



Universidad Mayor de San Andrés  
Facultad de Ingeniería  
Carrera de Ingeniería Industrial

M.Sc. Oscar Arnaldo Heredia Vargas  
Dra. María Eugenia García Moreno  
Ing. Alejandro Martín Mayori Machicao  
Ing. Freddy Gutiérrez Barea  
Ing. Franz José Zenteno Benítez

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

Revista Industrial 4.0  
Edición Impresa N°. 7 - Noviembre 2023  
Impresa: ISSN 2958-017X  
En Línea: ISSN-L 2958-0188

Comite Editor:  
Ing. Oswaldo Terán Modregón PhD  
Ing. Grover Sánchez Eid  
Ing. Mario Zenteno Benítez PhD

Diseño Versión Impresa & web:  
Ing. Enrique Orosco Crespo

Imagen Tapa:  
Carrera de Ingeniería Industrial

Imprenta:  
Walking Graf

Deposito Legal:  
4-3-68-20

Web:  
<https://industrial.umsa.bo/revistaindustrial-40>  
Email:  
[revistaindustrial4.0@umsa.bo](mailto:revistaindustrial4.0@umsa.bo)

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



## PRESENTACIÓN

Me complace de sobre manera poder realizar la presentación del número 7 de la Revista Industrial 4.0 que de manera permanente se publica desde hace 3 años, una aventura a la que se sumaron diferentes docentes y estudiantes, de ingeniería industrial y de diversas especialidades, que realizan trabajos de investigación y que encontraron en nuestra publicación una forma de difundir sus pesquisas.

La revista tiene dos versiones: una impresa, que está financiada cien por ciento con recursos propios de la Carrera de Ingeniería Industrial, que es distribuida en el ámbito académico y científico, empresariado privado, entidades públicas y público en general; la versión digital es de acceso libre y fácil, se encuentra alojada en el portal de la Carrera.



**Ing. MBA. Franz José Zenteno Benítez**  
**DIRECTOR**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

La Ingeniería Industrial no solo es tecnología, sino que tiene una cobertura transversal y que abarca a diferentes ciencias y especialidades del conocimiento; en toda actividad productiva y de servicios puede requerir una intervención de profesionales con formación en ingeniería industrial ya sea de forma individual y/o en equipos multidisciplinares.

En tal sentido, los artículos que se publican en éste número permitirá al lector adquirir conocimientos sobre la sostenibilidad de las empresas, la industria del conocimiento e innovación, aplicación de indicadores ambientales, la responsabilidad social empresarial, la morfología del cuerpo humano, equipos de la industria cementera y el uso de monedas extranjeras en el comercio del país.

La Revista Industrial 4.0 es una vía para adentrarnos en el apasionante mundo de la ingeniería industrial, por lo tanto, invitamos a todos los interesados en preparar sus artículos y presentarlos en las convocatorias que se realiza oportunamente y ser parte del selecto grupo de investigadores académicos que publica con nosotros.

Agradecer a los miembros del Comité Editor que colaboraron en éste número en la revisión de los artículos presentados, es una actividad sin remuneración que es realizada con el mayor profesionalismo y entusiasmo. Asimismo, a todo el personal administrativo de la Carrera de Ingeniería Industrial que brinda su apoyo permanente para que la publicación sea una realidad.

*Ing. MBA. Franz José Zenteno Benítez*  
**DIRECTOR**  
**INGENIERÍA INDUSTRIAL**

# **APLICACIÓN DE INDICADORES AMBIENTALES DE EFICIENCIA EN EL MARCO DE LA CIRCULARIDAD: UNA APROXIMACIÓN AL SECTOR PRODUCTIVO INDUSTRIAL DE LOS MUNICIPIOS DE LA PAZ Y EL ALTO**

Tania Ángela Terán Mita<sup>a</sup>  
tateran@umsa.bo  
ORCID iD 0000-0003-4301-670X

Recibido: 21 de septiembre; aprobado: 6 de noviembre

## **1. Resumen**

Bolivia, es un país que forma parte de los entes y acuerdos mundiales como la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático – CMNUCC el Acuerdo de París que establecen lineamientos para enfrentar el cambio climático, la mitigación y adaptación al mismo. Asimismo, como ocurre a nivel global, el país ha estado evidenciando efectos importantes del cambio climático, como los escasos de agua, la reducción de los glaciares andinos, desastres naturales, entre otros relacionados con la disponibilidad de recursos (como gas y la energía que se deriva de este). Ante esta situación, el país proyecta realizar esfuerzos en el marco de la mejora del sistema energético como en la transición en la matriz de generación eléctrica nacional hacia un sistema fuertemente basado en energías renovables, en el mejoramiento de la eficiencia energética, y por otro lado, mejorar la eficiencia de uso del recurso agua, entre otros varios como estrategias de adaptación al cambio climático. Sin embargo, la normativa vigente no ha incorporado de manera explícita elementos de mejoramiento de la eficiencia en el sector productivo en general, tampoco ha considerado objetivamente los lineamientos de nuevos paradigmas en un contexto de crisis climática que se ha puesto en marcha en otros países, como es el caso de la Economía Circular un nuevo paradigma que promueve que las economías cambien su enfoque lineal, para convertirlo en más bien circular (con acciones de circularidad), buscando la eficiencia en varios aspectos del proceso productivo. En este sentido, el presente artículo pretende analizar el grado de aplicación de indicadores ambientales y de eficiencia (huella de carbono y huella de agua) en el marco de la circularidad en el sector productivo industrial de los municipios de La Paz y El Alto, del departamento de

La Paz. Para ello se ha realizado una indagación e investigación bibliográfica, además de una consulta a una muestra de empresas industriales de los municipios citados (aplicando un muestreo aleatorio simple). Producto de esta investigación y consulta se evidencia que, pese a algunas iniciativas orientadas a la medición y utilización de estos indicadores, pocas empresas (alrededor de 20%) son las que realizan las mediciones de estos indicadores de manera periódica, planificada y sistemática. Si bien estos resultados reflejan el comportamiento de la muestra de empresas consideradas, sin duda, permite inferir el comportamiento a nivel general de las empresas industriales en los municipios de El Alto y La Paz.

## **2. Palabras clave**

*Economía Circular, Circularidad, Eficiencia, Huella de Carbono, Huella de Agua.*

## **3. Introducción**

Bolivia, forma parte de los entes mundiales rectores que establecen lineamientos para enfrentar el cambio climático, así como la mitigación y adaptación al mismo (Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático – CMNUCC, Acuerdo de París, entre otros), por lo que viene realizando acciones en este ámbito; asimismo, el país ha estado evidenciando los efectos importantes del cambio climático, como la reducción de los glaciares andinos cuyo ritmo de derretimiento se ha acelerado considerablemente en los últimos tres siglos (Servicios Ambientales S.A., 2017) .

En el marco del Acuerdo de París, Bolivia ha realizado la actualización de la Contribución Nacionalmente Determinada (CND) para el periodo 2021-2030, donde se establecen metas nacionales para mitigación, adaptación y conjuntas (metas para los sectores Energía, Bosques, Agua y Agropecuario). En esta actualización, el país hasta el 2030, proyecta realizar esfuerzos en materia de transición en la matriz de generación eléctrica nacional hacia un sistema fuertemente basado en energías renovables; mejorar la eficiencia energética y gestión integral y sustentable de bosques que contribuyan a la reducción de emisiones de GEI (Contribución Nacionalmente Determinada del Estado Plurinacional de Bolivia, 2022).

Desde hace aproximadamente tres décadas, en Bolivia se hace alusión a la eficiencia energética, sin embargo, las acciones para mejorar la eficiencia energética en el sector industrial manufacturero del país no fueron sostenibles en el tiempo, y, tampoco permitieron el desarrollo de un mercado de servicios técnicos y financieros en el área. En el informe del Ministerio de Hidrocarburos y Energías, se identifican cuatro barreras: institucionales, financieras, técnicas y de información (Ministerio de Hidrocarburos y Energías, Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas, Niras – IP Consult para el Programa de Energías Renovables, 2022).

En términos del recurso hídrico, la Política Nacional de Uso Eficiente del Agua Potable y Adaptación al Cambio Climático para Vivir Bien (actualizada recientemente), consigna modestamente recomendaciones para la aplicación de sistemas de recirculación para la recuperación del agua que proviene de circuitos de refrigeración, climatización y calefacción abiertos, sobre todo en instalaciones comerciales e industriales, entre otros (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2020).

En este marco, la normativa vigente no ha incorporado de manera explícita elementos de mejoramiento de la eficiencia en el sector productivo en general, tampoco ha considerado objetivamente los lineamientos de nuevos paradigmas en un contexto de crisis climática que se ha puesto en marcha en otros países, como es el caso de la Economía Circular un nuevo paradigma que promueve que las economías cambien su enfoque lineal, para convertirlo en más bien circular (con acciones de circularidad), buscando la eficiencia en varios aspectos del proceso productivo. Aunque Bolivia participa activamente en los comités de normalización de Economía Circular (Comité 6.11) del Organización Internacional de Normalización (ISO, por sus siglas en inglés) (IBNORCA, 2023), desde el estado aún no se ha desarrollado políticas nacionales que promuevan la implementación de los principios de la Economía Circular.

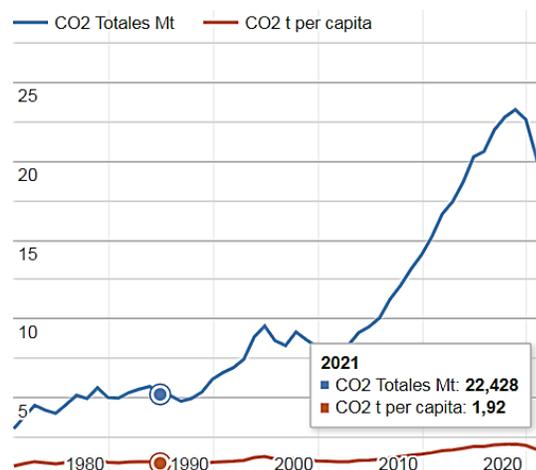
En este sentido, temas relativos a la eficiencia energética, eficiencia de agua, entre otros varios relacionados con la Economía Circular, aún no han sido incorporados de manera clara en las políticas de estado, por tanto, la normativa vigente para el sector industrial manufacturero no considera indicadores como la huella de agua, huella de carbono, nivel de circularidad, entre otros. En este sentido, el presente artículo tiene el objetivo de analizar el grado de aplicación y/o medición de indicadores de eficiencia

en el marco de la circularidad en el sector productivo industrial de los municipios de La Paz y El Alto, del departamento de La Paz, a través de revisión bibliográfica y de un muestreo simple, para poder evaluar si existen mecanismos objetivos de medición y comparación de eficiencia.

#### 4. Análisis de la situación

##### 4.1 Situación y políticas nacionales sobre eficiencia energética

En términos generales, en el año 2021, las emisiones de dióxido de carbono CO<sub>2</sub> en Bolivia han crecido en un 10,74% respecto a la gestión 2020. De hecho, las emisiones de CO<sub>2</sub> en 2021 han sido de 22,428 Mt (ver Figura 1), siguiendo una tendencia creciente que se viene presentando desde hace varias décadas, posicionando a Bolivia en el país número 99 del ranking de países por emisiones de CO<sub>2</sub>, formado por 184 países (cuyo orden es de menos a más contaminante). Asimismo, sigue la misma tendencia de las emisiones per cápita de CO<sub>2</sub> que también han aumentado en 2021, en el que han sido de 1,92 t/habitante. En cuanto a la eficiencia medioambiental del país, la evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub> por cada 1000 dólares de PIB, en el 2021, Bolivia ha emitido 0,23 kg por cada 1000 dólares de PIB más que en 2020 (Datosmacro, 2022).



**Figura 1.** Emisiones de CO<sub>2</sub> totales y per cápita de Bolivia, 2021

**Fuente:** Energía y Medioambiente – Datos Macro

Respecto a las políticas y directrices nacionales, la Política Plurinacional de Cambio Climático (PPCC) de Bolivia, cuya versión previa abarcó el período de 2016 a 2020 y que fue extendida hasta 2025, establece lineamientos para diversos sectores, específicamente para el sector económico productivo, establece entre otros, la conversión tecnológica a tecnologías más limpias y eficientes basadas con preferencia en energía renovable, así mismo establece la reducción de emisión de gases de efecto invernadero, a través de medidas de eficiencia energética y producción más limpia en los principales sectores productivos: energía, hidrocarburos, minería e industria (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra, 2016).

Aunque la Contribución Nacionalmente Determinada (CND), expone que a nivel nacional o subnacional se ha podido evidenciar iniciativas y proyectos desarrollados en el sector energía como: eficiencia energética en los diferentes sectores de consumo, uso de nuevas tecnologías no contaminantes para la generación de energía y el desarrollo de un marco regulatorio para incentivar las buenas prácticas ambientales, en el sector industrial manufacturero han sido reducidas las acciones y/o proyectos para promover la eficiencia energética. Pese a ello, las metas establecidas como país señalan que hasta el 2030, se proyecta realizar esfuerzos en materia de transición en la matriz de generación eléctrica nacional hacia un sistema fuertemente basado en energías renovables; mejorar la eficiencia energética y gestión integral y sustentable de bosques que contribuyan a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (Contribución Nacionalmente Determinada del Estado Plurinacional de Bolivia, 2022).

Aunque el tema de eficiencia energética se trata en el país desde aproximadamente tres décadas, las acciones para mejorar la eficiencia energética en el sector industrial manufacturero del país no fueron sostenibles en el tiempo, identificándose cuatro barreras: institucionales, financieras, técnicas y de información (Ministerio de Hidrocarburos y Energías, Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas, Niras – IP Consult para el Programa de Energías Renovables, 2022). Sin embargo no se puede omitir algunas iniciativas a nivel municipal, como es el caso de la Alianza Clima y Desarrollo (CDKN, por sus siglas en inglés) y el Banco de Desarrollo

para América Latina (CAF), quienes ejecutaron (en las gestiones 2013 y 2014) el Proyecto *Huella de Carbono y Huella de Agua en tres ciudades andinas: La Paz, Quito y Lima*, con el fin de promover acciones de mitigación y adaptación al cambio climático a nivel municipal, promoviendo las reducciones de las emisiones de gases de efecto invernadero y gestión hídrica. En el caso del municipio de La Paz, la evaluación de la Huella de Carbono permitió a la ciudad cumplir con compromisos internacionales, como reportar su inventario de GEI al Registro Climático de Ciudades, bajo el Pacto de la Ciudad de México; mientras que la evaluación de la Huella Hídrica le permitió formar parte del primer esfuerzo a nivel global para medir la Huella Hídrica de una ciudad (CDKN Alianza, Clima y desarrollo, 2015).

A nivel de regulación y normativa ambiental en el país, los temas relativos a la eficiencia energética, aún no han sido incorporados en su contenido, por tanto, la normativa vigente para el sector industrial manufacturero (Reglamento Ambiental para el Sector Industrial Manufacturero - RASIM) no exige la determinación de indicadores como la huella de agua, huella de carbono, nivel de circularidad, entre otros, quedando serios desafíos en este tema, toda vez que son este tipo de indicadores los que permiten realizar una medición objetiva de los avances en reducción de los GEI y su comparación inter-organizacional a nivel de rubro.

#### **4.2 Situación y políticas nacionales sobre eficiencia en el consumo de agua**

En términos del recurso hídrico, es evidente la afectación de las fuentes de agua como consecuencia del cambio climático, como también es claro el incremento de la demanda de agua por el crecimiento poblacional y la expansión agrícola e industrial; por tanto, en los últimos años Bolivia ha experimentado la variación de disponibilidad de este recurso, tanto en cantidad como en calidad.

En este entendido, el gobierno ha establecido la Política Nacional de Uso Eficiente del Agua Potable y Adaptación al Cambio Climático para Vivir Bien (actualizada recientemente), con el fin de que la población pueda acceder al agua potable, asegurando la calidad y disponibilidad del recurso hídrico. Esta política consigna modestamente recomendaciones para la aplicación de sistemas de

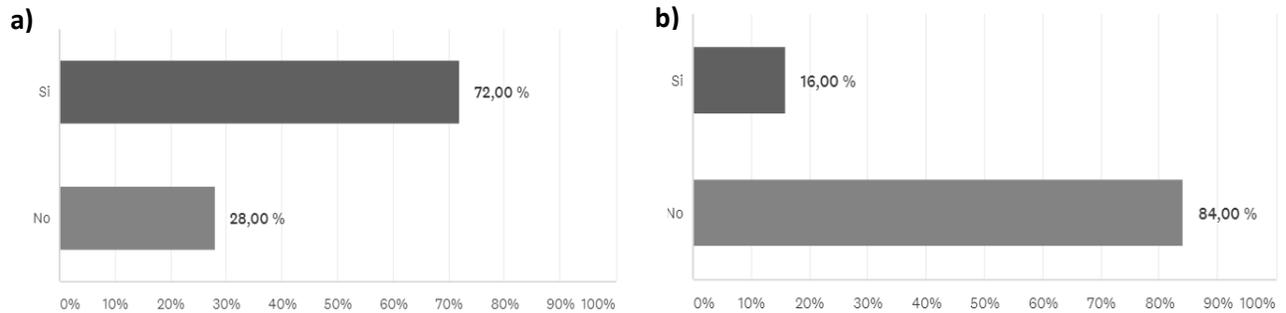
recirculación para la recuperación del agua que proviene de circuitos de refrigeración, climatización y calefacción abiertos, sobre todo en instalaciones comerciales e industriales, entre otros (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2020).

En este escenario, datos del año 2019 de la fundación Aquae de España, señala que Bolivia ocupa el tercer puesto en la clasificación mundial de países con mayor huella hídrica (huella de agua) en producción y consumo Bolivia (Fundación Aquae, 2019), aspecto que debe llamar la atención a las autoridades nacionales, subnacionales, regionales, a los diferentes sectores productivos (incluido el sector industrial) y a la población en general, respecto a las acciones de consumo y uso racional de este recurso cada vez más escaso.

### **4.3 Economía circular en el Sector Industrial Manufacturero de Bolivia**

Si bien en el país aún no se han desarrollado políticas públicas relativas a Economía Circular, se conoce que este paradigma se está insertando en el Proyecto de Ley para la Industria Ambientalmente Sostenible, promovida por el Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural (en fase de socialización, aún no vigente en la gestión 2023) en la que se promueve la Gestión Circular de los flujos de materiales, agua y energía; además de la aplicación de la producción más limpia en la actividad industrial, a través, entre otros, de la eficiencia energética orientada a la valorización energética de residuos industriales.

En la gestión 2021, a través del Instituto de Investigaciones Industriales (IIIFI) de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Mayor de San Andrés, se realizó un diagnóstico de acciones de circularidad en el Sector Industrial Manufacturero de los principales municipios del Departamento de La Paz, cuyo alcance fue 25 establecimientos industriales grandes, medianas y pequeñas de los municipios de La Paz, El Alto y Viacha. Las principales conclusiones relacionadas con la eficiencia y energía de este estudio revelaron que sólo el 16% de las empresas consultadas utilizan energías renovables (como energías solar, eólica, biomasa, térmica, otros), aunque existe una tendencia de aplicación de tecnologías eficientes, especialmente para la minimización de residuos, con independencia de dónde provenga y cómo se genere su fuente de energía (ver Figura 2) (Terán, 2021).



**Figura 2. a)** Utiliza últimas tecnologías para maximizar la eficiencia y disminuir la cantidad de residuos. **b)** Utiliza energías renovables en sus procesos

**Fuente:** Revista Industrial 4.0. N°2, 2021

Dentro de las principales conclusiones del estudio citado, se señala que las empresas grandes (y algunas medianas) del sector industrial manufacturero de los principales municipios del departamento de La Paz, si bien realizan acciones de circularidad desde hace muchos años, estas son aisladas y se instauran de acuerdo a iniciativas propias de cada organización industrial, en el marco de sus estrategias productivas; asimismo, la mayor parte de empresas consultadas no consideran en sus planes de capacitación (a niveles: superior estratégico, intermedio táctico y operativo), los temas propios de economía circular como: el ciclo de vida, eco-diseño, reciclaje, reaprovechamiento de residuos, recirculación, uso eficiente de agua, eficiencia energética, otros relacionados como huella de agua, huella de carbono, huella ambiental (Terán, 2021).

Actualmente, en el municipio de La Paz, algunas empresas categorizadas como grandes, han mostrado abiertamente sus acciones en el marco de Economía Circular, por citar un ejemplo, la Cervecería Boliviana Nacional (CBN) está promoviendo el reúso ecológico de efluentes industriales en el marco de una Economía Circular, cuya planta de tratamiento de efluentes (PTE) proporcionará al Gobierno Municipal, agua para el riego de áreas verdes y para la limpieza de espacios públicos. Esta organización industrial, implementa estas acciones en toda la cadena de valor, controlando su huella de carbono.

En este marco, es evidente la necesidad de lineamientos de estado que se reflejen en la normativa sectorial que orienten e incentiven acciones concretas a la circularidad y el mejoramiento de la eficiencia.

#### **4.4 Eficiencia energética y de consumo de agua en el Sector Industrial Manufacturero de los municipios de La Paz y El Alto – Huella de Carbono y Huella de Agua**

Es importante precisar que los conceptos de huella de carbono y de agua, están claramente definidos en las normas de la ISO, cuyas normas han sido adoptadas por el país a través del Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA). En este sentido, se entiende como huella de carbono como un indicador ambiental que mide la totalidad de emisiones y remociones de gases de efecto invernadero (GEI) en un sistema producto, expresadas como CO<sub>2</sub> equivalente y basadas en una evaluación del ciclo de vida, utilizando la categoría única de impacto única de cambio climático (ISO/IBNORCA, 2020); mientras que la huella de agua es la métrica o métricas basadas con las que se cuantifican los impactos ambientales potenciales relacionados con el agua (ISO/IBNORCA, 2020).

En el año 2012, con el apoyo del Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe (CAF), el Instituto Boliviano de Normas y Calidad (IBNORCA) llevó adelante un proyecto de cuantificación y reducción de emisiones de GEI bajo la Norma Boliviana NB-ISO 14064-1, en nueve empresas y tres proyectos de organizaciones ambientales del sector privado y proyectos ambientales (Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe - CAF, 2012).

Desde entonces, pocas han sido las iniciativas colectivas que propicien incentivos para ejecutar acciones de eficiencia energética y eficiencia en el consumo de agua, o la medición de indicadores como la huella de carbono, huella de agua u otros indicadores que les permita medir la eficiencia en sus procesos respecto a los materiales e insumos utilizados. De hecho, recién en la gestión 2023, a través del IBNORCA se ha llevado adelante dos programas formativos en determinación de huella de agua bajo la Norma 14046 (Programa Formación de Formadores – ToT, apoyada por la ISO y PTB), y sobre medición de Gases de Efecto Invernadero (NB/ISO 14064-1) y huella de carbono (NB/ISO 14064-4) (Programa Piloto medición de GEI, apoyada por la Embajada de Suecia en Bolivia); en ambos casos, se han formado profesionales expertos en las áreas de interés de aplicación de estas normas, con el

fin de promover en el país la implementación de estas normas en las diferentes organizaciones. Producto de dichos programas, varias organizaciones industriales, incluidas, instituciones del estado y negocios verdes, realizarán la medición de su huella de carbono y de agua. Se espera que estas acciones puedan impulsar a las empresas del sector industrial manufacturero de Bolivia (al igual que otros sectores), a generar indicadores que les permita mejorar su eficiencia energética y de consumo de agua, siguiendo como referencia la metodología establecida en las normas, posicionándose al mismo nivel de empresas u organizaciones que compiten en mercados internacionales.

No es menos importante señalar que algunas empresas categorizadas como grandes, han realizados sus mediciones como muestra de su intención de aportar con la reducción de GEIs. Este es el caso, de EMBOL cuyas actividades con mayor impacto se concentran en las plantas de producción, por lo que se han concentrado en acciones de reducción de emisiones en instancias operativas: renovando equipos industriales y optando por tecnología que ofrece mayor eficiencia energética e hídrica, asimismo, implementando y manteniendo la planta de tratamiento de aguas residuales con tecnología aeróbica y el consumo de energía fotovoltaica, entre otros, logrando que desde el 2017 hasta el 2020 una reducción del 28.23 % de las emisiones netas de CO<sub>2</sub>equivalente.

Asimismo, producto de un muestreo aleatorio simple a empresas industriales de los municipios de La Paz y El Alto, y con el objetivo de evaluar si existen mecanismos objetivos de medición y comparación de eficiencia en el sector industrial manufacturero, se consultó a 20 empresas (entre medianas y grandes, de varios rubros) sobre la medición de la huella de agua y huella de carbono. Los resultados señalan que aproximadamente el 20% de las empresas realizan las mediciones de estos indicadores de manera periódica, planificada y sistemática. Si bien estos resultados reflejan el comportamiento de la muestra de empresas consideradas, sin duda, permite inferir el comportamiento a nivel general del sector (en los municipios de El Alto y La Paz).

## **5. Proyecciones en el sector industrial**

En el contexto actual, la medición de la huella de carbono y de agua se constituirán en herramientas imprescindibles para competir en el mercado, por tanto, la organizaciones que implanten en sus productos la medición de huella de carbono y/o de agua obtendrán una ventaja competitiva clave frente al resto por incluir en sus políticas de sostenibilidad, la intención y/o compromiso de reducir su contribución de GEIs. En el mercado europeo, se insta con más fuerza la exigencia de cálculo de la huella de carbono de los productos (es el caso de empresas productoras de vino, aceite de oliva o frutas y verduras), por lo que la obtención de estos indicadores se constituyen en un factor de competitividad y diferenciación del producto y compañía. En definitiva, el cálculo de la huella de carbono y de agua, permite detectar posibilidades de mejora de la eficiencia energética y de consumo de agua, de los procesos productivos o del diseño de los envases, entre otros, permitiendo orientar sus acciones a la reducción de las emisiones de GEIs y al uso racional y eficiente del recurso agua.

## **6. Conclusiones**

En el contexto nacional se evidencia que, pese a algunas iniciativas orientadas a la medición y utilización de estos indicadores, pocas empresas de los municipios de El Alto y La Paz (del Departamento de La Paz) son las que realizan la medición de la huella de carbono y huella de agua de manera periódica, sistemática y planificada, por lo que tampoco realizan las publicaciones correspondientes, esta incipiente aplicación de estos indicadores se deben también a que la normativa ambiental del sector, no incluye y/o contempla la medición y reporte de estos indicadores.

Esto sin duda, genera un gran desafío para las autoridades nacionales, subnacionales y entes de representación y agrupación del sector industrial manufacturero, ya que las exigencias del mercado internacional promueven la cuantificación de la huella de carbono de los productos (prioritariamente) y la huella de agua, como muestra de su compromiso de reducción de las emisiones de GEIs y del uso racional y eficiente del recurso agua, por lo que la obtención de estos indicadores se constituyen en un factor de competitividad y diferenciación del producto y empresa.

## **7. Bibliografía**

Contribución Nacionalmente Determinada del Estado Plurinacional de Bolivia.

*Actualización de las CND para el periodo 2021-2030 en el marco del Acuerdo de París.* Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra, La Paz.

Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe - CAF. (15 de Marzo de 2012). *CAF - Bolivia*. Recuperado el 15 de Septiembre de 2023, de <https://www.caf.com/es/actualidad/noticias/2012/03/medicion-de-la-huella-de-carbono-en-empresas-privadas-y-proyectos-ambientales-ya-es-posible-en-bolivia/>

CDKN Alianza, Clima y desarrollo. (21 de Enero de 2015). *Proyecto para la medición de la huella de carbono e hídrica de La Paz, Quito y Lima*. Recuperado el 11 de Septiembre de 2023, de <https://cdkn.org/es/noticia/destacado-proyecto-de-cdkn-midio-la-huella-de-agua-y-carbono-de-la-paz-quito-y-lima>

Datosmacro. (02 de Febrero de 2022). *Datosmacro*. Recuperado el 14 de Septiembre de 2023, de <https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/emisiones-co2/bolivia#:~:text=Las%20emisiones%20de%20CO2%20en%202021%20h an%20sido%20de%2022%2C428,de%20menos%20a%20m%C3%A1s%20 contaminantes.>

Fundación Aquae. (20 de Marzo de 2019). *Aquae Fundación*. Recuperado el 23 de julio de 2023, de [https://www.fundacionaquae.org/conoce-huella-hidrica/#:~:text=Bolivia%20\(9.500%20litros\),Estados%20Unidos%20\(7.800%20litros\)](https://www.fundacionaquae.org/conoce-huella-hidrica/#:~:text=Bolivia%20(9.500%20litros),Estados%20Unidos%20(7.800%20litros))

IBNORCA. (20 de Septiembre de 2023). *Instituto Boliviano de Normalización y Calidad*. Obtenido de <https://www.ibnorca.org/es/normalizacion/comites-activos/economia-circular>

ISO/IBNORCA. (2020). *NB/ISO 14046* (Primera ed.). La Paz, Bolivia.

ISO/IBNORCA. (2020). *NB/ISO 14064-1* (Segunda ed.). La Paz, Bolivia.

Ministerio de Hidrocarburos y Energías, Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas, Niras – IP Consult para el Programa de Energías Renovables. (2022). *UN PROGRAMA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA EL SECTOR INDUSTRIAL BOLIVIANO*. La Paz: Comunicación Programa de Energías Renovables (PEERR).

Ministerio de Medio Ambiente y Agua. (2020). *Actualización de la política nacional de uso eficiente del agua potable y adaptación al cambio climático, para vivir bien*. La Paz.

Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra. (2016). *Política Plurinacional de Cambio Climático*. La Paz.

Servicios Ambientales S.A. (2017). Serie Huella de Ciudades No2. La Paz. (C. V. Sostenible, Ed.) *Huella de ciudades(2)*, 57.

Terán, T. A. (Mayo de 2021). Diagnóstico de la circularidad y Gestión de Resíduos en el Sector Industrial Manufacturero de los principales municipios del Departamento de La Paz. (S. G. Sanabria F., Ed.) *Revista Industrial 4.0(2)*.



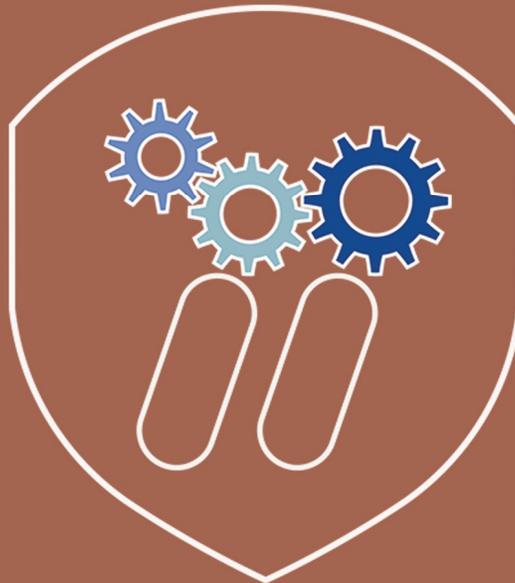
Carrera de Ingeniería Industrial  
Acreditada al Sistema ARCU-SUR, del MERCOSUR Educativo

Carrera de Ingeniería Industrial  
Unidad Académica Acreditada  
Comite Ejecutivo de la Universidad Boliviana

[industrial.umsa.bo](http://industrial.umsa.bo) / [iiifi.umsa.bo](http://iiifi.umsa.bo) / [inuisiso.umsa.bo](http://inuisiso.umsa.bo) / [iniam.umsa.bo](http://iniam.umsa.bo)



Universidad Mayor de San Andrés  
Facultad de Ingeniería



Todos los Derechos Reservados  
Carrea de Ingeniería Industrial, Noviembre - 2023  
La Paz - Bolivia

- \* Av. Mcal. Santa Cruz N° 1175  
Plaza del Obelisco  
Mezzanine, Edificio Facultad de Ingeniería  
Tel. 2205000 - 2205067 Int. 1402
- \* Campus Universitario - Cota Cota, calle 30
- \* Web: [industrial.umsa.bo](http://industrial.umsa.bo)  
Email: [ingindustrial@umsa.bo](mailto:ingindustrial@umsa.bo)  
[revistaindustrial4.0@umsa.bo](mailto:revistaindustrial4.0@umsa.bo)