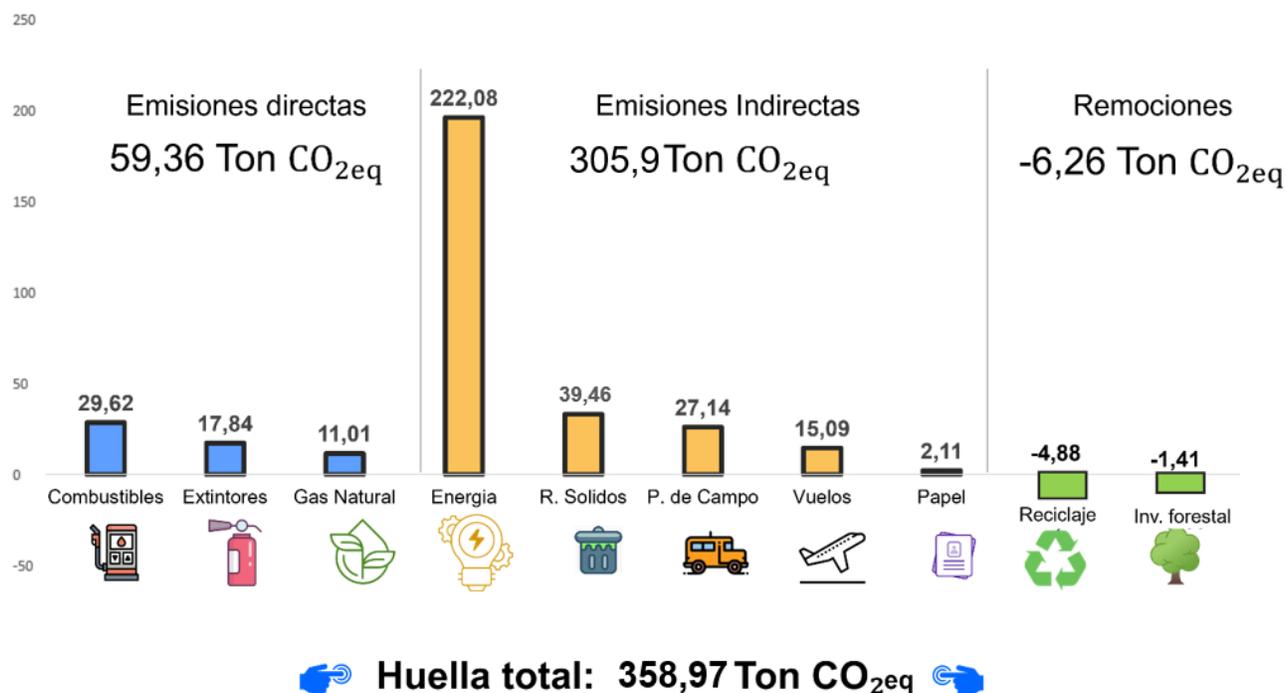


Figura 18. Ton CO₂eq Universidad ECCI 2022

Fuente: Elaboración propia

Es fundamental tener en cuenta el cálculo de la huella de carbono bajo esta metodología NTC ISO 14064-1:2020, como en el caso de la Universidad ECCI. En este contexto, se ha determinado que las emisiones indirectas constituyen un considerable 83,75% de la participación con respecto a la huella de carbono total de la institución. Entre las principales fuentes de estas emisiones se encuentran el consumo de energía y la generación de residuos sólidos. Esta alta proporción destaca la importancia de registrar e integrar estas emisiones en el inventario de la huella de carbono universitaria. Bajo el enfoque de emisiones directas e indirectas, se han incluido de manera significativa 83,82 toneladas de CO₂-equivalentes, las cuales en estándares anteriores eran opcionales para la huella de carbono total. La Universidad ECCI ha implementado acciones sostenibles con el objetivo de reducir su huella de carbono, logrando una disminución de 6,29 toneladas de CO₂-equivalentes a través de iniciativas como la gestión del reciclaje y el inventario

forestal. Es esencial que las organizaciones reporten estas remociones en la huella de carbono para dar a conocer todos los esfuerzos realizados en la reducción de gases de efecto invernadero.

14. Incertidumbre

Para el cálculo de la incertidumbre de la Universidad ECCI se presentan una dualidad de incertidumbres: una derivada de los datos de actividad y otra proveniente de los factores de emisión. Adoptando un enfoque innovador por medio de la metodología NTC ISO 14064-1:2020 la incertidumbre se calcula por medio de modelos estadísticos por medio de estos modelos se evalúa la precisión de la información en su conjunto y la fiabilidad del inventario de emisiones, la tabla 49 muestra los intervalos de porcentaje para la precisión de los datos según el IPCC.

Tabla 49. Porcentaje de precisión en los datos según incertidumbre

Precisión de los datos	Intervalos como porcentaje de valor medio
Alta	± 5%
Buena	± 15%
Justa	± 30%
Pobre	Más de ± 30%

Fuente: Adaptado de (IPCC, 2006)

Los factores de emisión desempeñan un papel crucial en el cálculo de la huella de carbono, ya que representan los principales factores de incertidumbre en este proceso. Los factores de emisión son valores que cuantifican la cantidad de gases de efecto invernadero (GEI) liberados por unidad de actividad. Debido a la variabilidad inherente en las fuentes de datos y los métodos de cálculo, estos factores pueden variar significativamente, lo que influye directamente en la precisión

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

de la huella de carbono. En la tabla 50 , se presenta la incertidumbre estimada por factor de emisión según datos del IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático), resaltando la importancia de abordar y reducir la incertidumbre en estos factores para obtener estimaciones más precisas de las emisiones de GEI.

Tabla 50. Incertidumbre por factor de emisión

	Fuente de emisión	Unidad FE	U	Fuente
Emisiones directas	Extintores CO ₂	Kg CO _{2eq} /Kg	+/- 70,7%	(IPCC, 2006)
	Extintores R-123 / HCFC-123	Kg CO _{2eq} /Kg	+/- 70,7%	(IPCC, 2006)
	Gasolina E10	Kg CO ₂ /Gal	+/- 23,00%	(UPME, 2016)
	Diésel	Kg CO ₂ /Gal	+/- 21,00%	(UPME, 2016)
	Biodiésel	Kg CO ₂ /Gal	+/- 74,6%	(UPME, 2016)
	Gas Natural Genérico	Kg CO ₂ /m ³	+/- 49,6%	(UPME, 2016)
	Energía eléctrica	Kg CO _{2eq} /KWh	+/- 18,50%	(XM, 2023)
Emisiones indirectas	Residuos solidos	Kg CH ₄ /Kg	+/- 17,00%	(IPCC, 2006)
	Prácticas de campo	Kg CO ₂ /gal	+/- 21,00%	(UPME, 2016)
	Vuelos (plataforma ICAO)	Kg CO _{2 eq} /Viaje	+/- 50,00%	(ICAO, 2023)
	Papel bond blanco	KgCO _{2eq} /kg	+/- 70,7%	(Lopes Silva, Raymundo Pavan ,

	de Olivera, & Ometto, 2015)
Total	+/- 44,25

La incertidumbre asociada a los factores de emisión se sitúa en un rango de +/- 44.25, lo que la categoriza como "pobre" según los datos proporcionados por el IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático). Esta calificación refleja la significativa variabilidad y la falta de precisión en la estimación de estos factores, lo que subraya la necesidad de mejorar la calidad y la disponibilidad de los datos relacionados con las emisiones de gases de efecto invernadero, con el fin de obtener mediciones más confiables y reducir la incertidumbre en el cálculo de las huellas de carbono.

Por otro lado, en cuanto al inventario, solo se identificó incertidumbre en la energía eléctrica, como se explicó anteriormente. En este caso, se aplicó un promedio a un porcentaje de los datos, y se estimó una incertidumbre del 10,12%, calificándola como "buena" según los estándares del IPCC. Esto confirma la estabilidad del inventario para el reporte del cálculo de la huella de carbono.

NOTA: *La investigación presentada en este trabajo de grado fue aprobada para la presentación en 2 ponencias internacionales "II Congreso internacional SoPhiC 2023" y "IV Foro Iberoamericano de Universidades y Sostenibilidad" y la publicación de 1 working paper en la "Producción científica para ponentes SoPhiC 2023"*

15. Comparación de Huella de Carbono

Se llevó a cabo un análisis comparativo con otras instituciones de educación superior en Colombia que también generan reportes de emisiones y cuentan con información sobre su área y

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

la población estudiantil. Este análisis tuvo como enfoque principal la comparación per cápita, lo cual nos permitió obtener una visión más precisa y equitativa de la eficiencia en la gestión de emisiones de cada institución. En la tabla 51 se presentan los resultados de este análisis comparativo y las figuras 19 y 20 reflejan su distribución.

Tabla 51. Comparación Huella de Carbono universidades Colombia

Universidad	Año de calculo	Resultado Ton CO ₂ eq	Área m ²	Per cápita/ área Kg CO ₂ eq	Estudiantes	Per cápita/estudiantes Kg CO ₂ eq	Fuente
Universidad ECCI	2022	358,97	124.984,03	2,87	18.009	19,93	
Universidad de los Andes	2021	2.617	155.380	16,84	18.764	139,47	(UNI ANDES, 2021)
Universidad de Magdalena	2020	77,054	7.327	10,52	19.848	3,88	(UNIMAGDA LENA, 2019)
Universidad de Manizales	2019	264,2	17.124,74	15,43	7.000	37,74	(UCM, 2020)
Universidad EAFIT	2021	2870	165.000	17,39	11.970	239,77	(EAFIT, 2022)

Fuente: Elaboración propia

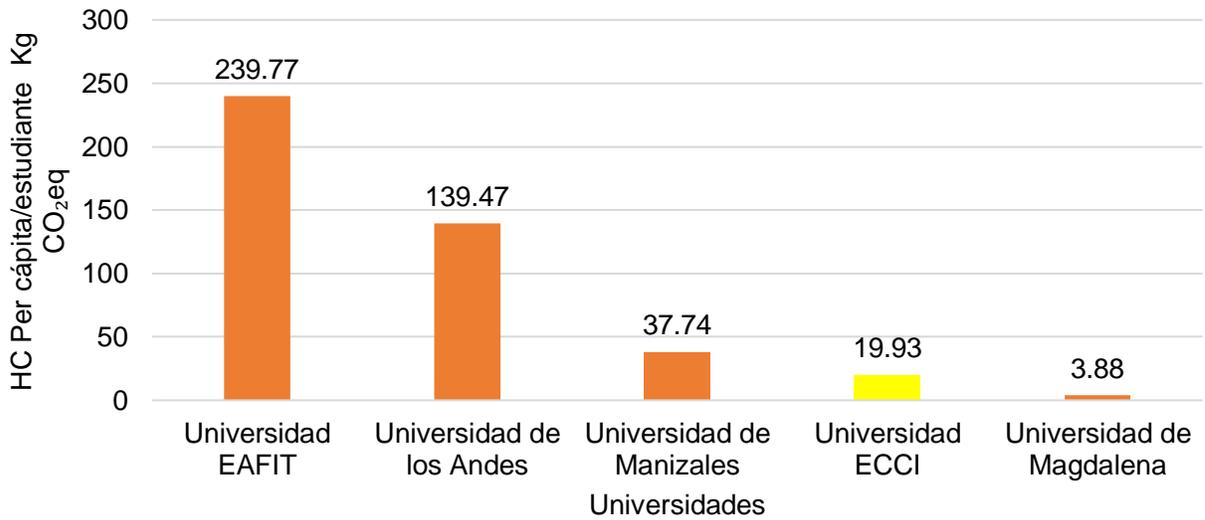


Figura 19. Comparación por Huella per cápita área

Fuente: Elaboración propia

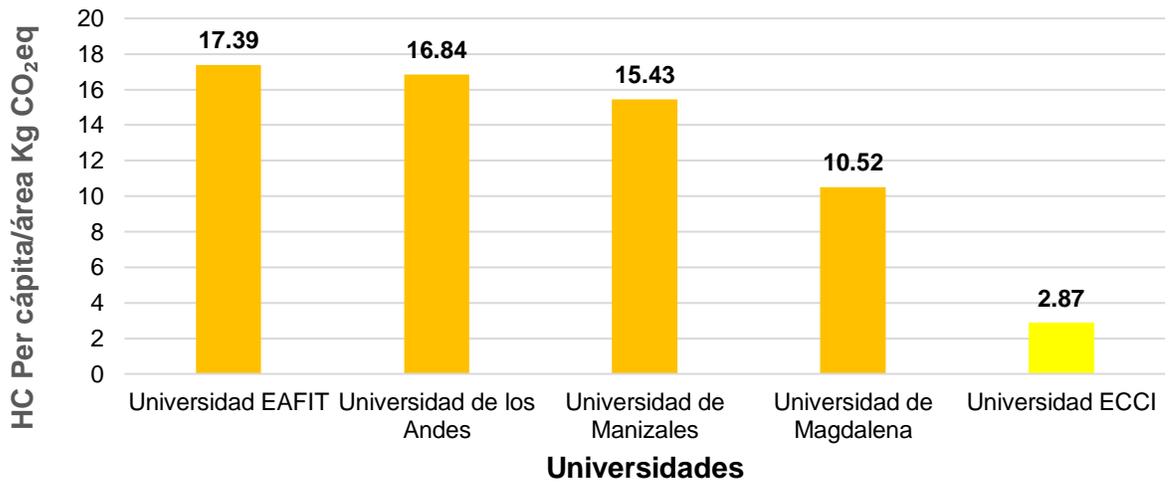


Figura 20. Comparación por Huella per cápita estudiante

Fuente: Elaboración propia

La Universidad ECCI se destaca como un contribuyente significativo en la gestión de la huella de carbono de las universidades en Colombia en comparación con otras instituciones académicas en el país. Sin embargo, el hallazgo más destacado emerge en el análisis de la huella de carbono per cápita por área, como se ilustra en la figura 19. En este aspecto, la universidad se posiciona de manera notable, presentando una huella de carbono per cápita considerablemente menor que el promedio de otras universidades comparadas, registrando solamente 2.87 kg CO_{2eq} por metro cuadrado. Este resultado subraya el compromiso de la Universidad ECCI en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y su liderazgo en prácticas sostenibles en el ámbito universitario.

16. Plan de reducción de emisiones

La descarbonización y acciones de mitigación de emisiones de Huella de carbono son esenciales para esta nueva era (Gobierno de Costa Rica, 2018)

Siguiendo esta tendencia, las instituciones académicas desempeñan un papel clave en la adopción de medidas sostenibles por tal razón se incluye dentro de esta investigación el plan de descarbonización, el cual se divide en dos componentes esenciales: en primer lugar, el reporte y cálculo de la huella de carbono de la institución, En segundo lugar, se diseñan estrategias de descarbonización destinadas a reducir de manera significativa estas emisiones. Esta investigación representa el primer paso hacia la carbono neutralidad de la Universidad ECCI, proporcionando un marco para la identificación y aplicación de medidas concretas en busca de un campus más sostenible y respetuoso con el medio ambiente.

16.1. Estrategias de reducción para emisiones directas

16.1.1. Reducción de emisiones por combustibles

En el proceso de cálculo de la huella de carbono de la Universidad ECCI, se identificó que el informe de emisiones directas debido al consumo de combustibles, principalmente gasolina y diésel, registró la cifra más significativa, alcanzando un total de 26,62 toneladas de CO₂ equivalente. Estas emisiones, relacionadas con la combustión de combustibles fósiles, son ampliamente reconocidas como uno de los principales impulsores del cambio climático a nivel global (World Meteorological Organization, 2023)

Para abordar esta situación y reducir de manera sustancial estas emisiones, se propone la implementación de estrategias innovadoras que ya han demostrado su eficacia en el ámbito nacional. Estas estrategias han brindado apoyo a numerosas corporaciones en su esfuerzo por disminuir sus emisiones, contribuyendo así a la lucha contra el cambio climático.

Las Tablas 52 y 53 presentan dos propuestas de reducción de emisiones enfocadas en la combustión de combustibles utilizados en vehículos. La primera propuesta considera la transición a vehículos eléctricos como una estrategia clave para disminuir las emisiones, mientras que la segunda contempla la posibilidad de implementar un programa de movilidad sostenible. Ambas opciones subrayan la importancia de abordar las emisiones relacionadas con el transporte y promover prácticas más respetuosas con el medio ambiente en el contexto de la universidad.

Tabla 52. Estrategia de reducción por cambio de flotas

Estrategia	Reemplazo progresivo de flota a combustión por flota eléctrica
Descripción	<p>Esta estrategia consiste en sustituir gradualmente los vehículos de combustión interna de la flota de la universidad por vehículos eléctricos. Al hacerlo, se reducirían las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas con la combustión de combustibles fósiles, como la gasolina y el diésel. Los vehículos eléctricos son alimentados por electricidad y contribuiría a la reducción de la dependencia de los combustibles fósiles.</p>
Indicadores	<p>Reducción de emisiones de CO₂: Registrar la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero, específicamente CO₂, como resultado del reemplazo de vehículos de combustión por vehículos eléctricos.</p> <p>Kilómetros recorridos por vehículos eléctrico: Registrar la cantidad de kilómetros recorridos por los nuevos vehículos eléctricos como indicador de su utilización y eficiencia.</p> <p>Ahorro económico: Evaluar los costos operativos y de mantenimiento de la flota eléctrica en comparación con la flota de combustión interna.</p>

Estrategia	Reemplazo progresivo de flota a combustión por flota eléctrica
Actividades para la reducción	Diversas investigaciones respaldan los beneficios en términos de eficiencia energética y reducción de emisiones que se pueden lograr a través de la transición de flotas de vehículos convencionales a vehículos eléctricos. En promedio, se estima que un vehículo eléctrico tiene el potencial de reducir las emisiones en un rango que oscila entre un 25% y un 30% (Blázquez Lidoy & Martín Moreno, 2021) lo que subraya su contribución significativa a la mitigación del impacto ambiental.
Estimación de reducción	Se plantea la migración del 60% de la flota de vehículos a combustión, considerando que programas académicos como Ingeniería Mecánica en la universidad dependen del uso de estos combustibles para sus prácticas y actividades de gestión del conocimiento. Esta transición se espera que resulte en una reducción anual de emisiones de dióxido de carbono (CO ₂) equivalente a 5 toneladas, lo que contribuirá significativamente a la disminución de la huella de carbono de la institución.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 53. Estrategia de reducción por carpooling

Estrategia	Vinculación de "carpooling" en los viajes realizados
Descripción	<p>La implementación del "carpooling" o uso compartido de vehículos en los desplazamientos realizados por la comunidad universitaria puede tener un impacto significativo en la reducción de emisiones. Al alentar a estudiantes, profesores y personal a compartir vehículos para ir a la universidad, se reduciría el número de automóviles en las carreteras y, por lo tanto, se disminuirían las emisiones de GEI. Esta estrategia no solo reduce las emisiones directas de la universidad, sino que también promueve una cultura de movilidad sostenible y consciente del medio ambiente, lo que contribuye a la reducción de la huella de carbono de la institución y al bienestar del entorno.</p>
Indicadores	<p>Reducción de emisiones por viaje: Disminución de emisiones de CO₂ por viaje al promover el uso compartido de vehículos.</p> <p>Número de usuarios del "carpooling": Seguir la cantidad de miembros de la comunidad universitaria que participan en programas de "carpooling".</p> <p>Kilómetros compartidos por viaje: Registrar la cantidad</p>

Estrategia	Vinculación de "carpooling" en los viajes realizados
	<p>de kilómetros compartidos en cada viaje, lo que indica el impacto en la reducción del tráfico y las emisiones.</p>
<p>Actividades para la reducción</p>	<p>Empresas como "Try My Ride" desarrollan programas de movilidad sostenible que fomentan la compartición de rutas y la conexión entre usuarios. Este fenómeno del "carpooling" se ha ganado popularidad en diversas corporaciones como un caso de éxito destacado. Un ejemplo sobresaliente es el de Ecopetrol en Bogotá, que ha logrado reducir su cantidad de viajes a la mitad mediante la implementación de viajes compartidos (Vita Sana SAS, 2023) Esta estrategia ha demostrado ser altamente efectiva en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y ha contribuido significativamente a la disminución del impacto ambiental.</p>
<p>Estimación de reducción</p>	<p>La implementación de un programa de movilidad tiene como objetivo reducir los viajes en un 20% durante el primer año . Esta disminución se traduciría en una reducción de emisiones equivalente al 20% de la</p>

Estrategia	Vinculación de "carpooling" en los viajes realizados
	huella de carbono de esta fuente, lo que representa una disminución de 5.32 toneladas de CO ₂ equivalente en su primer año. Esto refleja un impacto significativo en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y contribuye de manera notable a los esfuerzos de sostenibilidad y reducción de la huella de carbono.

Fuente: Elaboración propia

16.2. Estrategias de reducción para emisiones indirectas

16.2.1. Política de papel cero

Implementar una política de reducción de uso de papel busca reducir por completo el consumo de papel en la Universidad ECCI, actualmente se consumen más de 840 resmas de papel al año y la estimación de emisiones de CO₂ se centró en una emisión anual de 2,11 Ton CO_{2eq}, esta política busca fomentando la conciencia ambiental y la adopción de prácticas más sostenibles.

Directrices:

Promoción de la Digitalización: Se fomentará la digitalización de documentos y procesos en la medida de lo posible. Los documentos y comunicaciones electrónicas serán la opción preferida para reducir la impresión innecesaria.

Fomento de la Educación y Concienciación: La universidad llevará a cabo campañas de concienciación y programas de capacitación para sensibilizar a la comunidad universitaria sobre la

importancia de la reducción de papel y brindarles las habilidades necesarias para implementar prácticas sostenibles.

Reciclaje: Se promoverá el reciclaje de papel en toda la universidad, garantizando la disposición adecuada de los residuos de papel.

Responsabilidad: La implementación y cumplimiento de esta política será responsabilidad de todos los miembros de la comunidad universitaria, desde estudiantes y profesores hasta personal administrativo.

Estimación de reducción: Eliminando esta fuente de emisión se reducirían 2,11 Ton CO_{2eq} al año, lo cual representa el 0,60% de la huella total reportada.

16.2.2. Cambio de luminarias para la “Sede P” de la universidad ECCI

La sede P de la Universidad ECCI, ubicada en la calle 51 19 - 22, es uno de los edificios más destacados de la institución, albergando una variedad de laboratorios en disciplinas como química, biología y computación. Con una extensión de 5.316,56 metros cuadrados, este edificio representa aproximadamente un 4,25% del área total de la universidad. Es importante destacar que el consumo de energía en este edificio es el segundo más alto registrado, superado únicamente por la sede Crisanto Luque, con un reporte de 264.900,00 kilovatios-hora (kWh) al año. Esto subraya la importancia de considerar estrategias de eficiencia energética.

Ecuación 51. Emisiones de CO₂ por consumo de energía en la sede P

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ Sede P} = 0,112 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{kWh}} * (264,900,00 \text{ kWh})$$

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ Sede P} = 29.668,8 \text{ KgCO}_{2\text{eq}}$$

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ Sede P} = 29,66 \text{ Ton CO}_{2\text{eq}}$$

Los estudios respaldan que el cambio de luminarias LED de 200 W conlleva una eficiencia energética de hasta el 50% en el consumo de electricidad (Serrano Tierz, Abelardo Martínez, Guarddon Muñoz, & Santolaya Sáenz, 2015). Esto implica que, al realizar este cambio, el nuevo consumo de electricidad se reduciría a 132.450,00 kilovatios-hora (kWh), lo que representa una significativa disminución en el uso de energía y un ahorro considerable en los costos asociados al consumo eléctrico.

Ecuación 52. Emisiones de CO₂ por consumo de energía con luminaria LED en la sede P

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ Sede P} = 0,112 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{kWh}} * (132,450,00 \text{ kWh})$$

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ Sede P} = 14.834,4 \text{ KgCO}_{2\text{eq}}$$

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ Sede P} = 14,83 \text{ Ton CO}_{2\text{eq}}$$

Esta reducción se traduciría en una reducción de emisiones de 14,83 Ton CO_{2eq}, actividad que se buscaría replicar en todas las sedes de la universidad.

16.2.3. Campaña de “uso responsable de la energía”

Promover el uso responsable de la energía y fomentar la conciencia ambiental entre los estudiantes de la Universidad ECCI, con el fin de reducir el consumo energético por medio del uso responsable de la energía y contribuir a la sostenibilidad, para este se presentan diferentes actividades soporten la integración de una nueva cultura en la universidad.

Fase 1: Sensibilización y Concienciación

Campañas de Concienciación: Implementación de campañas visuales y de redes sociales que destaquen la importancia del uso responsable de la energía, el ahorro de recursos y la reducción de la huella de carbono.

Charlas Informativas: Realizar charlas periódicas a cargo de la facultad de ingeniería ambiental que le dé la oportunidad a los estudiantes de plasmar y transmitir estos conocimientos en ahorro de energía, que aborden temas como la crisis climática y el papel de los estudiantes en la mitigación del cambio climático.

Fase 2: Capacitación y Desarrollo de Habilidades

Seminarios Técnicos: Ofrecer seminarios técnicos certificados y gratuitos sobre prácticas de eficiencia energética, cómo reducir el consumo en la vida diaria y cómo medir el impacto de las acciones y que los estudiantes encuentren atractivos para el registro en su hoja de vida.

Talleres Prácticos: Realizar talleres prácticos que enseñen a los estudiantes a calcular su huella de carbono personal y a identificar oportunidades para reducir su consumo de energía.

Fase 3: Participación Activa

Desafíos y Competencias: Promover competencias entre las diferentes facultades de la universidad ECCI que busquen reducir su consumo de energía y recompensar a los equipos o individuos más efectivos.

Fase 5: Integración en el Plan de Estudios

Incorporación en Currículo: Trabajar con los departamentos académicos para integrar temas de sostenibilidad y eficiencia energética en el plan de estudios de diferentes programas académicos.

17. Conclusiones

La estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en conformidad con la norma actualizada NTC ISO 14064:2020 representa un paso importante hacia una estimación más precisa de las fuentes de emisión de GEI significativas de una empresa u organización. Este

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

enfoque, que se basa en una metodología de selección y valoración de emisiones significativas, ofrece a las universidades y a todas las organizaciones la oportunidad de cuantificar con mayor transparencia su contribución en GEI y, por ende, su responsabilidad en el cambio climático. La adopción de esta metodología actualizada declara un compromiso con la sostenibilidad ambiental.

Al proporcionar un análisis detallado y preciso de las emisiones, las instituciones educativas y las organizaciones pueden tomar decisiones más informadas y estratégicas para reducir su huella de carbono. Esto no solo tiene un impacto positivo en el medio ambiente, sino que también puede traducirse en beneficios reputacionales, atrayendo a estudiantes, empleados y partes interesadas que valoran el compromiso con la responsabilidad ambiental. Además, la implementación de esta norma actualizada en la estimación de las emisiones de GEI permite una mayor comparabilidad de los datos entre diferentes entidades, lo que facilita las evaluaciones sectoriales y regionales. Este enfoque, uniforme en la estimación y divulgación de emisiones contribuye al esfuerzo global para abordar el cambio climático de manera más efectiva. La implementación de la norma NTC ISO 14064:2020 representa un cambio tanto cualitativo como cuantitativo en el proceso de estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) dentro de una organización.

Sumado a lo anterior, Colombia, como gestor de sostenibilidad, ha logrado avances significativos en la construcción de un enfoque proactivo frente al cambio climático, una cuestión fundamental para el bienestar del planeta. Estos avances se reflejan en leyes clave como la Ley de Cambio Climático 1931 de 2018 y la Ley 2169 de 2021, particularmente en su artículo 16 sobre el Reporte Obligatorio de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (ROE). Estas leyes establecen la obligación para personas jurídicas, ya sean públicas, privadas o mixtas, de reportar emisiones, siguiendo los criterios definidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Además, se complementan con la Resolución 1628 del 28 de julio de 2022, emitida por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), que exige la presentación de inventarios de emisiones utilizando la metodología NTC ISO 14064:2020. Esta investigación propone una metodología para determinar

emisiones significativas que puede utilizar cualquier organización para la estimación de GEI de forma actualizada.

En este contexto, las instituciones de educación superior desempeñan un papel crucial en la lucha contra el cambio climático, al proporcionar una orientación valiosa para la generación de informes de emisiones y al liderar iniciativas que fomentan la sostenibilidad. Estos esfuerzos, junto con los avances normativos, subrayan la importancia de abordar las emisiones de gases de efecto invernadero de manera integral y eficaz en el ámbito universitario y en toda la sociedad, en línea con los objetivos de sostenibilidad y la preservación del medio ambiente.

18. Bibliografía

Alcaldía de Santiago de Cali. (2015). Guía metodologica para calculo de huella de carbono.

ANLA. (2022). Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. Obtenido de Resolución 1628 del 28 de Julio de 2022 “Por la cual se modifica una Licencia Ambiental y se toman otras determinaciones”, proyecto Explotación de Hidrocarburos en el Bloque Cravoviejo.

Asamblea General de las Naciones Unidas. (2015). Objetivos del desarrollo sostenible. Recuperado de. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

BASF. (2022). HCP- Huella de Carbono de Producto. Obtenido de <https://www.basf.com/co/es/who-we-are/sustainability/we-drive-sustainable-solutions/quantifying-sustainability/product-carbon-footprint.html>

Blázquez Lidoy, J., & Martín Moreno, J. (2021). Eficiencia energética en la automoción - el vehículo eléctrico, un reto presente. Obtenido de

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

<https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/377/76.pdf>

British Standards. (2008). NORMA PAS 2050. Obtenido de <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/norma-pas-2050>

CAEM. (2013). Guía metodológica para el cálculo de la huella de carbono corporativa a nivel sectorial. Obtenido de <https://www.car.gov.co/uploads/files/5ade1b0319769.pdf>

Cano, N., Berrio, L., Carvajal, E., & Arango, S. (11 de Febrero de 2022). Assessing the carbon footprint of a Colombian University Campus Assessing the carbon footprint of a Colombian University Campus Standard. Environmental Science and Pollution Research. doi:<https://doi.org/10.1007/s11356-022-22119-4>

CAR, CAEM, CCB. (2013). Guía metodológica para el cálculo de la Huella de Carbono corporativa a nivel sectorial. Obtenido de <https://www.car.gov.co/uploads/files/5ade1b0319769.pdf>

CEPAL. (2010). La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios. Obtenido de http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3753/S2009834_es.pdf

CEPAL. (2015). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Obtenido de Una oportunidad para América Latina y el Caribe: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf

CES. (2020). Plan de acción por el clima. Obtenido de https://www.ces.edu.co/wp-content/uploads/2022/01/Plan-de-accion-por-el-clima_Universidad-CES.pdf

CLEAN. (2022). Las actividades humanas están teniendo un impacto el sistema climático. Obtenido de https://cleanet.org/clean/literacy/climate/spanish/principle_6.html

Climate Trade. (17 de Mayo de 2021). ¿Qué países son los mayores contaminadores de carbono del mundo? Obtenido de <https://climatetrade.com/es/que-paises-son-los-mayores-contaminadores-de-carbono-del-mundo/#:~:text=Estados%20Unidos%2C%20con%205.416%20millones,millones%20de%20toneladas%20de%20CO2>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2017). Metodologías de calculo de huella de carbono y sus potenciales implicaciones para America Latina. Obtenido de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37288/Metodolog%EDas_calculo_HC_AL.pdf?sequence=1

Congreso de Colombia. (2018). LEY 1931 DE 2018. Obtenido de POR LA CUAL SE ESTABLECEN DIRECTRICES PARA LA GESTIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=87765>

Cortes Vargas, J., & Rubio Zafra, D. (2017). Inventario Forestal.

De Schryver, A., & Zampori, L. (31 de Enero de 2022). Product Carbon Footprint standards: wich one to choose? Obtenido de <https://pre-sustainability.com/articles/product-carbon-footprint-standards-wich-standard-to-choose/>

EAFIT. (2022). Sostenibilidad Ambiental- Huella de carbono. Obtenido de [https://www.eafit.edu.co/institucional/sostenibilidad-ambiental/indicadores/Paginas/huella-de-carbono-herramienta.aspx#:~:text=El%20c%C3%A1lculo%20de%20emisiones%20de,electricidad\)%20y%20el%2070%25%20a](https://www.eafit.edu.co/institucional/sostenibilidad-ambiental/indicadores/Paginas/huella-de-carbono-herramienta.aspx#:~:text=El%20c%C3%A1lculo%20de%20emisiones%20de,electricidad)%20y%20el%2070%25%20a)

EAN. (Marzo de 2023). La Universidad Ean se compromete con la neutralidad de carbono. Obtenido de <https://universidadean.edu.co/noticias/la-universidad-ean-se-compromete-con-la->

neutralidad-de-

carbono#:~:text=En%20su%20Inventario%20de%20Emisiones,de%20309%20toneladas%
20de%20CO2.

EPA- Agencia de protección ambiental de Estados Unidos. (2017). Descripción general de los gases de efecto invernadero. Obtenido de <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/descripcion-general-de-los-gases-de-efecto-invernadero>

Gobierno de Costa Rica|. (2018). Plan nacional de Descarbonización. Obtenido de <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Plan%20Nacional%20de%20Descarbonizaci%C3%B3n%20-%20Espa%C3%B1ol.pdf>

Greenhouse Gas Protocol. (2023). GHG Protocol Standards and Guidance Update Process. Obtenido de <https://ghgprotocol.org/ghg-protocol-standards-and-guidance-update-process-0>

Harkiolakis, N. (2013). Huella de Carbono. En: Idowu, SO, Capaldi. Berlin: Encyclopedia of Corporate Social Responsibility. Springer. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-642-28036-8_38

Helmers, E., Chein, C., & Dauwels, J. (2021). Carbon footprint of universities worldwide: Part I- objective comparison by standardized metrics. doi: [doi:10.1186/s12302-021-00454-6](https://doi.org/10.1186/s12302-021-00454-6)

ICAO. (2023). Carbon Emissions Calculator. Obtenido de <https://applications.icao.int/icec>

ICONTEC. (2006). Adaptación ISO 14064-1:2006 Gases de efecto invernadero — Part 1: Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero.

ICONTEC. (2020). Gases de efecto invernadero. Parte 1: Especificaciones con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero.

IDEAM. (2007). Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf>

International Organization for Standardization. (2019). ISO and Climate Change.

IPCC. (2001). Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Obtenido de Capítulo 5- Desechos: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/spanish/5_Waste_ES.pdf

IPCC. (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Obtenido de <http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html>

IPCC. (2013). Ficha informativa del IPCC: ¿Qué es el IPCC? Obtenido de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/04/FS_what_ipcc_es.pdf

IPCC. (2014). Mitigación del Cambio Climático, resumen para responsables de políticas y resumen técnico. Obtenido de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WGIIIAR5_SPM_TS_Volume_es-1.pdf

IPCC. (2018). Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. Obtenido de <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4-wg1-chapter2-1.pdf#table-2-14>

IPCC. (2023a). Climate Change 2023. Obtenido de Synthesis Report: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf

IPCC. (2023b). COMUNICADO DE PRENSA DEL IPCC. Obtenido de La acción climática urgente puede garantizar un futuro habitable para todos.

IPCC AR6. (2022). Synthesis Report of the IPCC Sixth Assessment Report (AR6). Obtenido de https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_LongerReport.pdf

ISAGEN. (2018). Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del año 2017.

ISO. (2006). 14064-1 Gases de efecto invernadero — Part 1: Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero. Obtenido de <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14064:-1:ed-1:v1:es>

ISO. (2018a). 14064-1 Gases de efecto invernadero — Parte 1: Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero. Obtenido de <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14064:-1:ed-2:v1:es>

ISO. (2018b). Greenhouse gases — Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification. Obtenido de <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14067:ed-1:v1:en:sec:foreword>

Lopes Silva, D., Raymundo Pavan, A., de Olivera, J., & Ometto, A. (2015). Life cycle assessment of offset paper production in Brazil: hotspots and cleaner production alternatives.

Ma, B., Farhan Bashir, M., Bashir, F., Peng, X., Strielkowski, W., & Kirikkaleli, D. (2023). Analyzing research trends of universities' carbon footprint: An integrated review. Gondwana Research. doi:<https://doi.org/10.1016/j.gr.2023.05.008>.

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

MADS. (2021a). Resolución 40421 del 2021. Obtenido de https://www.minenergia.gov.co/documents/7299/Proyecto_resoluci%C3%B3n_estabilizaci%C3%B3n_mezclas_para_comentarios.pdf

MADS. (2021b). Buenas prácticas ambientales en el mantenimiento, recarga y uso de extintores portátiles con HCFC-123. Obtenido de https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Cartilla_Buenas_Practicas_Ambientales_en_extintores_portatiles_con_HCFC-123.pdf

Martinez Vallejo, L. A., Cortes Mora, H. G., Peña Reyes, J. L., Mendez, A. J., a, a, & A. (2020). Un enfoque desde la sustentabilidad: análisis de ciclo de vida como herramienta para la toma de decisiones en el desarrollo de proyectos hidroeléctricos en Colombia. doi: <https://doi.org/10.15446/ga.v24nSupl2.86822>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020). Actualización de la Contribución Determinada a Nivel Nacional de Colombia (NDC). Obtenido de <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/NDC%20actualizada%20de%20Colombia.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022). Cambio Climático en la educación superior. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/cambio-climatico-y-gestion-del-riesgo/cambio-climatico-en-la-educacion-superior/>

Ministerio de Educación Nacional. (2010). Instituciones de Educación Superior (IES). Obtenido de <https://www.mineducacion.gov.co/1621/article-217744.html>

Ministerio de Minas y Energía. (2021). Resolución 40111 del 2021. Obtenido de <https://medioambiente.uexternado.edu.co/resolucion-40111-de-2021-por-la-cual-se->

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

establece-el-contenido-maximo-de-alcohol-carburante-etanol-en-la-mezcla-con-gasolina-
motor-corriente-y-extra-a-nivel-nacional-el-contenido-de-biocomb/

Ministerio de Minas y Energía. (2023). Reporte promedio de precio combustible, Bogotá 2022.
Obtenido de <https://www.sicom.gov.co/index.php/consulta-de-precios>

Naciones Unidas. (1998). Protocolo de Kyoto de la convención marco de las naciones unidas sobre
el cambio climático. Obtenido de <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>

Naciones Unidas. (2015). Acuerdo de París. Obtenido de
https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_spanish_.pdf

Naciones Unidas. (2020a). Conferencia de las Partes (COP). Obtenido de
<https://unfccc.int/es/process/bodies/supreme-bodies/conference-of-the-parties-cop>

Naciones Unidas. (2020b). Qué es la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio
Climático. Obtenido de <https://unfccc.int/es/process-and-meetings/que-es-la-convencion-marco-de-las-naciones-unidas-sobre-el-cambio-climatico>

Naciones Unidas. (2020c). Contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC). Obtenido de El
Acuerdo de París y las contribuciones determinadas a nivel nacional:
<https://unfccc.int/es/acerca-de-las-ndc/contribuciones-determinadas-a-nivel-nacional-ndc>

Naciones Unidas. (2023). ¿Qué es el cambio climático? Obtenido de
<https://www.un.org/es/climatechange>

NASA. (2022). Global Climate Change. Obtenido de <https://climate.nasa.gov/en-espanol/datos/causas/>

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

Oficina Catalana del Cambio Climatico. (2011). Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero GEI. Obtenido de <https://www.caib.es/sacmicrofront/archivopub.do?ctrl=MCRST234ZI97531&id=97531>

Oficina de Gestión Ambiental- Universidad ECCI. (2023). Edificios y áreas universidad ECCI.

ONUDI. (2010). Organismos Nacionales de Normalización en Países en Desarrollo. Obtenido de https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/archive/pdf/en/fast_forward-es.pdf

Organización Internacional de Normalización. (2006). Greenhouse gases — Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals. Obtenido de <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14064:-1:ed-2:v1:es>

Osakidetza. (2020). Huella de carbono. Obtenido de Informe de Gases de Efecto Invernadero: file:///C:/Users/karem/Downloads/Huella-de-Carbono-2020_ISO140642019_100%25OK.pdf

PNUMA. (2021). Climate Change Report. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/climate-change-2/>

POLITECNICO GRANCOLOMBIANO. (2020). Huella Grancolombiana. Obtenido de <https://www.poli.edu.co/huellagrancolombiana>

Presidencia de la Republica. (2007). DECRETO 2629 DE 2007. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=25667>

Red Ambiental de Asturias. (2021). Potencial de calentamiento global. Obtenido de https://medioambiente.asturias.es/detalle/-/categories/765458?_com_liferay_asset_categories_navigation_web_portlet_AssetCategori

esNavigationPortlet_articleId=788118&articleId=788118&title=Potencial%20de%20calentamiento%20global.

SANTO TOMÁS. (2019). Informe cálculo de la Huella de Carbono de la Universidad Santo Tomás. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/21869/2019juanfarfan.pdf?sequence=6&isAllowed=y>

Secretaria Distrital de Ambiente. (2015). Guía para el cálculo y reporte de Huella de Carbono Corporativa. Obtenido de <https://www.ambientebogota.gov.co/documents/10184/564058/Gu%C3%ADa+para+el+c%C3%A1lculo+y+reporte+de+la+huella+de+carbono+corporativa.pdf/6c140744-1396-4df3-9637-ab262d91d97f>

Serrano Echeverry, V. A., Florez Lopez, K. D., & Martinez Vallejo, L. A. (2023). Sostenibilidad en instituciones de educación superior. Inquiرو (revista interdisciplinar en organizaciones).

Serrano Tierz, A., Abelardo Martínez, I., Guarddon Muñoz, O., & Santolaya Sáenz, J. (2015). Análisis de ahorro energético en iluminación LED industrial: Un estudio de caso. doi:<https://doi.org/10.15446/dyna.v82n191.45442>

Titenkov, A. (2023). The company's carbon footprint: Applicable standards and guidelines.

UCM. (2020). Medición de Huella de Carbono UCM, Insumo para lograr la carbono neutralidad. Obtenido de <https://www.ucm.edu.co/medicion-de-huella-de-carbono-ucm-insumo-para-lograr-la-carbono-neutralidad/>

UDCA. (2015). Propuesta de estrategias de mitigación a partir del cálculo de la huella de carbono de los Campus Norte y Sur de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U. D. C. A en los años 2014. Obtenido de <https://repository.udca.edu.co/handle/11158/714>

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

UDES. (2021). Reporte de Sostenibilidad . Obtenido de <https://bucaramanga.udes.edu.co/images/micrositios/udesverde/informe-sostenibilidad-2021.pdf>

UECCI. (2018). Reporte de Huella de Carbono Corporativa Universidad ECCI- Sede Bogotá año 2017.

UNAD. (Octubre de 2020). Plan de Manejo Ambiental Sustentable- Sede Bogotá. Obtenido de <https://ogabogota.unal.edu.co/wp-content/uploads/2020/10/Gu%C3%ADa-metodol%C3%B3gica-para-el-c%C3%A1lculo-de-Huella-de-Carbono-Sede-Bogot%C3%A1.pdf>

UNI ANDES. (2021). Reporte de sostenibilidad 2021. Obtenido de <https://sostenibilidad.uniandes.edu.co/images/Reporte2021/R.-SOSTENIBILIDAD-2021.pdf>

UNIMAGDALENA. (2019). Cátedra de sostenibilidad. Obtenido de <https://unimagdalena.edu.co/Content/Public/Docs/Sostenibilidad/CATEDRA%20DE%20SOSTENIBILIDAD%20DE%20LA%20UNIVERSIDAD%20DEL%20MAGDALENA.pdf>

United Nations Climate Change. (2015). Contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC). Obtenido de <https://unfccc.int/es/acerca-de-las-ndc/contribuciones-determinadas-a-nivel-nacional-ndc>

Universidad de Palermo. (s.f.). Biocarburante líquido de origen biológico. Obtenido de palermo.edu/economicas/pdf_economicas/Presentacion_biocom_Steinberg.pdf

Universidad ECCI. (2023a). Nuestra historia. Obtenido de <https://www.ecci.edu.co/nosotros/#:~:text=La%20Universidad%20ECCI%20ser%C3%A1%20reconocida,formaci%C3%B3n%20y%20el%20desarrollo%20social.>

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

Universidad ECCI. (2023b). La U en cifras. Obtenido de <https://www.ecci.edu.co/bogota/>

Universidad ECCI. (2023c). ¿Cuál programa te inspira? Obtenido de <https://www.ecci.edu.co/web-programas-que-inspiran/?tipo=22&facultades=&modalidad=>

UPB. (2019a). Estimación de la huella de carbono y de la huella hídrica de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga en el año 2018. Obtenido de <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/8442#:~:text=Los%20resultados%20generales%20en%20el,fue%20de%2066.880%2C55%20m3.>

UPB. (2021). 5 datos que debes saber sobre el carpooling en Colombia. Obtenido de <https://www.upb.edu.co/es/central-blogs/sostenibilidad/carpooling-en-colombia>

UPME. (2007). ¿Qué es la UPME? Obtenido de <http://www.upme.gov.co/QUpme.html>

UPME. (2016). Cálculo para Combustibles en Colombia. Obtenido de http://www.upme.gov.co/Calculadora_Emisiones/aplicacion/calculadora.html

UPME. (2019). Primer balance de Energía Útil para Colombia y Cuantificación de las Perdidas energéticas relacionadas y la brecha de eficiencia energética. Obtenido de https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/Balance_energia_util/BEU-Transporte.pdf

UTADEO. (2016). Medición de la huella de carbono de Utaдео. Obtenido de [https://www.utadeo.edu.co/es/noticia/recomendados/utadeo-verde/183366/medicion-de-la-huella-de-carbono-de-utadeo#:~:text=En%20total%20para%20la%20Universidad,el%20consumo%20de%20di%C3%A9sel%20\(utilizado](https://www.utadeo.edu.co/es/noticia/recomendados/utadeo-verde/183366/medicion-de-la-huella-de-carbono-de-utadeo#:~:text=En%20total%20para%20la%20Universidad,el%20consumo%20de%20di%C3%A9sel%20(utilizado)

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

UTP. (2019). Reporte de medición de Huella de Carbono. Obtenido de Campus central Universidad Tecnológica de Pereira: <https://media.utp.edu.co/centro-gestion-ambiental/archivos/ESTUDIO%20HUELLA%20DE%20CARBONO%20UTP%202019.pdf>

Villafuerte, P. (29 de Junio de 2020). Las publicaciones recientes de la Red de Soluciones para el Desarrollo Sostenible, ofrecen una guía para las universidades en su camino hacia la implementación de los ODS. Obtenido de <https://observatorio.tec.mx/edu-news/rol-de-las-universidades-agenda2030/>

Vita Sana SAS. (2023). Informe de gestión y resultados "Ecopetrol".

WBCSD. (2011). Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard. Obtenido de https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Product-Life-Cycle-Accounting-Reporting-Standard_041613.pdf

World Meteorological Organization. (2023). State of the Global Climate 2022. Obtenido de https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11593

WRI. (2001). Protocolo de Gases de Efecto Invernadero. Obtenido de https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/protocolo_spanish.pdf

WRI. (2004). A Corporate Accounting and Reporting Standard. Obtenido de <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf>

WRI. (2011). Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard. Obtenido de https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Corporate-Value-Chain-Accounting-Reporting-Standard-EReader_041613_0.pdf

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

WRI. (2013). Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions. Obtenido de https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2023-03/Scope3_Calculation_Guidance_0%5B1%5D.pdf

WRI. (2015). GHG Protocol Scope 2 Guidance. Obtenido de <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2023-03/Scope%20%20Guidance.pdf>

XM. (2023). Resultado de cálculo de Factor de Emisión del Sistema Interconectado Nacional, para inventario de Gases de Efecto Invernadero. Obtenido de <https://www.xm.com.co/>

Yantas Tinoco, K. (2019). Estimación del nivel de captura de dióxido de carbono del eucalipto (*eucalyptus globulus*), Ciprés (*cupressus macrocarpa*) y Pino (*pinus adiatata*), en la localidad de Huariaca, Pasco - 2019.

19. Anexos

Anexo 1. Discriminación de consumo de combustible- Universidad ECCI

Dependencia y combustible	Valor total cancelado	Galones
ACPM	6.290.903	685
Coordinación de Obras y Proyectos	414.604	45
Dirección de Publicidad y Mercadeo	5.756.299	626
Medellín	100.000	11
Sede Sur	20.000	2
Gasolina Extra	25.291.600	1.420
Consejo Superior	18.939.268	1.064

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

Sede Principal	300.000	17
Unidad Académica Gastronomía	2.675.790	150
Vicerrectoría Administrativa	3.376.542	190
Gasolina Motor	14.127.297	1.531
Campus Universitario CII170	1.560.098	169
Centro de Investigación - CeintECCI	530.700	58
coordinación de Obras Y proyectos	4.095.129	444
Medellín	158.500	17
Sede Crisanto Luque Centro	68.614	7
Sede Principal	4.173.972	452
Sede Sur	217.462	24
Unidad Académica De Mecánica	3.147.060	341
Vicerrectoría Académica	175.762	19
Total	45.709.800	3.636

Anexo 2. Cronograma de actividades

Acción	Actividades	Inicio actividad	Fin actividad
Investigación bibliográfica y estado del arte	Base de datos con la información de cálculo de huella de carbono	Semana 1	Semana 3
	Revisión de literatura científica sobre la metodología ISO 14064 de 2020 y cálculo de huella de carbono	Semana 8	Semana 12
	Identificación y recopilación de información necesaria sobre la universidad ECCI y sus emisiones	Semana 12	Semana 20

**Cambio en el enfoque de estimación de GEI a nivel internacional
(NTC ISO 14064-1:2020): caso de estudio Huella de Carbono - Universidad ECCI**

				—
				—
Recopilación de información	Tabulación y análisis de la información recopilada para el cálculo de la huella de carbono	Semana 20	Semana 28	—
				—
	Aplicación de la metodología ISO 14064 de 2020 para el cálculo de la huella de carbono de la universidad ECCI	Semana 28	Semana 32	—
				—
	Análisis de los resultados obtenidos y presentación de los mismos en un informe preliminar	Semana 32	Semana 36	—
				—
Presentación de resultados	Elaboración del informe final de la tesis de grado	Semana 36	Semana 42	—
				—