

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



REVISTA INDUSTRIAL 4.0

ISSN-L 2958-0188
JUNIO 2026

Nro.
13
EDICIÓN
DIGITAL

INDEXADA AL DIALNET



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Maria Eugenia García Moreno Ph. D.
Dr. Tito V. Estevez Martini
M.Sc. Ing. Miguel Angel Calla Carrasco
M.Sc. Ing. Marcelo Ramirez Molina
Mg. Ing. Aldo Felipe Vargas Pacheco

Rector
Vicerrector
Decano Facultad de Ingeniería
ViceDecano Facultad de Ingeniería
Director de Carrera Ingeniería Industrial

Revista Industrial 4.0
Edición impresa N°13 Junio 2026

Comite Editor:

M.Sc. Ing. Fernando Sanabria Camacho
Ing. Mario Zenteno Benitez PhD.
Ing. Oswaldo Terán Modragón PhD.
Ing. Mónica Lino Humerez PhD.
Ing. Franz Zenteno Benitez PhD.

Diseño Versión Impresa & Web:
Ing. Enrique Orosco Crespo

Imagen Tapa:
unsplash.com/es

Imprenta:
ITM Latinoamericana

Deposito Legal:
4 - 3 - 68 - 2020

Web:
<http://industrial.umsa.bo/revistaindustrial-40>
Email:
revistaindustrial4.0@umsa.bo

Dirección:
Av. Mcal. Santa Cruz, Plaza Del Obelisco.
Mezzanine, Edificio Facultad de Ingeniería.
Tel. 2205000 - 2205067 Int. 1402

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



REVISTA INDUSTRIAL 4.0

**EDICIÓN DIGITAL N° 13
JUNIO - 2026**

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Maria Eugenia Garcia Moreno Ph. D.	Rectora
Dr. Tito V. Estevez Martini	Vicerrector
M.Sc. Ing. Miguel Angel Calla Carrasco	Decano Facultad de Ingeniería
M.Sc. Ing. Marcelo Ramirez Molina	ViceDecano. Facultad de Ingeniería
Mg. Aldo Felipe Vargas Pacheco	Director de Carrera Ingeniería Industrial

Revista Industrial 4.0
Edición Digital N°. 13 - Junio 2026

Comite Editor:

M.Sc. Ing. Fernando Floren Sanabria Camacho
Ing. Mario Fermín Zenteno Benítez Ph.D.
Ing. Oswaldo Fernando Terán Modregón Ph.D.
Ing. Paula Mónica Lino Humerez Ph.D.
Ing. Franz Zenteno Benítez Ph.D.

Diseño Tapa Versión Impresa & Web:
Ing. Enrique Orosco Crespo

Imagen Tapa:
unsplash.com/es

Imprenta:
ITM LATINOAMÉRICA

Deposito Legal:
4 - 3 - 68 - 2020

Web:
<https://industrial.umsa.bo/revistaindustrial-40>
Email:
revistaindustrial4.0@umsa.bo

Av. Mcal. Santa Cruz N° 1175, Plaza del Obelisco
Mezzanine, Edificio Facultad de Ingeniería
Telf. 2205000-2205067, Int. 1402
Campus Universitario, Cota Cota - calle 30

PROLOGO

Revista "Industrial 4.0"

Frente a la volatilidad social y económica actual, la 13ª edición de la Revista Científica INDUSTRIAL 4.0 demuestra cómo la ingeniería industrial actúa como un flujo sinérgico que transfiere innovación integral a las organizaciones. Este ecosistema unificado inicia en la transformación digital, donde el Control basado en eventos para la eficiencia energética optimiza el flujo de datos industriales en procesos complejos. Dicha eficiencia se traslada al ámbito de la salud con el Monitoreo inteligente mediante IoT en Farmacéutica, asegurando estricta trazabilidad térmica regulatoria, y se acopla a las decisiones comerciales y de inventarios con el Pronóstico de la demanda mediante el modelo Prophet, reduciendo drásticamente la incertidumbre logística.



Esta resiliencia operativa converge directamente con la sustentabilidad y el aprovechamiento de recursos. La autonomía energética industrial se impulsa con el Generador asíncrono en generación distribuida, mientras que el modelo de Inventario de Gases de Efecto Invernadero aplicado en la Facultad de Ingeniería de la UMSA audita consumos para viabilizar la reducción de costos operativos, mismo que puede ser replicado en cualquier tipo de organización. Asimismo, la Modelación matemática de los niveles de presión sonora vehicular redefine el diseño de centros logísticos urbanos. En ingeniería de procesos y economía circular, el modelado térmico de Liofilización del Copoazú y de la Liofilización del Mango añade alto valor comercial a recursos amazónicos con bajo consumo energético, sincronizándose con el uso estratégico de Chamota en pastas cerámicas estructurales para reducir costos de materias primas en la construcción.

Finalmente, se abarcan temas de la gobernanza del entorno donde se consolidan estos analizando la Dinámica de exportaciones no tradicionales, los riesgos del Ciclo inmobiliario y las estructuras para Emprendimientos industriales. Para garantizar la

confiabilidad operativa en planta, el estudio contra el P-hacking previene decisiones erróneas por falsos positivos en el control de calidad. Este despliegue de valor es articulado y sostenido por el talento humano validado por la Acreditación ARCU-SUR en la Carrera de Ingeniería Industrial de la UMSA. Así, esta edición reafirma que la frontera científica no es un esfuerzo aislado, sino un engranaje integrado de alta eficiencia y productividad que potencia la sostenibilidad socioeconómica de las organizaciones, empresas, actores normativos a nivel local y regional.

Mg. Aldo Felipe Vargas Pacheco
DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN UNIVERSIDADES COMO ESTRATEGIA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y OPTIMIZACIÓN DE COSTOS OPERATIVOS: UNA PRIMERA APROXIMACIÓN APLICADA A LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UMSA

Tania Ángela Terán Mita

Nº ORCID: 0000-0003-4301-670X

tateran@umsa.bo

Instituto de Investigaciones Industriales, Facultad de Ingeniería – Universidad
Mayor de San Andrés (UMSA)

RESUMEN

La medición de la huella de carbono y/o la realización de gases de efecto invernadero (GEI) en instituciones de educación superior constituye una herramienta clave para la gestión ambiental, la eficiencia energética y la reducción de costos operativos. Este artículo analiza los fundamentos metodológicos de la cuantificación de emisiones de GEI en universidades, enfatizando su aplicación como mecanismo estratégico de toma de decisiones. Se propone un modelo de implementación aplicable a la Facultad de Ingeniería (de la Universidad Mayor de San Andrés), considerando características propias del contexto departamental. A partir de revisión bibliográfica y estudios de caso en América Latina, se identifican fuentes de emisión relevantes, metodologías de cálculo basadas en estándares internacionales como ISO 14064, y oportunidades de mitigación. Se presentan estimaciones aproximadas de emisiones, análisis de potenciales ahorros energéticos y escenarios de intervención. Los resultados estimativos sugieren que el transporte de estudiantes es la fuente indirecta mayoritaria de emisión, representando un 60,7% de las emisiones totales, siendo el restante 39,3 % originado por el consumo de energía eléctrica. La medición de GEI (de fuentes indirectas) desarrollado en la Facultad de Ingeniería

de la UMSA presenta un elevado grado de incidencia y aplicabilidad, tanto en el ámbito institucional como en escalas más amplias de carácter territorial, académico y de política pública. Su implementación bajo un marco metodológico reconocido internacionalmente (NB/ISO 14064-1) otorga al estudio un carácter estratégico que trasciende el ejercicio diagnóstico, convirtiéndolo en una herramienta de gestión ambiental, planificación y toma de decisiones fundamentadas en evidencia científica.

Palabras Claves: GEI, huella de carbono, universidades, eficiencia energética.

ABSTRACT

Measuring the carbon footprint and/or assessing greenhouse gas (GHG) emissions in higher education institutions serves as a key tool for environmental management, energy efficiency, and the reduction of operating costs. This article analyzes the methodological foundations for quantifying GHG emissions in universities, emphasizing their application as a strategic decision-making mechanism. An implementation model is proposed for the Faculty of Engineering (at the Universidad Mayor de San Andrés), taking into account the specific characteristics of the local context. Based on a literature review and case studies from Latin America, the study identifies relevant emission sources, calculation methodologies based on international standards such as ISO 14064, and mitigation opportunities. Approximate emission estimates, analyses of potential energy savings, and intervention scenarios are presented. The estimated results suggest that student transportation is the primary indirect emission source, accounting for 60.7% of total emissions, while the remaining 39.3% stems from electricity consumption. The GHG measurement (covering indirect sources) conducted at the UMSA Faculty of Engineering demonstrates significant relevance and applicability, both at the institutional level and on broader territorial, academic, and public policy scales. Its implementation within an internationally recognized methodological framework (NB/ISO 14064-1) gives the study a strategic dimension that goes beyond a mere diagnostic exercise, transforming it into a tool for environmental management, planning, and evidence-based decision-making.

Keywords: GEI, carbon footprint, universities, energy efficiency.

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático constituye uno de los mayores desafíos contemporáneos para la humanidad, debido a sus impactos multidimensionales sobre los sistemas naturales,

económicos y sociales. La evidencia científica ha demostrado que el incremento sostenido de la temperatura media global está directamente relacionado con el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), principalmente dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxidos de nitrógeno (N_2O), derivados de actividades antropogénicas vinculadas al consumo energético, la industrialización y la urbanización acelerada (Rozan, 2024). En este contexto, la transición hacia modelos de desarrollo sostenible exige la implementación de herramientas que permitan cuantificar, gestionar y reducir dichas emisiones.

En este marco, la huella de carbono y/o el inventario de GEI se han consolidado como uno de los indicadores más relevantes para evaluar el impacto ambiental de organizaciones, productos y actividades humanas. Este indicador expresa la totalidad de emisiones de GEI generadas directa e indirectamente, generalmente en términos de dióxido de carbono equivalente (CO_2e), permitiendo establecer una métrica comparable que facilita la toma de decisiones estratégicas en materia ambiental y energética. En el ámbito organizacional, la medición de la huella de carbono no solo cumple una función diagnóstica, sino que también constituye un instrumento de planificación que orienta políticas de eficiencia energética, reducción de costos y responsabilidad social.

Las instituciones de educación superior, particularmente las universidades, desempeñan un rol fundamental en la transición hacia sociedades sostenibles. Estas organizaciones no solo son centros de generación y difusión de conocimiento, sino que también actúan como agentes de cambio capaces de influir en el comportamiento ambiental de la sociedad. Sin embargo, paradójicamente, las universidades también son entidades con un elevado consumo de recursos y una significativa generación de emisiones de GEI, debido a la complejidad de sus operaciones, que incluyen infraestructura física extensa, actividades académicas intensivas, movilidad de estudiantes y personal, y uso intensivo de energía .

A nivel global, se estima que existen más de 20.000 instituciones de educación superior, muchas de las cuales operan como pequeños centros urbanos con demandas energéticas comparables a las de ciudades de tamaño medio. Estas instituciones albergan aulas, laboratorios, bibliotecas, centros de investigación, residencias estudiantiles y servicios auxiliares, lo que implica un consumo considerable de electricidad, combustibles fósiles y otros recursos. En consecuencia,

las universidades se convierten en fuentes relevantes de emisiones tanto directas como indirectas de GEI.

Diversos estudios han evidenciado que las principales fuentes de emisiones en campus universitarios corresponden al consumo de electricidad, el transporte de estudiantes y personal, y el uso de combustibles fósiles. En particular, el transporte suele representar una proporción significativa de las emisiones totales, especialmente en universidades con alta movilidad diaria, donde la dependencia de vehículos públicos y particulares es elevada. Asimismo, el consumo energético asociado a sistemas de iluminación, climatización y equipos tecnológicos constituye una fuente crítica de emisiones indirectas, lo que pone de manifiesto la necesidad de implementar estrategias de eficiencia energética.

En este contexto, la cuantificación de GEI en universidades ha adquirido creciente relevancia como herramienta de gestión ambiental. La aplicación de metodologías estandarizadas, como el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol) y la norma ISO 14064, permite estructurar inventarios de emisiones confiables, clasificados en tres alcances: emisiones directas (alcance 1), emisiones indirectas por consumo de energía (alcance 2) y otras emisiones indirectas (alcance 3) Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories (GPC-GHG Protocol) (WRI, 2015). Este enfoque facilita la identificación de fuentes prioritarias de emisión y el diseño de estrategias de mitigación adaptadas a las características específicas de cada institución.

Además de su utilidad ambiental, la medición de la huella de carbono presenta una estrecha relación con la eficiencia energética y la optimización de costos operativos. La identificación de ineficiencias en el consumo energético permite implementar medidas correctivas que no solo reducen las emisiones, sino que también generan ahorros económicos significativos. Por citar algún ejemplo, la sustitución de sistemas de iluminación convencionales por tecnología LED, la implementación de sistemas de gestión energética y la incorporación de energías renovables han demostrado ser estrategias efectivas para reducir tanto el consumo energético como los costos asociados.

En América Latina, diversas universidades han comenzado a implementar programas de medición y gestión de la huella de carbono o inventario de GEI, evidenciando resultados positivos en términos de reducción de emisiones y mejora de la eficiencia

energética (Mellado & Carrasco, 2021). Estudios realizados en universidades de Chile, Ecuador y Colombia muestran que la cuantificación sistemática de emisiones permite establecer líneas base, monitorear avances y evaluar el impacto de las políticas de sostenibilidad (Guillén-Chávez, 2023). Asimismo, estos estudios destacan la importancia de integrar a la comunidad universitaria en los procesos de gestión ambiental, promoviendo una cultura de sostenibilidad.

En el caso específico de Bolivia, la implementación de estrategias de medición de huella de carbono en universidades representa una oportunidad significativa para avanzar hacia modelos de gestión sostenible. El país cuenta con un marco normativo que respalda la protección ambiental y la mitigación del cambio climático, incluyendo la Ley N° 300 de la Madre Tierra, que establece principios para el desarrollo integral en armonía con la naturaleza y los compromisos asumidos en las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC) establecen lineamientos claros para la mitigación del cambio climático. Sin embargo, la aplicación de herramientas técnicas como los inventarios de GEI en instituciones académicas aún es incipiente, lo que evidencia la necesidad de desarrollar estudios y metodologías adaptadas al contexto nacional.

La Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), como una de las principales instituciones de educación superior en Bolivia, presenta un alto potencial para la implementación de sistemas de medición y gestión de sus GEI. Su amplia infraestructura, la diversidad de actividades académicas y administrativas, así como la elevada población estudiantil, configuran un escenario representativo de los desafíos energéticos y ambientales que enfrentan las universidades en contextos urbanos. La ausencia de un inventario sistemático de emisiones limita actualmente la capacidad de la institución para identificar fuentes críticas de consumo energético y diseñar estrategias de eficiencia. No obstante, la adopción de herramientas como los inventarios de GEI y los indicadores de desempeño energético permitiría a la UMSA posicionarse como referente nacional en sostenibilidad universitaria, generando beneficios tanto ambientales como económicos, y promoviendo una cultura institucional orientada a la responsabilidad climática.

Asimismo, la medición de la huella de carbono en universidades contribuye al cumplimiento de compromisos internacionales en materia de cambio climático, como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y las Contribuciones Nacionalmente

Determinadas (NDC) (Chavarría-Solera, Molina, Gamboa, 2016). En particular, el ODS 13 (Acción por el clima) y el ODS 7 (Energía asequible y no contaminante) están directamente relacionados con la gestión de emisiones y la eficiencia energética en instituciones públicas y privadas.

Desde una perspectiva técnica, la cuantificación de emisiones de GEI en universidades implica el uso de modelos matemáticos que relacionan variables de actividad (consumo energético, movilidad, generación de residuos) con factores de emisión específicos. Estos modelos permiten estimar las emisiones totales y analizar escenarios de reducción mediante la implementación de medidas de eficiencia energética. Asimismo, el uso de indicadores clave de desempeño (KPI) facilita el seguimiento y la evaluación continua de las estrategias implementadas, permitiendo ajustes y mejoras en función de los resultados obtenidos.

En términos económicos, la implementación de estrategias de reducción de emisiones en universidades puede generar beneficios significativos. La optimización del consumo energético se traduce en una disminución de los costos operativos, lo que resulta especialmente relevante en instituciones públicas con recursos limitados. Además, la adopción de prácticas sostenibles puede mejorar la imagen institucional, atraer financiamiento externo y fortalecer la competitividad académica.

Por otro lado, es importante destacar que la cuantificación de GEI no está exenta de desafíos; entre las principales limitaciones se encuentran la disponibilidad y calidad de los datos, la variabilidad de los factores de emisión y la complejidad de incluir todas las fuentes indirectas de emisión. Sin embargo, el desarrollo de metodologías estandarizadas y herramientas tecnológicas ha permitido superar en gran medida estas dificultades, facilitando la implementación de inventarios de GEI en diferentes contextos.

En este sentido, la literatura científica coincide en señalar que la medición de la huella de carbono en universidades no debe considerarse un fin en sí mismo, sino como parte de un proceso integral de gestión ambiental que incluye la planificación, implementación, monitoreo y mejora continua. Este enfoque sistémico permite maximizar los beneficios ambientales, económicos y sociales de las estrategias de sostenibilidad.

En conclusión, la medición de la huella de carbono y/o inventario de GEI en

instituciones de educación superior constituye una herramienta fundamental para enfrentar los desafíos del cambio climático, mejorar la eficiencia energética y optimizar los costos operativos. En el contexto boliviano, y particularmente en la UMSA, la implementación de estas estrategias representa una oportunidad para fortalecer la gestión institucional, contribuir a la sostenibilidad y posicionar a las universidades como líderes en la transición hacia un modelo de desarrollo bajo en carbono.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Cambio climático y gases de efecto invernadero (GEI)

El cambio climático es definido como la variación significativa y persistente de los patrones climáticos globales o regionales, atribuida principalmente a actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera. De acuerdo con el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), el calentamiento global observado desde mediados del siglo XX es consecuencia del incremento en las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI), derivados principalmente de la quema de combustibles fósiles, la deforestación y procesos industriales. Los GEI son compuestos gaseosos que tienen la capacidad de retener la radiación infrarroja en la atmósfera, contribuyendo al efecto invernadero natural del planeta. Entre los principales GEI se encuentran: Dióxido de carbono (CO_2), Metano (CH_4), Óxido nitroso (N_2O) y Gases fluorados (HFC, PFC, SF_6); el incremento de estos gases intensifica el efecto invernadero, generando un desequilibrio energético que se traduce en aumento de temperatura global, alteraciones en los ciclos hidrológicos y eventos climáticos extremos (Rodríguez Becerra & Mance, 2009).

2.2 Inventario de emisiones de GEI

El inventario de emisiones de GEI es un proceso sistemático de cuantificación de emisiones en una organización, basado en metodologías estandarizadas. Entre los principales estándares destacan: ISO 14064 y GHG Protocol. El inventario constituye la base para la gestión de emisiones, permitiendo establecer líneas base, monitorear avances y evaluar estrategias de reducción.

2.3 Marco normativo

2.3.1 Marco normativo internacional

A nivel global, el régimen climático internacional se articula principalmente bajo la coordinación de la Organización de las Naciones Unidas, que ha impulsado acuerdos multilaterales clave para enfrentar el cambio climático.

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, adoptada en 1992 durante la Cumbre de Río, establece el marco general para la cooperación internacional en la lucha contra el cambio climático. Su objetivo principal es estabilizar las concentraciones de GEI en la atmósfera a un nivel que evite interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático (UNFCCC, 1992). Este instrumento introduce principios fundamentales como el de “responsabilidades comunes pero diferenciadas”, que reconoce las distintas capacidades y responsabilidades de los países en la reducción de emisiones.

El Protocolo de Kioto, adoptado en 1997 y en vigor desde 2005, constituye el primer acuerdo internacional vinculante que estableció metas cuantificables de reducción de emisiones para países industrializados (IPCC, 2014). Este protocolo introdujo mecanismos de mercado como: Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL); Implementación conjunta y Comercio de emisiones. Estos instrumentos permitieron a los países cumplir sus compromisos de manera flexible y costo-efectiva, lo cual resulta relevante para instituciones que buscan optimizar costos operativos mediante eficiencia energética.

El Acuerdo de París, adoptado en 2015, representa un hito en la gobernanza climática global. Su objetivo es limitar el aumento de la temperatura media global a menos de 2°C respecto a niveles preindustriales, con esfuerzos para no superar 1.5°C (UNFCCC, 2015). Este acuerdo promueve: la reducción progresiva de emisiones (descarbonización), el fortalecimiento de la resiliencia climática, y la implementación de contribuciones nacionales (NDC).

Además, incentiva la participación de actores no estatales, incluyendo universidades, como agentes clave en la transición hacia economías bajas en carbono (IPCC, 2023).

2.3.2 Marco normativo regional (América Latina)

En América Latina, los países han adoptado políticas climáticas alineadas con el Acuerdo de París, integrando la sostenibilidad en sus marcos de desarrollo. Un rol destacado lo desempeña la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, que promueve políticas públicas orientadas al desarrollo sostenible, la eficiencia energética y la reducción de emisiones en sectores clave, incluido el educativo (CEPAL, 2020).

Asimismo, se reconoce la importancia de las universidades como centros de innovación y generación de conocimiento, capaces de liderar procesos de medición y reducción de la emisión de GEI a nivel institucional.

2.3.3 Marco normativo boliviano

Bolivia ha desarrollado un marco normativo sólido que integra principios ambientales, sociales y económicos, alineados con la visión de desarrollo integral en armonía con la Madre Tierra. La Ley N° 300 establece los principios y lineamientos para el desarrollo integral en armonía con la naturaleza; esta normativa incorpora la mitigación del cambio climático como uno de sus ejes centrales, promoviendo: la reducción de emisiones de GEI, el uso eficiente de recursos energéticos, y la sostenibilidad en instituciones públicas y privadas (Estado Plurinacional de Bolivia, 2012). Esta ley es particularmente relevante para organizaciones (incluidas las universidades), ya que impulsa la implementación de prácticas sostenibles y la gestión ambiental institucional.

La Ley N° 071 reconoce a la naturaleza como sujeto colectivo de derechos, estableciendo un enfoque biocéntrico que trasciende la visión tradicional antropocéntrica. Esta normativa promueve la protección, conservación y restauración de los sistemas de vida (Estado Plurinacional de Bolivia, 2010). Bolivia, como parte del Acuerdo de París, ha presentado sus Contribuciones Nacionalmente Determinadas, que incluyen compromisos para: reducir emisiones de GEI, promover energías renovables y fortalecer la eficiencia energética. Estas contribuciones sirven como marco de referencia para que instituciones como la UMSA, desarrollen estrategias de medición de huella de carbono.

2.4 Indicadores de desempeño ambiental (KPI)

Los indicadores clave de desempeño (Key Performance Indicators, KPI) constituyen

herramientas fundamentales para evaluar, monitorear y mejorar la gestión ambiental en organizaciones, incluyendo instituciones de educación superior. En el contexto de la medición de la huella de carbono, los KPI permiten cuantificar el desempeño en términos de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y eficiencia energética, facilitando la toma de decisiones basada en evidencia (ISO 14064, 2018).

De acuerdo con el Intergovernmental Panel on Climate Change, la medición sistemática de emisiones mediante indicadores comparables es esencial para diseñar estrategias de mitigación efectivas y sostenibles (IPCC, 2014).

Tabla 1. Indicadores relevantes

Indicador	Descripción
tCO₂e/estudiante	Mide la intensidad de carbono por usuario, permitiendo comparaciones entre instituciones
kWh/m²	Evalúa la eficiencia energética de la infraestructura universitaria
% reducción emisiones	Indica el progreso en la mitigación de GEI en un periodo determinado

Nota: Elaboración con base en lineamientos del Greenhouse Gas Protocol y la norma ISO 14064.

El indicador tCO₂e/estudiante es particularmente relevante en universidades, ya que permite normalizar las emisiones en función de la población académica, facilitando análisis comparativos (WRI & WBCSD, 2004). Por su parte, el indicador kWh/m² es ampliamente utilizado en auditorías energéticas para evaluar el desempeño de edificaciones (IEA, 2019).

Asimismo, el porcentaje de reducción de emisiones permite evaluar la efectividad de las políticas implementadas en relación con objetivos institucionales y compromisos internacionales, como los derivados del Acuerdo de París.

En conjunto, estos indicadores permiten establecer líneas base, identificar tendencias y promover la mejora continua en la gestión ambiental institucional.

2.5 Relación entre huella de carbono y costos operativos

La gestión de la huella de carbono no solo tiene implicaciones ambientales, sino también económicas. Diversos estudios han demostrado que existe una relación directa entre la reducción de emisiones de GEI y la disminución de costos operativos, especialmente en instituciones con alto consumo energético como las universidades (IEA, 2020).

Esta relación se explica por los siguientes factores:

- Menor consumo energético: La implementación de medidas de eficiencia energética reduce el uso de electricidad y combustibles, lo que disminuye los costos asociados.
- Optimización de recursos: La gestión eficiente de insumos (agua, papel, combustibles) reduce gastos operativos.
- Reducción de desperdicios: Programas de reciclaje y gestión de residuos disminuyen costos de disposición final.

Según la Agencia Internacional de Energía, las estrategias de eficiencia energética pueden generar ahorros de hasta un 30% en costos operativos en edificaciones institucionales (IEA, 2019).

Además, el World Resources Institute señala que la medición de la huella de carbono permite identificar “puntos críticos” de consumo energético, lo que facilita la priorización de inversiones con mayor retorno económico (WRI, 2015).

En este sentido, la gestión de GEI se configura como una estrategia integral que combina sostenibilidad ambiental con eficiencia económica, contribuyendo a la viabilidad financiera de las instituciones.

2.6 Importancia en universidades

Las universidades desempeñan un rol estratégico en la transición hacia modelos de desarrollo sostenible. La implementación de sistemas de medición de huella de carbono en estas instituciones permite identificar fuentes críticas de emisión, diseñar estrategias de mitigación, mejorar la eficiencia energética y generar ahorro económico.

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, las universidades son actores clave en la promoción del desarrollo sostenible debido a su capacidad de generar conocimiento, formar profesionales y liderar cambios sociales (UNESCO, 2017). Asimismo, estudios empíricos han demostrado que universidades que implementan programas de sostenibilidad logran reducciones significativas en su huella de carbono. Por ejemplo, investigaciones en campus universitarios europeos evidencian reducciones de entre 15% y 40% tras la implementación de políticas energéticas y sistemas de monitoreo (Lozano et al., 2013).

Asimismo, iniciativas como inventarios de GEI basados en el Greenhouse Gas Protocol han permitido a universidades medir, reportar y reducir sus emisiones de manera sistemática y comparable (WRI & WBCSD, 2004).

En consecuencia, la medición de la huella de carbono en universidades no solo contribuye a la sostenibilidad ambiental, sino que también fortalece su rol como agentes de cambio, alineándose con los objetivos globales de mitigación del cambio climático.

Estudios comparados en instituciones de educación superior

Los campus universitarios han sido objeto de múltiples estudios de inventarios de GEI que sirven como referencia metodológica y comparativa. A continuación se citan ejemplos relevantes que ilustran enfoques, alcances y lecciones aprendidas.

Caso: Universidad de Chile (Facultades e institutos). La Universidad de Chile, a través de diversas unidades académicas, ha desarrollado planes de carbono y actividades de medición que incluyen inventarios institucionales y la certificación de huella de carbono mediante programas nacionales como HuellaChile. Estos procesos han permitido establecer metas de reducción y planes de neutralidad para facultades específicas (Godoy-Bello, 2025). El diagnóstico y la planificación institucional destacan la importancia de integrar a la comunidad universitaria y de priorizar acciones sobre consumo energético y transporte, como principales fuentes de emisión.

Caso: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). La UNAM ha integrado estudios de huella de carbono y análisis de ciclo de vida en proyectos específicos, sirviendo como referencia técnica regional para la medición de emisiones en actividades académicas y de construcción. La experiencia de la UNAM resalta la utilidad de combinar metodologías de análisis de ciclo de vida (ACV) con inventarios organizacionales para capturar emisiones directas e indirectas (UNAM, 2024).

Caso: Universidades en Colombia y América Latina. Estudios académicos en universidades colombianas han aplicado la UNE-ISO 14064-1 junto al GHG Protocol para evaluar la huella de carbono de campus completos (Cano et al., 2022). Estos trabajos muestran procedimientos para el tratamiento de incertidumbres, la selección de factores de emisión locales y la desagregación por fuentes (energía, transporte, residuos, procesos académicos). La literatura regional también ha producido análisis

bibliométricos que documentan el crecimiento de la investigación sobre inventarios de GEI en instituciones de educación superior en Latinoamérica.

Caso: Instituciones internacionales (ejemplos de buenas prácticas). Diversas universidades en Estados Unidos, Nueva Zelanda y Europa mantienen inventarios anuales de GEI públicos y aplican metodologías estandarizadas (p. ej., Louisiana State University, University of Wellington, American University). Estos estudios, además de cuantificar emisiones, desarrollan procesos de verificación externa, estrategias de mitigación (eficiencia energética, electrificación de flotas, compra de energía renovable) y mecanismos de reporte transparente que permiten comparación temporal y con pares internacionales.

De la revisión de la literatura y de los casos institucionales se extraen varias enseñanzas aplicables al presente estudio:

- a) Definición clara de límites organizacionales y operacionales: elegir entre enfoque de control operativo, control financiero o participación accionaria, y documentar la decisión (basado en ISO 14064-1 y GHG Protocol).
- b) Importancia de datos locales y factores de emisión nacionales: siempre que sea posible, usar factores de emisión nacionales o regionales; en ausencia, documentar la fuente de factores internacionales (IPCC, base de datos nacionales, GHG Protocol).
- c) Tratamiento de la incertidumbre y QA/QC: incorporar métodos para evaluar la calidad de los datos, estimaciones de incertidumbre y procedimientos de verificación interna y externa.
- d) Participación institucional y transversalidad: el involucramiento de unidades administrativas, laboratorios e institutos es esencial para obtener datos precisos y para la implementación de medidas de mitigación.
- e) Desagregación por sitio y por componente: para instituciones con múltiples emplazamientos (como la Facultad de Ingeniería UMSA), la desagregación por sedes facilita la priorización de acciones.

La presente investigación emplea estos principios como base metodológica y adopta la NB/ISO 14064-1 como referencia normativa para asegurar la conformidad, trazabilidad y verificabilidad del inventario de GEI de la Facultad de Ingeniería.

3. METODOLOGÍA DE DESARROLLO

La investigación adopta un enfoque cuantitativo, descriptivo y de evaluación de impacto, orientado a la construcción de un inventario de emisiones de GEI en conformidad con la NB/ISO 14064-1 (ISO/IBNORCA, 2020). El objetivo metodológico es producir un inventario verificable que permita cuantificar emisiones de los tres emplazamientos (Obelisco, Cota Cota y Villa Fátima) de la Facultad de Ingeniería.

3.1 Situación inicial

La situación inicial de la Facultad de Ingeniería de la UMSA se caracteriza por una alta heterogeneidad en cuanto a infraestructura, tipo de actividades y patrones de consumo de recursos. El edificio central ubicado en la zona central (plaza Obelisco) concentra principalmente actividades administrativas, académicas y docentes, con un uso intensivo de energía eléctrica asociada a iluminación, equipos informáticos, sistemas de comunicación y servicios básicos.

Por su parte, los Institutos de Investigación localizados en el Campus Universitario de Cota Cota presentan una dinámica distinta, al albergar laboratorios especializados, equipos de alta complejidad tecnológica, sistemas de climatización y procesos experimentales que pueden implicar el uso de gases, reactivos químicos y fuentes térmicas. Estas características convierten a los institutos en emisores de GEI, tanto por consumo energético directo como por emisiones asociadas a procesos específicos de investigación.

Finalmente, los predios de Villa Fátima, donde se desarrollan las actividades de la Carrera de Ingeniería Metalúrgica y de Materiales. Las actividades metalúrgicas y de procesamiento de materiales suelen involucrar hornos, tratamientos térmicos, combustión de combustibles y reacciones químicas que pueden generar emisiones significativas de dióxido de carbono (CO_2) y otros gases de efecto invernadero; sin embargo, estas emisiones son a nivel laboratorio.

A pesar de esta diversidad de actividades, la situación inicial se caracteriza por la ausencia de un sistema integrado de medición y monitoreo de emisiones de GEI. La información disponible sobre consumos energéticos y uso de combustibles se encuentra fragmentada, en muchos casos limitada a registros administrativos, sin una traducción sistemática a indicadores ambientales comparables. Esta falta de información consolidada dificulta la identificación de fuentes críticas de emisión y la

formulación de estrategias de mitigación basadas en datos confiables.

3.1.1 Planteamiento de la problemática

La identificación clara del problema de investigación constituye un elemento central para el desarrollo riguroso de la presente investigación. En el caso de la Facultad de Ingeniería de la UMSA, el problema se vincula directamente con la necesidad de conocer y cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por sus actividades académicas y de investigación, en un contexto de creciente exigencia científica y normativa en materia ambiental.

Problemas identificados

Entre los principales problemas identificados se destacan los siguientes:

- Ausencia de un inventario institucional de emisiones de GEI específico para la Facultad de Ingeniería, que considere la totalidad de sus unidades y emplazamientos.
- Falta de información sistematizada y homogénea sobre el consumo de energía eléctrica, combustibles y otros insumos relevantes para el cálculo de emisiones.
- Desconocimiento del aporte relativo de cada uno de los tres emplazamientos (Obelisco, Cota Cota y Villa Fátima) al total de emisiones de GEI de la facultad.
- Limitada integración de criterios ambientales en la planificación y gestión de las actividades académicas y de investigación.

3.1.2 Objetivos de la investigación

Cuantificar y analizar las emisiones indirectas de GEI generadas por las operaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Mayor de San Andrés, considerando sus tres principales emplazamientos (Obelisco, Campus de Cota Cota y Villa Fátima).

3.2 Metodología de Desarrollo

La investigación adopta un enfoque cuantitativo, descriptivo y de evaluación de impacto, orientado a la construcción de un inventario de emisiones de GEI en conformidad con la NB/ISO 14064-1:2020 (ISO/IBNORCA, 2020). El objetivo metodológico es producir un inventario verificable que permita comparar emisiones entre los tres emplazamientos (Obelisco, Cota Cota y Villa Fátima) y entre los distintos componentes de actividad.

Se ha seguido las directrices dadas por la NB/ISO 14064-1:2020 (ISO/IBNORCA, 2020). La norma constituye el estándar de los principios y requisitos para el diseño, desarrollo y gestión de inventarios de GEI para compañías y organizaciones, y para la presentación de informes para estos inventarios. Asimismo, incluye los requisitos para determinar los límites de emisión de GEI, cuantificar las emisiones y remociones de GEI de la organización e identificar las actividades o acciones específicas de la compañía con el objeto de mejorar la gestión de dichas emisiones. Los factores de emisión considerados en el presente inventario fueron los establecidos por el IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (IPCC, 2023).

3.2.1 Periodo que cubre el informe

Se realiza el inventario de GEI para un año natural, o el equivalente a dos semestres académicos desde noviembre de la gestión 2024 hasta noviembre de 2025. Según los lineamientos de la Norma NB/ISO 14064-1:2020, el año base tiene que comprender un período específico con datos representativos y verificables.

Así mismo, el presente informe considera la contribución de energía eléctrica proveniente de la Planta Solar Fotovoltaica del Instituto de Investigaciones Eléctricas, que alimenta a cuatro institutos de investigación de la Facultad de Ingeniería. En este caso se toma como referencia los datos de las gestiones 2024 y 2025; años en los que se consideraron que había información suficiente para realizar el inventario, por tanto, se realizará una estimación considerando la media de producción de las gestiones mencionadas. Se prevé que la publicación del informe tenga una periodicidad anual.

3.2.2 Documentos utilizados

Asimismo, es importante señalar que fueron considerados los siguientes documentos internos:

- Informes de entes internos de la UMSA (Instituto de Investigaciones Eléctricas).
- Datos de consumo de energía eléctrica de los emplazamientos establecidos en el presente informe por parte de la Unidad de Infraestructura de la UMSA.

3.2.3 Descripción y explicación de las categorías de emisión consideradas

De acuerdo con los datos obtenidos y presentados en el acápite precedente, se consideraron las emisiones de GEI generadas por actividades cotidianas de la

Facultad de Ingeniería durante el periodo definido en el estudio (2024-2025). En este sentido, y para este artículo, solamente se consideraron las emisiones indirectas de GEI, estas son detalladas en la tabla 2.

Tabla 2. Fuentes de emisión de GEI de la Facultad de Ingeniería

Fuentes de emisión indirecta	Fuente de la información	Observaciones
Energía Importada	Facturas de Consumo de Energía Eléctrica Informe de contribución de energía del sistema de paneles solares (IIIE)	Para el funcionamiento de los equipos eléctricos e iluminación
Combustibles por transporte	Cálculo e informe de cálculo de promedio de distancias de traslado de los estudiantes a los diferentes recintos de la Facultad de Ingeniería.	Combustible utilizado para el transporte de estudiantes y docentes

Nota: Elaboración con base en información preliminar obtenida en experiencias de aplicación concretas.

Para definir la contribución de las fuentes indirectas (gasolina por transporte), se consideró la base de datos de factores de emisión, poderes caloríficos default y potenciales de calentamiento global provenientes del 6to reporte del IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2022).

Para el caso de energía importada se consideró el factor de emisión para el Sistema Interconectado Nacional de Bolivia (SIN) para el año 2022 en base a reporte de factores emisión de combustibles y de energía eléctrica proporcionado por Díaz, L. y Álvarez, M. (2022) (Díaz & Alvarez, 2022), cuyos datos se muestran a continuación (en toneladas, t):

Tabla 3. Factores de emisión utilizados para las fuentes directas e indirectas

Emisor	Unidad	t CO₂e	t CO₂	t CH₄	t N₂O	Fuente
Gasolina	L	0,0022696	0,0022104	0,0000314	0,0000279	6 ^{to} reporte del IPCC
Energía eléctrica	kWh	0,0002858		-	-	Díaz, L. & Álvarez, M., 2022

Nota: Elaboración con base en las fuentes citadas

3.2.4 Exclusión de fuentes o sumideros

Después de una evaluación técnica basada en fuentes bibliográficas, no se

consideran las instalaciones de la Facultad de Ingeniería que no se encuentren operando para los fines citados, las instalaciones que se encuentren fuera del municipio de La Paz, las emisiones por residuos generados en los predios de la Facultad de Ingeniería (ya que su caracterización y cuantificación de su volumen requiere un cálculo exhaustivo) y las emisiones directas de los laboratorios (se estima que éstas últimas emisiones no superan el 2% del total de emisiones, sin embargo, en siguientes estudios se realizarán su cuantificación).

No se registran actividades que impliquen combustión de biomasa, descomposición aeróbica y anaeróbica de la biomasa y de la materia orgánica del suelo, generación de compuestos orgánicos volátiles (COV) y presencia de óxido nítrico (NO) proveniente de la desnitrificación de los suelos; por tanto, este punto no aplica para su reporte en el presente informe.

3.2.5 Descripción del enfoque de cuantificación de GEI

Para la cuantificación de emisiones de GEI del IIIFI se ha seguido los lineamientos sugeridos por la NB/ISO 14064-1:2020. La cuantificación de las emisiones fue realizada acuerdo a la siguiente relación:

$$emisión = factor_{emisión} * consumo$$

4. RESULTADOS PRELIMINARES

Para cuantificar las emisiones indirectas, se consideraron las boletas de consumo de energía eléctrica de todas las infraestructuras de la Facultad de Ingeniería de la UMSA, para ello, se ha acudido a los registros de la Unidad de Infraestructura de la UMSA. Asimismo, es importante señalar que cuatro institutos de investigación reciben una contribución directa de energía eléctrica de la Planta Solar Fotovoltaica del Instituto de Investigaciones Eléctricas, cuya generación promedio anual de energía ronda los 5795,6 kWh (según los datos del último quinquenio).

Figura 1. a) Información general del sistema de paneles solares. b) Paneles solares



Dado que no se dispone de direcciones individuales de residencia, el cálculo se realizó a través de la modelación con un enfoque de promedios espaciales ponderados, práctica habitual en estudios de movilidad urbana, inventarios de GEI (Alcance 3 – transporte de personas). La tabla 4 muestra un resumen de los resultados aproximados y estimativos de emisiones indirectas de GEI:

Tabla 4. Inventario de emisiones de CO2 equivalente de la Facultad de Ingeniería

Fuente	Tipo de emisión	Cantidad (t CO ₂ eq)	Porcentaje (%)
Combustión de gasolina por el transporte de los estudiantes	Indirecta	636,33	60,7
Consumo de Energía Eléctrica	Indirecta	412,00	39,3
Total		1048,33	100,00

Nota: Elaboración con base en información preliminar obtenida.

Una vez realizada la medición y cuantificación de las emisiones de GEI de fuentes indirectas, es importante mencionar que estos datos son perfectibles y ajustables mientras se identifiquen modelos que permitan obtener mayor precisión de datos sobre el consumo de combustibles para el transporte de los estudiantes (a las tres instalaciones); sin embargo, con los datos logrados se concluye preliminarmente que las emisiones de fuentes indirectas son consideradas como significativas, siendo el transporte de estudiantes la fuente de mayor emisión indirecta, representando

un 60,7% de las emisiones totales, siendo el restante (39,3 %) generado por el consumo de energía eléctrica.

4.1. Descripción y análisis de las incertidumbres

La elaboración del inventario de GEI de fuentes indirectas de la Facultad de Ingeniería ha sido realizada con datos históricos cuyos resultados reflejan con alta objetividad el consumo de combustibles y de energía eléctrica, por tanto, podría señalarse que la incertidumbre en la cuantificación de las emisiones de GEI es baja.

En lo que respecta al aporte del sistema de paneles solares, se considera una incertidumbre baja dado que los reportes que emitió el Instituto de Investigaciones Eléctricas tienen la consistencia técnica ya que proviene de investigadores expertos cuyos resultados tienen base histórica.

5. GRADO DE INCIDENCIA Y APLICACIÓN DEL PROYECTO

La medición de GEI (de fuentes indirectas) desarrollado en la Facultad de Ingeniería de la UMSA presenta un elevado grado de incidencia y aplicabilidad, tanto en el ámbito institucional como en escalas más amplias de carácter territorial, académico y de política pública. Su implementación bajo un marco metodológico reconocido internacionalmente (NB/ISO 14064-1) otorga al estudio un carácter estratégico que trasciende el ejercicio diagnóstico, convirtiéndolo en una herramienta de gestión ambiental, planificación y toma de decisiones fundamentadas en evidencia científica.

Considerando que el consumo de energía eléctrica representa el 39,3% de las emisiones indirectas totales, la implementación de medidas de eficiencia energética podría generar impactos significativos tanto ambientales como económicos. Entre los principales escenarios de intervención se puede citar y destacar la sustitución progresiva de sistemas de iluminación convencional por tecnología LED de alta eficiencia, la modernización de equipos eléctricos y de laboratorio con criterios de bajo consumo energético, la incorporación de sistemas automatizados de gestión y monitoreo energético, y la ampliación de la capacidad instalada de generación fotovoltaica en los predios universitarios. Asimismo, en relación con el transporte estudiantil, que constituye la principal fuente de emisiones, es importante el impulso de estrategias de movilidad sostenible como el uso compartido de vehículos, incentivos al transporte público, implementación de rutas universitarias y promoción de medios de transporte no motorizados.

En este sentido, los resultados obtenidos (aunque sean estimativos) pueden servir como insumo para el fortalecimiento de políticas públicas orientadas a la cuantificación y gestión de emisiones en el sector académico y científico-tecnológico. En este sentido, la Facultad de Ingeniería de la UMSA se posiciona como un actor demostrativo, evidenciando la viabilidad de implementar sistemas de medición de GEI en organizaciones públicas complejas y descentralizadas. Asimismo, el estudio contribuye a la mejora de los sistemas de información ambiental y climática, proporcionando datos que podrían integrarse, de manera agregada, en inventarios subnacionales o sectoriales, apoyando el cumplimiento de compromisos nacionales en materia de cambio climático.

6. CONCLUSIONES

La presente investigación permitió establecer un inventario preliminar de emisiones indirectas de gases de efecto invernadero (GEI) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Mayor de San Andrés, aplicando los lineamientos de la norma NB/ISO 14064-1:2020 y factores de emisión reconocidos internacionalmente. Los resultados obtenidos evidencian que las emisiones asociadas al transporte de estudiantes constituyen la principal fuente de GEI, representando aproximadamente el 60,7% del total estimado, mientras que el consumo de energía eléctrica aporta el 39,3%. Estos hallazgos demuestran que la movilidad universitaria y el uso de energía eléctrica son factores críticos dentro de la gestión ambiental institucional, por lo que deben ser priorizados en futuras estrategias de mitigación y eficiencia energética.

Asimismo, el estudio confirma que la implementación de inventarios de GEI en instituciones de educación superior constituye una herramienta estratégica para fortalecer la sostenibilidad universitaria, optimizar el consumo energético y apoyar la toma de decisiones basada en evidencia técnica. En el contexto boliviano, la Facultad de Ingeniería de la UMSA se posiciona como una referencia inicial en la aplicación de metodologías de cuantificación de emisiones en el ámbito académico, contribuyendo al cumplimiento de los compromisos nacionales e internacionales en materia de cambio climático. Finalmente, se concluye que la consolidación de sistemas permanentes de monitoreo, la incorporación de datos más precisos y la ampliación del inventario hacia otras fuentes de emisión permitirán mejorar progresivamente la exactitud de los resultados y fortalecer la gestión ambiental institucional bajo un enfoque de mejora continua.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Cano, N., Berrio, L., Carvajal, E., & Arango, S. (2022). Assessing the carbon footprint of a Colombian University Campus using the UNE-ISO 14064–1 and WRI/WBCSD GHG Protocol Corporate Standard. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(2), 3980–3996. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22119-4>
- CEPAL - Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2020). Construir un nuevo futuro: una recuperación transformadora con igualdad y sostenibilidad. CEPAL. Obtenido de <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/46227>
- Chavarría-Solera, F., Molina, E., & Gamboa, J. (2016). Medición de la huella de carbono de la Universidad Nacional (Costa Rica). Redalyc.
- Estado Plurinacional de Bolivia. (2012). Ley N.º 300: Ley Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien. *Gaceta Oficial del Estado Plurinacional de Bolivia*. Obtenido de <https://www.lexivox.org/norms/BO-L-N300.html>
- Estado Plurinacional de Bolivia. (2010). Ley N.º 071: Ley de Derechos de la Madre Tierra. *Gaceta Oficial del Estado Plurinacional de Bolivia*. Obtenido de <https://www.lexivox.org/norms/BO-L-N71.html>
- Estado Plurinacional de Bolivia. (2024). Primer Informe Bienal de Transparencia (BTR) de Bolivia. La Paz: Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra.
- Godoy-Bello, J. (2025). Repositorio UCHILE - Universidad de Chile [Informe sobre normativa y gestión climática local].
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2022). Sexto informe de evaluación del IPCC: Cambio Climático 2022.
- Guillén-Chávez, S. (2023). Iniciativas de Huella de Carbono en Universidades [Análisis]. *South Sustainability*, 4(1), 1-13
- IEA. (2019). *Energy Efficiency 2019*. International Energy Agency.
- IEA. (2020). *World Energy Outlook 2020*.
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*. New York: Cambridge University Press.

- IPCC. (2021). Sixth Assessment Report (AR6). Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC. (02 de Diciembre de 2023). Base de datos de factores de emisión - Intergovernmental Panel on Climate Change. Obtenido de <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/main.php>
- ISO 14067 (2020). Gases de efecto invernadero – Huella de carbono de productos – Requisitos y directrices para cuantificación. La Paz.
- ISO 14064. (2018). ISO 14064-1: Greenhouse gases — Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals.
- Lozano, R., et al. (2013). Sustainability in higher education: A review. Journal of Cleaner Production.
- Louisiana State University. (2024). Annual Greenhouse Gas (GHG) Inventory Report
- Mellado Villafuerte, N., & Carrasco Huaman, S. (2021). Huella de carbono en Latinoamérica como herramienta de medición de impacto ambiental en Instituciones privadas, 2017-2021. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 5(5), 7858-7871.
- Rodríguez Becerra, M., & Mance, H. (2009). Cambio climático: lo que está en juego. Bogotá: Foro Nacional Ambiental.
- Rozan, A. (2024). Environmental Impact of Extractive Industries: Production, Pollution, and Protest Across Global History. The Journal of International Social Research, 17(114), 1-4.
- UNAM, (2024). Estudios de huella de carbono y análisis de ciclo de vida (ACV) en proyectos específicos.
- UNESCO. (2017). Education for Sustainable Development Goals: Learning Objectives.
- UNFCCC. (1992). United Nations Framework Convention on Climate Change. Nueva York: United Nations.
- UNFCCC. (2015). Handbook on Measurement, Reporting and Verification for Developing Countries. UNFCCC.

WRI. (2015). GHG Protocol and Corporate Accounting.

WRI & WBCSD. (2004). The Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard. Switzerland, Washington: World Resources Institute. World Business Council for Sustainable Development.



Estado Plurinacional de Bolivia
Ministerio de Educación
Yach'a Kamani
Yachay Kanachiq
Morosboerendat'heero Arakuarupi

N° 000011

**COMISIÓN NACIONAL DE ACREDITACIÓN
DE CARRERAS UNIVERSITARIAS - CNACU**

En sujeción y al amparo de la Ley de Educación N° 070
"Avelino Siñani - Elizardo Pérez" del 20 de diciembre de 2010



CERTIFICA

Que la carrera de

**INGENIERÍA
INDUSTRIAL**

de la

**UNIVERSIDAD MAYOR
DE SAN ANDRÉS**

con sede académica en la ciudad de La Paz, cumple con los criterios definidos para la

ACREDITACIÓN

del Sistema ARCU-SUR
del SECTOR EDUCATIVO DEL MERCOSUR

La Comisión Nacional de Acreditación de la Carreras Universitarias (CNACU), en uso de sus atribuciones conferidas por la Ley de la Educación N° 070 "Avelino Siñani - Elizardo Pérez", reconoce la calidad académica universitaria con alcance regional en el MERCOSUR por un periodo de (6) seis años, a partir de la fecha de su emisión.

La Paz, marzo de 2026.


MARÍA YVONNE PACHECO ANGULO
PRESIDENTA
COMISIÓN NACIONAL DE ACREDITACIÓN
DE CARRERAS UNIVERSITARIAS


DIEGO CAMACHO VELAZCO ARAMAYO
VICEPRESIDENTE
COMISIÓN NACIONAL DE ACREDITACIÓN
DE CARRERAS UNIVERSITARIAS


FREDDY MENDOZA ESPINOZA
VOCALES CELB
COMISIÓN NACIONAL DE ACREDITACIÓN
DE CARRERAS UNIVERSITARIAS


JUAN MARCELO SANZURI LIMA
SECRETARIO GENERAL
COMISIÓN NACIONAL DE ACREDITACIÓN
DE CARRERAS UNIVERSITARIAS


GUSTAVO SACRO ORTEGA ZELADA
VOCALES ANEP
COMISIÓN NACIONAL DE ACREDITACIÓN
DE CARRERAS UNIVERSITARIAS

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
NUEVAMENTE ACREDITADA AL SISTEMA ARCU - SUR
DEL SECTOR EDUCATIVO DEL MERCOSUR**



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

© TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS
LA PAZ - BOLIVIA
JUNIO / 2026