



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES

**“DISEÑO METODOLÓGICO PARA EL CÁLCULO DE
LA HUELLA DE CARBONO EN INSTITUCIONES DE
EDUCACIÓN SUPERIOR DE MÉXICO”**

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN CIENCIAS AMBIENTALES**

PRESENTA:

YOSELIN MONTOYA GARCÍA

TUTOR ACADÉMICO:

DRA. EN U. VERÓNICA MIRANDA ROSALES

TUTORES ADJUNTOS:

DR. EN S. D. NOÉ ARMANDO COLÍN MERCADO

DR. EN U. JUAN ROBERTO CALDERÓN MAYA



TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO, SEPTIEMBRE 2026

Resumen

El presente estudio tiene el objetivo de diseñar una metodología para el cálculo de la huella de carbono (HC) en las Instituciones de Educación Superior (IES) en México, a fin de contribuir a la mitigación de gases de efecto invernadero (GEI). El cambio climático como producto de la generación de GEI en altas concentraciones, favorece el calentamiento de la superficie y, por consiguiente, propicia el aumento de la temperatura, motivo por el cual, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), han realizado un llamado global a los diferentes sectores a la acción inmediata de reducción de emisiones. Uno de los sectores destacables, es el académico, particularmente las IES, las cuales representan comunidades de alto impacto debido al papel que tienen dentro de la sociedad. Además, son agentes claves ante la crisis climática, ya que cuentan con competencias y capacidades que permiten desarrollar prácticas ambientalmente responsables. Bajo este escenario, un aspecto importante es la evaluación ambiental de la funcionalidad común de los espacios académicos a través de su Huella de Carbono Institucional (HCI). Que es producto de sus actividades sustantivas y adjetivas que, a su vez, permite identificar las áreas potenciales de GEI y, en consecuencia, crear estrategias para reducir y compensar las emisiones generadas. La HC es una herramienta encargada de cuantificar los GEI, sin embargo, presenta limitaciones en el contexto institucional desarrolladas en el enfoque empresarial, lo que representa una condicionante a las IES. Particularmente en México, se identifica una dispersión en cuanto a la metodología utilizada, por lo que pocas universidades se han involucrado en su evaluación ambiental. Esto ha limitado así la comparabilidad entre ellas y el diseño de un plan de acción para mitigar su impacto. De esta manera, se diseñó una metodología para el cálculo de la HCI la cual se ha nombrado Metodología para el Análisis de la Huella de Carbono en Instituciones de Educación Superior (MAHCIES). Misma que fue aplicada a una IES mexicana, caso Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx), la aplicación permitió identificar las principales fuentes de emisiones a fin de optimizar el uso de recursos y la toma de decisiones. La MAHCIES retoma la estructura y funcionalidad común de una IES,

mantiene consistencia metodológica, adaptabilidad institucional, e integra categorías de análisis estándar de un espacio académico, un elemento destacable es su contribución integral, ya que trasciende del cálculo y busca a partir de este crear un plan de acción para neutralización de la HCI y contribuir a la situación climática actual.

Abstract

The present study aims to design a methodology for calculating the carbon footprint (CF) in Higher Education Institutions (HEIs) in Mexico, in order to contribute to the mitigation of greenhouse gases (GHGs). Climate change, as a result of the generation of GHGs in high concentrations, contributes to surface warming and, consequently, to the increase in temperature. This is why a global call has been made to different sectors for immediate action to reduce emissions. One of the notable sectors is the academic sector, particularly higher education institutions (HEIs), which represent high-impact communities due to their role within society. They are also key agents in the climate crisis, as they possess the competencies and capacities to develop environmentally responsible practices. In this scenario, an important aspect is the environmental self-assessment within academic spaces, through which it is possible to identify potential GHG areas using the Institutional Carbon Footprint (ICF), and consequently, create strategies to reduce and offset the generated emissions. The Carbon Footprint (CF) is a tool responsible for quantifying GHGs, and while there are standards focused on the calculation, they present limitations in the institutional context, as they are developed with a business approach, thus representing a constraint for Higher Education Institutions (HEIs). Particularly in Mexico, there is a dispersion in the methodology used, which has led to few universities getting involved in their environmental assessment, thus limiting comparability between them and the design of an action plan to mitigate their impact. In this way, a methodology for calculating the GHG was developed, named Methodology for the Analysis of the Carbon Footprint in Higher Education Institutions (MAHCIES), which was applied to a Mexican HEI, specifically the Autonomous University of the State of Mexico (UAEMéx). The application of the methodology at

UAEMéx allowed for the identification of the main sources of emissions in order to optimize resource use and decision-making. The MAHCIES adopts the common structure and functionality of a higher education institution, maintains methodological consistency, institutional adaptability, and integrates standard analytical categories of an academic space. A notable element is its comprehensive contribution, as it transcends mere calculation and seeks to create an action plan for the neutralization of GHG emissions, thereby contributing to the current climate situation.

Contenido

Resumen	2
Abstract.....	3
Introducción.....	8
1. Planteamiento del problema.....	11
2. Estado del arte.....	13
2.1 Referentes internacionales	13
2.2 Referentes nacionales.....	16
3. Justificación.....	20
4. Pregunta de investigación	24
5. Objetivo general	24
5.1 Objetivos específicos	24
Capítulo I. Marco teórico, conceptual y legal.....	25
1.1 Marco teórico conceptual.....	25
1.2 Marco legal	29
1.2.1 Marco internacional	29
1.2.2 Marco nacional.....	30
1.2.3 Contexto institucional	33
Capítulo II. Marco metodológico	36
2.1 Caracterización del caso de estudio	36
2.1.1 Instituciones de Educación Superior.....	36
2.1.2 Instituciones de Educación Superior a nivel nacional	37
2.1.3 Universidades públicas estatales (UPE).....	37
2.1.4 Universidad Autónoma del Estado de México	38
2.2 Estrategia metodológica	41

2.2.1 Etapas del proceso investigativo	42
Capítulo III. Resultados.....	46
3.1 Primera etapa: Exploración documental.....	46
3.2 Segunda etapa: Construcción de los indicadores	51
3.3 Tercera etapa: Diseño metodológico	57
3.4 Cuarta etapa: Aplicación piloto	66
Discusión de resultados	72
Conclusiones.....	78
Limitaciones y futuras líneas de investigación	83
Anexos	85
Referencias	100

Índice de tablas

Tabla 1. Referentes nacionales de huella de carbono	17
Tabla 2. ODS y su relación con le huella de carbono	34
Tabla 3. Criterios de identificación	42
Tabla 4. Tipo de indicadores	43
Tabla 5. Características del diseño metodológico	44
Tabla 6. Criterios de selección	44
Tabla 7. Herramientas para la estimación de gases de efecto invernadero	46
Tabla 8. Variables del cálculo de la Huella de Carbono en IES a nivel global	52
Tabla 9. Variables para el cálculo de la Huella de Carbono Institucional	55
Tabla 10. Criterios para la construcción de indicadores	56
Tabla 11. Indicadores para el cálculo de huella de carbono en Instituciones de Educación Superior	56
Tabla 12. Tipo de emisiones	59
Tabla 13. Fuentes de emisión en las Instituciones de Educación Superior	60
Tabla 14. Factores de emisión	61
Tabla 15. Matriz de captura de información	63
Tabla 16. Fuentes de emisión en la UAEMéx	67
Tabla 17. Matriz de captura de información	68
Tabla 18. Cálculo de Huella de Carbono Institucional de la UAEMéx 2024	69
Tabla 19. Huella de Carbono Institucional total y per cápita de la UAEMéx	70

Índice de figuras

Figura 1. Etapas del proceso investigativo	42
--	----

Índice de ecuaciones

Ecuación 1. Huella de carbono	63
-------------------------------------	----

Introducción

Desde los orígenes de la humanidad se ha situado el nexo sociedad-naturaleza, medio que ha sido fundamental para la supervivencia y desarrollo de las sociedades que hacían uso de los recursos naturales mediante la recolección y la caza con el fin de mantener su alimentación y vestimenta (Reyes et al., 2009).

A medida que el ser humano evolucionó adoptó prácticas adversas, pasando de emplear lo indispensable a tomar los recursos naturales de manera desmedida (Rodríguez & Quintanilla, 2019). En virtud de esta transformación y el modo de vida adquirido, se desencadenaron efectos sobre el entorno, como el deterioro y desequilibrio en los ecosistemas.

Es así como se presentó una era geológica a finales del siglo XX que Paul Crutzen y Eugene Stoermer llamaron Antropoceno, haciendo referencia a un periodo de consumo en masa, crecimiento demográfico, urbanización y desarrollo económico, esta transición fue atribuida a la actividad del ser humano como dominante de la naturaleza y responsable de la alteración ambiental (Estenssoro, 2021).

Esto abrió debate debido a las notables desigualdades en la sociedad, poniendo en manifiesto las diferencias socioeconómicas entre los miembros de la humanidad. Esta perspectiva Jason Moore la define como Capitaloceno. La cual mantuvo la postura de no atribuir la responsabilidad total al ser humano, sino al capitalismo como sistema económico que impulsó a la explotación de los recursos naturales, la producción, la búsqueda de ganancias y acumulación del capital (Estenssoro, 2021).

Un hecho significativo que influyó directamente al aumento de la temperatura global fue la revolución industrial. Periodo que destacó por la transformación económica y social, caracterizada por la producción en masa, la industria en su máximo punto y la mecanización, aunado al uso masivo del carbón, gas y petróleo que intensificó las emisiones de gases contaminantes (Jimeno, 2009).

A partir de los modos de producción se comenzaron a visualizar los efectos del uso irracional de los recursos naturales, lo que condujo al desequilibrio en la naturaleza

a nivel extremo. Y consecuentemente propició la generación de eventos ambientales originados del calentamiento de la Tierra a lo que se refiere al cambio climático. Fenómeno que consiste en la variación de los patrones climáticos producto de la excesiva concentración de los llamados gases de efecto invernadero (GEI) responsables del aumento de la temperatura (Díaz, 2012).

Los GEI, fueron definidos en 1970 en el primer informe de Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, por su acrónimo en inglés IPCC; en él se reportan seis gases: dióxido de carbono (CO_2) producto en su mayoría por la quema de combustibles fósiles; gas metano (CH_4), originado por la producción de carbón, gas natural y petróleo, y del procesamiento de residuos orgánicos; óxido nitroso, (N_2O), relacionado con prácticas agrícolas y procesos industriales; y gases industriales, clorofluorocarbonos (CFC), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF_6) originados en el sector industrial (Moravia et al., 2007).

Más tarde, en el 2013 se sumó a los GEI el trifluoruro de nitrógeno (NF_3) derivado de la creciente actividad industrial (Liu et al., 2024) dejando en manifiesto el aumento de los contaminantes emitidos. Los cuales han generado múltiples efectos en el ambiente: impacto en la producción alimentaria y la economía; manifestación de fenómenos climatológicos a nivel extremo, como el aumento del nivel del mar, huracanes frecuentes, sequías y problemas de desertificación (Bárcena et al., 2020).

Resulta relevante indicar que el gas de efecto invernadero principal y con mayor presencia en la atmósfera es el dióxido de carbono, el cual representa aproximadamente el 64% de los GEI. Mientras que, el metano constituye el 20%, el óxido nitroso el 7% y los gases industriales alrededor del 9% (Trespalcios et al., 2018).

De este modo a nivel global surge la inquietud sobre el tema ambiental y una de las primeras conferencias internacionales fue la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de 1992 (CMNUCC) (Díaz, 2012). Que dio pauta a la lucha global contra el cambio climático, así como el Protocolo de Kioto

(adoptado en 1995), cuyo objetivo fue reducir las emisiones de GEI estableciendo compromisos para los países desarrollados y aquellos en transición, obligándolos a disminuir sus emisiones en un promedio del 5.2% respecto a los niveles de 1990 (Moravia et al., 2007).

Es así como se señaló la necesidad de implementar acciones encaminadas a la mitigación del fenómeno ya mencionado, por lo que como respuesta ante la situación climática se comenzaron a desarrollar herramientas de evaluación ambiental como lo es la huella de carbono (HC) (Espíndola & Valderrama, 2012).

Frente a este escenario, la creciente preocupación por las emisiones contaminantes comenzó a reconsiderar el papel de aquellos que las generan a fin de asumir sus responsabilidades ambientales. En el sector privado se integró la aplicación de la huella de carbono, con la intención de conocer el impacto de sus operaciones y de sus productos (Lazaro-Acero et al., 2024).

En este hecho, el sector educativo se mantuvo fuera del cálculo de HC, debido a factores como la desinformación y las limitaciones institucionales, aunado a la poca atención y falta de priorización para abordar el tema ambiental en aquel momento. Sin embargo, a medida que aumentaron las preocupaciones ambientales se involucraron también Instituciones de Educación Superior (IES), particularmente universidades (María Victoria Mondéjar-Navarro et al., 2011).

1. Planteamiento del problema

En un comienzo los compromisos y acuerdos ambientales fueron dirigidos a países desarrollados y en vías de desarrollo, más tarde, involucraron a más actores como las organizaciones, donde entran las IES, las cuales eran vistas como generadoras de poco impacto, no obstante, al paso de los años fueron adquiriendo mayor relevancia, evidencia de ello, es el consumo de energía que contribuye a su huella de carbono, debido a que la mayor parte de las emisiones provienen del uso de electricidad en edificios y equipos (Bautista et al., 2022).

A partir de la operatividad de una IES, incluyendo las actividades académicas y administrativas, se origina determinada cantidad de emisiones, razón por la que deberían realizar un análisis de evaluación ambiental. Al ser generadoras de GEI, cuentan también con la capacidad de disminuir y neutralizar sus emisiones, afirmando su responsabilidad climática.

En lo que concierne al llamado global, estos espacios académicos son considerados agentes clave ante el contexto ambiental y climático debido a sus capacidades e impacto positivo (Amador, 2018). Las IES pueden y deben cumplir con su función en la reducción de emisiones, que además del cálculo, les permita identificar las principales fuentes de emisión y establecer metas claras para su disminución (HdC, 2018).

La importancia de integrar a las IES en el tema ambiental a partir del uso de la HC ha trascendido, y durante este acercamiento se ha dado a conocer la falta de una herramienta estandarizada que atienda a sus especificidades. En consecuencia, a fin de responder este requerimiento, surge la presente investigación, con el objetivo de proponer un proceso metodológico accesible y completo para la estimación de la huella de carbono en las IES de México.

Algunos espacios académicos a nivel global optaron por asesoramientos de entidades privadas como las consultorías (HdC, 2018), otras tomaron como referentes estándares reconocidos a nivel internacional como el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero y las normas ISO. Cabe señalar, que dichos estándares son principalmente utilizados y desarrollados en el sector industrial, por lo que muestran

algunas limitaciones en su aplicabilidad hacia IES, por ejemplo, requieren de costos elevados para acceder a la metodología y proceso de verificación, además de que no incluyen todas las variables particulares de estos espacios académicos.

Particularmente, en México, se ha reconocido la ausencia de una herramienta dirigida a este sector (Romero et al., 2020), lo que limita la capacidad de las IES en distinguir áreas de mejora e implementar planes de acción, de forma que, es primordial enfocarse inicialmente en cuantificar los GEI producidos, para lo que es indispensable contar con una herramienta que permita el cálculo de la Huella de Carbono Institucional.

2. Estado del arte

El cálculo de la huella de carbono en las Instituciones de Educación Superior representa un área de oportunidad, sin embargo, es un sector que aún carece de bases que permitan integrar los requerimientos necesarios para una estimación de manera estandarizada. En este escenario, se identifican algunos casos de estudio que han buscado abordar la evaluación ambiental mediante propuestas metodológicas.

2.1 Referentes internacionales

A nivel internacional, recientemente destacan casos de estudio que han comenzado a visibilizar la ausencia de un proceso metodológico especial al nivel superior, específicamente a universidades, estos trabajos señalan la falta de una herramienta para el cálculo de HC, por lo que muestran la propuesta de procedimientos base para la cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero.

2.1.1 Estudio de caso en España

En este caso se precisa la situación del cambio climático y la exigencia de contar con instrumentos para calcular las emisiones originadas por la actividad académica. El estudio realiza el análisis de las herramientas existentes para la cuantificación de la huella de carbono, concluyendo que ninguno de ellos es completamente adaptable y aplicable a los espacios académicos, por lo que desarrollaron una herramienta en un programa de software (Microsoft Excel) de acuerdo con las particularidades de una universidad (Valls-Val et al., 2021).

Las variables que integra la herramienta son clasificadas en tres alcances como los denomina el GHG Protocolo. En el alcance uno se presenta combustiones fijas, fugas de refrigerantes y vehículos propios de la universidad; en el dos, se incluye el consumo de electricidad en vehículos y edificios, así como la energía renovable; y en el último alcance, el consumo de recursos y materiales, generación de residuos y la movilidad de la comunidad universitaria (Valls-Val et al., 2021).

Una variable adicional, es la reducción y compensación de CO₂ producto de proyectos y actividades realizadas en la institución (Valls-Val et al., 2021). Por otro

lado, en cuanto a los factores de emisión, estos son obtenidos de datos oficiales del MITECO, la Oficina Catalana del Cambio Climático (OCCC), Ecoinvent y la Agencia de Protección Ambiental (EPA).

Finalmente, la herramienta diseñada fue aplicada en la Universidad Jaume I del periodo 2016 al 2019 (Valls-Val et al., 2021), compatible con el registro que tiene el Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico de España (MITECO) que reconoce la responsabilidad ambiental a través de sellos oficiales para calcular, reducir y compensar las emisiones de GEI.

Es necesario mencionar, que la herramienta propuesta en este caso es completamente adaptada al escenario de la Universidad de España, al igual que los datos utilizados como factores de emisión, por lo que no pueden ser aplicados al contexto de México. No obstante, de este ejemplo se retoma la importancia de contar con procesos metodológicos para el cálculo de la HC en los espacios académicos.

2.1.2 Estudio de caso en Colombia

Esta investigación fue realizada en la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito y consiste en la revisión de cuarenta universidades de manera global, particularmente en cuanto a la metodología aplicada, llegando a la conclusión de que estándares como el GHG Protocol, ISO 14064, ISO 14069, Bilan Carbone y la PAS 2060, son los más utilizados (Romero et al., 2020). De manera general, exponen tres etapas clave para la cuantificación de huella de carbono:

- 1) Establecimiento de los límites o fronteras de la estimación:** Se indican dos tipos de límites, los primeros son los físicos: instalaciones en las que la organización tiene control; los segundos, son operacionales, estos abarcan las actividades que se realizan en las instalaciones de la organización.
- 2) Cuantificación de emisiones:** A partir de la definición de los límites físicos y operacionales, se identifican las fuentes de emisión y, en lo sucesivo, se selecciona el mejor método de cálculo de acuerdo con las fuentes identificadas, y se definen los factores de emisión.

- 3) Reporte de la estimación:** Integra los límites organizacionales, operativos y temporales, el método seleccionado para el cálculo de las emisiones de GEI, el alcance de la medición y en su caso la aplicación de algún proceso de verificación (Romero et al., 2020).

Resultante del análisis de este caso, es posible identificar la variación metodológica entre las universidades abarcadas, lo que demuestra la ausencia de un estándar para la cuantificación de HC en el ámbito académico. Por ello, es necesario describir que es un estudio desarrollado en el contexto colombiano, sin embargo, es importante destacar que los tres pasos clave propuestos resultan ser la base para cualquier estimación de GEI.

2.1.3 Trabajo de grado de la Universidad de Antioquia, Colombia

El trabajo se enfoca en el desarrollo de una calculadora de huella de carbono de los empleados de la Universidad de Antioquia, derivada de su movilidad. Se trata de una aplicación llamada HuellaPUMA, y surge de la necesidad de cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero producto del desplazamiento (Felipe & Gómez, 2024).

Mediante encuestas realizadas a los empleados definieron los hábitos de movilidad, mientras que los factores de emisión se obtuvieron de fuentes oficiales del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA) de Colombia. La aplicación se desarrolló en PowerApps y su función es calcular la huella de carbono del usuario y ofrecer algunas recomendaciones para reducir su impacto; de manera general el proyecto buscó sensibilizar sobre el medio de transporte utilizado (Felipe & Gómez, 2024).

Este caso de estudio destaca por su contribución al análisis de las emisiones de GEI mediante la creación de una aplicación, no obstante, es dirigida a los empleados y únicamente enfocada a la movilidad, la cual representa una sola variable de la huella de carbono de una Institución de Educación Superior.

2.1.4 Estudio de caso de la Universidad de la Habana, Cuba

Presenta una metodología para el cálculo de la huella de carbono adaptada al contexto cubano, basada en el GHG Protocol, la norma PAS, la ISO 14064 y 14067.

Retoman también lo señalado por la Red Argentina de Municipios frente al Cambio Climático (RAMCC) que integra cuatro pasos para la cuantificación de GEI: alcance de la medición, recolección de información, cálculo de emisiones, resultados y trabajo de reducción (Aguilar, 2024) .

Se retoma este trabajo como un estudio de caso más que aborda las bases para el cálculo de la huella de carbono, y que además expone las herramientas y estándares sobre la cuantificación de gases de efecto invernadero existentes. En tal sentido, es un caso que representa una exploración inicial en materia y contribuye como referencia para el desarrollo de la presente investigación.

2.2 Referentes nacionales

En el contexto nacional también se han involucrado Instituciones de Educación Superior en la estimación de su huella de carbono. En la actualidad se logran identificar ocho instituciones que cuentan con la información de manera pública, entre ellas la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx), quien ha tenido un acercamiento previo en el cálculo (Tabla 1).

Tabla 1. Referentes nacionales de huella de carbono

Metodología	Variable	Institución de Educación Superior
Manual propio	Electricidad	Universidad Tecnológica de Nayarit
	Agua (consumo de bomba eléctrica)	
	Papel	
	Movilidad	
	Residuos	
Manual propio	Construcciones de edificios	Universidad Politécnica de San Luis Potosí (UPSLP)
	Consumo de agua	
	Energía eléctrica	
	Residuos generados	
	Movilidad	
	Papel bond	
	Papel reciclado	
Manual propio	Agua	Instituto Tecnológico de Chihuahua
	Construcciones de edificios	
	Energía eléctrica	
	Gas natural, gas L.P. gasolina y diésel	
	Movilidad vehículo público	
	Papel reciclado y virgen	
	Residuos urbanos	
	Residuos peligrosos	
Elementos del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol)	Gas LP y gasolina	Universidad Autónoma Metropolitana (UAM-C)
	Fugas de refrigerantes	
	Consumo de energía eléctrica	
	Agua potable	
	Papel virgen y reciclado	
	Productos de limpieza	
	Solventes	

Metodología	Variable	Institución de Educación Superior
	Gases de laboratorio	
	Consumo de carne	
	Residuos municipales	
	Residuos peligrosos	
	Aguas residuales	
	Desplazamientos diarios	
	Transporte público, privado y escolar	
	Viajes académicos: transporte aéreo y terrestre, hospedaje de profesores, estudiantes y visitantes	
Elementos del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol)	Transporte universitario	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH)
	Cafetería	
	Laboratorios	
	Energía eléctrica	
	Viajes de centro de trabajo o estudio	
	Transporte público	
Manual de Sostenibilidad	Construcción nueva	Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP)
	Consumo de electricidad	
	Consumo de combustibles fósiles	
	Generación de residuos	
	Movilidad	
Manual basado en metodologías existentes	Consumo de combustibles	Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx)
	Consumo energético	
	Generación de residuos	
	Consumo de papel	
	Construcciones	

Fuente: Elaboración propia con base en Mata (2019), Neri et al. (2020), Moreno et al. (2021), Mendoza-Flores et al. (2019), Molina et al. (2013), Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (2024) y Montoya-García et al. (2023).

Como antecedente del presente estudio, se encuentra el caso particular de la UAEMéx, el cual presenta un manual desarrollado por metodologías existentes para la cuantificación de emisiones de GEI, trabajo que fue considerado como punto de partida de esta investigación y tiene como objetivo el diseño de una metodología dirigida las IES en México para el cálculo de su HC.

Así mismo, los referentes nacionales presentados fueron aquellos estudios que se encontraron de manera pública, los cuales funcionaron como referencia de análisis sobre las bases de una cuantificación de emisiones en estas organizaciones, además de reflejar la poca integración de la huella de carbono en las IES de México, dando lugar a robustecer en materia al nivel superior.

A nivel internacional, se identifican estudios recientes que visualizan la ausencia de un procedimiento para la cuantificación de los gases de efecto invernadero de una universidad y que al no contar con las herramientas necesarias, comenzaron a implementar manuales propios para realizar su cálculo de HC, sin embargo, fueron desarrollados particularmente a lugar de estudio, por lo no son compatibles en su totalidad al contexto mexicano.

En este punto, es necesario resaltar que los referentes a nivel global son casos recientes, que mencionan, por un lado, la importancia de la HC como herramienta ambiental y, por otro, la necesidad de contar con un procedimiento homogenizado del cálculo, por lo que se trata de un tema actual y de relevancia en el ámbito académico y abordado en el presente estudio.

3. Justificación

Ante el creciente aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero se exponen registros sobre emisiones especialmente del CO₂. Reportes del Global Carbon Budget (GBC) indican que a nivel global en el año 2000 (proveniente de los combustibles fósiles y la industria), se alcanzaron 25.51 mil millones de toneladas de CO₂. Más tarde, en 2020, 35.13 mil millones de toneladas y en el último registro del año 2023, 37.79 mil millones de toneladas (7.57% en el último periodo). Esta documentación ha proyectado para los años próximos un incremento de emisiones respectivamente (Global Carbon Budget, 2026).

En el caso particular de México, en el año 2000 se registraron 391 millones de toneladas de CO₂ y para el año 2023 (último registro) 439 millones de toneladas de CO₂ (GCB, 2024), es decir un 12.27% más en solo 3 años; incremento superior que los registros a nivel global. Respecto a las emisiones totales de GEI México representa el 1.5% del total de emisiones a nivel global, motivo por el que se ha comprometido a mitigar sus emisiones contaminantes (Worlds Resource Institute, 2024).

Bajo este panorama, uno de los actores clave dentro de la lucha climática son las Instituciones de Educación Superior, que al ser catalogadas como agentes ambientales (Kiehle et al., 2023) deberían contar con las herramientas necesarias y adecuadas para abordar las diferentes problemáticas socioambientales, como la descrita con anterioridad.

El estudio retoma el rol de las Instituciones de Educación Superior, al ser organizaciones que se caracterizan por ser espacios generadores de capital intelectual, por su capacidad de fortalecimiento 'del conocimiento y el papel que mantienen en la preparación de individuos (Galán et al., 2023). Por lo que, bajo estos elementos, una IES tendría que desempeñar una posición de responsabilidad ante la mitigación del cambio climático.

La integración de los espacios académicos en materia ambiental resulta indispensable debido a la capacidad que tienen para generar un impacto significativo (Gálvez-Campos et al., 2025), en tanto que son centros de

investigación cuentan con los elementos para el desarrollo de soluciones efectivas frente a la situación climática.

Dentro de este escenario, un aspecto destacable para el cálculo de la huella de carbono en las IES es la ausencia de una herramienta específica para este sector, hecho que indica la necesidad de contar con un instrumento que facilite el análisis de sus emisiones de gases de efecto invernadero, este debe ser adaptado y diseñado según las particularidades de las IES.

A nivel nacional, algunos espacios se han involucrado en la estimación de su huella de carbono, sin embargo, solo se han identificado ocho IES, de las cuales han empleado servicio de consultoría, herramientas como el GHG Protocol y manuales propios. Esto se atribuye a la ausencia de un procedimiento metodológico homogenizado en México; no consideran las mismas variables, por lo que no existe una uniformidad entre los elementos de su cálculo, además de la dispersión en cuanto al proceso para el cálculo, de manera que no es posible un contraste entre las evaluaciones de las IES identificadas.

Es fundamental indicar que algunos de los factores que no permitieron inicialmente la adaptación completa de la HC en el entorno educativo (especialmente en las IES), fue el enfoque tradicional que anteriormente mantenían las universidades, además de la percepción que se tenía como espacios no generadores de emisiones, bajo el entendido de que, al no pertenecer al sector industrial no generaban un impacto significativo.

A pesar del trabajo realizado, la relevancia del término de la HC se ha limitado al plano discursivo en el sector educativo, con el fin de cumplir a los acuerdos internacionales sobre emisiones de gases de efecto invernadero y cambio climático, por lo que aún se carece de herramientas adecuadas que posibilite una eficiente evaluación ambiental.

Así, en los últimos seis años se ha visibilizado y mencionado en escritos la ausencia de una metodología para la cuantificación de las emisiones de GEI en los espacios académicos, concretamente, en México, por lo cual es necesario contar con un

procedimiento estándar para las Instituciones de Educación Superior a nivel nacional.

El análisis de la huella de carbono es esencial no solo para cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por las actividades de una IES, sino por diversas razones que abarcan desde la educación y la investigación, hasta la acción directa en favor del medio ambiente (Fernández-Reyes, 2015). Con el uso de dicha herramienta, además de contribuir a mitigar el cambio climático mediante el cálculo, a estos espacios les permitirá posicionarse como referentes en sostenibilidad ambiental y ejemplo para la sociedad.

Particularmente, en la UAEMéx se cuenta con el análisis previo de HC del año 2021 y 2022 (Dirección de Fomento Ambiental, 2026). Estudio en el cual se identificaron áreas de mejora: indicadores para el cálculo y proceso homogéneo para la cuantificación y análisis de GEI, elementos atendidos en la presente investigación.

Adicionalmente, en este estudio también se reconoció la importancia que tiene el sector educativo: por un lado, como generador de emisiones de GEI producto de su funcionalidad, que comprende las actividades sustantivas y adjetivas, y, por otro, el poco reconocimiento que se les otorga a las IES como agentes de cambio ante la crisis climática. Aunado a la relevancia que la HC ha cobrado en los últimos años en el nivel superior.

La huella de carbono resulta ser una herramienta fundamental para las Instituciones de Educación Superior, debido al impacto positivo que ésta puede generar en ella, por ejemplo, a partir del cálculo se logra obtener una conciencia ambiental entre los estudiantes y el personal, lo cual impulsa a prácticas más sostenibles de manera personal y en conjunto como institución educativa (Gálvez-Campos et al., 2025)

Además, permite las bases para desarrollar políticas futuras en temas de sostenibilidad que proporcionen estrategias y elementos adecuados para la reducción de emisiones de GEI, así mismo se contribuye al cumplimiento de ciertas normativas en materia y tratados ambientales internacionales (Gálvez-Campos et al., 2025).

Es fundamental avanzar hacia una estandarización del proceso de cuantificación de GEI, siendo el objetivo del estudio, proporcionar una metodología para el cálculo de las HCI en las IES de México, y una vez realizada la medición, continuar con la reducción de emisiones mediante la compensación de carbono y estrategias encaminadas hacia la sostenibilidad.

La relevancia del estudio es la contribución científica y académica que presenta, por un lado, se retoma el rol que representan las IES dentro de la sociedad, convirtiéndolas en actores clave ante la situación ambiental, debido a que son centros de aprendizaje (Amador, 2018), generación de conocimiento y formadoras de individuos que replicarán prácticas sostenibles, y quienes en algún momento serán tomadores de decisiones.

4. Pregunta de investigación

¿De qué manera se puede realizar el cálculo anual de la Huella de Carbono en las Instituciones de Educación Superior en México, para contribuir a mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero?

5. Objetivo general

Diseñar una propuesta metodológica para el cálculo de Huella de Carbono anual en Instituciones de Educación Superior en México, que permita identificar y mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero.

5.1 Objetivos específicos

- Analizar las principales herramientas disponibles para el cálculo de la Huella de Carbono, con énfasis en su aplicabilidad en las Instituciones de Educación Superior con la intención de identificar limitantes institucionales.
- Establecer los indicadores para el cálculo de la Huella de Carbono Institucional, que permitan medir el impacto ambiental de las Instituciones de Educación Superior.
- Elaborar la herramienta metodológica con base en los insumos previamente analizados para la medición anual de la Huella de Carbono Institucional con el fin de establecer un sistema de evaluación continua.
- Aplicar la metodología diseñada en la Universidad Autónoma del Estado de México, a fin de evaluar la propuesta y comprobar su aplicabilidad.

Capítulo I. Marco teórico, conceptual y legal

El presente capítulo establece el sustento académico y normativo que orienta la investigación, en primer lugar, se incluyen elementos conceptuales fundamentales que explican la importancia del cambio climático y el origen de la huella de carbono. Posteriormente, se presenta el marco legal que manifiesta regulaciones en materia y permite comprender la relevancia de las emisiones de gases de efecto invernadero. En conjunto, estos enfoques proporcionan una base sólida que respalda el objetivo del estudio.

1.1 Marco teórico conceptual

En esta sección se exponen conceptos clave y de referencia que conducen el proceso investigativo, con el propósito de construir una visión más clara sobre el fenómeno estudiado, por un lado, se presenta el panorama de la problemática y cómo, en respuesta, surge la huella de carbono, utilidad y aportación; del mismo modo, se plantea y retoma el rol de las Instituciones de Educación Superior ante el problema previamente descrito.

De esta manera, bajo el contexto climático, se sitúa en primer plano el **calentamiento global**, referente al incremento progresivo de la temperatura, derivado de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) originadas principalmente de las actividades del ser humano (Caballero et al., 2007), ejemplo de ello, la industrialización, era en la que se originaron estos contaminantes de manera descontrolada.

El calentamiento global es la causa del fenómeno del **cambio climático**, al cual se le atribuyen las variaciones de temperatura a lo largo de la historia de la Tierra; comprende cambios en los patrones climáticos influidos por factores como la concentración de los gases de efecto invernadero de la actividad humana (Alberto & Jarquín, 2022).

La acumulación de los GEI incide directamente en el calentamiento de la superficie de la Tierra y consecuentemente, en el aumento de la temperatura, manifestándose en el llamado efecto invernadero, que involucra las emisiones contaminantes a la

atmósfera y contribuye al cambio climático, fenómeno global que ha cobrado mayor relevancia a nivel mundial (Medina-Arboleda & Páramo, 2024)

Bajo este contexto, el **efecto invernadero** se manifiesta de dos maneras: la primera cuando se produce de manera natural, es decir, cuando los gases de efecto invernadero absorben y reenvían la radiación emitida por la superficie de la Tierra, lo cual permite el desarrollo de las condiciones adecuadas para el establecimiento de la vida en la Tierra (Martín et al., 2023).

La segunda es el efecto invernadero antropogénico, el cual se representa por las emisiones originadas por la actividad humana, de forma que la superficie se calienta por las altas concentraciones de GEI, intensificando así a este fenómeno y contribuyendo significativamente al calentamiento global (Martín et al., 2023).

Este fenómeno, incluye la producción de **gases de efecto invernadero o GEI**, elementos gaseosos generados de forma natural y de la actividad antropogénica, por lo que debido a su potencial de calentamiento y radiación infrarroja conducen al aumento de la temperatura de la superficie, siendo la causa del fenómeno del efecto invernadero (IPCC, 2007).

De acuerdo con lo definido en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Estos son: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), gases fluorados: hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC), hexafluoruro de azufre (SF_6) y trifluoruro de nitrógeno (NF_3) (INECC, 2018).

El gas **metano (CH_4)** es generado principalmente por la actividad ganadera y agrícola, es uno de los GEI responsables del aumento de la temperatura global debido a su estructura, mantiene en gran cantidad el calor en la atmósfera, por lo que es dañino al entorno y a la salud humana (Global Climate and Health Alliance, 2023).

El **óxido nitroso (N_2O)** es proveniente de actividades como la agricultura, tratamiento de aguas residuales, quema de combustibles fósiles y procedimientos industriales (Planton et al., 2018). Y respecto a los gases fluorados, **hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC), hexafluoruro de azufre**

(SF6) y el trifluoruro de nitrógeno (NF₃), son producidos en el sector industrial, en refrigerantes, en aislantes y extintores de incendios principalmente, se caracterizan por un alto potencial de calentamiento global (PCG) (INECC, 2022).

Finalmente, **el dióxido de carbono (CO₂)**, considerado como el GEI principal debido a su capacidad de absorber el calor en la atmósfera e intensificar el efecto invernadero. Tiene su origen en las actividades relacionadas con la deforestación, procesos industriales y quema de combustibles fósiles, también proviene de fuentes naturales como el proceso de respiración de los seres vivos y la descomposición de la materia (Trespacios, 2012).

Bajo este panorama, los GEI representan un papel importante dentro de la situación climática de la Tierra, lo que ha desencadenado iniciativas de reducción de emisiones a nivel global, especialmente en el sector industrial, dejando a un lado el importante rol del sector educativo. No obstante, se ha visibilizado que, conforme las preocupaciones ambientales fueron creciendo, espacios académicos comenzaron a integrar indicadores de evaluación ambiental.

A este respecto, es importante precisar que un **indicador** surge de una o dos variables y proporciona un valor, puede ser cualitativo o cuantitativo y permite conocer tendencias de información y datos específicos (Cervantes, 2017). Ejemplo de lo anterior, es la **huella de carbono o HC**, concepto que tiene lugar en la década de 1970 cuando se comenzaron a realizar estudios sobre los impactos ambientales y modelos para cuantificar las emisiones de GEI, siendo considerada un elemento clave dentro de la evaluación ambiental ya sea de manera individual o colectiva (Espíndola & Valderrama, 2012).

Como referencia previa, la HC proviene de la huella ecológica, la cual tuvo lugar por primera vez en los años 90 propuesta por William Rees y Mathis Wackernagel (Schneider & Samaniego, 2010). Se puede identificar que a lo largo del tiempo este término se fue expandiendo su campo de aplicación, hasta llegar al sector educativo, tal como lo retoma este estudio aunado al rol de las IES.

A tal efecto, es necesario definir y aclarar que se entenderá como huella de carbono, a la herramienta ambiental que permite la evaluación del impacto generado de determinada actividad a través de la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero, a fin de elaborar acciones encaminadas a su reducción y neutralización.

Cuando se realiza el cálculo de la HC se considera la unidad de medida estándar, que es **dióxido de carbono equivalente (CO₂e)**, bajo el entendido de que los GEI se caracterizan por tener un Potencial de Calentamiento Global (PCG) determinado por dos elementos clave: el poder de radiación y el tiempo promedio que la molécula del gas persiste en la atmósfera (Mondragón, 2021).

Otro de los elementos clave para realizar el cálculo es el **factor de emisión**, el cual consiste en el valor que relaciona la cantidad de gases generados a la atmósfera con cierta actividad comúnmente denominado “dato de la actividad”. Este último se refiere a la cantidad consumida del recurso, es decir, el nivel de consumo o de producción de la materia (CFE, 2016).

Bajo este panorama, se aborda como herramienta ambiental a la huella de carbono, inicialmente aplicada y desarrollada en la industria, no obstante, es necesario precisar en cómo el sector educativo incluye este concepto, principalmente, las Instituciones de Educación Superior, que en función de sus características les permite responder al contexto climático como agentes de cambio.

Estas organizaciones logran grandes aportaciones desde la investigación, innovación y generación de conocimiento, por la que se han posicionado como ejemplo ante la sociedad (Galán Cherrez et al., 2023). Razón por la que son en objeto de estudio en la presente investigación, ampliando una perspectiva diferente en cuanto a los sectores que participan en la lucha climática.

Entre sus competencias y desde la gobernanza ambiental, buscan dar solución a los problemas locales, regionales y nacionales mediante la generación y aplicación del conocimiento (Rodríguez Varela et al., 2015). Se caracterizan también por tener una estructura organizativa que comprende múltiples funciones, que a partir de la

gestión ambiental robustece competencias técnicas para lograr la divulgación en el entorno social (Amador, 2018).

Una IES además de contar con grupos de personal especializado en diferentes disciplinas que permiten el aprendizaje y la producción del conocimiento científico, fortalecen habilidades como la colaboración, el uso de herramientas y el acceso a recursos que influyen en la integridad de los individuos (Galán et al., 2023).

Este estudio destaca el aporte significativo de la educación superior, tratándose del conocimiento especializado en individuos y del desarrollo de herramientas entorno a las diferentes problemáticas socioambientales. Como el caso de la huella de carbono, instrumento que permite contextualizar a las IES sobre su impacto e identificar sus fuentes de emisión a fin de mitigar en la reducción de GEI. Lo cual logrará formar comunidades académicas sostenibles y con los elementos adecuados para actuar frente a la situación climática.

El marco conceptual permitió desarrollar los fundamentos teóricos que sustentan la investigación, sin embargo, para fines del estudio, fue necesario también incluir el contexto normativo que establece las directrices en materia de cambio climático y gases de efecto invernadero, con el propósito de complementar el panorama de la problemática abordada.

1.2 Marco legal

Dentro de esta sección se recuperan tratados internacionales, leyes y normas que proporcionan sustento normativo a la investigación. A nivel internacional y nacional se han desarrollado marcos regulatorios en materia ambiental, particularmente lo que respecta a las emisiones contaminantes de gases de efecto invernadero y cambio climático.

1.2.1 Marco internacional

Se han establecido acuerdos internacionales orientados en presentar compromisos globales entre los diferentes sectores que, en primer lugar, reconocen la situación ambiental y climática, así como la importancia de las emisiones contaminantes que contribuyen al cambio climático y a las afectaciones en el medio. De manera

general, hacen un llamado a atender y promover estrategias de mitigación de emisiones, entre los que destacan:

- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNCC): Tratado internacional aprobado en 1992 en la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro, cuyo objetivo establecido fue estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera. En este acuerdo participó México, haciendo constar su consentimiento en cumplir los lineamientos establecidos (Naciones Unidas, 1992).
- Acuerdo de París: Adoptado por 195 países y desarrollado en la CMNUCC, su objetivo fue detener el aumento de la temperatura global menor a 2°C, o bien a 1.5°C con respecto a los niveles preindustriales. En este tratado internacional, México se comprometió a reducir 22% sus emisiones de GEI, y 51% de carbono negro para el año 2030 (Acuerdo de París, 2015).
- Protocolo de Kioto: Establecido en la Tercera Conferencia de las Partes (CoP 3), la cual tuvo lugar en la ciudad de Kioto, Japón, en el año 1997; entrando en vigor en 2005 con el objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (Naciones Unidas, 1998).

1.2.2 Marco nacional

En esta sección se integra un marco normativo nacional que está orientado a prevenir, mitigar y atener los efectos del cambio climático, se incluyen principios y mecanismos que se encargan de regular en materia ambiental con el objetivo de cumplir con los compromisos internacionales que, desde el contexto mexicano, se sustentan con instrumentos base para el desarrollo de estrategias de mitigación.

1.2.2.1 Derechos constitucionales

De acuerdo con lo establecido en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, se retoman, el artículo 4, sobre que, todo individuo tiene derecho a un medio ambiente sano (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, 2025, art. 4); y el artículo 25, que corresponde a garantizar un desarrollo integral y sustentable (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, 2025, art. 25).

1.2.2.2 Leyes

Un pilar fundamental para enfrentar el reto climático es a través de leyes y regulaciones específicas, las cuales han sentado las bases para establecer normativas en materia y establecer lineamientos para coordinar acciones de reducción y adaptación al cambio climático y sus efectos. En México, el marco jurídico se articula principalmente mediante las siguientes leyes:

- **Ley General de Cambio Climático (LGCC):** Esta ley tiene aplicación en todo el territorio nacional, y su objetivo es en primera instancia garantizar el derecho a un medio ambiente sano, indica aplicar políticas enfocadas a la mitigación y adaptación del cambio climático y sus efectos, así como la regulación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (Ley General de Cambio Climático, 2024).
- **Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA):** La LGEEPA tiene el fin de regular la contaminación atmosférica (prevención y control), incluye emisiones como el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxidos de nitrógeno (NO_x). Así mismo, esta Ley tiene las bases para las normas técnicas referentes a la contaminación atmosférica (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 2024, art. 15).
- **Ley de mitigación y adaptación al cambio climático y desarrollo sustentable de la Ciudad de México:** Esta Ley regula acciones con el objetivo de mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero, integrar mecanismos de adaptación al cambio climático y fomentar el desarrollo sustentable, de manera que garantice el derecho al medio ambiente sano (Ley de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático y Desarrollo Sustentable de la Ciudad de México, 2023, art. 2).

1.2.2.3 Instrumentos nacionales

La existencia de los instrumentos nacionales garantiza que las políticas públicas se reflejen en acciones concretas a partir de herramientas de planeación, seguimiento y evaluación que permiten gestionar y dar cumplimiento a los acuerdos nacionales

y locales sobre cambio climático, son piezas clave ante el panorama climático. Se desglosan los siguientes:

- Programa especial de cambio climático (PECC) 2021-2024: Es un instrumento de planeación publicado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), que establece objetivos y estrategias para enfrentar el cambio climático alineados con los compromisos internacionales. Busca reducir las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero, e impulsar acciones y políticas en mitigación y adaptación en materia (SEMARNAT, 2021).
- Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INGEI): Es resultado de los compromisos establecidos en la CMNUCC y se trata de una herramienta para evaluar el impacto ambiental derivado de la actividad antropogénica, se presenta como un informe técnico que estima las emisiones de GEI de diferentes fuentes, así como la absorción por sumideros (captura de carbono) (INECC, 2018).

1.2.2.4 Normas Oficiales Mexicanas (NOM)

Las NOM representan instrumentos necesarios que exponen parámetros técnicos y legales en función de proteger la salud humana y el medio ambiente. En el contexto climático, en las normas se establecen límites fijos máximos permisibles sobre emisiones de gases de efecto invernadero, además regulan las prácticas industriales y fortalecen las acciones a favor del ambiente. Entre las cuales se encuentran las siguientes:

- NOM-022-SSA1-2019: Regula la calidad del aire y establece los límites máximos permisibles de dióxido de azufre (SO₂) en el ambiente, con el fin de proteger la salud humana (NOM-022-SSA1-2019, 2019).
- NOM-043-SEMARNAT-1993: Su objetivo es regular las emisiones de las partículas sólidas provenientes de fuentes fijas; norma enfocada a la industria (NOM-043-SEMARNAT-1993, 1993).
- NOM-085-SEMARNAT-2011: Establece los límites máximos permisibles de las emisiones contaminantes generadas por fuentes fijas, producto de

equipos de combustión (hornos y calderas) (NOM-085-SEMARNAT-2011, 2011).

- NOM-156-SEMARNAT-2012: Sobre el establecimiento y operación del sistema de monitoreo de la calidad del aire (SMCA), cuyo objetivo es preservar y garantizar datos provenientes de las estaciones de muestreo y monitoreo (NOM-156-SEMARNAT-2012, 2012).

1.2.2.5 Normas Mexicanas (NMX)

Las NMX buscan homogenizar procesos en los diferentes sectores, ya que muestran lineamientos técnicos que tienen el objetivo de adoptar buenas prácticas. En este sentido, la relación con el cambio climático es a partir de la cuantificación de gases de efecto invernadero que permite diseñar estrategias de reducción de emisiones. Siendo entre las más importantes la siguiente norma:

- NMX-SAA-14067-IMNC-2018: Establece requisitos y lineamientos para el cálculo de la huella de carbono de un producto. Define el procedimiento para cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con el análisis de ciclo de vida del producto (NMX-SAA-14067-IMNC-2018, 2018).

1.2.3 Contexto institucional

Es importante la colaboración entre actores nacionales para el cumplimiento de los acuerdos en materia, por lo que en el contexto institucional se han impulsado iniciativas que abordan la dimensión ambiental a través de la creación de redes entre Instituciones de Educación Superior. Así mismo, a nivel global, se adopta lo establecido por la Organización de las Naciones Unidas, quien hace un llamado a enfrentar la crisis climática.

- Red de Universidades Sustentables de la ANUIES: La Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES) impulsa el trabajo y la colaboración entre IES, integrando la dimensión ambiental en las funciones sustantivas de cada institución, busca implementar un modelo de responsabilidad social universitaria. A través de esta red se fortalece el compromiso hacia el desarrollo sustentable en México (ANUIES, 2023).

- Agenda 2030: La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible surge a partir de los Objetivos de Desarrollo de Milenio (ODM) del año 2000. Más tarde, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) convoca la participación global en la Cumbre de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, celebrada en Nueva York en el 2015, donde líderes mundiales adoptaron un compromiso de transformación; en ella se establecen 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que abarcan tres dimensiones principales: social, económica y ambiental, cuya finalidad es atender la crisis climática y sus derivados. En la siguiente tabla se presenta la relación directa de la HC con los ODS.

Tabla 2. ODS y su relación con le huella de carbono

ODS	Propósito	Relación con la huella de carbono
ODS 13: acción por el clima	Advertencia de no exceder la temperatura media mundial a 2°C y preferentemente el 1.5°C por encima de los niveles preindustriales.	A partir del cálculo, se busca implementar medidas y estrategias para reducción de las emisiones de los GEI y trabajar en mitigar el impacto generado.
ODS 7: energía asequible y no contaminante	Incorporar nuevas tecnologías a partir de sistemas y modelos modernos y sostenibles para asegurar la eficiencia energética.	Un indicador de la HC integra el consumo de la energía eléctrica, en este sentido, identificar la cantidad emitida permite construir estrategias en torno a la eficiencia energética.
ODS 11: ciudades y comunidades sostenibles	Contar con entornos más sostenibles y resilientes, integrando la planificación sostenible.	En la HC se integra el transporte en las IES, lo que implica diseñar estrategias más sostenibles en la movilidad.
ODS 12: producción y consumo responsables	Migrar de los modos convencionales de producción y consumo a los más sostenibles.	La HC incentiva a modificar el uso de los recursos a fin de reducir el impacto y las emisiones de GEI, como la generación de residuos.
ODS 17: alianzas para lograr los objetivos	Crear alianzas a nivel global para alcanzar el desarrollo sostenible.	Con el diseño de una metodología estándar a las IES en México, se fomenta la alianza entre los diferentes espacios, como la creación de redes ambientales.

Fuente: Elaboración propia con base en Organización de las Naciones Unidas, 2026

Bajo este enfoque, la Agenda 2030 es un llamado a nivel global que al igual que la herramienta de la huella de carbono, busca combatir la emergencia climática del planeta; promueve la participación de diferentes sectores y actores, como gobiernos, empresas, organizaciones, instituciones y ciudadanos en todo el mundo, tal es el caso de las Instituciones de Educación Superior. Por lo que, desde esta perspectiva, el estudio responde a los compromisos establecidos en los ODS.

El cálculo de la huella de carbono en las IES no representa únicamente un ejercicio académico, sino que, da cumplimiento a los acuerdos y tratados globales sobre la crisis climática. Desde el rol que tienen como educación superior y ejemplo de la sociedad; este estudio expande la visión convencional sobre estas organizaciones que ahora se han convertido en líderes en temas ambientales.

En el caso de México, es uno de los países que ha participado en dichos acuerdos y se ha encaminado en reducir sus emisiones de GEI, por lo que, desde la academia, las IES también forman parte del entramado, que bajo sus particularidades (actividades sustantivas y adjetivas) pueden y deben alinearse a las metas internacionales sobre cambio climático.

Capítulo II. Marco metodológico

En este capítulo se incluye, por un lado, la descripción del caso de estudio con el propósito de contextualizar las condiciones y elementos que lo constituyen. Por otra parte, se presentan las etapas de la metodología aplicada, a fin de brindar un panorama y estructura clara sobre el desarrollo de la investigación y, con ello, el cumplimiento de los objetivos planteados inicialmente.

2.1 Caracterización del caso de estudio

El caso de estudio se sitúa en la educación superior, por lo que se selecciona como objeto de análisis, las Instituciones de Educación Superior (IES), en las que se encuentran las Universidades Públicas Estatales (UPE), particularmente, la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx), de la cual, en esta sección, se presenta su contexto espacial y socioambiental, a fin de delimitar la unidad de estudiada.

2.1.1 Instituciones de Educación Superior

Una Institución de Educación Superior (IES) es una organización prestadora de servicios, que incluye un sistema de individuos y operaciones que resultan en una formación intelectual y cognitiva. Para el cumplimiento de su misión se enfocan en las actividades o funciones sustantivas, que incluyen, la docencia, investigación y extensión, además, se caracterizan por mantener una estructura de jerarquía y horizontalidad que les permite su funcionalidad (Medina-Contento & Cárdenas-Aguirre, 2023).

Es así como la educación superior representa un servicio que ofrece a través de las Instituciones de Educación Superior, quienes se encargan de brindar educación de calidad y garantizar la formación de manera eficaz a la sociedad, a la par de mejorar como institución y posicionarse como referentes (Santiago & Ortiz, 2023). Es oportuno señalar que, en cada país, estas organizaciones mantienen características, estructuras y sistemas diferentes debido a diversas condiciones, por ejemplo, las partes interesadas, recursos humanos, normativas del lugar, así como la política de cada sitio (Medina-Contento & Cárdenas-Aguirre, 2023).

2.1.2 Instituciones de Educación Superior a nivel nacional

De acuerdo con lo establecido por la Secretaría de Educación Pública, la educación superior en México se clasifica en 13 subsistemas: universidades públicas estatales, universidades públicas federales, institutos tecnológicos federales, institutos tecnológicos descentralizados, universidades tecnológicas, universidades politécnicas, Instituciones de formación docente (públicas), universidades públicas estatales con apoyo de Solidaridad, universidades interculturales, centros públicos de investigación, otras instituciones públicas de educación superior, universidades privadas e instituciones de formación docente (privadas) (OECD, 2019).

2.1.3 Universidades públicas estatales (UPE)

Con propósitos de la investigación, se ha elegido este subsistema de los trece a nivel nacional debido a que es uno de los principales. Estas universidades se presentaron desde el siglo XIX como colegios religiosos y civiles, fueron creadas por decretos locales y emergieron a partir de la descentralización del sistema de educación en México.

Las UPE se conducen por el desarrollo de las actividades sustantivas y adjetivas, como son, la docencia, generación y aplicación de conocimiento y difusión de la cultura (Secretaría de Educación Pública, 2024). Actualmente se cuentan con 34 universidades públicas estatales, pertenecientes a cada estado del país, de las cuales 33 son autónomas (OECD, 2019), una de ellas es la Universidad Autónoma del Estado de México, elegida como caso de estudio.

Se seleccionó a las UPE debido a su distribución geográfica y extensión, ya que estos espacios se encuentran distribuidos en todo el país y cuentan con grandes comunidades de estudiantes, personal docente y administrativo, lo que representa casos significativos de análisis, siendo escenarios ideales para el cálculo de la HC, además del potencial de replicabilidad que facilita el contraste entre ellas y fomenta el tejido de redes en temas de sostenibilidad en las IES.

2.1.4 Universidad Autónoma del Estado de México

Como estudio de caso se eligió la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex), reconocida por su amplia cobertura académica y extensión en el Estado, es una de las 15 mejores Universidades Públicas Estatales del país según el ranking Times Higher Education en su última edición del año 2025 (Times Higher Education, 2026). Su funcionalidad al ser una IES se basa en las funciones o actividades sustantivas y adjetivas:

- Las funciones sustantivas son aquellas actividades sustanciales y del quehacer principal de las universidades, refiriéndose a tres: docencia, investigación y vinculación con la sociedad (Soledispa-Rodríguez et al., 2021).
- Mientras que, las funciones adjetivas corresponden a la gestión, el financiamiento y la transparencia. Estas brindan apoyo para el desarrollo de las actividades sustantivas, y tienen la finalidad de mejorar la capacidad organizacional de la universidad (De la Parra & Mercado, 2023).

2.1.4.1 Contexto espacial

Se consideró a la UAEMéx en su totalidad, conformada por 59 espacios distribuidos en diferentes municipios del Estado, de los cuales, 10 pertenecen a planteles de Escuela Preparatoria, 22 a organismos académicos (facultades), 11 a centros universitarios, 7 son unidades académicas profesionales y 9 corresponden a institutos y centros de investigación (UAEMéx, 2025). A continuación, se menciona cada espacio universitario:

- a. Plantel de la Escuela Preparatoria: Cuauhtémoc, Dr. Ángel Ma. Garibay Kintana, Dr. Pablo González Casanova, Ignacio Ramírez Calzada, Isidro Fabela Alfaro, Lic. Adolfo López Mateos, Mtro. José Ignacio Pichardo Pagaza, Nezahualcóyotl, Sor Juana Inés de la Cruz y Texcoco.
- b. Organismos académicos: Escuela de Artes Escénicas, Antropología, Arquitectura y Diseño, Artes, Ciencias, Ciencias Agrícolas, Ciencias de la Conducta, Ciencias Políticas y Sociales, Contaduría y Administración, Derecho, Economía, Enfermería y Obstetricia, Geografía, Humanidades,

Ingeniería, Lenguas, Medicina, Medicina Veterinaria y Zootecnia, Odontología, Planeación Urbana y Regional, Química y Turismo y Gastronomía.

- c. Centros universitarios: Amecameca, Atlacomulco, Ecatepec, Nezahualcóyotl, Temascaltepec, Tenancingo, Texcoco, Valle de Chalco, Valle de México, Valle de Teotihuacán y Zumpango.
- d. Unidad académica profesional: Acolman, Chimalhuacán, Cuautitlán Izcalli, Huehuetoca, Tejupilco, Tianguistenco y Tlalnepantla.
- e. Institutos y centros de investigación: Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales, Instituto de Estudios sobre la Universidad, Instituto Interamericano de Tecnología y Ciencias del Agua, Centro de Estudios e Investigación en Desarrollo Sustentable, Centro de Investigación Aplicada para el Desarrollo Social, Centro de Investigación en Ciencias Sociales y Humanidades, Centro Investigación y Estudios Avanzados de la Población y Centro de Investigación Multidisciplinaria en Educación (UAEMéx, 2025).

2.1.4.2 Contexto socioambiental

Las actividades sustantivas y adjetivas por la cual se rigue la UAEMéx, evidencia el uso de recursos que, a su vez, implica la producción de emisiones de gases de efecto invernadero, motivo por el cual debería contar con herramientas que permitan evaluar ambientalmente sus actividades y así implementar medidas que favorezcan la gestión ambiental, toma de decisiones y acciones orientadas a la reducción de emisiones.

- **Emisiones de gases de efecto invernadero en la UAEMéx**

La Universidad lleva a cabo actividades que permiten su funcionalidad y operatividad, mismas que para su cumplimiento requieren de recursos y servicios, los cuales, a su vez, originan emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de su consumo y adquisición. Desde esta perspectiva, en la Universidad se identifican las siguientes fuentes contaminantes:

a. Combustibles fósiles

El consumo de combustibles en la Universidad es indispensable para el desempeño de los vehículos institucionales, el funcionamiento de maquinaria y equipos mecánicos, además del uso en laboratorios. Este recurso es una de las principales fuentes de emisión de GEI que de forma directa aporta la generación de huella de carbono en la UAEMéx.

b. Energía eléctrica

La energía eléctrica proviene de la quema de combustibles fósiles, proceso que emite GEI y que suma en amplia proporción a la huella de carbono institucional. El uso de este recurso es indispensable para el funcionamiento de la infraestructura básica, que incluye sistemas de iluminación, climatización y uso de herramientas de mantenimiento de los espacios; así como para el cumplimiento de las actividades académicas y administrativas, para el uso de equipos tecnológicos y de laboratorios; y en el cumplimiento de los servicios universitarios.

c. Residuos

Según su tipo, los residuos debido a su composición y los procesos asociados a su producción, uso y descomposición emiten GEI, por lo que, resultado de las actividades realizadas en la UAEMéx, se generan cantidades de residuos, entre las cuales se encuentran los residuos sólidos urbanos (RSU), residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), ambos presentes en cada espacio universitario como producto de su funcionalidad diaria. De igual manera, en áreas especializadas se originan comúnmente residuos especiales (RE) producto del funcionamiento de los laboratorios y prácticas específicas.

d. Suministros

La mobiliaria y la adquisición de insumos de mantenimiento, papelería, equipos mecánicos, eléctricos y electrónicos permiten el desarrollo de las actividades en la Universidad; cada producto y objeto durante el proceso de su elaboración y fin de vida útil, emite cantidades de GEI, por lo que también contribuye a la Huella de Carbono Institucional.

e. Construcciones

Durante el proceso de construcción se hace uso de materiales y recursos, los cuales originan GEI, de manera que cada edificación correspondiente a la UAEMéx aporta a su huella de carbono. Es importante mencionar que la Universidad cuenta con distintos espacios distribuidos en el Estado de México, que en conjunto representan una gran extensión.

f. Viajes institucionales

Estos viajes mantienen objetivos académicos, realizados por docentes, administrativos y la comunidad estudiantil, del mismo modo puede ser por diferentes medios de transporte, vía aérea o terrestre (en el caso de la UAEMéx), en cada desplazamiento realizado, se generan cantidades de GEI, por lo que es una variable que suma a su HCl.

2.2 Estrategia metodológica

El estudio presenta la propuesta de un diseño metodológico, por lo que se trata de una investigación exploratoria, en virtud de que busca avanzar hacia la estandarización de una herramienta para la cuantificación de emisiones en las IES de México, y de esta manera abrir paso a futuros estudios; lo que representa una línea de investigación emergente.

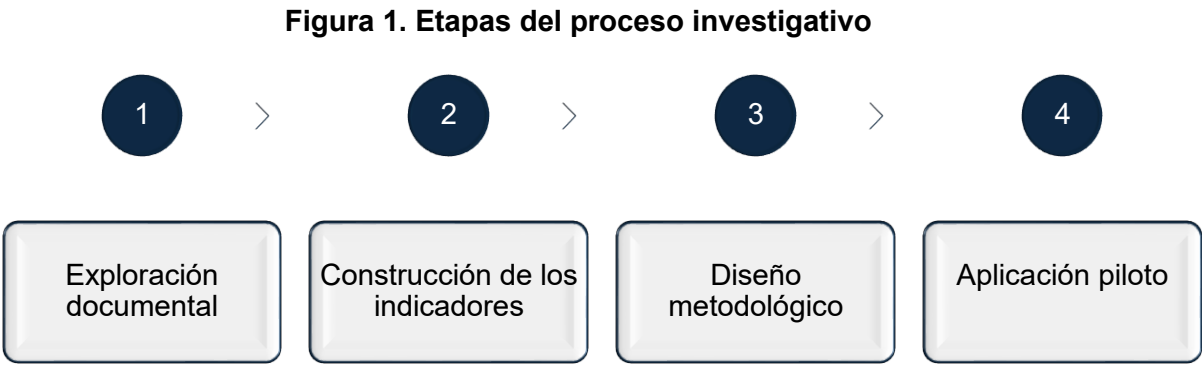
Para el cálculo de la Huella de Carbono Institucional (HCl) se requiere de un proceso que incluye la recolección, la medición y el análisis de datos cuantificables, por ello, el estudio se enmarca en un enfoque cuantitativo, ya que la investigación incluye y requiere de elementos numéricos. Por otra parte, es necesario señalar que, para la cuantificación de la HCl, se requiere de la fórmula base de cuantificación de emisiones de GEI, cuyo resultado es expresado en dióxido de carbono equivalente (CO₂e) (unidad estándar).

A su vez, se trata de una investigación aplicada caracterizada por considerar como punto de partida los conocimientos y estudios previos en determinada área, se centra en llevar a la práctica y en aplicar los conocimientos en casos reales (Tamayo, 2003). El presente trabajo atiende a la problemática del cambio climático desde el

rol de las Instituciones de Educación Superior como objeto de estudio que, a partir de la propuesta de una metodología para la medición de la HCI, contribuyan a la mitigación de las emisiones de GEI.

2.2.1 Etapas del proceso investigativo

En este segmento se expone la ruta metodológica de la investigación (Figura 1), la cual consta de cuatro etapas clave que se muestran como guía en el desarrollo del estudio. Es importante precisar que estas etapas no deben entenderse como pasos aislados, sino como fases interrelacionadas que dan cumplimiento al objetivo general, ya que cada paso representó un elemento fundamental para el diseño de la metodología del cálculo de la huella de carbono.



Fuente: Elaboración propia, 2026

2.2.1.1 Exploración documental

Es importante comprender los distintos enfoques sobre el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero, así como los contextos que los integra. El objetivo de esta etapa fue identificar y analizar herramientas técnicas, metodológicas y normativas sobre la cuantificación de GEI y establecer un contraste. Para la identificación de estas herramientas, se utilizaron dos criterios: relevancia temática y reconocimiento internacional (Tabla 3).

Tabla 3. Criterios de identificación

Criterio	Descripción
Relevancia	Aborda de manera directa el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero; mantiene un enfoque metodológico, técnico y/o normativo.

Criterio	Descripción
Reconocimiento Internacional	Reconocimiento ante organismos, instituciones o redes internacionales especializadas en la materia; metodologías utilizadas a nivel internacional.

Fuente: Elaboración propia, 2026

De acuerdo con la revisión documental se realizó un análisis con la finalidad de adoptar una visión más clara sobre los procedimientos de cuantificación de GEI, se identificaron particularidades y limitaciones en la contextualización de las Instituciones de Educación Superior. Esta etapa representó una base fundamental en el diseño de la metodología adoptada en el contexto institucional que permitió precisar áreas de oportunidad en el procedimiento del cálculo de huella de carbono.

2.2.1.2 Construcción de los indicadores

Los indicadores fueron definidos a partir de las actividades sustantivas y adjetivas de una IES. Cada uno es conformado por variables, las cuales se reflejan en datos cuantificables que permiten el cálculo de emisiones de GEI. Como resultado de esta etapa se obtuvo por cada indicador establecido, una ficha técnica con la finalidad de sistematizar, documentar y comunicar las características de estos. Así mismo, se clasificaron en alcances según el tipo de emisión (directa, semidirecta e indirecta). Del mismo modo, se señala en la Tabla 4 los tipos de indicadores considerados.

Tabla 4. Tipo de indicadores

Tipo	Descripción	Ejemplo
Absoluto	Medida total de emisiones de GEI en un periodo determinado de una IES	kgCO ₂ e anual de la IES
Relativo	Medida de emisiones de gases de efecto invernadero por unidad de referencia	kgCO ₂ e anual por integrante de la comunidad institucional

Fuente: Elaboración propia, 2026

2.2.1.3 Diseño metodológico

Esta etapa consistió en el desarrollo de una metodología para el cálculo de la HC en las Instituciones de Educación Superior en México. El diseño tomó de base el contexto institucional, respondiendo a la pregunta: ¿Cómo medir y analizar la Huella de Carbono Institucional? Para lo cual se integraron elementos técnicos como formatos de captura y orden en cada paso. Por otra parte, fue necesario que, para

lograr el objetivo de la investigación, el diseño respondiera a las características comprendidas de la siguiente tabla.

Tabla 5. Características del diseño metodológico

Característica	Descripción
Contextualización institucional	Adaptación a la estructura de una Institución de Educación Superior (actividades sustantivas y adjetivas).
Accesibilidad	Metodología de acceso abierto (gratuita).
Flexibilidad	Implementación práctica en el contexto institucional
Claridad y transparencia	Precisión en cada paso de la metodología, así como alcances, fórmulas y elementos técnicos.
Replicabilidad y comparabilidad	Procedimiento metodológico que permita comparación de resultados entre diferentes instituciones.
Divulgativa	Facilita la difusión de los resultados.

Fuente: Elaboración propia, 2026

2.2.1.4 Aplicación piloto

Como última etapa se aplicó la propuesta metodológica en una Institución de Educación Superior mexicana, a fin de evaluar el diseño, obtener valores preliminares e identificar oportunidades y áreas de mejora. Se seleccionó a través de los criterios de la Tabla 6 como caso de estudio una Universidad Pública Estatal (UPE). Esta fase fue necesaria para generar evidencia empírica y retroalimentación práctica a partir del diagnóstico institucional obtenido.

Tabla 6. Criterios de selección

Criterio	Descripción en caso de estudio
Relevancia institucional	Es una IES con presencia a nivel estado, considerada una de las universidades públicas más grandes del país.
Cálculo de huella de carbono histórico	La UAEMéx ha calculado su huella de carbono en los años 2021 y 2022, Pretendiendo dar continuidad a la evaluación.
Disponibilidad y control de los datos	Cuenta con sistemas administrativos de registros de adquisiciones, bienes y compras.
Amplitud de alcance	Mantiene diversos espacios operativos como facultades, centros de investigación, espacios administrativos.
Responsabilidad institucional	Comprometida con los resultados.

Criterio	Descripción en caso de estudio
Replicabilidad	La estructura de la UAEMéx es comparable a más instituciones en el contexto de México.

Fuente: Elaboración propia, 2026

Estos criterios resultaron indispensables en la selección del caso de estudio para la aplicación de la metodología diseñada. De esta manera y gracias a esta delimitación se facilitó la obtención de los resultados en esta etapa. Así mismo, los productos de cada fase ofrecen una base sólida en la investigación, mismos que se desarrollan en el siguiente capítulo.

Capítulo III. Resultados

Este capítulo integra los resultados de cada etapa del proceso investigativo donde destacan elementos cuantitativos y cualitativos, hallazgos y elementos significativos para el estudio. Se incorpora en primera instancia un análisis de la exploración documental realizada, posteriormente, se presenta el proceso de la definición de los indicadores que da pauta al desarrollo de la etapa 3, para finalmente reflejar la capacidad del diseño metodológico aplicado a la UAEMéx.

3.1 Primera etapa: Exploración documental

En esta etapa a partir de los criterios de relevancia y reconocimiento internacional, se realizó el análisis de los estándares internacionales y marcos regulatorios sobre la cuantificación de gases de efecto invernadero. De los cuales se enfatizó en el enfoque, tipo de emisiones consideradas y contexto de aplicación (Tabla 7) que cada herramienta incluye en su evaluación.

Tabla 7. Herramientas para la estimación de gases de efecto invernadero

Estándar	Enfoque	Emisión	Aplicación
Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol)	Inventario corporativo del alcance 1, 2 y 3	Emisiones directas (alcance 1), emisiones indirectas por energía (alcance 2) y otras emisiones indirectas (alcance 3)	Organizaciones, empresas, proyectos, productos, sector industrial y ciudades.
Norma ISO 14064:2018	Cuantificación, monitoreo, reporte y verificación de las emisiones de GEI	Emisiones directas y emisiones indirectas	Empresas, organizaciones y proyectos.
Norma ISO 14067:2018	Cuantificación y reporte de la huella de carbono de un producto	Emisiones directas y emisiones indirectas	Huella de carbono de productos (HCP)
PAS 2050/ PAS 2060	Análisis de ciclo de vida/ neutralidad de carbono	Emisiones directas y emisiones indirectas	Sistemas de gestión productos y servicios
Guía del Ministerio para la Transición	Cálculo de emisiones de GEI	Emisiones directas y emisiones indirectas	Organizaciones

Estándar	Enfoque	Emisión	Aplicación
Ecológica y el Reto Demográfico			
Calculadoras online	Cálculo de emisiones de GEI	Emisiones directas e indirectas	Público en general

Fuente: Elaboración propia con base en World Resources Institute et al. (2014), International Organization for Standardization (2018, p. 1), International Organization for Standardization (2018), Hernández (2024), Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2024), ClimateHero (s. f.), Greenpeace México (2020) y Carbon Footprint (2026).

La tabla anterior permitió obtener un panorama amplio sobre la existencia de estándares y guías mayormente utilizados en las evaluaciones de GEI. Ejercicio que llevó a la identificación de limitaciones y dificultades de cada herramienta en el contexto de aplicación en las Instituciones de Educación Superior, mismas que se presentan a continuación:

a) Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol)

El estándar responde a procesos productivos y comerciales difiriendo de las Instituciones de Educación Superior, quienes están en función de sus actividades sustantivas y adjetivas. De forma que se logró identificar que el GHG Protocol es orientado principalmente a empresas con un enfoque corporativo donde las principales fuentes emisoras son producto de la manufactura, de la transformación de materias primas y procesos industriales específicos.

Esta norma no integra las particularidades operativas, funcionales y sociales de las IES. Lo que conduce a realizar adaptaciones en la metodología a seguir, e incorporar variables propias de los espacios académicos a fin de lograr un cálculo de la huella de carbono preciso. En consecuencia, este estudio se enfoca en atender dichas especificaciones a nivel nacional y brindar una herramienta accesible.

Es importante señalar que el GHG Protocol integra dos enfoques, el primero es sobre la contabilidad y reporte para las ciudades, del cual se distinguió que analiza sectores como: transporte, energía, residuos, productos, agricultura y procesos industriales. El segundo enfoque es sobre el estándar corporativo de contabilidad y reporte, plenamente desarrollado bajo el contexto corporativo.

El primer enfoque es diseñado a escala territorial y no organizacional, por lo que su estructura y categorías de análisis no corresponden a un espacio académico. Así mismo, el incluir procesos industriales representa las transformaciones de materiales en espacios particulares a este sector, donde las actividades realizadas no corresponden a la funcionalidad común de una IES, por lo que requieren de indicadores particulares basados en su estructura que permita su evaluación de huella de carbono.

Se identificó también que el objetivo del segundo enfoque se basa en incrementar la producción bajo el contexto de inversionistas y consumidores, aspectos que no tienen lugar en la funcionalidad de una Institución de Educación Superior y que no operan directamente en el mercado, sino que tiene fines académicos, científicos y sociales.

Este enfoque es corporativo y no considera las fuentes de emisión e indicadores particulares para el cálculo de la huella de carbono en las IES. Integra aspectos como la participación accionaria y procesos industriales, mostrando un lenguaje técnico dirigido a corporaciones. De manera general, el estándar no adopta en su totalidad a organizaciones como las IES, lo que refleja la poca adaptabilidad al sector educativo.

b) Norma ISO 14064-1:2018 y norma ISO 14067: 2018

Bajo este contexto educativo la aplicación de la ISO 14064 presenta desafíos técnicos y operativos que limitan su adopción completa en el sector. Un criterio por considerar son los recursos que se requieren para implementar esta norma, lo que incluye capacitaciones técnicas constantes, así como suficiente presupuesto para acceder a los procesos de verificación de emisiones de GEI.

Es necesario mencionar que este estándar ha sido desarrollado en contextos empresariales e industriales, por lo que las categorías de análisis que contempla no son totalmente adaptables a las condiciones de una IES, ya que se trata de una organización con objetivos distintos a los que maneja el mercado y la producción.

Mientras tanto, la norma ISO 14067 mantiene únicamente un enfoque de análisis de ciclo de vida (ACV), lo que se traduce a el cálculo de las emisiones de GEI de un producto o servicio, particularmente para reducir su impacto durante todo su ciclo. Es un referente en las evaluaciones de emisiones, sin embargo, no es dirigido a organizaciones como el caso de las IES. A partir del análisis realizado se determinó que este estándar no es directamente aplicable al sector educativo.

c) PAS 2060: 2014

Esta norma no brinda metodologías para cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero; su función no es realizar un diagnóstico, sino demostrar la neutralidad de carbono de una organización mediante procesos de verificación sobre reducción y compensación de emisiones. De forma particular, en las IES, es indispensable que se utilicen lineamientos específicos que permitan el cálculo de su HCI, para luego trabajar en su reducción y neutralización.

d) Bilan Carbone

Esta metodología es compatible con lineamientos del GHG Protocol y la ISO 14064, está directamente vinculada con el sector industrial y terciario, de manera que no aplica de forma directa a los espacios académicos. Su origen francés resulta una de las principales limitantes para el contexto de México debido a las características de cada país. Al igual que los anteriores estándares, a pesar de ser reconocidos internacionalmente mantienen enfoques de tipo empresarial e industrial y no enfatizan en el sector educativo.

e) Guía del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

Esta guía para el cálculo de las emisiones se basa en los fundamentos técnicos y normativos del GHG Protocol, por lo que también mantiene un enfoque vinculado ámbito corporativo. Además, es necesario puntualizar que se encuentra diseñada bajo contexto de español, razón que limita su adaptación en las Instituciones de Educación Superior de México.

f) Calculadoras de huella de carbono en modalidad online

Existen herramientas para el cálculo de la huella de carbono disponibles en la web, sin embargo, generalmente están enfocadas en la estimación de GEI de manera individual. Asimismo, al ser calculadoras de acceso abierto, los factores de emisión están basados en promedios internacionales, lo que evidencia la escasa adaptación al contexto nacional.

Entre estas herramientas destaca la calculadora de ClimateHero, Greenpeace y Carbonfootprint. Las dos primeras presentan un cuestionamiento vinculado con el estilo de vida promedio de la población mundial que integra los hábitos comunes de una persona. Bajo este panorama, se distinguió que ambas calculadoras permiten únicamente conocer el impacto ambiental de forma individual y no colectiva o en este caso de una organización.

En cambio, Carbonfootprint ofrece la estimación para individuos, pequeñas empresas y grandes corporaciones, no obstante, mantiene un enfoque corporativo, por lo que no es aplicable directamente al sector educativo. Estas calculadoras online tienen un enfoque general y simplificado, no están adaptadas de manera particular a organizaciones como una Institución de Educación Superior, ya que carecen de un marco metodológico, transparencia de la información y limitaciones en los alcances (fuentes de emisión).

3.2 Segunda etapa: Construcción de los indicadores

En primera etapa se identificaron variables utilizadas en el cálculo de la huella de carbono en IES a nivel global a fin de tener un contexto amplio. Mientras que, en esta segunda etapa se realizó la consulta en el UI GreenMetric World University Rankings en su última edición de 2025 debido a que es un referente global en las universidades de todo el mundo.

Uno de los lineamientos que evalúa GreenMetric es la huella de carbono, por lo que, para fines de esta investigación de acuerdo con la clasificación del ranking se seleccionaron las 10 primeras instituciones con información disponible sobre su cálculo, haciendo énfasis en la metodología y variables empleadas en su estudio (Tabla 8).

Tabla 8. Variables del cálculo de la Huella de Carbono en IES a nivel global

Clasificación en el ranking	País	Institución de Educación Superior	Metodología	Variables
1	Países Bajos, Europa	Universidad e Investigación de Wageningen (WUR)	Protocolo de gases de efecto invernadero y la norma ISO 14064-1	Edificios
				Tierras agrícolas
				Viajes de negocios en coche
				Viajes aéreos
				Ganado
				Residuos
				Desplazamientos diarios
				Equipos agrícolas
				Viajes de negocios en transporte público
2	Irlanda, Europa	Universidad de Cork	Basada en el GHG Protocol	Emisiones de la cadena de aprovisionamiento
				Combustibles fósiles
				Electricidad
				Desplazamiento de personal y estudiantes
				Bienes y servicios adquiridos
3	Reino Unido, Europa	Universidad de Nottingham Trent	GHG Protocol	viajes de negocios
				Combustibles
				Calefacción
				Electricidad
				Cadena de suministro
				Viajes de negocios
				Transporte de empleados
				Alojamiento gestionado

Clasificación en el ranking	País	Institución de Educación Superior	Metodología	Variables
4	Alemania, Europa	Umwelt-Campus Birkenfeld (Universidad de Ciencias Aplicadas de Trier)	GHG Protocol y estándares europeos de sostenibilidad	Energía
				Residuos
				Movilidad
				Materiales
5	Brasil, América Latina	Universidad de São Paulo USP	GHG Protocol y Carbon Countdown (CCARBON/USP),	Combustibles
				Insumos agrícolas
				Ganadería
				Electricidad
				Transporte, viajes académicos y actividades administrativas
6	Universidad de Groningen	Países Bajos, Europa	GHG Protocol + ISO 14064	Combustibles en calefacción y transporte institucional
				Electricidad
				Viajes académicos
				Movilidad institucional
				Compras y cadena de suministro
7	Universidad de California, Davis	Estados Unidos, América del Norte	GHG Protocol	Combustibles
				Energía comprada
				Desplazamientos diarios
				Viajes aéreos de negocios
				Tratamiento de residuos sólidos y aguas residuales
				Producción y transporte de bienes adquiridos
				Servicios contratados y actividades de proveedores

Clasificación en el ranking	País	Institución de Educación Superior	Metodología	Variables
8	Universidad de Connecticut	Estados Unidos, América del Norte	Protocolo de gases de efecto invernadero y SIMAP (Sustainability Indicator Management and Analysis Platform)	Consumo de electricidad
				desplazamientos diarios
				Compost para floricultura
				Papel
				Aguas residuales
9	Universidad de Bolonia	Italia, Europa	Protocolo de gases de efecto invernadero	Residuos sólidos
				Combustión de combustibles fósiles en calderas y calefacción
				Vehículos institucionales
				Fugas de gases refrigerantes
				Electricidad adquirida
				Transporte de estudiantes y personal
				Gestión de residuos sólidos
10	Universidad de Bremen	Alemania, Europa	Esquema europeo EMAS (Eco-Management and Audit Scheme)	servicios comprados
				Productos comprados
				Energía
				Residuos

Fuente: Elaboración propia con base en Wageningen University & Research (2023), University College Cork (2024), Nottingham Trent University (2025), Trier University of Applied Sciences (s. f.), Universidade de São Paulo (s. f.), University of Groningen (s. f.), University of California, Davis (s. f.), University of Connecticut (s. f.), Battistini et al. (2023) y Busch y Lorenz (2023).

En cuanto al enfoque metodológico, se distinguió el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero como la herramienta más utilizada en el cálculo de las instituciones, seguido de la norma ISO 14064, así como el uso de metodologías propias las cuales refieren a la adopción de elementos disponibles de los estándares existentes, debido a la ausencia de un proceso de cuantificación aplicable directamente a este sector.

Posteriormente, para la definición de los indicadores fue importante en primera instancia definir las variables que integrarían cada indicador. De forma que de las variables expuestas en la tabla anterior se seleccionaron aquellas que convergen. Estas se incluyeron en actividad y alcance según su tipo de emisión y se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 9. Variables para el cálculo de la Huella de Carbono Institucional

Alcance	Actividad	Variable	Unidad
1	Movilidad, dispositivos mecánicos, uso en laboratorios y equipos de climatización	Consumo de combustible gas natural	L
		Consumo de combustible gas LP	L
		Consumo de combustible diésel	L
		Consumo de combustible gasolina	L
2	Energía	Consumo de energía eléctrica	kW/h
3	Residuos	Cantidad de residuos sólidos urbanos (RSU)	kg
		Cantidad de Residuos de Manejo Especial (RME)	kg
		Residuos Peligrosos (RP)	kg o L
	Insumos y suministros	Papelería	kg
		Electrónicos	n° de equipo
		Mobiliario	n° de equipo
		Papel	kg
		Cartón	kg
	Construcción	Superficie construida	m ²
		Acondicionamiento y remodelación	m ²
		Obra nueva	m ²
	Vinculación	Viajes institucionales por vía terrestre	km recorridos
		Viajes institucionales por vía aérea	km recorridos
		Viajes institucionales por vía marítima	km recorridos

Fuente: Elaboración propia, 2026

- Una vez definidas las variables se construyeron los indicadores, los cuales se definieron a partir de los elementos desglosados en la Tabla 10:

Tabla 10. Criterios para la construcción de indicadores

Criterio	Descripción
Relevancia climática	Representa la contribución institucional a las emisiones de GEI.
Representatividad institucional	Refleja el funcionamiento real de la IES.
Disponibilidad de los datos	Fuentes verificables y acceso a la información.
Verificables	Cuenta con fuentes de datos verificables y fichas técnicas.
Adaptabilidad	Capacidad de ajustarse a modificaciones en las condiciones de una IES, como matrícula, estructura, infraestructura o procesos administrativos.
Acción y estrategia	Facilita la toma de decisiones
Comparabilidad	Permite la identificación de tendencias de emisiones entre años.

Fuente: Elaboración propia, 2026

Producto de la actividad anterior, se lograron presentar seis indicadores estándar para el cálculo de la Huella de Carbono Institucional en las Instituciones de Educación Superior de México (Tabla 11). Cada indicador descrito presenta una ficha técnica que describe y justifica la razón de su formación (Anexos 1-6).

Tabla 11. Indicadores para el cálculo de huella de carbono en Instituciones de Educación Superior

Alcance	Fuente	Clave	Indicador por fuente de emisión	Unidad
Alcance 1	Combustibles fósiles	ID-1	Emisiones por consumo de combustibles	CO ₂ e
Alcance 2	Energía	ID-2	Emisiones por consumo eléctrico	
Alcance 3	Residuos	ID-3	Emisiones por generación de residuos	
	Insumos y suministros	ID-4	Emisiones por adquisición de suministros	
	Construcciones	ID-5	Emisiones por construcciones y obra nueva	
	Viajes	ID-6	Emisiones por viajes institucionales	

Fuente: Elaboración propia, 2026

3.3 Tercera etapa: Diseño metodológico

El objetivo de esta etapa fue brindar una herramienta técnica para el cálculo anual de la Huella de Carbono Institucional de las IES, la cual está integrada por diez pasos clave que permitieron cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero, y a su vez, el diseño de estrategias reducción y compensación de emisiones.

Mediante el cálculo de la HCI, el sector educativo fortalece el compromiso ambiental y la acción climática, particularmente con el papel que representan las IES, lo que les permite alinearse a los acuerdos internacionales sobre cambio climático. A continuación, se presenta el desarrollo conceptual de la metodología la cual se denomina: Metodología para el Análisis de la Huella de Carbono en Instituciones de Educación Superior (MAHCIES).

3.3.1 Establecer los límites organizacionales/ límites físicos

Estos límites son las unidades donde la IES ejerce control directo sobre las actividades diarias, como la toma de decisiones sobre su uso, operación y mantenimiento. En este paso se define el área o áreas que participarán en el cálculo de la HCI, las cuales pueden estar en función del contexto territorial (por espacio) o por división administrativa, y generalmente se encuentran de la siguiente manera:

- Por espacio: edificios, centros, facultades o escuelas, unidades académicas, campus o sedes, etc.
- Por división administrativa: rectoría, secretarías, direcciones generales, coordinaciones, departamentos, etc.

Asimismo, es importante tener presentes los siguientes criterios en la selección de los límites organizacionales:

- Tamaño o extensión: amplitud que se tendrá para el cálculo, en otras palabras, los espacios que participarán en la estimación, por ejemplo, sedes, campus, facultades, centros de trabajo, unidades académicas y administrativas.

- Disponibilidad de la información: contar con los datos suficientes para el cálculo, por lo que, antes de definir los límites, se puede hacer una revisión previa de la unidad que se desea evaluar.
- Jerarquía: Se puede definir el límite de acuerdo con el nivel jerárquico del espacio, es decir, la unidad o unidades con mayor influencia y que cuenten con los medios suficientes para concretar el cálculo, incluyendo la aplicación de estrategias de reducción, por ejemplo, el área de administración central de la IES.
- Relevancia ambiental: Se puede optar por aquellas unidades con mayor impacto ambiental a fin de trabajar en un plan de reducción, de forma que sea estratégica en el cálculo de la HCI.

Una Institución de Educación Superior cuenta con una estructura organizacional amplia y se divide en diferentes áreas académicas, por lo que, con el fin de lograr un cálculo completo y confiable, se recomienda que se integren todos los espacios que conforman la organización. En este punto se deberá presentar un concentrado de los nombres de los espacios elegidos y, en el caso de considerar en su totalidad a la IES, se indicará la división en áreas académicas, por ejemplo, el número de facultades, escuelas, centros de investigación, etc.

3.3.2 Definir el marco temporal

En este paso se establece el año o periodo que será objeto de evaluación de la Huella de Carbono Institucional de manera anual, de forma que, se debe considerar los siguientes aspectos temporales:

- Amplitud del periodo: Es importante integrar al menos dos años que permita el análisis de las emisiones con una visualización histórica, a fin de evaluar las tendencias de reducción o aumento según aplique.
- Disponibilidad de los datos: El acceso a la información es un aspecto esencial para obtener una estimación precisa y confiable, por lo que también se sugiere definir el periodo a evaluar de acuerdo con la accesibilidad de la información y en el caso de realizar por primera vez el cálculo de la HCI, se

recomienda elegir un año reciente debido al control y seguimiento que existe en él.

- **Relevancia institucional:** En caso de aplicar se puede establecer a partir de un cambio significativo en la institución, como el inicio de un plan ambiental, la firma de compromisos ambientales y climáticos, o la obtención de un certificado.
- **Representatividad:** Aplica únicamente en el caso de ser el primer cálculo en la IES. Consiste en establecer un año que refleje el funcionamiento típico de la institución, evitando definir años afectados por acontecimientos como emergencias sanitarias, movilizaciones estudiantiles o interrupciones de labores (dependiendo del contexto).

3.3.3 Establecer los límites operacionales

Los límites operacionales son la definición de las emisiones de gases de efecto invernadero que se van a contabilizar en la evaluación, se identifican en tres tipos: directas, semidirectas e indirectas, los cuales, a su vez, se denominan alcances según el tipo de emisión (Tabla 12).

Tabla 12. Tipo de emisiones

Alcance	Tipo de emisión	Definición	Ejemplo
Alcance 1	Emisiones directas	Emisiones que son de fuente propia o están bajo el control de la IES	Procesos de combustión, consumo de combustibles, fugas de refrigerantes
Alcance 2	Emisiones semidirectas	Emisiones asociadas a la electricidad adquirida. Son semidirectas porque la emisión se produce en el lugar donde se genera la electricidad, no en el límite organizacional	Consumo de electricidad: adquisición de energía eléctrica, de calefacción o refrigeración
Alcance 3	Emisiones indirectas	Emisión que no es de fuente propia de la IES, o no está bajo su control, se integran todas aquellas actividades realizadas por terceros	Generación de residuos, viajes institucionales, construcciones, adquisición de insumos

Fuente: Elaboración propia, 2026

3.3.4 Definir las fuentes de emisión

Consiste en identificar las actividades generadoras de gases de efecto invernadero de la IES, de acuerdo con los límites organizacionales previamente establecidos. De manera estándar en una Institución de Educación Superior, se pueden distinguir las siguientes fuentes emisoras (Tabla 13). Es preciso señalar, que, para información más detallada en este paso, particularmente, de los indicadores, se encuentran los anexos 1 a 6 en el apartado final de este trabajo.

Tabla 13. Fuentes de emisión en las Instituciones de Educación Superior

Alcances	Dimensión/ elemento	Variable	
		Actividad	Unidad
1	Movilidad, dispositivos mecánicos, uso en laboratorios y equipos de climatización	Consumo de combustible gas natural	L
		Consumo de combustible gas LP	L
		Consumo de combustible diésel	L
		Consumo de combustible gasolina	L
		Otros	L
2	Energía	Consumo de energía eléctrica	kW/h
3	Residuos	Cantidad de residuos sólidos urbanos (RSU)	kg
		Cantidad de Residuos de Manejo Especial (RME)	kg
		Residuos Peligrosos (RP)	kg
		Otros	kg
		Suministros de oficina	kg
	Suministros	Electrónicos	Kg
		Mobiliario	kg
		Papel	kg
		Cartón	kg
		Otros	kg
	Construcción	Superficie construida	m ²
		Acondicionamiento y remodelación	m ²
		Obra nueva	m ²
	Movilidad externa (vinculación)	Viajes institucionales por vía terrestre	Km recorridos
		Viajes institucionales por vía aérea	Km recorridos
		Viajes institucionales por vía marítima	Km recorridos

Fuente: Elaboración propia, 2026

El objetivo de este paso es realizar un concentrado de las fuentes de emisión por medio de una matriz de seguimiento y control, utilizando como base la estructura de la tabla anterior. En este punto se recomienda integrar todos los alcances, sin embargo, debido a la dificultad que conlleva el alcance tres en cuanto a la disponibilidad de la información, resulta necesario precisar la omisión de variables, ya sea por ausencia de base de datos, debe aclararse.

3.3.5 Determinar los factores de emisión

Un aspecto fundamental para lograr la cuantificación es la definición de los factores de emisión (FE), los cuales consisten en datos que representan las emisiones de gases de efecto invernadero por cada unidad de la actividad. Es necesario tener un factor de emisión por cada actividad incluida en el cálculo (Tabla 14).

Tabla 14. Factores de emisión

Indicador	Variable	Valor	Unidad
Emisiones por consumo de combustibles	Gas natural	2.7	L CO ₂ /L
	Gas LP	1.6	kg CO ₂ /kg
	Gasolina	2.3	kg CO ₂ /kg
	Diésel	2.6	kg CO ₂ /kg
Emisiones por consumo eléctrico	Electricidad	0.4	tCO _{2e} / MWh
Emisiones por generación de residuos	Residuos	0.7	kgCO ₂ / kg
Emisiones por adquisición de suministros	Suministros	1.7	kgCO ₂ / kg
Emisiones por construcciones y obra nueva	Construcciones	44	kgCO ₂ / m ²
Emisiones por viajes institucionales	Vía terrestre	0.2	persona/ km
	Vía aérea	0.25	persona/ km
	Vía marítima	0.30	persona/ km

Fuente: Elaboración propia con base en el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2014), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2025), Comisión Reguladora de Energía (2025) y Comisión Federal de Electricidad (2016).

Para el proceso de definición de los factores de emisión, es importante tener las siguientes consideraciones:

- Datos extraídos de fuentes oficiales
- Contextualización geográfica (pertenecientes al país de origen)

- c. Datos recientes, de preferencia correspondientes al límite temporal previamente establecido. En caso de no contar con la suficiente información del año de interés, utilizar el año más reciente y justificar la elección.
- d. Se sugiere realizar una base de datos de los factores de emisión utilizados en el cálculo, indicando la fuente de consulta. Asimismo, se recomienda la actualización de estos anualmente, con el propósito de mantener un control y manejo de la información durante el proceso del cálculo y para futuras evaluaciones.

Resulta relevante indicar que, en el caso de México, los datos de factores de emisión no han sido objeto de estudio, por lo que en este trabajo se retomaron aquellos disponibles en las fuentes oficiales nacionales, a excepción del dato correspondiente de la energía eléctrica (indicador 2), el cual es actualizado anualmente por las Comisión Reguladora de Energía (CRE) reportado ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

3.3.6 Recolección de datos

La recolección de la información debe incluir datos suficientes, claros, completos y confiables que permitan el cálculo de la Huella de Carbono Institucional de manera precisa; para ello, es necesario tener en cuenta los siguientes lineamientos durante este proceso:

- Designar responsables de la recolección: personal encargado de este proceso para garantizar la correcta organización; los encargados deberán solicitar la información necesaria al área correspondiente a través de documentos oficiales, los cuales formarán parte de las evidencias en este paso.
- Realizar revisión interna: Consultar las bases de datos necesarias de la Institución, así como sistemas de gestión en caso de contar con ellos.

Por otra parte, los datos recabados deberán mantener las siguientes características:

- Verificables: contar con un respaldo de la información.
- Periodicidad: se recomienda recolectar los datos de manera mensual o anual.

Por otra parte, un factor a considerar es el trabajo en equipo, es importante involucrar a las áreas o departamentos que gestionan la información necesaria para el cálculo, se sugiere altamente la comunicación entre los correspondientes. En este paso, también es fundamental realizar la captura de los datos a través de un registro que permita el manejo óptimo de la información y consulta, tal como se muestra en el ejemplo de la siguiente tabla:

Tabla 15. Matriz de captura de información

Alcance	Variable	Unidad	Área responsable	Responsable del área	Fuente documental
1	Combustibles fósiles	L	Servicios generales	DFA	Facturas de compra

Fuente: Elaboración propia, 2026

3.3.7 Cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero

Esta fase consiste en la aplicación de la fórmula estándar para la cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero, la cual se constituye por la siguiente ecuación.

Ecuación 1. Huella de carbono

Dato de la actividad * Factor de emisión = CO₂e Donde: ○ El dato de la actividad es la unidad de la actividad. ○ Y el factor de emisión es el dato que relaciona la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero por cada unidad de la actividad.

Fuente: Elaboración propia, 2026

En este proceso, es necesario considerar la conversión de los datos a las unidades adecuadas que permitan el cálculo. El resultado se expresa en kilogramos (k) o toneladas (t) de dióxido de carbono equivalente (CO₂e), medida universal en la cuantificación de la huella de carbono.

El cálculo se debe realizar por variable y a la vez por alcance, además de documentar la sustitución de la fórmula, incluyendo el dato de la actividad, el factor

de emisión y el resultado expresado en CO₂e. Finalmente, se deberá presentar la Huella de Carbono Institucional general (del límite organizacional definido) y per cápita, dato que se obtiene del total de la comunidad institucional (alumnos, académicos y administrativos) entre el total de la HCI.

3.3.8 Análisis de los resultados

El análisis permitirá identificar áreas de mejora en cuanto a las fuentes de emisión más potenciales y, de esta manera, optimizar el uso de los recursos. En caso de haber evaluado un periodo, se podrá realizar la comparación entre años, con el fin de precisar y mejorar las actividades mayormente emisoras de GEI. Por lo tanto, una vez realizado el cálculo, es fundamental presentar el reporte de emisiones de GEI, con el fin de documentar y comunicar los resultados de la evaluación. Para lo cual se requiere completar el reporte de la Huella de Carbono Institucional que se encuentra en el anexo 7.

3.3.9 Diseño del plan de reducción y compensación de emisiones de GEI

A partir del cálculo, es fundamental crear un plan de acción que, de acuerdo con los resultados, integre acciones estratégicas, operativas y concretas con el objetivo de reducir y compensar la generación de emisiones de gases de efecto invernadero en las IES. Para el diseño del plan se recomienda adoptar la estructura del anexo 8, el cual consiste en requisitos técnicos y operativos, como:

- a. Diagnóstico base, que son los resultados del cálculo de la Huella de Carbono Institucional.
- b. Metas de reducción y compensación: pueden definirse por categorías, alcances o límites organizacionales.
- c. Marco temporal: a corto, mediano y/o largo plazo (1, 3 y más de 5 años), para todas las estrategias es importante definir un periodo para su cumplimiento.
- d. Establecer mecanismos de monitoreo y mejora continua de las metas establecidas.
- e. Designar encargados de dirigir el plan y reportar los avances.

- f. Incluir las actividades o proyectos que se encuentren realizando la IES, por ejemplo, algún proyecto de captura de carbono o campañas de reforestación.

El objetivo de esta etapa es la comunicación del cálculo y del plan de acción a la comunidad de la IES. La implementación de este paso es fundamental en la aplicación del plan estratégico, ya que en gran medida depende de las acciones que realicen los individuos del espacio académico, por lo que es un punto clave en todo el proceso.

La difusión de la evaluación permite la concientización en los integrantes de la institución, que, consecuentemente, genera un cambio en las prácticas y el comportamiento de los individuos y, al mismo tiempo, se conducen hacia una sostenibilidad institucional. En este sentido, se recomienda incluir las siguientes actividades:

- a. Publicaciones en los sitios web oficiales de la IES.
- b. Talleres, conferencias y pláticas que integren la evaluación de la huella de carbono.
- c. Infografía y video institucional (oficial) sobre el cálculo de la huella de carbono y el plan de reducción y compensación de emisiones de GEI; es importante incluir un lenguaje claro y técnico que facilite la comprensión de todos los integrantes de la institución.
- d. Actividades de integración a la comunidad institucional en la implementación del plan.

3.3.10 Retroalimentación

En este último paso, se busca mejorar el procedimiento de evaluación de la HCI, por lo que se identifican aciertos y fallas durante el proceso del cálculo con la finalidad de efficientar la siguiente evaluación. Se recomienda incluir las siguientes especificaciones:

- a. Identificación de oportunidades y mejora
- b. Alineación con políticas climáticas
- c. Establecer un seguimiento de la estimación de la HCI de manera periódica.

3.4 Cuarta etapa: Aplicación piloto

Se seleccionó como caso de estudio, a la Universidad Autónoma del Estado de México, caracterizada por ser una de las Universidades Públicas Estatales del país, la cual se distribuye entre sus diferentes espacios en todo el Estado (Times Higher Education, 2026). La Universidad ha mostrado interés y compromiso con la sostenibilidad, por lo que representa una Institución de Educación Superior clave para la evaluación ambiental mediante el cálculo de su Huella de Carbono Institucional. A continuación, se presenta la aplicación de la MAHCIES a la UAEMéx.

3.4.1 Establecer los límites organizacionales/ límites físicos

Para el límite organizacional se consideró en su totalidad a la UAEMéx, lo que incluye 59 espacios, de los cuales 7 pertenecen a unidades académicas profesionales (UAP), 9 a institutos y centros de investigación, 10 son planteles de Escuela Preparatoria, 11 son centros universitarios (CU) y 22 organismos académicos (facultades) (Agenda Estadística, 2025).

3.4.2 Definir el marco temporal

Se estableció el año 2024, atendiendo al criterio de disponibilidad de la información debido a su proximidad cronológica. La elección responde también al criterio de representatividad, ya que el periodo representa la continuidad y funcionalidad comunes de la Universidad posterior a la emergencia sanitaria que se inició en el año 2019.

3.4.3 Establecer los límites operacionales

Para el cálculo se integraron los tres alcances que establece la metodología y bajo el contexto de la UAEMéx, se presentan de la siguiente manera:

- a. Alcance 1: emisiones directas que están bajo el control de la Universidad, tal es el caso del uso de combustibles para el funcionamiento de equipos mecánicos y de climatización, la operación de laboratorios y el funcionamiento de los vehículos institucionales.

- b. Alcance 2: emisiones semidirectas provenientes de la energía eléctrica comprada; recurso adquirido de la Comisión Federal de Electricidad (CFE).
- c. Alcance 3: emisiones indirectas producto de actividades externas a la UAEMéx, que incluye la generación de residuos, construcciones, y la adquisición de insumos.

3.4.4 Definir las fuentes de emisión

Se identificaron las fuentes de emisión de gases de efecto invernadero de la Universidad derivadas de sus actividades sustantivas y adjetivas (Tabla 16), agrupadas en los tres alcances previamente definidos. Se retomó la matriz propuesta por la metodología definida en la etapa 3, a excepción de las variables no aplicables al caso de estudio.

Tabla 16. Fuentes de emisión en la UAEMéx

Alcances	Dimensión/ elemento	Variable Actividad	Unidad
1	Movilidad, dispositivos mecánicos, uso en laboratorios y equipos de climatización	Consumo de combustible gas natural	L
		Consumo de combustible gas LP	L
		Consumo de combustible diésel	L
		Consumo de combustible gasolina	L
		Otros	L
2	Energía	Consumo de energía eléctrica	kW/h
3	Residuos	Cantidad de residuos sólidos urbanos (RSU)	kg
		Cantidad de Residuos de Manejo Especial (RME)	kg
		Residuos Peligrosos (RP)	kg
		Otros	kg
	Suministros	Suministros de oficina	kg
		Electrónicos	Kg
		Mobiliario	kg
		Papel	kg
		Cartón	kg
		Otros	kg
	Construcción	Superficie construida	m ²
		Acondicionamiento y remodelación	m ²
		Obra nueva	m ²

Fuente: Elaboración propia, 2026

Para el caso de la UAEMéx, se omitieron las variables correspondientes a la movilidad externa (vinculación), debido a la ausencia de bases de datos sobre los viajes institucionales realizados en la universidad, a lo cual se recomienda implementar respaldos de información para futuras evaluaciones ambientales.

3.4.5 Determinar los factores de emisión

- Los datos de los factores de emisión se retomaron del diseño metodológico (Tabla 13).

3.4.6 Recolección de datos

El proceso de recopilación de la información fue a partir de la comunicación continua y oficial con las áreas correspondientes de la UAEMéx, principalmente con la Dirección de Fomento Ambiental (DFA), antes Dirección de Protección al Ambiente (DPA), espacio encargado del tema ambiental a nivel Universidad. Asimismo, en función del límite temporal establecido, se consultó documentación oficial como la Agendas Estadísticas (AG) y el Informe Anual de Actividades (IAA).

- Responsables de la recolección: Dirección de Fomento Ambiental de la UAEMéx.
- Captura de información: se retomó la matriz de la MAHCIES (Tabla 17).

Tabla 17. Matriz de captura de información

Alcance	Variable	Unidad	Área responsable	Responsable del área	Fuente documental
1	Combustibles fósiles	l	DFA	DFA	Facturas de compra
2	Consumo de energía eléctrica	kW/h	DFA	DFA	Recibos de luz de la CFE
3	Generación de residuos	kW/h	DFA	DFA	Base de datos
	Suministros	kg	DFA	DFA	Facturas de compra
	Construcciones	m ²	Servicios generales	Servicios generales	Documentos oficiales: AG e IAA

Alcance	Variable	Unidad	Área responsable	Responsable del área	Fuente documental
	Movilidad externa (vinculación)	Km recorridos	Servicios generales	Servicios generales	Documentos oficiales: AG e IAA

Fuente: Elaboración propia, 2026

3.4.7 Cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero

En este punto se retoma la ecuación 1 descrita en la metodología y de acuerdo con el consumo de cada variable identificada en la UAEMéx, se calculó la cantidad de CO₂e generado en el 2024. A continuación, se presenta la Huella de Carbono Institucional (Tabla 18) la cual se muestra por alcances, indicadores y variables respectivamente.

Tabla 18. Cálculo de Huella de Carbono Institucional de la UAEMéx 2024

Alcance	Indicador	Variable	Factor de emisión	Consumo	CO ₂ e ¹
Alcance 1	Emisiones por consumo de combustibles	Gas natural	2.7	161,373 L	435,707.1
		Gasolina	2.3	306,882 L	705,828.6
		Diésel	2.6	1,026,800 L	2,669,680
Alcance 2	Emisiones por consumo eléctrico	Energía eléctrica	0.444	9,077,260 kWh	4,030,303.44
Alcance 3	Emisiones por generación de residuos	Residuos ²	0.9	895,410 kg	805,869
	Emisiones por adquisición de insumos	Papel	1.79	98,657 kg	176,596.03
		Cartón	1.79	165 kg	295.35
	Emisiones por construcciones y obra nueva	Construcciones	44	35,453 m ²	1,559,932
Total					10,384,211.52 kg

Fuente: Elaboración propia, 2026

¹ La expresión CO₂e o dióxido de carbono equivalente, se refiere a la medida estándar en la cuantificación de gases de efecto invernadero; esta medida incluye la emisión de todos los GEI, sin embargo, se utiliza el CO por ser el GEI principal.

² Se consideraron los residuos de tipo sólidos urbanos.

a. Huella de Carbono Institucional total y per cápita

A partir de los datos de la tabla anterior, se obtuvo la Huella de Carbono Institucional de la UAEMéx, por un lado, el cálculo total, y por otro, el per cápita (Tabla 19), este último dato fue a partir del total de la comunidad universitaria del año 2024, la cual fue de 110,450 integrantes, dividido entre el cálculo total, datos que refleja la cantidad de CO₂e que cada individuo de la Universidad generó en ese año.

Tabla 19. Huella de Carbono Institucional total y per cápita de la UAEMéx

Año	Huella de Carbono Institucional total	Huella de Carbono Institucional per cápita
2024	10,384,211.52 kg de CO ₂ e	94 kg de CO ₂ e ³

Fuente: Elaboración propia, 2026

3.4.8 Análisis de los resultados

Según el cálculo de la HCI presentado en la Tabla 18, se logró identificar que en el alcance 1 el diésel fue el principal combustible empleado en la Universidad asociado al transporte institucional interno y maquinaria pesada. Mientras que, la gasolina y el gas natural contribuyeron en menor medida, ya que están vinculados con el funcionamiento de sistemas térmicos y vehículos ligeros.

De acuerdo con los resultados se mostró que las emisiones por consumo energético perteneciente al alcance 2 tienen un impacto significativo, siendo de los tres alcances el mayor generador de emisiones de GEI considerando que es un recurso indispensable para la funcionalidad de cualquier IES. Este dato evidencia la necesidad de implementar medidas entorno a la eficiencia energética en la Universidad.

En cuanto las variables mayormente emisoras, la variable de construcciones es la principal, seguida del consumo energético, el consumo de diésel y la generación de residuos. En cuanto al papel y cartón, tiene un impacto mínimo que se atribuye al uso del Sistema Institucional de Correspondencia (SICOINS) el cual permite de

³ En el año 2024, entre estudiantes, académicos y administrativos se contaba en la UAEMéx con un total de 110,450 integrantes.

manera digital el servicio de mensajería oficial en la UAEMéx, lo que ha contribuido a la disminución del uso del papel en la institución. Asimismo, a partir del cálculo obtenido se logró completar el reporte de la Huella de Carbono Institucional que se encuentra en el anexo 9.

3.4.9 Diseño del plan de reducción y compensación de emisiones de GEI

El diseño del plan se encuentra conforme a la estructura propuesta en la metodología, el cual se encuentra en el anexo 10.

3.4.10 Retroalimentación

- a. Identificación de oportunidades y mejoras: A partir del cálculo se logró diseñar un plan de reducción de emisiones de GEI, integrando a la comunidad universitaria. Por otra parte, se recomienda optimizar los registros históricos, por ejemplo, del consumo energético y de los residuos.
- b. Alineación con políticas climáticas: La Universidad participa en el ranking GreenMetric encargado de evaluar universidades a nivel mundial en materia ambiental, se posiciona en el lugar 11 a nivel nacional según la edición 2025 (GreenMetric, 2026). En este sentido, el cálculo de la HCI da cumplimiento con uno de los elementos de este ranking y con ello, a los compromisos y acuerdos ambientales internacionales de reducción de emisiones de GEI.
- c. Seguimiento de la estimación de la HCI: Se recomienda continuar con el cálculo de manera anual.

Discusión de resultados

A partir de los resultados obtenidos de los estándares, normativas, metodologías y herramientas de cálculo de gases de efecto invernadero, se lograron identificar diferencias en el enfoque de cuantificación, unidad de análisis, categorías de emisión, variables y contexto de aplicación. Derivado de lo anterior la revisión reveló una heterogeneidad, elemento relevante que condujo al desarrollo de la metodología particular planteada en un inicio para las IES.

En esta línea, se identificó que el GHG Protocol y la ISO 14064-1:2018 coinciden en algunos elementos técnicos, como fueron la definición de los límites organizacionales, límites operacionales, fuentes de emisión y cálculo de las emisiones. Esta similitud refleja que son fundamentos básicos y de estructura general en la cuantificación de GEI, sin embargo, no responde a las particularidades de una institución educativa.

El análisis permitió distinguir al GHG Protocol como uno de los referentes internacionales de cuantificación, reporte y gestión de gases de efecto invernadero. Este anterior exhibe dos enfoques que responden a contextos territoriales y corporativos que integran fuentes de emisión derivadas de la actividad industrial, comercial y agrícola, lo que dificulta su implementación en diferentes espacios académicos.

De manera particular, la ISO 14067 realiza un análisis de ciclo de vida, mide la huella de carbono de bienes y servicios específicos y no de un espacio como lo son instituciones educativas. Asimismo, la herramienta PAS 2060 busca concretamente demostrar la neutralidad de carbono mediante procesos de verificación. Ambos estándares mostraron que a pesar de ser reconocidos en las cuantificaciones de GEI no son compatibles al contexto de las IES en México debido a sus diferentes enfoques.

En tanto, la norma ISO 14064 presentó también limitaciones en la aplicabilidad al contexto institucional, debido a que está diseñada a una escala territorial y no organizacional. Su estructura y categorías de análisis no corresponden a una IES, además de que los recursos que se requieren para implementar esta norma deben

incluir capacitaciones técnicas constantes y accesibilidad a los procesos de verificación de emisiones. Este escenario para las instituciones educativas suele representar una limitante debido a los requisitos de inversión, que de manera implícita son puntos para cumplir y llevar a cabo la misma.

De igual manera, las calculadoras disponibles de estimación de huella de carbono son diseñadas desde un enfoque de cuantificación individual y empresarial. Se tratan de herramientas digitales que funcionan como medio de sensibilización al usuario, pero no para el cálculo de la HCI en el ámbito académico. Esto debido a las restricciones que conllevan, como la transparencia de información y la nula adaptación al contexto nacional.

El hallazgo principal en la primera etapa fue que estos estándares se rigen por la producción económica, y no por procesos académicos y científicos, que se dictan por las actividades sustantivas y adjetivas características de una Institución de Educación Superior. Es fundamental que no se integren fuentes de emisión que no correspondan al control institucional en virtud de que pueden afectar el resultado del cálculo.

De manera general, las herramientas y estándares existentes no consideran en su totalidad las fuentes de emisión derivadas de las actividades comunes de las IES, lo cual muestra la poca flexibilidad en el sector educativo. Una IES que se caracteriza por contar con una estructura compleja y multifuncional, requiere utilizar lineamientos específicos que permitan el cálculo de su huella de carbono.

En cuanto a los resultados de la etapa 2, se distinguió que la mayoría de los trabajos de HC en los espacios académicos consideran únicamente variables y no utilizan la expresión “indicador”. Es importante señalar que las variables son las que conforman al indicador, de manera que, para efectos de la investigación se construyeron seis indicadores clave: emisiones por consumo de combustibles, emisiones por consumo eléctrico, emisiones por generación de residuos, emisiones por adquisición de suministros, emisiones por construcciones y obra nueva y emisiones por viajes institucionales, los cuales con su integración facilitaron la cuantificación de GEI.

A partir de los diez casos analizados de Green Metric se logró visualizar una tendencia hacia el estándar de GHG Protocol e ISO 14064. Esta revisión proporcionó la selección de las variables que convergen, para posteriormente aplicarlas al estudio de los diferentes organismos académicos de la UAEMex. Una vez manipuladas estas variables se detectó que los casos emplean distintas estructuras metodológicas, lo que se reflejó en los resultados mostrando una gran dispersión. Lo cual también generó que la comparación de la evaluación de HC entre IES fuera fácilmente no viable.

El análisis de las universidades del ranking permitió evidenciar que, a pesar de posicionarse en los primeros lugares, no consideran todas las variables correspondientes en los tres alcances. Tal es caso de la Universidad de Cork no incluye la variable de residuos, la Universidad de Ciencias Aplicadas de Trier solo presenta cuatro variables. Por lo que se deduce que la segregación de variables en su cálculo es debido a la poca disponibilidad de información que involucra la ausencia de registros de datos.

Los casos analizados señalan la adopción de metodologías externas, situación que para las IES de México serían poco representativas al contexto mexicano. Con base al desarrollo de esta etapa se precisa que el utilizar herramientas de cuantificación de GEI generales abre la posibilidad de omitir categorías y fuentes de emisión comunes en un espacio académico, limitando de esta forma la precisión en el cálculo.

En este sentido, los resultados muestran que, para las actividades sustantivas, particularmente docencia, se necesitan de requerimientos principales como son: consumo energético (ID-2) en los diferentes espacios y el uso de recursos como el papel (ID-4). Para la investigación: c) uso de combustibles (ID-1) en viajes académicos e indispensablemente energía (ID-2). En cuanto a la extensión y divulgación, se requieren de los seis indicadores para la realización de los diferentes eventos académicos.

Para las funciones adjetivas, al ser actividades operacionales, necesitan del consumo de energía eléctrica (ID-2), de insumos y suministros (ID-4)

principalmente, y de manera implícita también hacen uso de combustibles (ID-1) y viajes institucionales (ID-3). Todas estas actividades tienen un espacio académico, el cual atiende al ID-5, y como parte de la funcionalidad diaria de cualquier espacio académico, se generan residuos, los cuales son comprendidos en el ID-4.

En esta etapa un aspecto novedoso es la propuesta de la reformulación conceptual para la comprensión de los alcances. Particularmente esta modificación se visualiza en renombrar tanto al alcance 2 como “emisiones semidirectas”, como al alcance 3 como “emisiones indirectas” con el objetivo de comprender claramente la relación y origen de este tipo de emisiones.

De igual modo, los resultados obtenidos en la tercera etapa permitieron concretar el objetivo de la investigación siendo este uno de los principales productos. La MAHCIES es una herramienta ambiental mediante la cual se logró el cálculo de la huella de carbono y al mismo tiempo, permitió generar un diseño como plan de acción destinado a la reducción de las emisiones de GEI. Su estructura comprende diez pasos que van más allá de una secuencia, ya que se presenta como un proceso cíclico que no está aislado del ejercicio cuantitativo.

La principal aportación de la metodología diseñada fue la flexibilidad ante las IES, ya que en el primer paso la MAHCIES no solo establece un límite físico, sino que integra criterios de acuerdo con las características de un espacio académico. Esto representa una de las fortalezas del diseño que atiende a la heterogeneidad existente. Una de las evidencias relevantes es la que conlleva el paso tres de la metodología, el cual destaca por lograr amplitud en las fuentes de emisión consideradas para el cálculo.

Igualmente, se mostró dificultad con la obtención del alcance 3, debido a factores como la generación y organización de la información de las variables de este alcance. No obstante, una de las características de la MAHCIES es proporcionar elementos de análisis, de reflexión y de categorización de toda la información relacionada. La propuesta enfatiza la designación de roles de responsabilidad, mantenimiento y actualización de fuentes documentales y el uso de una matriz de captura que fortalezca y eficiente el proceso del cálculo. Por ello, el estudio no

solo brinda la estructura para la cuantificación, sino establece las condiciones para evaluaciones reproducibles y comparables.

Otro elemento para mencionar son los factores de emisión, ya que los resultados lograron evidenciar las limitaciones de estos datos, mostrando la falta de información disponible para México. Por lo que el estudio también permite visibilizar vacíos que requieren de atención por las partes involucradas en generar dichos datos a nivel nacional.

Un aspecto relevante de la MAHCIES es que el cálculo de emisiones no representa el fin del proceso de evaluación. El resultado de la huella de carbono permite la toma de decisiones informadas, la identificación de áreas de mejora y la optimización del uso de recursos. Por lo tanto, la cuantificación de GEI conduce a la definición de medidas de reducción y compensación en un plan de acción.

La MAHCIES también incluye el cálculo de huella de carbono per cápita. Este dato permite conocer el impacto de cada integrante de los tres sectores que conforman el espacio académico y con ello generar conciencia ambiental que influya en los hábitos individuales y en conjunto contribuyan a la reducción de la huella de carbono de la institución.

Adicionalmente, otra de las principales aportaciones en esta etapa fue el plan de acción que resulta del diagnóstico inicial. Este componente permitió convertir a la huella de carbono en una herramienta de gestión ambiental. La creación de la MAHCIES logró establecer una estructura integral orientada a las IES mexicanas que incluye la generación de información, el cálculo, interpretación, gestión, difusión y mejora.

La cuarta etapa permitió convertir el diseño metodológico al caso real de la UAEMéx con el fin de valorar su aplicabilidad e identificar áreas de mejora para futuras evaluaciones. La Universidad, como caso de estudio implica una organización con estructura compleja basada por funciones sustantivas y adjetivas. Lo descrito llevó a considerar que una IES en su totalidad, es una unidad y no únicamente un edificio o campus como lo suelen tomar otros estudios.

Derivado de la aplicación se identificaron dificultades en la precisión del alcance 3 en el caso de la UAEMéx, ya que se omitieron las variables relacionadas con la movilidad externa debido a la ausencia de bases de datos que respaldaran esta información. De este modo, la MAHCIES visibiliza la poca atención que se brinda a los sistemas de captura de información en los espacios académicos y que en este punto son fundamentales para el cálculo de la HC.

En la identificación de las fuentes de emisión, la matriz propuesta resultó óptima para el cálculo de la UAEMéx, ya que permitió mantener la estructura común y en su caso, excluir las variables no aplicables. A su vez, el resultado de la Huella de Carbono Institucional y la HC per cápita demostró la transformación de información institucional a un indicador ambiental asociado a las actividades sustantivas y adjetivas de la Universidad.

En este punto, la definición de las emisiones por alcance y variables logró identificar las actividades mayormente generadoras de GEI. Esto se evidenció en el alcance 1, ya que se distinguió el consumo de diésel como la principal fuente de emisión. Respecto al alcance 2, este representó una fuente importante, ya que mostró la mayor emisión de gases. Mientras que, dentro del alcance 3 se reconocieron a las construcciones como la variable más emisora.

Bajo este panorama, el diseño metodológico dio pauta a pasar de un elemento cuantitativo a un diagnóstico para la gestión ambiental en las IES. Generó también la percepción del impacto de la universidad a la creación de estrategias de mitigación. Así mismo, se reconoció la importancia de la cuantificación y la interpretación de los resultados para plantear un plan de acción.

Conclusiones

El desarrollo de la presente investigación cumplió con el objetivo general de diseñar una metodología para el cálculo de la HC en las Instituciones de Educación Superior en México, caracterizada por su estructura adaptada al sector educativo responde a la funcionalidad común de estos espacios, los cuales se rigen bajo funciones sustantivas y adjetivas.

La propuesta metodológica es un proceso del cálculo de la huella de carbono accesible que constituye un instrumento ante la ausencia de un estándar particular a este sector, por lo que, dentro del contexto de las IES fortalece su evaluación ambiental y la gestión de sus emisiones de GEI, así como la toma de decisiones de manera informada.

Como parte del estudio, se analizaron las principales herramientas de cuantificación de GEI, los cuales son referentes debido a que presentan la estructura base de una cuantificación de emisiones, sin embargo, han sido concebidos en contextos industriales y empresariales, e integran fuentes de emisión característica de estos entornos, de forma que no representan la dinámica común en una institución educativa que incluye su funcionalidad académica y administrativa, por lo que, no son aplicables directamente al contexto de las IES.

En este punto, es necesario mencionar la importancia de no adoptar fuentes de emisión ajenas al control de un espacio académico, de forma que se concluye que, estos estándares muestran limitaciones técnicas y operacionales no compatibles a las funciones características de una IES. Este hallazgo presenta la necesidad de una adopción contextualizada con criterios metodológicos al ámbito educativo, particularmente a las Instituciones de Educación Superior.

Así mismo, como resultado del objetivo dos, a partir de la revisión de casos internacionales y nacionales en materia de huella de carbono, se logró identificar la dispersión en cuanto a las variables e indicadores empleados. Este panorama refleja inconsistencias en el ámbito educativo, debido a que dificulta la comparación de evaluaciones ambientales entre instituciones, no obstante, a partir del análisis realizado, se obtuvieron un conjunto de variables representativas de las IES.

La selección de estas variables permitió la construcción de los indicadores para el cálculo de la Huella de Carbono Institucional, cada uno fue definido bajo las actividades sustantivas y adjetivas de las Instituciones de Educación Superior, por lo que, reflejan la funcionalidad común en estos espacios y respaldan la metodología diseñada.

A la par, con los objetivos específicos 1 y 2, se completó de manera satisfactoria el objetivo 3, el cual es uno de los principales aportes de esta investigación, que proporciona una metodología conformada por diez pasos clave donde se incluyen elementos técnicos y prácticos para lograr la cuantificación al cálculo de la Huella de Carbono Institucional.

El diseño mantiene consistencia metodológica, rigor técnico, viabilidad operativa, adaptabilidad institucional, e integra categorías de análisis comunes de una IES (variables e indicadores). Es importante mencionar que, un elemento destacable de esta propuesta es que, a diferencia de otras metodologías, va más allá de la cuantificación, involucra la gestión de emisiones como la elaboración de planes de reducción y compensación de GEI, además de incluir elementos de difusión y divulgación como factor clave de cambio dentro del sector educativo.

Del mismo modo, con el fin de brindar conocimiento técnico accesible a las IES de México, uno de los objetivos de la MACHCIES es la accesibilidad (gratuita) a diferencia de otros estándares. Bajo este escenario, retomar la huella de carbono como herramienta de evaluación ambiental en las IES, refleja la adopción de impactos positivos en este sector, que integra el aspecto ambiental, social, cultural e incluso económico.

A partir de su Huella de Carbono Institucional, estos espacios aportan significativamente a la reducción de emisiones desde el papel que tienen dentro de la sociedad, además de dar cumplimiento a los acuerdos y compromisos ambientales internacionales en materia, por lo que existe en primera instancia una aportación ambiental.

Mientras tanto, en el aspecto social, las IES al ser centros de generación de conocimiento, investigación e innovación, logran posicionarse como ejemplo ante la sociedad, además de convertirse en referentes de buenas prácticas con dependencias, gobiernos y organizaciones, de manera que cuentan con la capacidad de vincularse y crear redes para la construcción de proyectos encaminados a la sostenibilidad.

En el aspecto económico el conocer la HCI es también identificar las principales fuentes de emisión de GEI del espacio académico, y con ello, analizar y modificar la actividad la generadora, de forma que se optimice el uso de recursos, se empleen nuevas tecnologías que representen menos gastos económicos, y a largo plazo, favorezca a la gestión ambiental en la IES.

Por el lado cultural, con la difusión y divulgación del cálculo y plan de neutralización se obtiene factores favorables como una nueva percepción de su comunidad, incluyendo estudiantes, académicos y administrativos, encaminándolos a la adquisición de buenas prácticas y en conjunto hacia la sostenibilidad institucional.

Por lo tanto, se concluye que a partir del cálculo de la huella de carbono se logra la toma de decisiones de manera informada, la planeación estratégica, la mejora continua en la institución, así como el fortalecimiento de la educación y cultura ambiental en su comunidad. Y adicionalmente, a mantener la transparencia y rendición de cuentas a través de la comunicación de su evaluación ambiental. En conjunto, estos elementos les concede la facultad de posicionarse como actores clave y de liderazgo institucional ante el sector público y la sociedad civil.

Esta metodología tuvo aplicación en el caso de la UAEMéx, lo que permitió comprobar su viabilidad técnica y operativa, se identificaron principales fuentes de emisiones y áreas mayormente emisoras a fin de maximizar la eficiencia de los recursos y la toma de decisiones. Los resultados del cálculo permitieron diseñar un plan de acción el cual integra metas de reducción de emisiones, ejemplo de ello, es el uso de la energía eléctrica, para el cual se propone una meta de reducción de consumo para el año 2030.

Como resultado de la aplicación al caso de estudio, se evidenció la practicidad de la MAHCIES, que va desde la sistematización de la información, las fuentes de emisión y alcances considerados, así mismo, se identificaron áreas de oportunidad, específicamente, en la disponibilidad y actualización de bases de datos históricos institucionales, lo cual es una de las principales debilidades de los espacios académicos.

Desde la aportación en el aspecto metodológico, el diseño tiene características como: viabilidad técnica, se ajusta a la funcionalidad de una IES; contextualización institucional, integra indicadores clave de relevancia climática en las instituciones; flexible y práctica, tiene precisión en cada paso (alcances, fórmulas y aspectos técnicos).

En cuanto a la contribución al conocimiento, este estudio aporta una metodología dirigida a las IES para el cálculo de su HC, misma que ofrece un procedimiento claro y sistemático para su aplicabilidad, eliminando así las barreras existentes en otras herramientas carente de la contextualización institucional. En la misma línea, se propone el término de Huella de carbono Institucional, que refiere al cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero de las Instituciones de Educación Superior.

Desde un enfoque institucional, se retoma el papel de las IES frente al cambio climático que además de ser generadoras de GEI producto de sus actividades sustantivas y adjetivas, son actores esenciales con la capacidad necesaria de incidir, innovar, investigar y ser partícipes de la transformación social. A partir de su evaluación periódica de HC cumplen con los compromisos y acuerdos nacionales e internacionales en materia de cambio climático y GEI.

Bajo este escenario, la investigación retoma el papel de las Instituciones de Educación Superior como agentes estratégicos ante la sociedad, que tienen la capacidad de fomentar, construir y transformar comunidades y espacios, así como brindar soluciones a los problemas socio ambientales gracias a sus características y competencias, por lo que son líderes de acción ante la situación climática actual.

Finalmente, la huella de carbono funciona como una herramienta de gestión ambiental, que permite realizar una evaluación en espacios como las IES, no obstante, resulta fundamental precisar que, su aplicación no es únicamente un ejercicio técnico, sino que, debe entenderse como un mecanismo de gobernanza ambiental que contribuye a la sostenibilidad en el ámbito educativo, particularmente, en el nivel superior.

Limitaciones y futuras líneas de investigación

- a) En lo que respecta a la recolección de información para el cálculo de la huella de carbono, se presentan limitaciones de carácter administrativo, asociadas a los escasos o incompletos repositorios de datos necesarios para la cuantificación. Generalmente no se cuenta con registros históricos y actualizados, por lo tanto, se sugiere implementar sistemas de información alineados a los indicadores del cálculo, además de la adopción de la matriz de captura de información (paso 6) propuesta en el diseño metodológico.
- b) Otro punto por considerar, son los factores de emisión. Se encontró durante la investigación la poca priorización a estos datos; particularmente, en México, se carece de FE, y la poca información disponible es limitada, debido a que corresponde a datos no actualizados. Esta situación refleja la importancia de atender e impulsar a nivel nacional datos representativos, que permitan desarrollar con mayor precisión estudios futuros.
- c) En la misma línea, y bajo el panorama previamente expuesto, en prospectiva la participación de entidades con atribuciones en materia, genera la oportunidad de colaborar en conjunto con el sector educativo, especialmente, a lo que respecta a los factores de emisión, tal es el caso de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y el Instituto de Ecología y Cambio Climático (INECC), donde este último aborda datos de FE, sin embargo, estos no han sido actualizados lo que propicia el desarrollo y fortalecimiento de la información correspondiente, de modo que permita la cuantificación de emisiones de GEI. Asimismo, da lugar al trabajo en conjunto con estas instituciones, enfocado a la metodología propuesta en esta investigación, de forma que se alcance la validación futura del instrumento.
- d) Como área de oportunidad es indispensable que se fortalezca y visibilice el papel que desempeña el nivel superior en el ámbito educativo como el caso particular de las Instituciones de Educación Superior, de modo que, se reconozca su labor y capacidad de incidencia en la sociedad, pero sobre todo se posicionen como actores de cambio ante la situación climática actual.

- Este estudio invita a integrar a IES en México a temas de sostenibilidad a partir del cálculo de su huella de carbono, por lo que abre la posibilidad de la creación de redes entre instituciones a fin de contribuir a una sola causa. En tanto, el presente estudio es un referente en el enfoque metodológico de GEI. Es dirigido a espacios de nivel superior a involucrarse en su evaluación ambiental y a partir de su cálculo crear planes de acción sobre reducción y compensación de emisiones de GEI, a fin de consolidar la visibilidad de estos espacios como actores estratégicos.

Anexos

○ Anexo 1

Alcance 1

Indicador 1

Nombre del indicador: Emisiones por consumo de combustibles

Clave: ID-1

Cumplimiento de criterios:

Criterio	ID-1
Relevancia climática	x
Representatividad institucional	x
Disponibilidad de los datos	x
Claridad y trazabilidad	x
Adaptabilidad	x
Simplicidad	x
Aplicabilidad estratégica	x
Comparabilidad	x

Tipo de emisión: emisión directa.

Justificación: el funcionamiento de una Institución de Educación Superior requiere de este recurso en actividades como la movilidad interna, el funcionamiento de equipos y sistemas térmicos, mecánicos y en laboratorios, lo cual forma parte de la cotidianidad de la institución, por lo que es un indicador clave de relevancia ambiental que contribuye a la generación de emisiones directas.

Definición conceptual: emisiones de gases de efecto invernadero originadas del consumo de combustibles fósiles.

Unidad de medida: total de litros de combustible consumidos en la Institución de Educación Superior al año.

Litro (l)

Fuente de datos: facturación de combustible.

Cálculo: producto de la cantidad total de litros consumidos del combustible por el dato del factor de emisión correspondiente al combustible.

*Fórmula: (litros de combustible consumido al año) * (factor de emisión del combustible) = CO₂e*

Desglosar por tipo de combustible empleado, por ejemplo:

*(litros de gas LP consumidos al año) * (factor de emisión del gas LP) = CO₂e*

*(litros de gasolina consumida al año) * (factor de emisión de la gasolina) = CO₂e*

*(litros de diésel consumido al año) * (factor de emisión del diésel) = CO₂e*

*(litros de gas natural consumido al año) * (factor de emisión del gas natural) = CO₂e*

Frecuencia de medición: anual

○ **Anexo 2**

Alcance 2

Indicador 2

Nombre del indicador: Emisiones por consumo eléctrico

Clave: ID-2

Cumplimiento de criterios:

Criterio	ID-2
Relevancia climática	x
Representatividad institucional	x
Disponibilidad de los datos	x
Claridad y trazabilidad	x
Adaptabilidad	x
Simplicidad	x
Aplicabilidad estratégica	x
Comparabilidad	x

Tipo de emisión: emisión semidirecta

Justificación: el consumo energético es esencial para la funcionalidad operativa en las IES, actividad que genera gases de efecto invernadero debido a la quema de combustibles fósiles, por lo que su impacto ambiental es relevante en la contribución al cambio climático, siendo un indicador necesario para transitar hacia la eficiencia energética.

Definición conceptual: emisiones de gases de efecto invernadero a partir del consumo energético.

Unidad de medida: total de vatios-horas (Wh) consumidos en la Institución de Educación Superior al año.

Vatio-hora (Wh)

Fuente de datos: facturación de la Comisión Federal de Electricidad (recibos de luz).

Cálculo: Producto del consumo energético anual por el factor de emisión de la energía eléctrica.

*Fórmula: (Wh consumidos al año) * (factor de emisión de la energía eléctrica) = CO₂e*

Frecuencia de medición: anual

Aclaración: Cuando la institución cuenta con celdas fotovoltaicas, la huella de carbono se reduce, ya que no se presenta generación de gases de efecto invernadero, en este caso, no se integra al consumo energético; en su caso, se incluye dentro del plan de reducción y compensación de emisiones de GEI, el cual se indica y precisa en el paso número 10 del diseño metodológico.

○ **Anexo 3**

Alcance 3

Indicador 3

Nombre del indicador: Emisiones por generación de residuos

Clave: ID-3

Cumplimiento de criterios:

Criterio	ID-3
Relevancia climática	x
Representatividad institucional	x
Disponibilidad de los datos	x
Claridad y trazabilidad	x
Adaptabilidad	x
Simplicidad	x
Aplicabilidad estratégica	x
Comparabilidad	x

Tipo de emisión: emisión indirecta

Justificación: la generación de residuos genera emisiones de gases de efecto invernadero durante su disposición final, incineración, transporte y tratamiento; de esta manera se convierte en una fuente de emisión indirecta derivada de la operatividad de la IES; el indicador tiene como propósito trabajar en la gestión correcta de los residuos en los espacios académicos.

Definición conceptual: emisiones de gases de efecto invernadero a partir del consumo energético.

Unidad de medida: cantidad total de residuos generados en kilogramos (kg) en la Institución de Educación Superior al año.

Kilogramos (kg)

Fuente de datos: bases de datos e inventarios de la Institución de Educación Superior.

Cálculo: producto de los kilogramos de residuos generados al año por el factor de emisión de los residuos.

$$\text{Fórmula: } (\text{kg de tipo de residuos generado al año}) * (\text{factor de emisión del residuo generado}) = \text{CO}_2\text{e}$$

Desglosar por tipo de residuo generado, por ejemplo:

$$(\text{kg de residuos sólidos urbanos generados al año}) * (\text{factor de emisión de residuos sólidos urbanos}) = \text{CO}_2\text{e}$$

$$(\text{kg de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) generados al año}) * (\text{factor de emisión de los RAEE}) = \text{CO}_2\text{e}$$

$$(\text{kg de residuos especiales generados al año}) * (\text{factor de emisión de residuos especiales}) = \text{CO}_2\text{e}$$

Frecuencia de medición: anual

○ **Anexo 4**

Indicador 4

Nombre del indicador: Emisiones por adquisición de insumos y suministros

Clave: ID-4

Cumplimiento de criterios:

Criterio	ID-4
Relevancia climática	x
Representatividad institucional	x
Disponibilidad de los datos	x
Claridad y trazabilidad	x
Adaptabilidad	x
Simplicidad	x
Aplicabilidad estratégica	x
Comparabilidad	x

Tipo de emisión: emisión indirecta

Justificación: todo insumo y suministro durante su ciclo de vida generan gases de efecto invernadero que van desde su producción, debido a la extracción de materias primas, manufactura, transporte y la distribución de los materiales. El uso de estos recursos es indispensable para el cumplimiento de las funciones sustantivas y adjetivas de una IES.

Definición conceptual: emisiones de gases de efecto invernadero de los insumos y suministros producidas durante su ciclo de vida.

Unidad de medida: unidad que corresponda definida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Fuente de datos: bases de datos, registros contables e inventarios de la adquisición de insumos y del suministro de la Institución de Educación Superior.

Cálculo: producto de los kilogramos de insumos y suministros adquiridos al año por el factor de emisión de los insumos y suministros.

*Fórmula: (kg de insumo/ suministro al año) * (factor de emisión de insumo/ suministro) = CO₂e*

Desglosar por tipo de insumos y suministros, por ejemplo:

*(kg de insumos de limpieza adquiridos al año) * (factor de emisión de los insumos de limpieza) = CO₂e*

*(kg de insumos de mantenimiento adquiridos al año) * (factor de emisión de insumos de mantenimiento) = CO₂e*

*(kg de suministros de papelería adquiridos al año) * (factor de emisión de suministros de papelería) = CO₂e*

*(kg de equipos electrónicos y eléctricos adquiridos al año) * (factor de emisión de equipos electrónicos y eléctricos) = CO₂e*

Frecuencia de medición: anual

○ **Anexo 5**

Indicador 5

Nombre del indicador: Emisiones por edificaciones nuevas, remodelaciones y acondicionamiento.

Clave: ID-5

Cumplimiento de criterios:

Criterio	ID-5
Relevancia climática	x
Representatividad institucional	x
Disponibilidad de los datos	x
Claridad y trazabilidad	x
Adaptabilidad	x
Simplicidad	x
Aplicabilidad estratégica	x
Comparabilidad	x

Tipo de emisión: emisión indirecta

Justificación: durante el proceso de construcción de edificaciones nuevas, remodelación y/o acondicionamiento se generan emisiones de gases de efecto invernadero significativas debido a los materiales empleados, así como al consumo de recursos y al uso de maquinaria durante el proceso de edificación, por lo que es un indicador clave de impacto climático en cuanto a la magnitud territorial.

Definición conceptual: emisiones de gases de efecto invernadero durante la construcción de edificios nuevos, remodelación y acondicionamiento.

Unidad de medida: total, del área construida en metros cuadrados y total del área de obra nueva en metros cuadrados.

m²

Fuente de datos: bases de datos y registros de la Institución de Educación Superior.

Cálculo: metros cuadrados construidos de edificios nuevos, remodelación o acondicionamiento por el factor de emisión de edificios nuevos, remodelación o acondicionamiento.

*Fórmula: (m² construidos de edificios nuevos) * (factor de emisión de construcción de edificios nuevos) = CO₂e*

*(m² de remodelaciones) * (factor de emisión de remodelaciones) = CO₂e*

*(m² acondicionamiento) * (factor de emisión de acondicionamiento) = CO₂e*

Frecuencia de medición: anual

○ **Anexo 6**

Indicador 6

Nombre del indicador: Emisiones por viajes institucionales

Clave: ID-6

Cumplimiento de criterios:

Criterio	ID-6
Relevancia climática	x
Representatividad institucional	x
Disponibilidad de los datos	x
Claridad y trazabilidad	x
Adaptabilidad	x
Simplicidad	x
Aplicabilidad estratégica	x
Comparabilidad	x

Tipo de emisión: emisión indirecta

Justificación: en el contexto institucional al realizar movilidad externa (fuera de la IES), se refleja una contribución indirecta; en cada desplazamiento se generan emisiones de gases de efecto invernadero, ya sea por vía terrestre, aérea o marítima, debido al uso de combustibles fósiles, que, al quemarse, liberan estos gases y, de esta forma, contribuyen al cambio climático.

Definición conceptual: emisiones provenientes de viajes institucionales de personal académico, administrativo y de la comunidad estudiantil.

Unidad de medida: unidad que corresponda definida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

metros (m)

Fuente de datos: bases de datos y registros de viáticos y comisiones de la comunidad institucional.

Cálculo: producto de los metros recorridos en el viaje por vía terrestre, aérea o marítima, por el factor de emisión de vía terrestre, aérea o marítima.

*Fórmula: (metros recorridos por vía terrestre) * (factor de emisión por vía terrestre) = CO₂e*

*(metros recorridos por vía aérea) * (factor de emisión por vía aérea) = CO₂e*

*(metros recorridos por vía marítima) * (factor de emisión por vía marítima) = CO₂e*

Frecuencia de medición: anual

○ **Anexo 7**

Reporte de Huella de Carbono Institucional (HCI)

Presenta: (nombre de la Institución de Educación Superior)

Localización: (colocar ubicación de la IES)

Año del cálculo: (año del cálculo de la HCI)

Colocar logo
de la IES

Límites físicos: (colocar el espacio o espacios considerados en el cálculo y, en caso de haber considerado a la IES en su totalidad, colocar el nombre de la IES, acompañado de “en su conjunto”)

1. Indicadores:

Clave	Indicador	Evaluado
ID-1	Emisiones por consumo de combustibles	X
ID-2	Emisiones por consumo eléctrico	X
ID-3	Emisiones por generación de residuos	X
ID-4	Emisiones por adquisición de insumos y suministros	X
ID-5	Emisiones por construcciones y obra nueva	X
ID-6	Emisiones por viajes institucionales	X

Colocar una “X” en el indicador considerado en el cálculo de la HCI.

Observaciones: En caso de no considerar los seis indicadores, describir la razón de la decisión a manera de justificación.

2. Alcances:

Alcances	Alcance 1 Emisiones directas	Alcance 2 Emisiones semi indirectas	Alcance 3 Emisiones indirectas
Evaluado	X	X	X

Observaciones: En caso de no considerar los tres alcances, describir la razón de la decisión a manera de justificación.

Resultado

Huella de Carbono Institucional

TOTAL

kg de CO₂e

colocar total de la HCl del año evaluado

PER CÁPITA

Kg de CO₂e

colocar total de HCl por persona

- **Anexo 8**

Plan de acción de la Huella de Carbono

Institucional: (colocar nombre la Institución de Educación Superior)

Colocar logo
de la IES

Objetivo

Reducir y compensar las emisiones de gases de efecto invernadero originadas en la (nombre de la IES), mediante la aplicación de un plan de neutralización, con el propósito de contribuir a la mitigación del contexto climático

Diagnóstico base

- **Huella de Carbono Institucional:** colocar el resultado del cálculo de la HCI

Diseño del plan

- **Metas de reducción**

Colocar metas de reducción de emisiones de GEI por alcance (1,2 y 3) o por indicador. Cada meta irá acompañada de sus estrategias y plazo para su cumplimiento.

- **Metas de compensación**

Colocar metas de compensación de emisiones de GEI por alcance (1,2 y 3) o por indicador. Cada meta irá acompañada de sus estrategias y plazo para su cumplimiento.

Monitoreo

- **Nombres de los responsables ambientales**

Colocar una lista de los encargados (responsables ambientales) de la elaboración del plan de neutralización.

- **Seguimiento**

Describir el seguimiento de las metas; aplica una vez se ponga en acción el plan de neutralización.

- **Difusión y divulgación del plan**

Describir las estrategias y actividades para la difusión y divulgación del plan de neutralización en la comunidad del espacio académico.

○ **Anexo 9**

Reporte de Huella de Carbono Institucional (HCI)

Presenta: Universidad Autónoma del Estado de México

Localización: Estado de México, México

Año del cálculo: 2024

Límites físicos: Universidad Autónoma del Estado de México en su totalidad



1. Indicadores:

Clave	Indicador	Evaluado
ID-1	Emisiones por consumo de combustibles	X
ID-2	Emisiones por consumo eléctrico	X
ID-3	Emisiones por generación de residuos	X
ID-4	Emisiones por adquisición de insumos y suministros	X
ID-5	Emisiones por construcciones y obra nueva	X
ID-6	Emisiones por viajes institucionales	

Observaciones: No se consideró el ID-6, debido a la limitación informativa.

2. Alcances:

Alcances	Alcance 1 Emisiones directas	Alcance 2 Emisiones semi indirectas	Alcance 3 Emisiones indirectas
Evaluado	X	X	X

Resultado

Huella de Carbono Institucional

TOTAL

10,384,211.52 kg de CO₂e

PER CÁPITA

94 kg de CO₂e

- **Anexo 10**

Plan de acción de la Huella de Carbono Institucional de la Universidad Autónoma del Estado de México



Objetivo

Reducir y compensar las emisiones de gases de efecto invernadero originadas en la UAEMéx, mediante la aplicación de un plan de neutralización, con el propósito de contribuir a la mitigación del contexto climático.

Diagnóstico base

- **Huella de Carbono Institucional:** 2024: 10,384,211.52 kg de CO₂e

Diseño del plan

- **Metas de reducción**

Fuente de emisión	Meta	Estrategia	Indicador	Año objetivo
Consumo de energía eléctrica	Reducir el consumo de energía eléctrica	Transición de energía convencional a energía verde	Toneladas de CO ₂ e evitadas por consumo energético	2030 ⁴
Residuos	Reducir la generación de residuos	Implementación de programas de consumo responsable y concientización	Toneladas de CO ₂ e evitadas por reducción de emisiones	2030
Movilidad institucional	Reducir las emisiones de GEI por la movilidad institucional	Sustituir vehículos institucionales por unidades híbrida o eléctricas	Toneladas de CO ₂ e evitadas por el uso de unidades híbridas y eléctricas	2030

- **Metas de compensación**

Meta	Estrategia	Indicador
Compensar emisiones de GEI producto de las actividades sustantivas	Campaña anual de reforestación	Toneladas de CO ₂ e compensadas por área reforestada

⁴ Las metas descritas están en función con la Agenda 2030.

	Campaña anual de residuos PET y taparroscas	Toneladas de CO ₂ e evitadas por la campaña
	Ampliación de servicio de Potrobús (unidades híbridas)	Toneladas de CO ₂ e evitadas por el uso de unidades híbridas
	Implementación de paneles solares en los espacios de la Universidad	Toneladas de CO ₂ e evitadas por implementación de energías verdes

○ **Monitoreo**

Nivel	Encargado	Función
Universidad	Dirección de Fomento Ambiental	Coordinar el proceso de evaluación de la HC y capacitara a los responsables ambientales de cada espacio.
Por espacio universitario	Responsable ambiental en cada espacio de la Universidad	Capturar información necesaria para el cálculo y coordinar el proceso de la HC en su espacio.

○ **Difusión y divulgación del plan**

Para la difusión del plan de neutralización, se propone realizar publicaciones en el sitio oficial de la UAEMéx y de la Dirección de Protección al Ambiente, así como en redes sociales oficiales, se integrarán productos audiovisuales como infografías y cápsulas informativas dirigidas a la comunidad universitaria.

Plan de difusión y divulgación	
Sector	Actividad
Estudiantes	Pláticas, talleres, brigadas
Académicos	Incorporación en temas de clase
Administrativos	Apoyo logístico y capacitación
Autoridades	Presentación oficial de resultados

○ **Anexo 11**

Asunto: Solicitud de información para cálculo de Huella de Carbono en la UAEMéx

Toluca, México; 28 de febrero de 2025

M. en Ing. Raúl Vera Noguez
Director de la Dirección de Protección Ambiental
Universidad Autónoma del Estado de México

Presente

Reciba un cordial saludo, por este medio me permito dirigirme a usted de manera respetuosa con el fin de solicitar información relevante para el desarrollo de mi proyecto de investigación de maestría en Ciencias Ambientales, cuyo objetivo es el cálculo de la huella de carbono de nuestra honorable institución.

En este sentido, de la manera más atenta solicito los datos correspondientes al año 2024 relacionados con los siguientes aspectos:

- Consumo energético (electricidad y otras fuentes).
- Consumo de combustibles utilizados en las instalaciones universitarias.
- Generación de residuos sólidos y su disposición.
- Extensión y superficie de las construcciones universitarias.
- Consumo de insumos, particularmente papel, y otros materiales de uso institucional.
- Registro de viajes institucionales realizados por la Universidad, tanto por vía terrestre como aérea.

La información solicitada será utilizada exclusivamente con fines académicos y en el marco de mi proyecto de investigación de maestría, por lo que se garantiza un manejo responsable de los datos proporcionados.

Agradezco de antemano la atención prestada a la presente solicitud y quedo en espera de su favorable respuesta.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente



Lic. Yoselin Montoya García
Estudiante de la Maestría en Ciencias Ambientales de la Facultad de Química

○ **Anexo 12**

Asunto: Solicitud de información para cálculo de Huella de Carbono en la UAEMéx

Toluca, México; 28 de febrero de 2026

M. en D. y A.E.S Israel Reyes
Director de la Dirección de Fomento Ambiental
Universidad Autónoma del Estado de México

Presente

Reciba un cordial saludo, por este medio me permito dirigirme a usted de manera respetuosa con el fin de solicitar información relevante para el desarrollo de mi proyecto de investigación de maestría en Ciencias Ambientales, cuyo objetivo es el cálculo de la huella de carbono de nuestra honorable institución.

En este sentido, de la manera más atenta solicito los datos correspondientes al año 2025 relacionados con los siguientes aspectos:

- Consumo energético (electricidad y otras fuentes).
- Consumo de combustibles utilizados en las instalaciones universitarias.
- Generación de residuos sólidos y su disposición.
- Extensión y superficie de las construcciones universitarias.
- Consumo de insumos, particularmente papel, y otros materiales de uso institucional.
- Registro de viajes institucionales realizados por la Universidad, tanto por vía terrestre como aérea.

La información solicitada será utilizada exclusivamente con fines académicos y en el marco de mi proyecto de investigación de maestría, por lo que se garantiza un manejo responsable de los datos proporcionados.

Agradezco de antemano la atención prestada a la presente solicitud y quedo en espera de su favorable respuesta.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente



Lic. Yoselin Montoya García
Estudiante de la Maestría en Ciencias Ambientales de la Facultad de Química

Referencias

- Aguilar, M. (2024). Metodología para el cálculo de la huella de carbono en las universidades cubanas. Estudio de caso: Universidad de La Habana (Vol. 11, Number 1). <https://revista.congresouniversidad.cu/congreso/article/view/5>
- Alberto, A.P., & Jarquín, A. (2022). El planeta amenazado y amenazante por el cambio climático. <https://orcid.org/0000-0001-5949-2167>
- Amador, C.M. (2018). Ventajas del liderazgo distribuido en instituciones de educación superior / Advantages of distributed leadership in institutions of higher education. *RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación y El Desarrollo Educativo*, 8(15), 817–832. <https://doi.org/10.23913/ride.v8i15.322>
- Bárcena, A., Samaniego, J. L., Wilson P., & Alatorre, J.E. (2020). *La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe: ¿Seguimos esperando la catástrofe o pasamos a la acción?* Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). <https://www.cepal.org/es/publicaciones/45677-la-emergencia-cambio-climatico-america-latina-caribe-seguimos-esperando-la>
- Battistini, R., Passarini, F., Marrollo, R., Lantieri, C., Simone, A., & Vignali, V. (2023). How to assess the carbon footprint of a large university? The case study of University of Bologna's multicampus organization. *Energies*, 16(1), 166. <https://doi.org/10.3390/en16010166>
- Bautista, J., Sierra, Y., & Bermeo, J. F. (2022). Greenhouse Gas Emissions in Higher Education Institutions. *Produccion y Limpia*, 17(1), 169–186. <https://doi.org/10.22507/PML.V17N1A10>
- Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. (2024). Sustentabilidad de la BUAP. <https://desarrollosustentable.buap.mx/sites/default/files/Manual%20de%20Sustentabilidad%20BUAP%20AID-2-6.pdf>
- Caballero, M., Lozano, S., & Ortega, B. (2007). Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la Tierra. <http://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/int78.htm>

Carbon Footprint, 2026

Carbone, B. (2017). Methodological guidelines Accounting principles and objectives.

Cervantes, G. (2017). Sistema de indicadores de desarrollo sustentable: evaluación del nivel de desarrollo.

Comisión Federal de Electricidad. (2017). Guía para determinar el factor de emisión de bióxido de carbono equivalente para el Sistema Eléctrico Nacional (Especificación CFE SPA00-63). Laboratorio de Pruebas de Equipos y Materiales (LAPEM). <https://lapem.cfe.gob.mx/normas/pdfs/t/SPA00-63.pdf>

ClimateHero (s.f.).

De la Parra, & Mercado. (2023). Impacto de funciones adjetivas en la capacidad de gestión para resultados: caso de una institución pública de educación superior. *RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación y El Desarrollo Educativo*, 14(27). <https://doi.org/10.23913/ride.v14i27.1573>

Díaz, G. (2012). CIENCIA Y SOCIEDAD Volumen XXXVII, Número 2 Abril-Junio 2012. EL CAMBIO CLIMÁTICO. In *Ciencia y Sociedad: XXXVII* (Number 2).

Espíndola, C., & Valderrama, J. O. (2012). Huella del carbono. Parte 1: conceptos, métodos de estimación y complejidades metodológicas. *Informacion Tecnologica*, 23(1), 163–176. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642012000100017>

Estenssoro, F. (2021). Who is destroying life on the planet? The confrontation of the Anthropocene and Capitalocene concepts in the environmental debate. *Universum*, 36(2), 661–681. <https://doi.org/10.4067/S0718-23762021000200661>

Felipe, J., & Gómez, Z. (2024). Desarrollo de calculadora de carbono para cuantificar la huella de carbono generada por los empleados de la Universidad de Antioquia. www.udea.edu.co

- Fernández-Reyes, R. (2015). La comunicación de la huella de carbono como herramienta ante el cambio climático. *Razón y Palabra*. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=199536848033>
- Galán, N. M., García, F. J., Cevallos, M. A., & Coronel, H. L. (2023). Elementos explicativos de la innovación en las Instituciones de Educación Superior (IES). *RECIAMUC*, 7(4), 65–73. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/7.\(4\).oct.2023.65-73](https://doi.org/10.26820/reciamuc/7.(4).oct.2023.65-73)
- Gálvez-Campos, B., Sosa, F., De León, A., Hernández, D., Escalante, M., Castañeda, L., & González, F. (2025). Greenhouse gas emissions of a university campus in Guatemala: Foundations for a carbon-neutral footprint by 2040. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 41, 27–37. <https://doi.org/10.20937/RICA.55235>
- GHG Protocol. (2001). *Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte*.
- GHG Protocol. (2014). *Estándar de contabilidad y de reporte para las ciudades*.
- Global Climate and Health Alliance. (2023). Mitigación del metano: Una estrategia global de salud. Informe general. <https://climateandhealthalliance.org/wp-content/uploads/2023/09/MethaneReport-Overview-ES.pdf>
- Huella del Carbono (HdC) en la Enseñanza Universitaria. (2018). *Formación Universitaria*, 11(4), 1–1. <https://doi.org/10.4067/s0718-50062018000400001>
- Ihobe S.A. (2013). *7METODOLOGIAS*.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2022). Guía sobre escenarios de Cambio Climático para tomadores de decisiones. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. http://140.84.163.2:8080/xmlui/bitstream/handle/publicaciones/395/Guia_de_Escenarios_CC_mar2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- IPCC. (2007). Informe aceptado por el Grupo de Trabajo I del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático.

- ISO 14064. (2018). *ISO 14064-1: 2018*. www.iso.org
- Jimeno, A. (2009). Calentamiento global: verdades y especulaciones. In *Dimens. empres* (Vol. 7, Number 2). <http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:Temp-417k.png>
- Kiehle, J., Kopsakangas-Savolainen, M., Hilli, M., & Pongrác, E. (2023). Carbon footprint at institutions of higher education: The case of the University of Oulu. *Journal of Environmental Management*, 329. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.117056>
- Lazaro-Acero, H., Miñano-Colchado, M., Durán-Bazán, H., Calderon-Vera, A., & Rodriguez-Alday, J. (2024). Review: Carbon footprint for the climate sustainability of the future. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2024.1.1.1529>
- Liu, Y., Sheng, J., Rigby, M., Ganesan, A., Kim, J., Western, L. M., Mühle, J., Park, S., Park, H., Weiss, R. F., Salameh, P. K., O'Doherty, S., Young, D., Krummel, P. B., Vollmer, M. K., Reimann, S., Lunder, C. R., & Prinn, R. G. (2024). Increases in Global and East Asian Nitrogen Trifluoride (NF₃) Emissions Inferred from Atmospheric Observations. *Environmental Science and Technology*. <https://doi.org/10.1021/acs.est.4c04507>
- María Victoria Mondéjar-Navarro, Rosario Viñoles-Cebolla, M^a José Bastante-Ceca, Daniel Collado-Ruiz, & Salvador Capuz-Rizo. (2011). *CIIP11_1950_1959*.
- Martín, R. S., Quiñonez, W., LoPrete, D. V., & Rossi, P. V. (2023). Radiación infrarroja y efecto invernadero. *Terrae Didactica*, 19, e023004. <https://doi.org/10.20396/td.v19i00.8671534>
- Mata, Y. (2019). 12(l) pp. 16–18. <https://www.footprint->
- Medina-Arboleda, I. F., & Páramo, P. (2024). Declaraciones de asociaciones profesionales en Latinoamérica sobre el cambio climático. *Acta Colombiana de Psicología*, 27(2), 1–10. <https://doi.org/10.14718/acp.2024.27.2.0>

- Medina-Contento, A., & Cárdenas-Aguirre, D. M. (2023). Instituciones de educación superior. una mirada desde las operaciones. *Revista Interamericana de Investigación Educación y Pedagogía RIIEP*, 16(1), 169–187. <https://doi.org/10.15332/25005421.7954>
- Mendoza-Flores, R., Quintero-Ramírez, R., & Ortiz, I. (2019). The carbon footprint of a public university campus in Mexico City. *Carbon Management*, 10(5), 501–511. <https://doi.org/10.1080/17583004.2019.1642042>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2024). Guía para el cálculo de la Huella de Carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización. <https://cpage.mpr.gob.es/>
- Molina, H. D., Reyes, S. G., Castillo, F., & Rojano, S. M. (2013). Estimación de la huella de carbono de una institución de educación media superior y superior.
- Mondéjar-Navarro, M. V., Rosario Viñoles-Cebolla, M^a José Bastante-Ceca, Daniel Collado-Ruiz, & Salvador Capuz-Rizo. (2011). *CIIP11_1950_1959*.
- Montoya-García Y., Calderón Maya J.R., & Colín Mercado N.A. (2023). Propuesta de neutralización de la Huella de Carbono de la Universidad Autónoma del Estado de México, derivada de las actividades sustantivas del año 2021 Y 2022. Universidad Autónoma del Estado De México.
- Moravia, S., Por, X., & Arango, N. E. (2007). *Investigación y Revisión Gestión y Ambiente Documentos*.
- Moreno, R. E. Q., Luis, J., Salcido, P., & Rivera Mejía, J. (2021). *Sociedad, permacultura y agricultura sustentable*. Hacia una educación y cultura ambiental Estimación de la Huella Ecológica con base a los límites de confianza del Instituto Tecnológico de Chihuahua Ecological Footprint estimation based on the limits of trust at the Technological Institute of Chihuahua.
- Neri, J. C., Santos J. L. & Arriaga, M. G. (2020). Responsabilidad social y huella ecológica: el caso de la Universidad Politécnica de San Luis Potosí. *Cultura*

Económica, 38(100), 66–92. <https://doi.org/10.46553/cecon.38.100.2020.p66-92>

OECD. (2019). El futuro de la educación superior en México: Fortalecimiento de la calidad y la equidad, Revisión de Políticas Nacionales de Educación.

Planton, S., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., & Midgley, P. M. (2018). *Glosario_IPCC*.

REYES, O., MÉNDEZ, C., MALDONADO, A., VELÁSQUEZ, H., TREJO, V., CARDENAS, M., & ABARZÚA, A. M. (2009). 50616416006. 37, 91–107. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=50616416006>

Rodríguez, E., & Luz Quintanilla, A. (2019). Relación ser humano-naturaleza: Desarrollo, adaptabilidad y posicionamiento hacia la búsqueda de bienestar subjetivo. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?>

Rodríguez Varela, D., de León Lafuente, L. A., & Judith Galarza López, D. C. (2015). *CURRENT CHALLENGES FOR HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS IN THE AREA OF MANAGEMENT*. <http://rus.ucf.edu.cu/>

Romero, M., Salazar, J., & Hoess, T. (2020). Metodologías para la estimación de la huella de CO 2 en instituciones de educación superior: explorando un modelo para implementar en la Escuela Methodologies for estimating carbon footprint in higher education institutions: Exploring models for implementation at Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

Santiago, P. H., & Ortiz, L. A. H. (2023). Current status of Higher Education quality in Mexico. Accredited bachelor level programs. *Revista de La Educacion Superior*, 52(207), 1–30. <https://doi.org/10.36857/resu.2023.207.2564>

Schneider, H., & Samaniego, J. (2010). *La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios*.

Secretaría de Educación Pública. (2024). Universidades Públicas Estatales UPE. Dirección General de Educación Superior Universitaria e Intercultural. <https://educacionsuperior.sep.gob.mx/Instituciones-SES/Instituciones-UPE>

- Soledispa-Rodríguez, Sumba-Bustamante, & Yoza-Rodríguez. (2021). *Ciencias de la Educación Articulation of the substantive functions of Higher Education and its impact on professional training competencias Articulação das funções substantivas do Ensino Superior e seu impacto nas competências de formação profissional*. 7(1), 1009–1028. <https://doi.org/10.23857/dc.v7i1.1753>
- Tamayo, M. (2003). . www.noriega.com.mx
- Times Higher Education (2025). Universidad Autónoma del Estado de México. World University Rankings. <https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/universidad-autonoma-del-estado-de-mexico-uaemex>
- Trespacios, J. (2012). *Gases y efecto invernadero*.
- UANL. (2023). *Reporte_de_Sustentabilidad_2023 UANL*.
- Universidad Autónoma del Estado de México. (2024). Agenda estadística 2024. <https://sdfi.uaemex.mx/docs/docs/AE-2024-c.pdf>
- Universidad Autónoma del Estado de México. (2025). Cuarto Informe Anual de Actividades.
- Universidad Autónoma del Estado de México. (2026). Primer Informe Anual de Actividades 2025. https://1erinforme2025.uaemex.mx/wp-content/uploads/2026/02/1IA_MPZD_web_27_02_2026.pdf
- Valls-Val, K., & Bovea, M. D. (2021). Carbon footprint in Higher Education Institutions: a literature review and prospects for future research. In *Clean Technologies and Environmental Policy* (Vol. 23, Number 9, pp. 2523–2542). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s10098-021-02180-2>
- Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (A/RES/70/1)*. <https://sdgs.un.org/2030agenda>