



ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN**Huella de carbono en microempresas generada por el consumo de energía eléctrica: Un enfoque práctico****Carbon footprint in microenterprises generated by electricity consumption: A practical approach**

María Fernanda Alarcón Bermudez

Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo - Ecuador

maria.alarcon2015@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0004-1144-1124>

Yomber José Montilla López

Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo - Ecuador

ymontillal@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-8592-248X>

Brexys Baumarys Linares Rodríguez

Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo - Ecuador

blinares9307@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0003-0423-4971>

María Mercedes Alarcón Bermudez

Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo - Ecuador

malarconb@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0004-7592-6198>

Autor de Correspondencia: María Fernanda Alarcón Bermudez, maria.alarcon2015@uteq.edu.ec

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Recibido: 14 agosto 2024 | **Aceptado:** 20 septiembre 2024 | **Publicado online:** 25 septiembre 2024

CITACIÓN

Alarcón Bermudez, M; Montilla López, Y; Linares Rodríguez, B y Alarcón Bermudez, M. (2024) Huella de carbono en microempresas generada por el consumo de energía eléctrica: Un enfoque práctico. *Revista Social Fronteriza* 2024; 4(5): e453.

[https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4\(5\)453](https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4(5)453)



Esta obra está bajo una licencia internacional. [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0.](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)





RESUMEN

La huella de carbono cuantifica la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) por individuos, organizaciones o productos, contribuyendo al cambio climático. En este estudio se estimó la huella de carbono generada por el consumo de energía eléctrica en la microempresa ecuatoriana D-LASER, desarrollando un enfoque metodológico en tres pasos: recopilación de datos sobre consumo eléctrico, realización de una auditoría energética y la estimación de la huella de carbono. Se calcularon las emisiones de CO₂ por áreas de trabajo y equipos específicos. Los resultados indicaron que el área de producción con emisiones de 206,6 kgCO₂-eq y administración con 154,5 kgCO₂-eq fueron las de mayor impacto, con los equipos de producción y climatización liderando el consumo energético con 23% y 21% respectivamente. Se identificaron oportunidades para reducir la huella de carbono mediante prácticas sostenibles. Se concluye con la propuesta de un modelo replicable para otras microempresas.

Palabras clave: Emisiones, energía eléctrica, sostenibilidad, gases de efecto invernadero, auditoría energética.

ABSTRACT

The carbon footprint quantifies the emission of greenhouse gases (GHG) by individuals, organizations or products, contributing to climate change. This study estimated the carbon footprint generated by electricity consumption in the Ecuadorian microenterprise D-LASER, developing a methodological approach in three steps: collecting data on electricity consumption, conducting an energy audit and estimating the carbon footprint. CO₂ emissions were calculated by work areas and specific equipment. The results indicated that the production area with emissions of 206.6 kgCO₂-eq and administration with 154.5 kgCO₂-eq had the greatest impact, with production and air conditioning equipment leading in energy consumption with 23% and 21%, respectively. Opportunities were identified to reduce the carbon footprint through sustainable practices. It concludes with the proposal of a replicable model for other microenterprises.

Keywords: Emissions, electric power, sustainability, greenhouse gases, energy audit.





1. Introducción

La creciente urgencia de abordar el cambio climático a nivel global ha catalizado un interés renovado en la sostenibilidad ambiental y la mitigación de la huella de carbono. Investigaciones recientes, como las de Dormido et al. (2022) y Serna et al. (2022) destacan la importancia de reducir las emisiones de carbono a través de prácticas sostenibles adaptadas tanto a grandes corporaciones como a individuos. Estos estudios subrayan que la gestión efectiva de la huella de carbono no sólo reduce el impacto ambiental, sino que también cumple con los objetivos de desarrollo sostenible propuestos por las Naciones Unidas. Diversos países han implementado normativas y políticas para gestionar y reducir los gases de efecto invernadero (GEI). En la Unión Europea, por ejemplo, se ha establecido el Régimen de Comercio de Derechos de Emisión, un sistema que limita las emisiones de CO₂ de grandes instalaciones industriales y centrales eléctricas (European Commission, 2020). En Ecuador, desde su ingreso a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) en 1994, ha presentado informes ambientales y adoptado medidas como el programa Socio Bosque y Socio Páramo, orientadas a disminuir el consumo de combustibles fósiles y a promover el uso de energías renovables, en línea con las estrategias de mitigación y adaptación del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE, 2022).

El estudio demuestra, cómo las microempresas a menudo pasadas por alto en las discusiones de política más amplias, pueden jugar un papel importante en la reducción de la huella de carbono. A pesar de su escala menor, entidades como D-LASER en Ecuador tienen la capacidad de influir significativamente en sus comunidades locales y el entorno global. El objetivo principal de este estudio es demostrar la importancia y efectividad de los métodos aplicados para estimar la huella de carbono en microempresas, proporcionando así un marco replicable que pueda ser adoptado por otras empresas similares para mejorar su sostenibilidad.

Este artículo presenta la metodología utilizada para calcular la huella de carbono en D-LASER. Se incluye una revisión detallada de los conceptos y normativas aplicables, seguidos por una metodología específica para la estimación de las emisiones derivadas del consumo eléctrico. Finalmente, se resumen los principales hallazgos del estudio.





2. Desarrollo

La huella de carbono de una organización, también conocida como huella empresarial, se refiere a la medición de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas con las actividades de una organización o empresa. Esto incluye emisiones directas (por ejemplo, las generadas por la combustión de combustibles fósiles en sus instalaciones) e indirectas (como las provenientes del consumo de electricidad) (Herrera et al., 2020)

Según el IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2023), el dióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso se encuentran entre los gases más comunes, generados principalmente por la actividad humana. Además, Masson et al. (2019), señalan que, una comprensión y gestión de esta huella resultan esenciales para reducir el impacto ambiental de las empresas y el efecto invernadero, que es causado por la absorción y emisión de radiación infrarroja por estos gases.

La necesidad de medir y mitigar la huella de carbono en el ámbito empresarial se ve subrayada por una década de aceleración del cambio climático, tal como lo demuestra el informe de la Organización Meteorológica Mundial (WMO, 2023), Este documento confirma que cada década desde los años 90 ha sido más cálida que la anterior, con concentraciones de gases de efecto invernadero que continúan en aumento, lo que demanda una reducción significativa y sostenida de emisiones para estabilizar el clima y evitar un calentamiento adicional. Estos hallazgos resaltan la importancia crítica de adoptar estrategias de sostenibilidad y eficiencia energética, no solo en el sector de energía sino también dentro de las operaciones empresariales.

Las microempresas desempeñan un papel importante en la economía y en las comunidades en las que operan. Estas empresas, con recursos y personal limitados, suelen estar bajo la dirección directa de sus propietarios, lo que les otorga una estructura organizacional ágil y adaptable. Según Pangarso et al. (2022), esta capacidad de adaptación les permite reaccionar eficazmente a las fluctuaciones del mercado y a las necesidades cambiantes de los consumidores, diferenciándolas de las grandes corporaciones que pueden ser más rígidas en su gestión.

A pesar de que el impacto ambiental de una microempresa individual puede ser mínimo, cuando se considera su presencia masiva en la economía global, el efecto acumulativo se vuelve considerablemente significativo. Spence et al. (2018), mencionan que, la mayoría de





las empresas a nivel mundial son de tamaño pequeño o mediano, lo que pone de relieve la necesidad de adoptar prácticas sostenibles que reduzcan colectivamente su impacto ecológico.

Las microempresas en Ecuador, que emplean entre 1 y 9 trabajadores y generan ingresos anuales menores a \$100,000 USD, representan una parte significativa del tejido empresarial global. Según el Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones (COPCI, 2014), en su artículo 53, estas empresas son definidas y clasificadas en función del número de trabajadores y el valor bruto de sus ventas anuales. Para desarrollar estrategias de mitigación efectivas y fomentar prácticas sostenibles, es esencial estimar la huella de carbono de estas empresas. González et al. (2022), destacan la importancia de analizar estas organizaciones para comprender su contribución al cambio climático y formular planes de acción adecuados.

Una de las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero en las organizaciones es el uso de energía eléctrica. La producción de energía eléctrica libera indirectamente grandes cantidades de CO₂ y otros gases de efecto invernadero, lo que contribuye significativamente al fenómeno del cambio climático. En su estudio, Martínez & Gassinski (2022), indican que la industria consume cerca del 40% de la electricidad, de la cual dos terceras partes son utilizadas por motores eléctricos. En efecto, una de las principales medidas es reducir las pérdidas de energía, por ello, se debe optar por tecnologías más eficientes y realizar mejoras en las prácticas operativas.

Según Herrera et al. (2020), medir el consumo energético es esencial para reducir la huella de carbono de una organización porque, esto no solo contribuye a la disminución de las emisiones de GEI, sino que también puede resultar en un ahorro de costos energéticos y mejoras en la eficiencia operativa.



3. Metodología

Figura 1. Mapa de ubicación de la microempresa D-LASER



La investigación se realizó en la microempresa D-LASER, ubicada en la parroquia urbana Nicolás Infante Díaz, calle 24 de mayo, del cantón Quevedo, provincia Los Ríos, Ecuador. Las coordenadas geográficas de su ubicación corresponden a $1^{\circ}00'29.3''S$ $79^{\circ}27'52.1''W$ (ver Figura 1).

Recopilación de datos

Descripción: Se recopilaron las planillas de consumo eléctrico de la microempresa D-LASER para obtener los datos de consumo mensual de electricidad durante el período de enero a diciembre de 2022 (Ver Tabla 1). Esta información incluyó el consumo de kilovatios-hora (kWh) por mes.

Tabla 1. Consumo de electricidad de la empresa, enero - diciembre 2022.

Enero – diciembre 2022 (1 AÑO)	
Meses	Consumo (kWh)
Enero	478
Febrero	512

Marzo	486
Abril	495
Mayo	620
Junio	690
Julio	598
Agosto	546
Septiembre	602
Octubre	532
Noviembre	563
Diciembre	596

Fuente: D-LASER

Elaborado: Autores

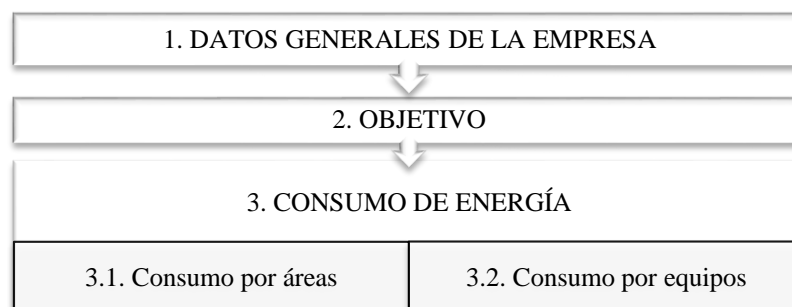
Auditoría energética

El procedimiento de auditoría incluyó:

- **Visitas a las instalaciones:** Inspección de las áreas de trabajo y equipos para corroborar el uso de energía.
- **Entrevistas:** Recolección de información mediante entrevistas al personal encargado del mantenimiento y operación de los equipos eléctricos.
- **Revisión de Registros:** Análisis de los registros de consumo energético para validar los datos recopilados.

En este sentido, fue indispensable el diseño de un modelo de ficha técnica acorde con la definición del Artículo 2, numeral 32, de la Codificación de Resoluciones del Sistema Nacional de Contratación Pública (SERCOP, 2017), que caracteriza a dichas fichas como documentos que describen de manera genérica y detallada las propiedades y especificaciones técnicas tanto de bienes como de servicios (Ver Figura 2).

Figura 2. Esquema de la información contenida en la ficha técnica.



Esto permitió el registro de cada equipo eléctrico y su consumo total en kWh, facilitando la identificación precisa de aquellos aspectos que afectan directamente a la huella de carbono de la microempresa en estudio, proporcionando así un fundamento positivo para la estimación y la toma de decisiones orientadas a su sostenibilidad ambiental.

Estimación de la huella de carbono por electricidad

- **Factor de emisión de CO₂**

Para lograr estimar la huella de carbono derivada del consumo de electricidad, es necesario conocer el factor de emisión correspondiente. Estos factores de emisión específicos, proporcionados por organismos oficiales, varían según el año, el país, la fuente de energía y el mix energético de cada nación. En Ecuador, el Ministerio de Energía y Minas (2022) proporciona los factores de emisión de CO₂, detallados en informes anuales como el del Sistema Nacional Interconectado de Ecuador - Informe 2022. Estos coeficientes son sustanciales para evaluar la evolución de la intensidad de las emisiones y cuantificar el impacto ambiental de las actividades empresariales.

A continuación, se presentan los factores de emisión de CO₂ del Sistema Nacional Interconectado de Ecuador para el período comprendido entre 2012 y 2022 (Ver Tabla 2).

Tabla 2. Factores de emisión de CO₂ en Ecuador, de 2012 a 2022.

Año	Factor de emisión
2012	0,2461
2013	0,2712
2014	0,2789
2015	0,2603
2016	0,1988
2017	0,0988
2018	0,1093
2019	0,0695
2020	0,0576
2021	0,0435



2022	0,0920
Promedio	0,1569

Fuente: Ministerio de Energía y Minas (2022)

Fórmulas para el cálculo de huella de carbono por consumo de electricidad

- **Ecuación para el cálculo anual de emisiones de CO₂**

Para cuantificar las emisiones anuales de CO₂ equivalente, se utiliza un método que calcula las emisiones mensuales y las suma para obtener el total anual. Las emisiones en [kgCO₂-eq] por consumo de electricidad anual se determinan mediante la siguiente ecuación (Ec. 1):

$$\text{Emisiones Totales [kgCO}_2\text{-eq]} = \sum_{i=1}^{12} \text{Emisiones por meses [kgCO}_2\text{-eq]} \tag{Ec. 1}$$

Donde:

Emisiones Totales [kgCO₂-eq]: Es la suma de las emisiones de CO₂ equivalentes para un año completo. Está medida en kilogramos de CO₂ equivalente.

- **Ecuación para el cálculo mensual de emisiones de CO₂**

Para el cálculo de las emisiones en kgCO₂-eq por consumo de electricidad (meses) se emplea la siguiente ecuación:

$$\text{Emisiones [kgCO}_2\text{-eq]} = \frac{\text{Consumo de energía eléctrica [kWh]} [1\text{MWh}]}{[10^3\text{kWh}]} \frac{\text{Factor de emisión [tCO}_2\text{-eq/MWh]} [10^3\text{kg}]}{[1\text{t}]} \tag{Ec. 2}$$

Donde:

Emisiones [kgCO₂-eq]: Se refiere a la cantidad total de gases de efecto invernadero emitidos mensualmente, expresadas en kilogramos de CO₂ equivalente.

- **Ecuación para el cálculo de emisiones por áreas de trabajo y equipos**

Para el cálculo de emisiones anuales por sectores o áreas de la empresa se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Emisiones por área [kgCO}_2\text{-eq]} = \frac{\text{Consumo de energía del área [kwh]}}{\text{Consumo de energía total [kwh]}} \text{Emisiones Totales [kgCO}_2\text{-eq]} \tag{Ec. 3}$$

Donde:



Emisiones por área [kgCO₂-eq]: Representa las emisiones de dióxido de carbono equivalentes que se atribuyen a un área específica, calculadas para entender la contribución proporcional de esa área a las emisiones totales.

Además, se realizó el cálculo de las emisiones anuales por equipos que consumen electricidad del área de estudio (Ec. 4).

$$\text{Emisiones por equipos [kgCO}_{2\text{-eq}}] = \frac{\text{Consumo de energía por equipos [kwh]}}{\text{Consumo de energía total [kwh]}} \text{Emisiones Totales [kgCO}_{2\text{-eq}}] \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde:

Emisiones por equipos [kgCO₂-eq]: Es la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero atribuidas al uso de equipos específicos, expresada en kilogramos de CO₂ equivalente.

4. RESULTADOS

Emisiones generadas por consumo eléctrico de la empresa D-LASER

Al aplicar la metodología descrita anteriormente, a continuación, se presenta un resumen detallado del consumo de energía eléctrica de la microempresa D-LASER y las correspondientes emisiones de dióxido de carbono de enero – diciembre de 2022 (Ver Tabla 3).

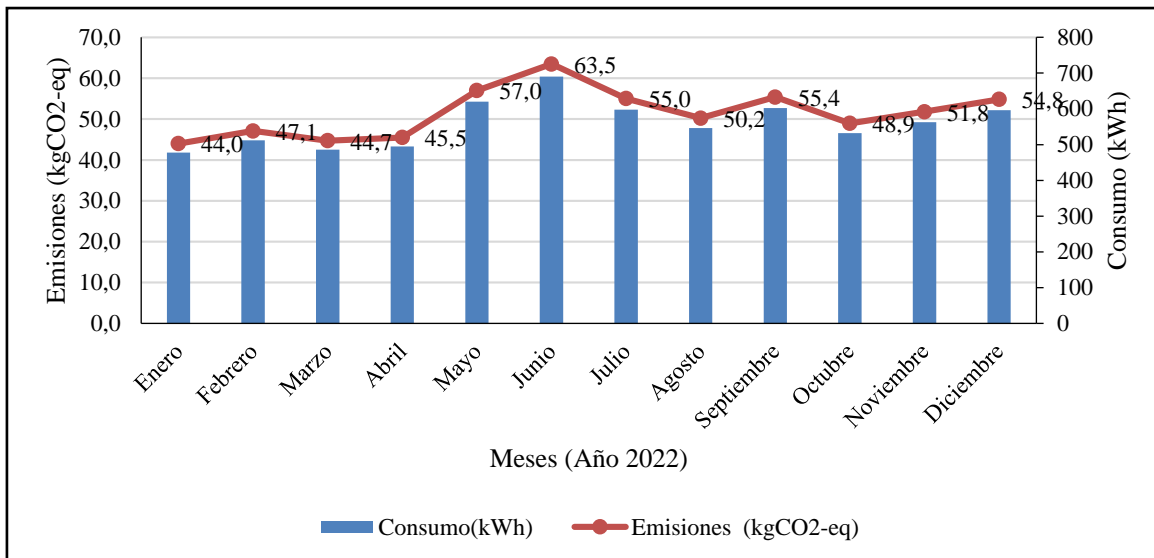
Entre los resultados se muestra que, Durante este período, la microempresa utilizó un total de 6718 kWh, lo que resultó en la emisión de 618,0 kgCO₂-eq. El consumo máximo de energía y emisiones de CO₂ se registraron en junio con 690 kWh y 63,5 kgCO₂-eq respectivamente. En promedio, el consumo mensual fue de 560 kWh, con emisiones de 51,5 kgCO₂-eq. El factor de emisión corresponde a 0,0920 dado en tCO₂-eq/MWh, esta unidad se conserva porque es la que reporta el Operador Nacional de Electricidad (CENACE), pero se utiliza la conversión correspondiente en kgCO₂-eq/kWh. Estos valores reflejan variaciones en la sostenibilidad de la energía consumida.

Tabla 3. Emisiones de dióxido de carbono y consumo de energía eléctrica del año 2022 en la empresa D-LASER.

Enero – diciembre 2022 (1 AÑO)			
Meses	Consumo (kWh)	Factor de emisión (tCO ₂ -eq/MWh)	Emisiones (kgCO ₂ -eq)
Enero	478	0,0920	44,0
Febrero	512		47,1
Marzo	486		44,7
Abril	495		45,5
Mayo	620		57,0
Junio	690		63,5
Julio	598		55,0
Agosto	546		50,2
Septiembre	602		55,4
Octubre	532		48,9
Noviembre	563		51,8
Diciembre	596		54,8
Suma	6718		618,0
Promedio	560		51,5

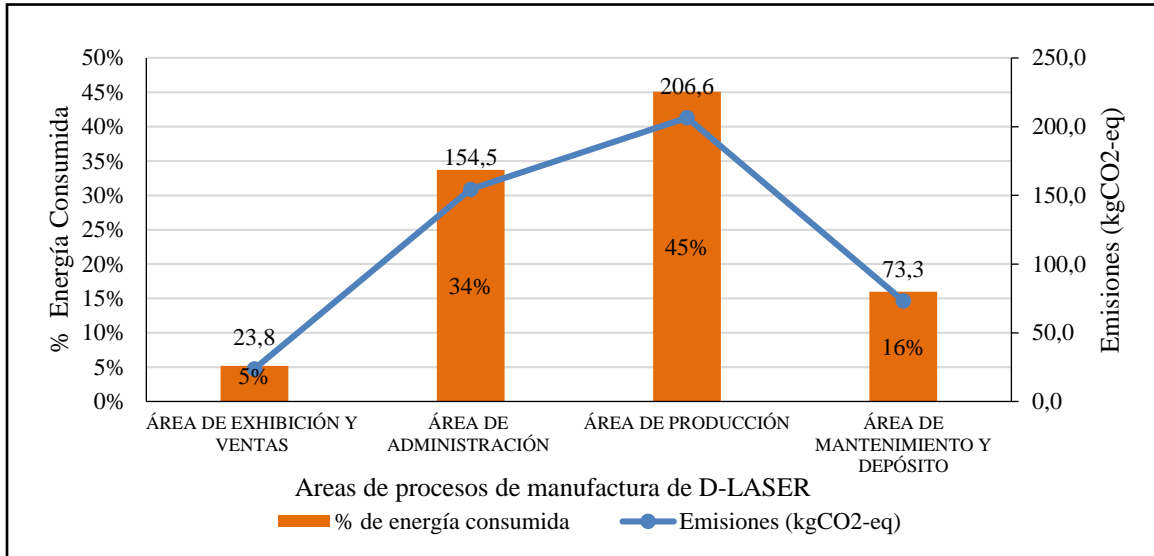
El análisis muestra variaciones importantes en el consumo de energía eléctrica y las emisiones de CO₂ durante el año 2022 (Ver Figura 3). El consumo de energía alcanzó su nivel más alto en junio con 690 kWh, lo que indica un incremento respecto a meses anteriores. Al mismo tiempo, las emisiones de CO₂ también experimentaron cambios, alcanzando su punto máximo en junio con 63,5 kgCO₂-eq.

Figura 3. Emisiones de dióxido de carbono y consumo de energía eléctrica del año 2022 en la empresa D-LASER.



Fuente: D-LASER

Figura 4. Consumo de energía eléctrica y emisiones de dióxido de carbono (Año 2022) por cada área específica de la empresa D-LASER



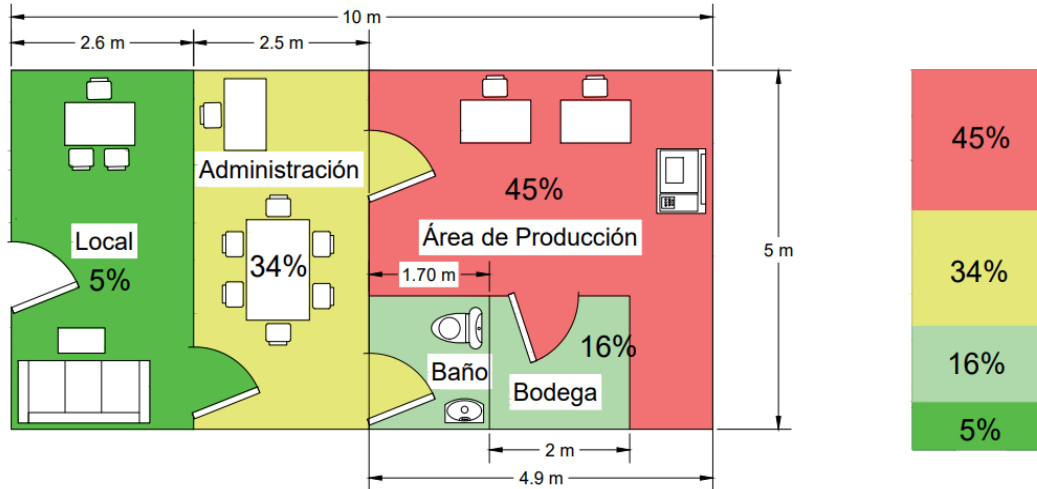
Fuente: D-LASER

Se observa la distribución porcentual del consumo de energía y las emisiones de CO₂ en las distintas áreas de procesos de manufactura de la empresa D-LASER durante el año 2022 (Ver Figura 4). El área de producción lidera con el 45% del consumo y 206,6 kgCO₂-eq, seguido por el área de administración con el 34% y 154,5 kgCO₂-eq. El área de mantenimiento y depósito, a pesar de solo consumir el 16% de la energía, emite 73,3 kgCO₂-eq. El menor consumo y emisión corresponden al área de exhibición y ventas con el 5% y 23,8 kgCO₂-eq respectivamente.

Se representó el porcentaje calculado del consumo por cada área específica de la empresa D-LASER, cada una coloreada de manera distinta (Ver Figura 5). Estos porcentajes indican la proporción de la huella de carbono total atribuida a cada zona, indicando prioridades para estrategias de mitigación. En el diseño, el área de producción, marcada en rojo, representa el mayor porcentaje de consumo de energía con un 45%. A continuación, la administración, coloreada en amarillo, contribuye con el 34% del consumo de energía. La bodega, en color

verde y situada en la parte inferior, tiene un porcentaje del 16%, mientras que el área designada como Local, en el extremo izquierdo y en color verde claro, tiene el porcentaje más bajo con un 5%.

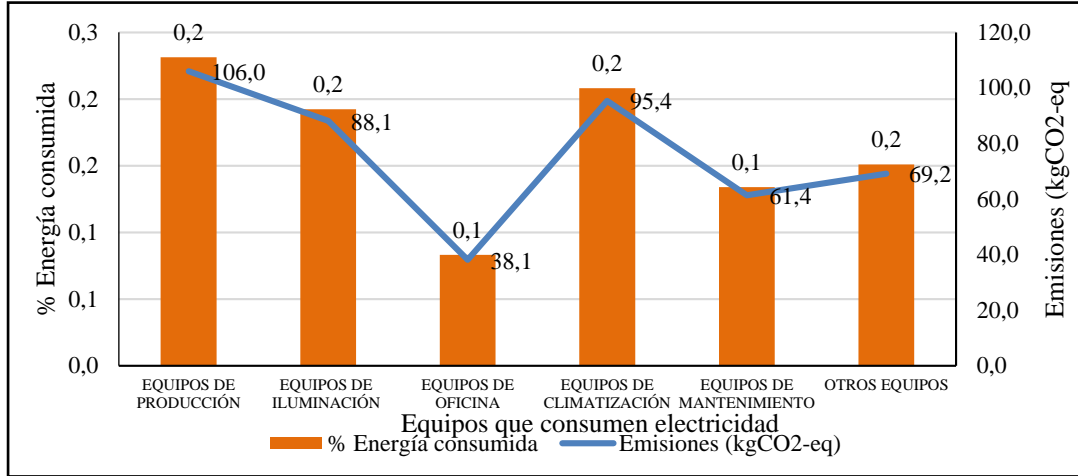
Figura 5. Porcentaje de consumo por cada área específica de la empresa D-LASER



Fuente: D-LASER

Se representó el porcentaje de consumo de energía eléctrica y las emisiones de CO_{2-eq} por los equipos utilizados durante el año 2022 (Ver Figura 6). Durante este periodo anual, los equipos de producción fueron los más representativos, siendo el 0,2% del consumo y 106 kgCO_{2-eq}. Los equipos de iluminación emitieron menos CO₂ con 88,1 kgCO_{2-eq}, mientras que los equipos de climatización tuvieron emisiones elevadas de 95,4 kgCO_{2-eq}. Los equipos de oficina y de mantenimiento presentaron emisiones de 38,1 y 61,4 kgCO_{2-eq} respectivamente.

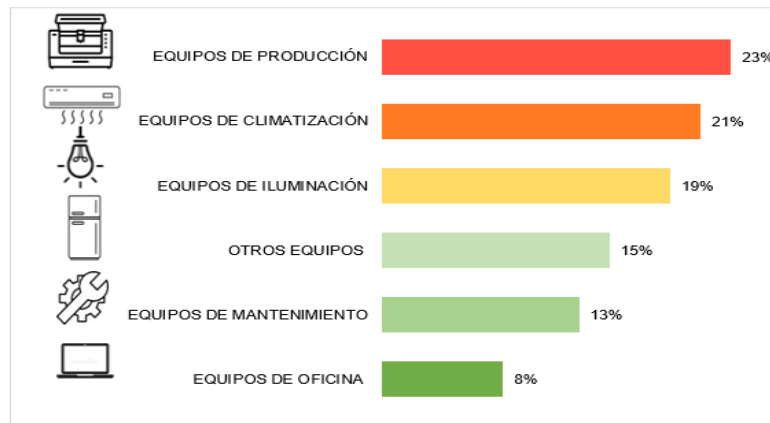
Figura 6. Consumo de energía eléctrica y emisiones de dióxido de carbono (Año 2022) por equipos utilizados en empresa D-LASER.



Fuente: D-LASER

Se representaron los datos del porcentaje de consumo de energía por tipo de equipo en la empresa D-LASER, misma que permite identificar oportunidades de mejora en la eficiencia energética (Ver Figura 7). Resultando los equipos de producción, como los que más energía consumen, figurando un 23% del total, siguiendo los equipos de climatización, que varían solo en un 2% menos. Los equipos de iluminación y otros equipos se encuentran en el centro, con un porcentaje de 19% y 15% respectivamente. Los equipos de mantenimiento y de oficina mantienen los valores más bajos, con un 13 y 8%.

Figura 7. Porcentaje de emisiones de CO₂ por equipos



Fuente: D-LASER

5. Discusión

La clasificación de las fuentes de emisiones en D-LASER, a través del uso de una ficha



técnica creada en Excel, resalta la relevancia de este enfoque metodológico para el análisis de la huella de carbono en el sector manufacturero. Esta metodología encuentra similitudes con el estudio de Chicaiza (2022), para el que creó un modelo en Excel de celdas informativas, donde mostraron información desglosada por actividades y/o procesos de la empresa Ecuaplastic SC., tomando en cuenta aquellos procesos con mayor consumo energético y por ende con mayores emisiones de carbono.

El estudio de D-LASER evidencia que, aunque clasificada como microempresa, enfrenta desafíos en la gestión de emisiones comparables a los de organizaciones más grandes, subrayando un desafío común en la gestión ambiental empresarial. Este aspecto resuena con los hallazgos de Pérez y Vargas (2015), quienes, en su análisis sobre la gestión ambiental en micro, pequeñas y medianas empresas de América Latina y el Caribe, destacan la importancia de adoptar prácticas sostenibles en empresas de todo tamaño. D-LASER muestra que enfocar mejoras en áreas específicas donde las emisiones se concentran puede servir de ejemplo para otras empresas de escala similar, promoviendo estrategias de mitigación efectivas.

La contribución de los equipos de producción y climatización en el perfil de emisiones de D-LASER subraya la necesidad de evaluar tanto las fuentes energéticas como la eficiencia operativa de los equipos. Según Prieto y Cifuentes (2021), invertir en tecnología de mayor eficiencia energética no solo conduce a ahorros significativos, sino también a la notable reducción de la huella de carbono.

En particular, el área de producción, responsable del 45% del consumo energético, y los equipos de producción y climatización aportan considerablemente a la huella de carbono de la empresa. Este hallazgo subraya la importancia de adoptar medidas que contribuyan a la reducción del consumo de energía eléctrica. En un estudio realizado por Martínez y Gassinski (2022) indica que la industria consume cerca del 40% de la electricidad, de la cual dos terceras partes son utilizadas por motores eléctricos, en efecto, una de las principales medidas es reducir las pérdidas de energía, por ello, se debe optar por tecnologías más eficientes y realizar mejoras en las prácticas operativas.

Es importante reconocer las limitaciones de este estudio, incluyendo la delimitación de los alcances 1 y 2, lo que podría influir en la generalización de los resultados. Es esencial que futuras investigaciones indaguen en la efectividad de diversas intervenciones para mitigar las emisiones de GEI, ampliando así la comprensión sobre las estrategias más eficaces dentro de



la industria manufacturera.

La integración efectiva de estrategias de mitigación en las operaciones de D-LASER destaca la necesidad de adoptar un enfoque holístico que abarque todos los niveles de la organización. Resulta crucial la participación activa y el compromiso de los empleados para asegurar el éxito en la implementación de estas prácticas sostenibles. Estudios como los de Flórez et al. (2019), y Ormaza et al. (2020), enfatizan la relevancia de una cultura de sostenibilidad y sugieren enfocarse en áreas importantes como gobernanza, derechos humanos y prácticas laborales para lograr mejoras sustanciales. Subrayan el valor del triple balance “económico, social y ambiental”, como motor de cambio hacia el desarrollo sostenible, resaltando que tales estrategias no solo mejoran a las empresas, sino que también tienen un impacto global positivo.

La evaluación y medición de la huella de carbono de la empresa D-LASER, ha revelado áreas críticas de alta emisión, confirmando la hipótesis planteada sobre la importancia de identificar focos específicos para diseñar estrategias efectivas de reducción de emisiones. Dicho análisis, al destacar las principales fuentes de gases de efecto invernadero dentro de los procesos de manufactura, fundamenta el desarrollo de intervenciones focalizadas y basadas en datos precisos. Estas estrategias prometen no solo una significativa disminución en el perfil de carbono de la empresa, sino que también ofrecen un modelo replicable para otras entidades en el sector manufacturero que buscan mejoras sostenibles. Este trabajo subraya que un entendimiento detallado de la huella de carbono es fundamental para la implementación exitosa de medidas que avancen hacia la sostenibilidad empresarial.

6. Conclusiones

Este estudio ha demostrado que utilizando una metodología detallada que incluye la recopilación y análisis de datos energéticos, así como la desagregación del consumo por áreas y equipos, es posible estimar con precisión la huella de carbono generada por el consumo de energía eléctrica en microempresas. La microempresa D-LASER utilizó 6718 kWh de electricidad durante el año 2022, emitiendo 618,0 kgCO_{2-eq}. Estas emisiones fueron principalmente causadas por los sectores de producción y administración.

La aplicación de esta metodología evidenció importantes posibilidades para reducir la huella de carbono, en particular, mediante resultados que conllevan a la búsqueda de mejoras de la



eficiencia energética en los equipos de consumo eléctrico. El uso de prácticas sostenibles no solo reduce el impacto en el medio ambiente, sino que también genera beneficios económicos al disminuir los costos operativos relacionados con el consumo de energía. Además, optimizar la eficiencia energética contribuye a la sostenibilidad a largo plazo de la empresa, reforzando su compromiso con la responsabilidad ambiental y mejorando su competitividad en el mercado.

Se sugiere que, las empresas que se interesen en conocer su huella de carbono, implementen un seguimiento periódico de las emisiones de CO₂, utilizando factores de emisión actualizados. Esto facilitará la identificación de tendencias, permitiendo ajustes oportunos en las estrategias de mitigación.

Conflicto de Intereses

Los autores declaran que este estudio no presenta conflictos de intereses y que, por tanto, se ha seguido de forma ética los procesos adaptados por esta revista, afirmando que este trabajo no ha sido publicado en otra revista de forma parcial o total.





Referencias Bibliográficas

- Chicaiza, A. (2022). *Análisis de la huella de carbono de productos hechos a base de material reciclado*. Escuela Politécnica Nacional.
- COPCI. (2014). *Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones, COPCI*.
- Dormido, L., Garrido, I., L'hotellerie-Fallois, P., & Santillán, J. (2022). El cambio climático y la sostenibilidad del crecimiento: iniciativas internacionales y políticas europeas. Documentos Ocasionales N.º 2213. In *Banco de España. Documentos Ocasionales*.
- European Commission. (2020). *The EU Emissions Trading System (EU ETS). A strategy for smart, sustainable and inclusive growth*.
- González, R., Ramírez, E., Serdán, G., Morales, K., & Scaffy, J. (2022). Las microempresas como entes generadores de empleo en el Ecuador. *593 Digital Publisher CEIT*, 7(3), 86–95. <https://doi.org/10.33386/593dp.2022.3.1073>
- Herrera, F., Puerta, J., Blanco, F., & Carreño, P. (2020). Estimación de la huella de carbono en empresas de Ingeniería, Procura y Construcción. *I+D Revista de Investigaciones*, 16(1), 180–198. <https://doi.org/10.33304/revinv.v16n1-2021016>
- IPCC. (2023). *IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (P. Arias, M. Bustamante, I. Elgizouli, G. Flato, M. Howden, C. Méndez-Vallejo, J. J. Pereira, R. Pichs-Madruga, S. K. Rose, Y. Saheb, R. Sánchez Rodríguez, D. Ürge-Vorsatz, C. Xiao, N. Yassaa, J. Romero, J. Kim, E. F. Haites, Y. Jung, R. Stavins, ... C. Péan, Eds.). <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- MAATE. (2022). *Cuarta comunicación Nacional y segundo Informe Bienal de Actualización del Ecuador a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. 1–113. www.jmpublicidad.com.ec
- Martínez, F. I., & Gassinski, L. I. (2022). La eficiencia energética y el papel del mantenimiento en la misma. *Ingeniería Energética*, 2(43), 1815–5901.
- Masson, V., Zhai, P. H., Roberts; Debra, Skea; Jim, S. P., Pirani;, Moufouma, O., Péan, C., Pidcock, R. C. S., Robin, J. M. Y., Zhou, X., Maycock, T., Tignor, M., & Waterfield, T. (2019). *Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). Calentamiento global de 1,5°C*. www.environmentalgraphiti.org
- Ministerio de Energía y Minas. (2022). *Factor de emisión de CO2 del Sistema Nacional*



*Interconectado de Ecuador INFORME 2022.*

- Ormaza, J., Ochoa, J., Ramírez, F., & Quevedo, J. (2020). Responsabilidad social empresarial en el Ecuador: Abordaje desde la Agenda 2030. *Revista de Ciencias Sociales (RCS)*, 26(3).
- Pangarso, A., Sisilia, K., & Peranginangin, Y. (2022). Circular Economy Business Models in the Micro, Small, and Medium Enterprises: A Review. *ETIKONOMI*, 21(2), 313–334. <https://doi.org/10.15408/etk.v21i2.24052>
- Pérez, D., & Vargas, E. (2015). Gestión ambiental en micro, pequeñas y medianas empresas de hospedaje. *Revista Avanzada Científica IDICT*.
- Prieto, G., & Cifuentes, A. (2021). Cultura empresarial e inversión en tecnología: Expectativas sobre una política de desarrollo productivo. In *Visión . Visión de desarrollo productivo para Colombia*.
- SERCOP. (2017). *Manual de elaboración de fichas técnicas para la normalización de bienes y servicios*. www.sercop.gob.ec
- Serna, A. M., Romero Duque, L. P., Molina Zambrano, J. E., & Guerrero Archila, F. N. (2022). 5th National and 1st International Congress of Environmental Sciences “Environmental Sciences in the Anthropocene”. Emissions generated and avoided. *Revista U.D.C.A Actualidad and Divulgacion Científica*, 25. <https://doi.org/10.31910/rudca.v25.nSupl.1.2022.2160>
- Spence, L., Frynas, J., Muthuri, J., & Navare, Jyoti. (2018). Research handbook on small business social responsibility: Global perspectives. In *Research Handbook on Small Business Social Responsibility: Global Perspectives*. Edward Elgar Publishing Ltd. <https://doi.org/10.4337/9781784711825>
- WMO. (2023). *The Global Climate 2011-2020: A Decade of Accelerating Climate Change*.

