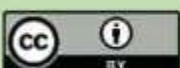




Esta obra está bajo una
[Licencia Creative Commons
Atribución - 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)
Vea una copia de esta licencia en
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>





FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Tesis

Determinación de la huella de carbono mediante el consumo de energía residencial, en el marco del COVID-19, Jaén 2021

Para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Raissa Dynadely Carranza Calle
<https://orcid.org/0009-0007-4713-8460>

Asesor:

Ing. M.Sc. Alfonso Rojas Bardález
<https://orcid.org/0000-0001-9345-5474>

Moyobamba, Perú

2024



FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Tesis

Determinación de la huella de carbono mediante el consumo de energía residencial, en el marco del COVID-19, Jaén 2021

Para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Raissa Dynadely Carranza Calle

Sustentado y aprobado el 11 de setiembre del 2024, ante el honorable jurado:

Presidente de Jurado
Blga. Dra. Astriht Ruiz Ríos

Secretario de Jurado
Ing. M.Sc. Rubén Ruiz Valles

Vocal de Jurado
Ing. M.Sc. Juan José Pinedo
Canta

Asesor
Ing. M.Sc. Alfonso Rojas
Bardalez

Moyobamba, Perú

2024



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DEL INFORME FINAL DE TESIS
CONDUCENTES A TÍTULO PROFESIONAL N.º 029-2024-UNSM/EPIA/UI**

Jurado reconocido con Resolución N.º 243-2021-UNSM/CFT/FE, Moyobamba 01 de setiembre del 2021,

**FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

A las 10:30 horas, del día miércoles 11 de setiembre del 2024, se dio inicio al acto público de sustentación del informe final de tesis: **Determinación de la huella de carbono mediante el consumo de energía residencial, en el marco del COVID 19, Jaén 2021**, para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental, presentado por **Raissa Dynadely Carranza Calle**, con la asesoría del Ing. M.Sc. **Alfonso Rojas Bardález**.

Instalada la Mesa Directiva conformada por la **Blga. Dra. Astriht Ruiz Ríos** (Presidente del jurado), **Ing. M.Sc. Rubén Ruiz Valles** (Secretario), **Ing. M.Sc. Juan José Pinedo Canta** (Vocal) y acompañado por el **Ing. M.Sc. Alfonso Rojas Bardález** (Asesor), el presidente del jurado dirige brevemente unas palabras y a continuación el secretario dio lectura a la **Resolución N° 457-2021-UNSM/CFT/FE, de fecha 31 de diciembre de 2021**.

Seguidamente el autor expuso el informe final de tesis y el jurado realizó las preguntas pertinentes, respondidas por el sustentante y evaluado por el jurado con la venia del asesor.

Una vez terminada la ronda de preguntas el jurado procedió a deliberar para determinar la calificación final, para lo cual dispuso un receso de quince (15) minutos, con participación del asesor con voz, pero sin voto; sin la presencia del sustentante y otros participantes del acto público.

Luego de aplicar los criterios de calificación con estricta observancia del principio de objetividad y de acuerdo con los puntajes en escala vigesimal (de 0 a 20), según el Anexo 4.2 del RG-CTI, la nota de sustentación otorgada resultante del promedio aritmético de los calificativos emitidos por cada uno de los miembros del jurado fue. **QUINCE (15)**, tal como se deja constar en la siguiente descripción.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
FACULTAD DE ECOLOGÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



De acuerdo con el Artículo 40° del RG-CTI, la nota obtenida es *A. No B A O O*.....y correspondiente a la calificación de *B U E N O*..... Leído este resultado en presencia de todos los participantes del acto de sustentación, el secretario dio lectura a las observaciones subsanables al informe final que el autor deberá corregir y alcanzar al jurado en un plazo máximo de treinta (30) días calendarios.

Se deja constancia que la presente acta se inscribe en el Libro de sustentaciones N° 001 del Programa de Estudios de Ingeniería Ambiental de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ecología de la UNSM.

Firman los integrantes de la Mesa Directiva y el autor del informe final tesis, en señal de conformidad, dando por concluido el acto a las *1.7:1.2.0*..... horas, el mismo día miércoles 11 de setiembre del 2024.

Blga. Dra. Astriht Ruiz Ríos
Presidente de Jurado

Ing. M.Sc. Rubén Ruiz Valles
Secretario de Jurado

Ing. M.Sc. Juan José Pinedo Canta
Vocal del Jurado

Ing. M.Sc. Alfonso Rojas Bardález
Asesor

Raissa Dynadely Carranza Calle
Autor

Declaratoria de autenticidad

Raissa Dynadely Carranza Calle, con DNI N° 72922479, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín, autor de la tesis titulada: **Determinación de la huella de carbono mediante el consumo de energía residencial, en el marco del COVID-19, Jaén 2021.**

Bajo juramento, manifiesto que:

1. La tesis expuesta es de mi creación.
2. La escritura se llevó a cabo respetando las referencias y citas de las referencias bibliográficas consultadas, conforme a las normas APA vigentes.
3. Todo el contenido de la tesis no ha sido plagiado;
4. Los datos mostrados en los resultados son auténticos, no han sido modificados ni copiados, por lo que los datos de este estudio deben ser vistos como contribución a la realidad estudiada.

Por lo anteriormente expuesto, me comprometo a asumir las repercusiones que surjan de mi acción, sujetándome a las leyes de nuestro país y a las regulaciones actuales de la Universidad Nacional de San Martín.

Moyobamba, 11 de setiembre del 2024.



.....
Raissa Dynadely Carranza Calle

DNI N° 72922479



Ficha de identificación

<p>Título:</p> <p>Determinación de la huella de carbono mediante el consumo de energía residencial, en el marco del COVID-19, Jaén 2021</p>	<p>Área de investigación: Ciencia y tecnología ambiental</p> <p>Línea de investigación: Calidad ambiental</p> <p>Sublínea de investigación: Contaminación del aire</p> <p>Grupo de investigación: Calidad ambiental (Resolución N° 183-2024-UNSM/CFT/FE)</p> <p>Tipo de investigación: Básica <input checked="" type="checkbox"/>, Aplicada <input type="checkbox"/>, Desarrollo experimental <input type="checkbox"/></p>
<p>Autor:</p> <p>Raissa Dynadely Carranza Calle</p>	<p>Facultad de Ecología Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental https://orcid.org/0009-0007-4713-8460</p>
<p>Asesor:</p> <p>Ing. M.Sc. Alfonso Rojas Bardalez</p>	<p>Dependencia local de soporte: Facultad de Ecología Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental Unidad o Laboratorio Ingeniería Ambiental https://orcid.org/0000-0001-9345-5474</p>

Dedicatoria

Quiero dedicar este trabajo a mi pequeña hija Luciana Charlotte Anton Carranza, ella cambio el sentido de mi vida, se la dedico porque quiero que sepa que se tiene que terminar lo que en algún momento se empezó.

A mi padre quiero también dedicársela porque desde que existo, influiste también en mis desiciones que tome en mi vida, algunas acertadas otras no pero junto a mi madre jamás me dieron la espalda, a mis hermanas y a mi madre, dedico todos mis logros de ahora en adelante.

Raissa Dynadely

Agradecimientos

A mi familia, en realidad son tantas personas que estuvieron a mi lado desde que empecé este proyecto, que si, pude haberlo terminado antes, porque me sentía capaz y me siento capaz de vencer todas las circunstancias que se me presentan en la vida, en realidad cada quien tiene su tiempo y es Dios quien lo decide y el tiempo entregado. Así que, le agradezco a mi padre: Carlos Lumber Carranza Calle, mi Madre: Quelita Calle Pardo; mis hermanas Yosselyn Carranza Calle, Ariana Hibeth Carranza Calle y a mi amada hija, Luciana Charlotte Anton Carranza.

Agradezco también a mis compañeras de estudio y amigas Karen Limay Mendoza y Erica Chilcon Aguilar que por los 5 años de carrera siempre me apoyaron en distintos aspectos de mi vida.

A mi casa de estudio que me brindó gran parte de los conocimientos para poder culminar con docentes capacitados y prestos para resolver las dudas que se me fueron presentando, de manera especial agradezco a mi asesor de tesis, el ing. Alfonso Rojas Bardales.

Agradezco a Dios que me está demostrando que todo llega si ponemos empeño en las cosas que realizamos, agradecerle por permitirme compartir este proyecto junto a mi familia.

Podría llenar varias hojas en agradecimiento a las personas que estuvieron conmigo por ejemplo a mi tío Jorge Carranza Fuentes, a mi tío Marco Galvez Pardo, a mi tía Carmen Carranza Fuentes y a mis abuelitas amadas Armandina Pardo Villalobos y en el cielo a mis abuelos Fermin Calle Huaman y Maria Delia Cruz ellos que sin ningún tipo de responsabilidad conmigo me dieron lo más importante en la vida, a ser humilde y agradecida.

Índice general

Ficha de identificación.....	6
Dedicatoria.....	7
Agradecimientos	8
Índice general.....	9
Índice de tablas	12
Índice de figuras.....	13
RESUMEN	14
ABSTRACT	15
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN	16
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. Antecedentes de la investigación.....	18
2.1.1. Internacionales	18
2.1.2. Nacionales.....	19
2.1.3. Local.....	20
2.2. Fundamentos teóricos.....	20
2.2.1. Potencial de calentamiento global (PCG)	20
2.2.2. Cambio climático	21
2.2.3. La huella de carbono	21
2.2.4. Infocarbono	23
2.2.5. Entidades competentes que intervienen en infocarbono	23
2.2.6. Gases de efecto invernadero (GEI)	24
2.2.7. Principales gases de efecto invernadero	24
2.2.8. Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (INGEI)	25
2.2.9 Norma ISO 14064.....	26
2.2.10. Consideraciones para el cálculo de las emisiones GEI	27
2.2.11. Cuantificación de emisiones	28
2.2.12. La electricidad y de donde proviene	30

2.2.13. Cálculo de consumo de artefactos eléctricos.....	30
2.2.14. Balance de energía eléctrica	31
2.2.15. Coronavirus (COVID19)	32
2.2.16. Coronavirus y cambio climático	32
2.2.17. Potencial de calentamiento global (PCG)	33
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS	34
3.1. Ámbito y condiciones de la investigación.....	34
3.1.1. Contexto de la investigación.....	34
3.1.2. Periodo de ejecución	35
3.1.3. Autorizaciones y permisos.....	35
3.1.4. Control ambiental y protocolos de bioseguridad.....	35
3.1.5. Aplicación de principios éticos internacionales.....	35
3.2. Sistema de variables	36
3.2.1. Variables principales	36
3.3. Procedimientos de la investigación.....	36
3.3.1. Cuantificar el consumo eléctrico en hogares del sector Morro Solar	36
3.3.2. Crear una base de datos de los aparatos eléctricos funcionales (tarifa residencial) para determinar su potencia, y el consumo eléctrico (kw) aproximado total	37
3.3.3. Proponer medidas ambientales para reducir la cantidad de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que se descarga en el consumo de energía residencial con respecto al confinamiento	38
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
4.1. Cuantificar el consumo eléctrico en los hogares del sector Morro Solar	39
4.2. Medidas ambientales para reducir la cantidad de (GEI)	47
CONCLUSIONES	49
RECOMENDACIONES	50
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
ANEXOS	55
Anexo 1. Relación sobre las normas de GEI ISO 14060.....	55
Anexo 2. Equivalente del CO ₂ en relación a otros GEI.....	56

Anexo 3. Visita de coordinación.....	57
Anexo 4. Casos COVID-19 en Cajamarca	58
Anexo 5. Clasificación mundial de los gigantes en carbono.....	59
Anexo 6. Mapa de sectorización Morro Solar.....	60

Índice de tablas

Tabla 1 Consumo de energía eléctrica en Kw por año	39
Tabla 2 Consumo de energía año 2019 en Kw	40
Tabla 3 Consumo de energía año 2020 en Kw	41
Tabla 4 Consumo de energía año 2021 en Kw.	41
Tabla 5 Consumo de energía año 2022 en Kw	42
Tabla 6 Prueba de normalidad	43
Tabla 7 ANOVA del consumo de energía eléctrica en Kw.....	43
Tabla 8 Prueba de Tukey	44
Tabla 9 Obtención de huella de carbono por año.....	44

Índice de figuras

Figura 1 Infografía de la huella de carbono en el Perú.	23
Figura 2 Tendencia de emisiones de GEI.	25
Figura 3 Inventario nacional de GEI.	26
Figura 4 Mapa de ubicación del distrito de Jaén.	34
Figura 5 Sector Morro solar en Distrito de Jaén.	35
Figura 6 Consumo de energía por año.....	40
Figura 7 Desviación estándar por año.....	43
Figura 8 Huella de carbono en Ton CO ₂ e.....	45
Figura 9 Artefactos por hogar.....	46
Figura 10 Focos por hogar.	47
Figura 11 Relación sobre las normas de GEI ISO 14060.....	55
Figura 12 Equivalente del CO ₂ en relación a otros GEI.....	56
Figura 13 Visita de coordinación con Electro Oriente.....	57
Figura 14 Casos mensuales de COVID-19.	58
Figura 15 Clasificación mundial de los gigantes en carbono.	59
Figura 16 Sectorización del área total.	60

RESUMEN

Determinación de la huella de carbono mediante el consumo de energía residencial, en el marco del COVID-19, Jaén 2021

El objetivo de la investigación fue determinar la huella de carbono en el sector residencial de Morro Solar en la ciudad de Jaen, teniendo en consideración el uso de la Norma ISO 14064-1, mediante una encuesta a 80 viviendas se realizó un inventario de artefactos eléctricos más usados dentro de la etapa de confinamiento, así también las tablas de consumo de energía elaboradas de manera progresiva en cuanto a los datos, que fueron comparados con el año base, fueron obtenidas de la muestra de estudio conformada por 365 usuarios, los cuales fueron proporcionados por la empresa proveedora de servicios Electro oriente. Los resultados evidenciaron que existe una variación del consumo de energía eléctrica marcado por el efecto COVID-19, donde se había disminuido el consumo de energía eléctrica en hogares con categoría residencial, esto durante el confinamiento. Llegando a concluir que la huella de carbono generada por el consumo de energía residencial del sector Morro solar, si presento diferencia significativa partiendo del año 2020, siendo el de menor generación de GEI con 105.44 TonCO₂e, seguido del 2021 con 112.8 TonCO₂e, mientras que el año 2022 fue el de mayor generación de GEI con 115.98 TonCO₂e.

Palabras clave: Electricidad, desarrollo sostenible, huella ecológica

ABSTRACT

Determination of the carbon footprint through residential energy consumption, in the framework of COVID-19, Jaen 2021

The objective of the research was to determine the carbon footprint in the residential sector of Morro Solar in the city of Jaen, taking into consideration the use of ISO 14064-1. Through a survey of 80 households, an inventory was made of the most commonly used electrical appliances during the lockdown period. Energy consumption tables were also compiled progressively based on the data, which were compared with the base year and obtained from the study sample of 365 users provided by the service provider Electro Oriente. The results showed that there is a variation in electricity consumption marked by the COVID-19 effect, where electricity consumption in residential households had decreased during lockdown. It was concluded that the carbon footprint generated by residential energy consumption in the Morro Solar sector showed a significant difference starting in 2020, with the lowest GHG emissions at 105.44 TonCO₂e, followed by 2021 with 112.8 TonCO₂e, while 2022 had the highest GHG emissions with 115.98 TonCO₂e.

Keywords: Electricity, sustainable development, ecological footprint.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

La huella de carbono y su evaluación se han convertido en temas de creciente relevancia en el contexto de la preocupación global por el cambio climático y la necesidad de adoptar prácticas más sostenibles en nuestra sociedad (Andía y Andía, 2019). En este sentido, el brote de la pandemia por el coronavirus SARS-CoV-2, denominado a nivel mundial como COVID-19, presentó cambios drásticos en el diario vivir de los ciudadanos (Caballero y Campo, 2020), alterando las dinámicas de trabajo, la movilidad y el consumo energético. El confinamiento y las restricciones impuestas en muchas regiones llevaron a un cambio en los patrones de consumo de energía residencial, lo que presentó como oportunidad única para investigar y comprender cómo tales cambios influenciarán en la huella de carbono.

183-2024-UNSM/CFT/FE El mundo viene experimentando un comportamiento desconocido con el que la humanidad tendrá que aprender a vivir y conocer desde el punto de vista ambiental (Reátegui y Chilet, 2022), y que mas aporte que teniendo un registro de una actividad que cambió de una adaptación para determinar nuestra huella de carbono bajo presión de aislamiento, por otro lado nos hizo preguntarse en que aspecto esta afectando los cambios cotidianos al medio en el que vivimos, entonces, desde ahí surgió una gran incertidumbre, debido a que en su gran mayoría los seres humanos perdieron su trabajo o cambiaron de modalidad, de presencial al modo virtual, en consecuencia al estar inmersos a las medidas protocolares sanitarias, empezaron a desarrollarse e incrementarse las actividades en el hogar (De La Cruz, 2020).

En el sector Morro Solar, ubicado en Jaén, este cambio generó un aumento en el uso de dispositivos eléctricos, incrementando así el consumo de energía residencial. Este incremento favorece a la emisión de gases de efecto invernadero, acelerando con ello el proceso de cambio climático (Fernandez, 2010). La falta de estudios específicos en este contexto resalta la necesidad de investigar cómo la pandemia ha alterado el consumo energético y las emisiones de GEI, proporcionando datos cruciales para la formulación de políticas ambientales y estrategias de sostenibilidad.

La huella de carbono que se genera debido al consumo de energía residencial en el contexto del confinamiento por COVID-19, resulta esencial cuantificarla para entender el impacto ambiental de los cambios efectuado al consumo energético. Según la Agencia Internacional de Energía (AIE, 2021), el confinamiento global redujo

temporalmente las emisiones de CO₂ en un 5.8%, sin embargo, el sector residencial mostró un incremento del consumo energético generado por la mayor permanencia en los hogares. por medio de la presente investigación se busca proporcionar información valiosa para desarrollar estrategias de mitigación efectivas que reduzcan las emisiones de GEI y promueviendo un uso eficiente de la energía en el ámbito residencial. La identificación de las principales fuentes de consumo energético y la propuesta de medidas específicas contribuirán significativamente a los esfuerzos globales para combatir el cambio climático.

La investigación planteo como objetivo general el determinar la huella de carbono del consumo de energía residencial en el marco del covid-19, Jaén 2021, siendo los objetivos específicos cuantificar el consumo eléctrico en los hogares del sector Morro Solar que contribuyen a la generación de GEI durante el confinamiento por COVID19; Crear una base de datos de los aparatos eléctricos funcionales (tarifa residencial) para determinar su potencia, y el consumo eléctrico (kW) aproximado total; Proponer medidas ambientales para reducir la cantidad de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que se descarga en el consumo de energía residencial con respecto al confinamiento.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Internacionales

Liu et al. (2024) examinaron la huella de carbono y la huella hídrica asociadas al ciclo de vida de la producción de dimetiléter mediante el proceso de gasificación del carbón. Los hallazgos del análisis indican que la huella hídrica del dimetiléter obtenido a partir de carbón es de 11,2667 litros de agua por megajulio (LH₂O/MJ), y la huella de carbono asciende a 0,2716 kilogramos de CO₂ equivalente por megajulio (kgCO₂-eq/MJ), se observó al uso de energía como el principal factor que contribuye a la huella hídrica, representando aproximadamente el 68,44% del total de la huella hídrica. Siendo el principal impacto en huella de carbono, las emisiones directas de CO₂. Los resultados de esta investigación ofrecen valiosas pautas para la reducción del uso de recursos en el proceso de producción de dimetiléter, como promover la producción de combustible limpio, lo cual posee una importancia fundamental de referencia para preservar los recursos hídricos, lograr una gestión integral de los recursos y elaborar estrategias de inversión ambiental a largo plazo.

Gordic et al. (2023) evaluaron al sector residencial como un área de gran potencial para reducir las emisiones de CO₂, enfocándose sobre el consumo de electricidad en hogares promedio que obtienen su electricidad de las redes eléctricas nacionales en 31 países europeos (incluyendo 27 de la Unión Europea y 4 fuera de ella). En sus resultados se indicó que las emisiones anuales de carbono en los hogares varían de 0,09 a 6,44 toneladas de CO₂ equivalente (tCO₂e), con un promedio de 1,36 tCO₂e, dependiendo del país. También se evaluaron los costos de electricidad en función de las emisiones de tCO₂e por hogar, y se encontraron variaciones significativas, desde 94 hasta 10,135 euros por tCO₂e. También se enfocaron en las consecuencias financieras de las compras voluntarias de carbono y concluye que esta acción no representa una carga significativa para los presupuestos de los hogares, especialmente en aquellos países donde la electricidad es más costosa. En resumen, los hogares europeos, en particular los de naciones con tarifas eléctricas elevadas, tienen la capacidad de alcanzar la neutralidad de carbono de manera accesible mediante la compra de compensaciones voluntarias de carbono, lo que les permite contribuir al desarrollo sostenible a nivel global.

Moreno et al. (2020) En su artículo realizado en Chile, se identificó los impactos de Covid 19 en el consumo eléctrico en diversos niveles de consumidores, considerando al residencial, industrial y comercial, lograndose determinar la demanda residencial, comercial e industrial para 32 comunas en la ciudad de Santiago, se analizó también la evolución del consumo industrial, demostrandose que los efectos generados del Covid-19 en los consumos fueron muy variantes, dependiendo del nivel del consumidor, determinando para los consumos residenciales en el estado de emergencia, un aumento del 17% durante junio con respecto al mismo periodo en el 2019.

2.1.2. Nacionales

Aréstegui (2023) en su tesis doctoral, buscó establecer la relación entre la gestión de la energía y la huella de carbono, esto dentro de la ciudad universitaria (Universidad Nacional San Luis Gonzaga), departamento de Ica. La investigación siguió la metodología basada en el protocolo de gases de efecto invernadero y las directrices descritas en la norma ISO 14064, centrándose en el alcance 2, que incluye toda la energía eléctrica contratada. Este cálculo se basó en los registros de consumo proporcionados por ElectroDunas, la empresa eléctrica que suministra energía a la ciudad universitaria, considerando las tres subestaciones y aplicando el correspondiente factor de emisión. También se analizaron las emisiones generadas por el personal docente y administrativo, calculando la huella de carbono per cápita. En sus resultados midieron una huella de carbono de 3,028,819.88 toneladas de CO₂ equivalente (tCO_{2eq}). La huella de carbono estimación para los trabajadores de la ciudad universitaria fue de 3,198.33 tCO_{2eq} por persona. Se concluyó que existía una relación negativa alta (-0.664) entre la huella de carbono y la gestión de energía realizada por la población del personal estudiado quienes trabajaron en el periodo 2015 - 2021, con una significancia de 0.104.

Filimonau et al. (2021) realizaron el estudio basado en la huella de carbono generado en hoteles de Brasil y Perú, de acuerdo con las normas ISO 14040:2006/14044:2006, clasificado a la población de estudio en cuatro categorías de hoteles. Como resultado exponen que los hoteles de categoría económica en Brasil y los hostales presentan los valores más bajos de producción de huella de carbono, mientras que los hoteles de lujo y económicos en Perú registran los valores más altos de producción de huella de carbono. Esto sugiere una correlación entre el nivel de comodidad de un hotel y sus emisiones de GEI. Esto puede explicarse por el gran tamaño de esta propiedad hotelera y la variedad de servicios que ofrece a los huéspedes, incluidas

siete piscinas, cuatro centros de conferencias, dos restaurantes, cuatro bares e instalaciones deportivas y de entretenimiento.

Saavedra (2020) en su artículo científico desarrollado en la Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Ambiental, cuyo objetivo fue establecer una línea base de la huella de carbono asociada al uso del sistema de iluminación dentro de sus instalaciones. La investigación se centró en determinar cuantitativamente las emisiones indirectas de gases de efecto invernadero (GEI) provenientes de la generación de electricidad externa (Alcance 2). Se aplicó una metodología combinada de medición y cálculo, basándose en datos de consumo energético por parte de sistemas de iluminación, multiplicados por el factor de emisión correspondiente. Los resultados revelaron que el mayor consumo energético, y por ende las mayores emisiones, correspondieron a actividades académicas directas como aulas, laboratorios y bibliotecas, representando un 41.18% del total de las emisiones. En conclusión, la huella de carbono total fue de 63.169 toneladas de CO₂ equivalente, lo que subraya la importancia de implementar medidas de eficiencia energética en el uso de iluminación para mitigar las emisiones de GEI en contextos académicos.

2.1.3. Local

Gutiérrez (2022) realizó un estudio para estimar la huella de carbono generada por las actividades turísticas en las Cataratas de Paccha, esto en el distrito de Jepelacio, provincia de Moyobamb. El objetivo fue identificar las principales fuentes de emisión de carbono, evaluando tanto las emisiones directas como indirectas asociadas a la energía y al transporte. La metodología incluyó la aplicación de encuestas a turistas, transportistas y personal de restaurantes, siguiendo los lineamientos del protocolo de gases de efecto invernadero (GHG Protocol). Los resultados indicaron que la huella de carbono total ascendió a 16,570.469 kgCO₂eq, con el transporte y la alimentación como los principales contribuyentes, representando el 5.73% y 89.92% de las emisiones, respectivamente. Se concluyó que el sector de la alimentación fue el mayor generador de carbono equivalente por turista, con una contribución del 78.55%, lo que subraya la necesidad de implementar estrategias para mitigar estas emisiones en destinos turísticos similares.

2.2. Fundamentos teóricos

2.2.1. Potencial de calentamiento global (PCG)

El PCG es un índice que permite comparar el impacto acumulado de un gas de efecto invernadero en el calentamiento global con el de una cantidad equivalente de CO₂ durante un periodo determinado. Tres factores principales influyen en el cálculo del

PCG: el forzamiento radiativo asociado con la adición de una unidad de masa de cada gas a la atmósfera, la velocidad a la que esa masa se descompone con el tiempo, y el forzamiento radiativo futuro que generará la adición de dicha masa (Masters y Ela, 2008).

El PCG tiene diversas aplicaciones prácticas, una de ellas es la posibilidad de diseñar estrategias que ayuden en minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero, con un enfoque de costo mínimo, adaptado a las necesidades específicas de cada país, al combinar el PCG con estimaciones de los costos de reducción asociados a cada gas.

Además, el PCG facilita el comercio internacional de créditos de reducción de emisiones, permitiendo que un país compense sus emisiones de CO₂ mediante la reducción de otros gases, como el metano, en otro país. Este comercio de créditos puede involucrar transferencias de recursos y tecnología desde naciones desarrolladas hacia aquellas en desarrollo.

El índice también permite clasificar a los países según su contribución individual al cambio climático, lo que es útil para establecer objetivos cuantitativos para futuras reducciones de emisiones. Finalmente, el PCG, combinado con otros índices, puede ser utilizado en informes globales de impacto ambiental y en auditorías de procesos industriales, ayudando a evaluar el impacto de productos específicos (Masters y Ela, 2008).

2.2.2. Cambio climático

El clima es un fenómeno dinámico que experimenta variabilidad tanto anuales como históricamente. Además, puede presentar variaciones eventuales por efecto de fenómenos naturales, como erupciones volcánicas. El término "cambio climático" se utiliza de manera más adecuada y convencional para describir el cambio significativo que estamos presenciando actualmente, el cual no parece estar relacionado con las variaciones cíclicas habituales. Este cambio climático es impulsado por el calentamiento global, que se origina total o parcialmente en el aumento de los gases de efecto invernadero en la atmósfera. Estos gases alteran los patrones de temperatura y precipitación a nivel global y también influyen en la frecuencia y gravedad de eventos extremos, como huracanes y sequías (González et al. 2003).

2.2.3. La huella de carbono

Hace referencia a las diversas emisiones de gases de efecto invernadero que resultan de actividades humanas, provenientes de un individuo, organización, evento o

producto. Este fenómeno implica que las acciones llevadas a cabo por la humanidad favorecen en la generación de gases de efecto invernadero, los cuales generan impactos negativos sobre el medio ambiente y alteran el clima del planeta. De entre estas actividades, se destaca la generación de electricidad mediante el uso de combustibles de origen fósil. En algunos casos, esta medición también incluye emisiones relacionadas con la comercialización, transporte y procesamiento de productos y servicios. En resumen, todas las actividades humanas, incluso las más cotidianas como la alimentación, dejan su huella de carbono en el planeta (OSINERGMIN, 2011).

La Huella de Carbono es de gran ayuda como indicador ambiental que cuantifica objetivamente las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) generadas directa o indirectamente por diversas actividades realizadas por organizaciones, ya sean públicas o privadas. Estas actividades pueden incluir la producción de un producto, la prestación de un servicio o la ejecución de un proyecto o evento. Esta métrica proporciona información crucial para la gestión ambiental, permitiendo mitigar y/o compensar las emisiones, además de identificar oportunidades de mejora que contribuyan al logro de objetivos relacionados con el calentamiento global y el cambio climático, así como a mejorar la satisfacción del cliente, la rentabilidad y el valor de la marca a nivel institucional (Saavedra, 2020).

Por otro lado, Huella de Carbono Perú es una herramienta desarrollada por el Ministerio del Ambiente con el propósito de incentivar y reconocer el esfuerzo de las organizaciones públicas y privadas en el camino hacia un crecimiento sostenible, rentable y con bajas emisiones de carbono en el país. Esta herramienta destaca por sus características principales, presentadas en una infografía elaborada por el MINAM (2023).



Figura 1
 Infografía de la huella de carbono en el Perú.
 Nota. Tomado de Ministerio del Ambiente, 2020

2.2.4. Infocarbono

De acuerdo con Sandoval (2022), se trata de un conjunto de acciones enfocadas en recopilar, evaluar y sistematizar información relacionada con la emisión y remoción de gases de efecto invernadero. Este proceso es esencial para formular políticas, estrategias y planes de desarrollo que busquen reducir las emisiones de estos gases y cumplir con los compromisos internacionales que el país ha asumido al suscribir la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y el Protocolo de Kioto.

Huella de Carbono Perú y el INFOCARBONO colaboran compartiendo información, incluyendo factores de emisión de gases de efecto invernadero (GEI). Esta colaboración permite mejorar y complementar la calidad de los datos disponibles, lo que es fundamental para la gestión ambiental en el país (MINAM, 2021).

2.2.5. Entidades competentes que intervienen en infocarbono

Según (MINAM, 2018) son:

- Ministerio de Agricultura y Riego.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Ministerio de la Producción
- Ministerio de Energía y Minas.

- Ministerio del Ambiente
- Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- Ministerio de Salud.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Ministerio de Cultura.
- Ministerio de Educación.

2.2.6. Gases de efecto invernadero (GEI)

Los GEI son identificados como causantes principales del cambio climático, ya que retiene calor en la atmósfera. Este fenómeno es esencial para que se pueda estabilizar la temperatura del planeta y permitir la diversidad de climas que existen actualmente (Garmendia et al., 2005). Sin la presencia de estos gases, la temperatura promedio de la superficie terrestre sería de aproximadamente $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, en lugar de la media actual de $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sin embargo, las actividades realizadas por el ser humano favorecen al incremento de la producción de GEI, aumentando su concentración en la atmósfera y alterando su equilibrio natural (Barchilón, 2020).

En el Perú, el sector que más contribuye a las emisiones de GEI es el de uso y cambio de uso de la tierra y la silvicultura, representando el 47.9 % del total. Le siguen el sector energético con un 30.1 %, la agricultura con un 13.5 % y los desechos con un 5 % (MINAM, 2023).

2.2.7. Principales gases de efecto invernadero

Los GEI son generados por diversas actividades y que liberados a la atmósfera ocasionan el efecto invernadero, tales como el CO_2 , CH_4 , N_2O , O_3 , etc (Andaluz, 2016), según cálculos desde la era industrial, se ha generado un incremento del 35 % para el CO_2 , mientras que el CH_4 se incremento en un 145 %, siendo considerado al CO_2 como el que mas se emite a la atmósfera, con una tendencia creciente y en total representa al 75 % del total de GEI emitidos (MINAM, 2023), ingresando a la atmósfera debido al uso de combustibles fósiles como la gasolina, carbón, el gas natural, petróleo, o de residuos sólidos y materiales biológicos; además de por ciertas reacciones químicas, como la producción de cemento (EPA, 2023).

Actividades como la deforestación, la erosión del suelo y la expansión de área agrícola y ganadera imponen restricciones a la capacidad de autoregenerarse de la atmósfera y eliminar el dióxido de carbono, que es mayoritariamente generado por actividades humanas, particularmente en los sectores de transporte e industria. Es importante

destacar que aproximadamente el 80 % del dióxido de carbono liberado en la atmósfera persiste allí durante un período que puede extenderse hasta 200 años, mientras que el restante 20% es aún más duradero, manteniéndose presente por hasta 30.000 años. Este gas contribuye de manera significativa, aportando alrededor del 53 % al fenómeno del calentamiento global (Barchilón, 2020).

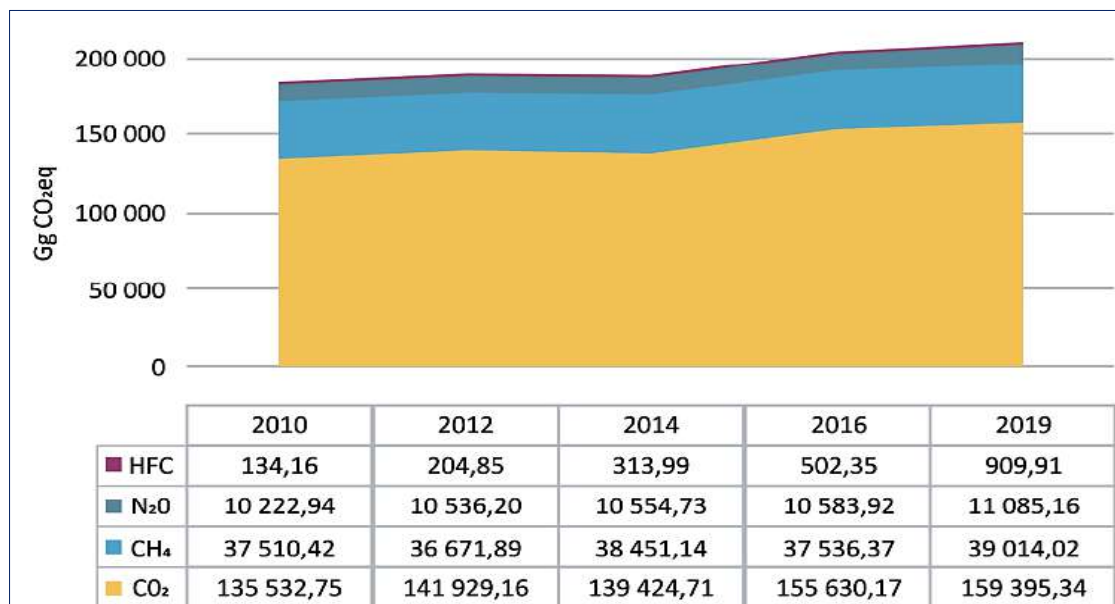


Figura 2

Tendencia de emisiones de GEI.

Nota. Tomado de (MINAM, 2023, p33)

2.2.8. Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (INGEI)

Los inventarios se diseñan en conformidad con la Ley Marco sobre Cambio Climático (Ley N° 30754) y el INFOCARBONO (Decreto Supremo N° 013-2014-MINAM), que asignan al Ministerio del Ambiente (MINAM) la responsabilidad de realizar estos inventarios de manera periódica. Este proceso se lleva a cabo en colaboración con diversas instituciones del Estado, siguiendo las directrices del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) la principal autoridad internacional en la materia, que elabora y actualiza constantemente los métodos y procedimientos a utilizar.

El inventario es un instrumento esencial para la toma de decisiones en la implementación de medidas de adaptación y mitigación del cambio climático, conocidas como "Nuestro Desafío Climático". Además, la información generada por estos inventarios permite a las instituciones estatales desarrollar políticas, planes, proyectos y programas orientados a la reducción de emisiones y al avance hacia un futuro con carbono neutral (MINAM, 2018). Hasta la fecha, el Perú ha elaborado Inventarios Nacionales de GEI para los años 2016, 2014, 2012, 2010, 2005, 2000 y

1994. Estos inventarios han sido fundamentales para identificar los sectores con mayores emisiones, lo que ha permitido promover esfuerzos nacionales dirigidos a la gestión y reducción de emisiones.

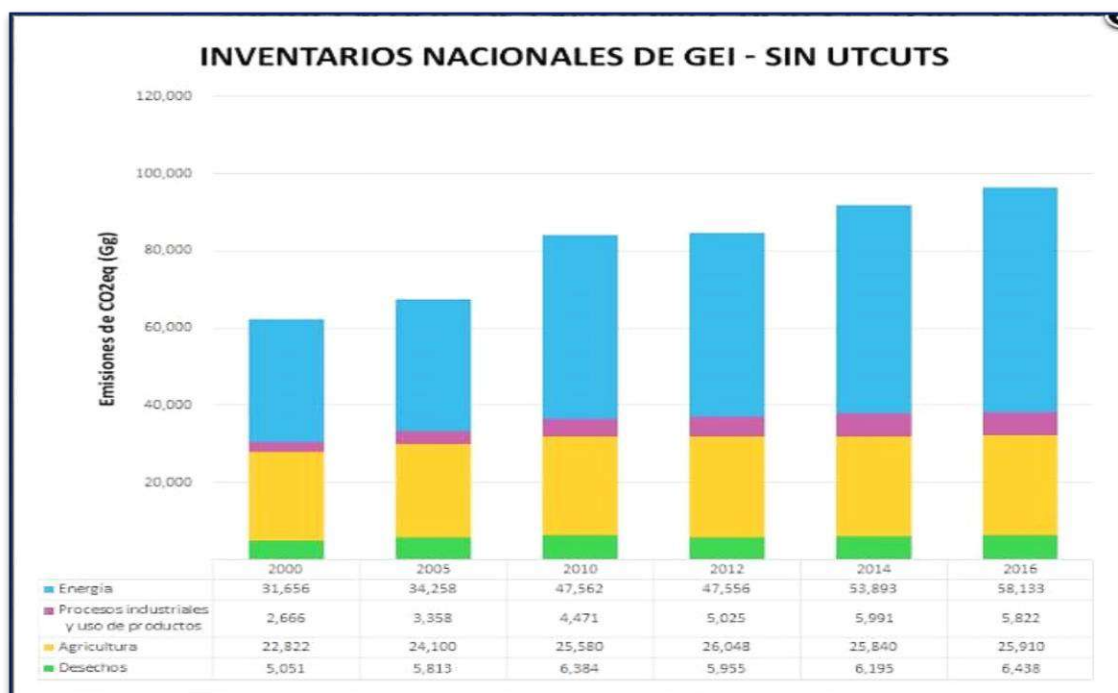


Figura 3
Inventario nacional de GEI.

2.2.9 Norma ISO 14064

El impacto de la huella de carbono se mide a través de un inventario de GEI, utilizando normas internacionales como la ISO 14064, que se divide en tres partes: ISO 14064-1, ISO 14064-2 e ISO 14064-3 (Andía y Andía, 2019). Según Saavedra-Farfán (2020), la norma ayuda aportando claridad y coherencia en la cuantificación, seguimiento, informe, y validación o verificación de los inventarios de GEI de una organización. Su objetivo es especificar los principios y requisitos necesarios para la cuantificación y el informe de emisiones y remociones de GEI, aplicable a nivel organizacional, incluyendo el diseño, desarrollo, gestión, informe y verificación de un inventario de GEI.

De acuerdo con la Resolución Ministerial N°185-2021-MINAM (MINAM, 2021), como parte del Sistema para el Monitoreo de las Medidas de Adaptación y Mitigación, la HC-Perú es una herramienta digital diseñada para guiar a las organizaciones públicas y privadas que voluntariamente se comprometen a gestionar sus emisiones de GEI. La plataforma digital de la HC-Perú incluye un motor de cálculo y reporte, conforme a la Norma Técnica Peruana NTP ISO 14064-1:20201 o su equivalente actualizado.

Además, la plataforma HC-Perú cuenta con un sistema de gestión de emisiones de GEI para las Organizaciones Usuarias, estructurado en cuatro niveles: medición, verificación, reducción de emisiones de GEI, y la implementación de acciones complementarias, cuyos resultados se publican en la plataforma digital. También ofrece información estadística basada en la gestión de emisiones de GEI de estas organizaciones.

Es importante destacar que la HC-Perú permite reportar emisiones de organizaciones públicas y privadas únicamente a nivel nacional, y no cuantifica las emisiones directas de GEI generadas fuera del país, entre ellas las producidas por actividades de movilidad aérea y marítima.

2.2.10. Consideraciones para el cálculo de las emisiones GEI

Para calcular las emisiones o eliminaciones de gases de efecto invernadero (GEI) dentro de los límites establecidos por una huella de carbono corporativa, la ISO-14064 proporciona recomendaciones que involucran varios pasos:

1. **Identificación de fuentes y sumideros de GEI:** La Huella de Carbono (HC) Perú ha establecido una lista de las fuentes correspondientes a los Alcances 1, 2 y 3. Esta lista se ha elaborado siguiendo las directrices del GHG Protocol, el Anexo B de la norma ISO-14064:2006 (relativo al Alcance 3) y, en particular, se ha basado en experiencias previas en la creación de huellas de carbono.
2. **Selección de metodologías de cuantificación:** La HC Perú emplea metodologías y estándares ampliamente reconocidos para calcular la huella de carbono, como GL2006, GHG Protocol y DEFRA 2018.
3. **Selección y recopilación de datos de actividad:** La entidad que utiliza la HC Perú es responsable de llevar a cabo esta tarea. La recopilación de información debe ajustarse a las fuentes previamente identificadas y utilizar los formatos de nivel de actividad (FNA).
4. **Selección de factores de emisión o eliminación de GEI:** Estos factores se han seleccionado teniendo en cuenta otras iniciativas peruanas, como el infoCarbono y los Reportes Anuales de Emisiones de GEI (RAGEI). La elección de factores de emisión y otros valores se ha efectuado siguiendo las pautas establecidas en el capítulo 4.3.5, "Selección o desarrollo de factores de emisión o eliminación de GEI" de la ISO-14064:2006 (MINAM, 2012).

2.2.11. Cuantificación de emisiones

Para cuantificar las emisiones de GEI, debe realizarse en dos etapas. La primera etapa consiste en obtener la cantidad de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos, medida en toneladas, a partir de un dato de actividad que genera la emisión. Este enfoque es aplicable a fuentes de emisión donde ocurre un proceso de transformación química, como la combustión, ya sea en fuentes fijas o móviles, así como para las emisiones de proceso y las derivadas de la degradación de materia orgánica.

Además, este método es relevante para calcular las emisiones indirectas causadas por el consumo de electricidad y las asociadas al ciclo de vida de los materiales. En situaciones donde ya se dispone de unidades de medición cuantitativa de emisión en sí misma, ya sea en términos de masa o volumen del GEI generado, se puede avanzar directamente al segundo paso del cálculo.

$$\text{Emisiones de GEIs (t GEI)} = \text{Dato de actividad} \times \text{Factor de emisión}$$

El Dato de Actividad se refiere a la medición cuantitativa de una actividad generadora de emisión. En el caso de fuentes fijas que generen combustión, deberá expresar este dato en unidades de energía (TJ) y calcular multiplicando el consumo del combustible, ya sea kilogramos o litros, por el Poder Calorífico Inferior (PCI). Es importante utilizar el PCI en lugar del Poder Calorífico Superior (PCS), ya que los factores de emisión basados en unidades de energía están fundamentados en el PCI.

Para fuentes de combustión móviles, si no se dispone del consumo de combustible para operar de manera similar a las fuentes fijas, se pueden utilizar datos de actividad relacionados con el espacio recorrido, metros o kilómetros, y para el tema de emisiones de proceso, la información de actividades viene a ser el indicador representativo del proceso, como la producción (medida en masa o volumen) o el consumo de una materia prima específica (medida en masa o volumen).

Para la electricidad, el dato a considerar viene a ser el consumo eléctrico de la instalación.

Factor de emisión: Generalmente suele expresarse en toneladas de GEI /unidad, esto dependerá de la unidad utilizada por actividad. El factor de emisión depende del tipo y características del proceso de transformación química y tipo de combustible. cada comercializadora de electricidad, dispone de su propio factor de emisión de la red por cada kWh eléctrico comercializado.

Segundo paso tenemos la conversión de los datos de emisión, expresados en toneladas de gases de efecto invernadero (GEI), a unidades de toneladas de CO₂-equivalente (CO₂-eq) se aplica no solo a las emisiones calculadas en el paso anterior mediante factores de emisión, sino también a las fuentes de emisión en las que no se produce un proceso de transformación química (como las emisiones fugitivas). También se aplica cuando el dato primario se obtiene a través de una medición directa en términos de masa o volumen de GEI.

$$\text{Emisiones (t CO}_{2\text{-e}}) = \text{Dato de emisión} \times \text{Potencial de calentamiento global}$$

Donde:

Dato de Emisión es el valor medido cuantitativamente de la emisión generada. Este dato puede obtenerse de diferentes maneras: Podría darse conociendo la masa de una emisión determinada, como en el caso de las recargas de fluido refrigerante, o porque se dispone de una medición directa, como ocurre con la medición continua de CH₄ emitido. También se puede obtener cuando el factor de emisión considerado anteriormente, se encuentra en unidades diferentes al CO₂ equivalente (CO₂-e).

El Potencial de Calentamiento Global (a 100 años) es un factor que sirve para describir el impacto en la fuerza de radiación de una unidad, basada en la masa de un gas de efecto invernadero (GEI) específico, en comparación con una unidad equivalente de CO₂ durante un periodo de 100 años. Este factor se expresa en toneladas de CO₂-e por tonelada de GEI, y existe un factor diferente para cada tipo de gas de efecto invernadero (Ihobe, 2012).

Online Browsing Platform (OBP) –(14064-1:2018)

Esta segunda edición reemplaza y anula la edición anterior (Versión 2006) Los cambios esenciales en contrastación a la edición anterior incluyen un nuevo enfoque en los límites de informe, lo que facilita la inclusión y expansión de las emisiones indirectas, dicho cambio refleja el incremento constante entre las organizaciones sobre la importancia de las emisiones indirectas y su esfuerzo por desarrollar inventarios de GEI que abarquen mayor cantidad en diversas emisiones indirectas a lo largo de toda la cadena de valor.

Además, la categoría anteriormente conocida como "otras emisiones indirectas de GEI" ha sido renombrada como "emisiones indirectas de GEI". Se han añadido requisitos y orientaciones para clasificar estas emisiones en cinco categorías

específicas. El término "límites operativos" ha sido cambiado a "límites de informe" para mejorar la simplicidad y claridad.

Para mejoras de precisión se viene incorporado actuales requisitos y directrices para la cuantificación de los GEI y la presentación de informes sobre aspectos específicos, como el tratamiento del carbono biogénico y las emisiones de GEI relacionadas con la electricidad. En el sitio web de ISO se puede encontrar un listado completo de todas las partes de la serie de Normas ISO 14064. Esta norma es de carácter general y está destinada a la cuantificación y el informe de emisiones y remociones de gases de efecto invernadero a nivel organizacional.

2.2.12. La electricidad y de donde proviene

Aunque la corriente y la tensión constituyen las dos variables fundamentales en un circuito eléctrico, por sí solas no proporcionan información suficiente. Para fines prácticos, es crucial conocer la capacidad de manejo de potencia de un dispositivo eléctrico. Todos los usuarios tienen experiencia en entender que un foco de 100 vatios ilumina más que uno de 60 vatios. Además, al abonar una factura a la empresa proveedora de electricidad, están pagando por la energía eléctrica consumida durante un determinado período (Alexander y Matthew, 2013). Por lo tanto, los cálculos de potencia y energía desempeñan un papel crucial en el análisis de circuitos.

La electricidad está estrechamente relacionada con la materia y la vida. Todo lo que percibimos en nuestro entorno, incluso lo invisible, está compuesto por electrones, partículas que giran alrededor de los núcleos atómicos. Estas partículas son las responsables de los fenómenos electromagnéticos que permiten a los seres humanos aprovechar la energía eléctrica. Para comprender la naturaleza de la electricidad, es esencial tener en cuenta que toda la materia está formada por átomos. Los átomos constan de un núcleo central, que contiene protones y neutrones, y una capa externa en la que circula electrones. Los protones manejan una carga positiva, los electrones carga negativa, y los neutrones carecen de carga. En consecuencia, los átomos son eléctricamente neutros, ya que las cargas del núcleo se compensan con las de la capa externa de electrones. La carga eléctrica emerge como una propiedad fundamental de la materia (Iñesta y García, 2002).

2.2.13. Cálculo de consumo de artefactos eléctricos

Para realizar un cálculo aproximado del consumo mensual de energía en kilovatios-hora (kWh) de los artefactos y focos en un hogar, se pueden utilizar los siguientes datos:

Primero, es importante considerar los artefactos de mayor consumo energético. Una cocina eléctrica de 4 hornillas y una ducha eléctrica, ambas con una potencia de 4500 W, son los dispositivos que más energía consumen. Les siguen la terma con 1500 W, la secadora y la aspiradora, cada una con un consumo de 1200 W, y el microondas con 1100 W.

En la categoría de consumo moderado, encontramos artefactos como la olla arrocera y la plancha, cada una con un consumo de 1000 W, la cafetera con 800 W, la lavadora con 500 W, y la electrobomba de 375 W (1/2 HP). La refrigeradora también es un electrodoméstico esencial que consume 350 W, mientras que la computadora y la licuadora tienen un consumo de 300 W cada una.

Por otro lado, en la categoría de bajo consumo, están los dispositivos como el televisor de 20" con 120 W, el equipo de sonido con 80 W, el ventilador con 50 W, la laptop con 35 W, el DVD con 20 W y el celular con 10 W.

Estos datos permiten realizar un cálculo aproximado del consumo mensual total en kWh, sumando los consumos individuales de cada artefacto en función de su uso diario y su potencia nominal (OSINERGMIN, 2018).

2.2.14. Balance de energía eléctrica

El balance del suministro eléctrico en el Perú muestra el recorrido de la energía desde su generación hasta su entrega a los usuarios finales. Para lograr esta distribución, la electricidad se distribuye a través de sistemas de transmisión y distribución. Durante el año 2022, se generó un total de 59,713 GWh de electricidad en el país, y se realizó la importación de 32 GWh desde Ecuador. De la electricidad generada a nivel nacional, el 97%, equivalente a 57,814 GWh, proviene de las empresas generadoras del mercado eléctrico, mientras que el 3%, correspondiente a 1,898 GWh, es generado por empresas industriales para su consumo propio, especialmente notables entre ellas son las empresas petroleras y mineras (MINEM, 2022).

En relación con la electricidad que se dispone, la cual abarca la generación nacional e importación, el 1.4% se destinó a servicios auxiliares de las centrales eléctricas, el 11.1% se perdió en el proceso de transmisión y distribución, y el 87.4% llegó a los consumidores finales. De la electricidad producida por privadas del mercado eléctrico, el 1.2% fue utilizada en servicios auxiliares de centrales eléctricas, el 11.3% se perdió y el 87.5% llegó a los usuarios finales. En cuanto a la electricidad generada por empresas industriales para su propio consumo, el 7.2% se destinó a servicios

auxiliares de sus centrales, el 5.8% se perdió y el 87.1% se empleó en sus operaciones (MINEM, 2022).

2.2.15. Coronavirus (COVID19)

Los coronavirus (CoV) constituyen una extensa familia de virus capaces de provocar diversas enfermedades, que van desde un resfriado común hasta condiciones más serias, como es el caso del coronavirus responsable del síndrome respiratorio de Oriente Medio (MERS-CoV) y aquel que causa el síndrome respiratorio agudo severo (SRAS-CoV). Un nuevo coronavirus se refiere a una cepa novedosa de coronavirus que no había sido detectada previamente en seres humanos. Los CoV tienen la capacidad de infectar a diversos animales, tanto salvajes como domésticos, generando un impacto económico considerable en varias especies agrícolas, en seres humanos, la infección por el SARS-CoV-2 tiende a complicarse con lesiones miocárdicas, asociadas estrechamente con un pronóstico desfavorable (Manna et al., 2023).

2.2.16. Coronavirus y cambio climático

Las emisiones de GEI experimentaron una disminución a nivel global como resultado de las acciones tomadas para afrontar la pandemia de COVID-19. No obstante, es fundamental reconocer que este alivio es temporal y que el verdadero desafío radica en el mediano y largo plazo. La sostenibilidad de nuestras acciones futuras determinará si logramos mantener el progreso que hemos alcanzado en la lucha contra el cambio climático (Muñoz, 2020).

En la COP25 de la ONU sobre el Cambio Climático en Madrid, en diciembre de 2019, se hizo un llamado urgente a los países para elevar su ambición y priorizar la crisis climática. La evidencia de eventos extremos como incendios, sequías y lluvias intensas es una advertencia clara de lo que podemos enfrentar. El cambio climático tiene el potencial de causar impactos aún más devastadores que la pandemia de COVID-19, aunque estos no se perciben con la misma inmediatez y gravedad que las consecuencias del virus. Debemos considerar esto como una señal de alerta para el futuro si no actuamos con determinación (Muñoz, 2020).

Tanto a nivel internacional como en el Perú, muchas empresas han trazado planes para minimizar sus emisiones de GEI y lograr una economía circular y baja en carbono. Después de la pandemia, cuando logremos controlarla, se planteará el desafío de reactivar la economía. En ese momento, nos enfrentaremos a dos preguntas cruciales: ¿reconstruiremos una economía insostenible desde el punto de

vista ambiental o construiremos una economía que incentive decisiones acertadas para el bienestar del planeta? (Muñoz, 2020).

Todos los países deberán implementar medidas de reactivación económica, y estas deben estar alineadas con la acción climática. Si priorizamos esta integración, no solo habremos sobrevivido a una pandemia, sino que también habremos extraído una valiosa lección sobre la importancia de actuar con responsabilidad y visión de futuro (Muñoz, 2020).

2.2.17. Potencial de calentamiento global (PCG)

El Potencial de Calentamiento Global (PCG) permite comparar el impacto de los gases de efecto invernadero en relación con el CO₂, ya que cada tipo de gas tiene una capacidad distinta para intensificar el efecto invernadero (MINAM, 2016).

Para calcular las emisiones totales en toneladas de CO₂ equivalente (CO_{2eq}), el PCG se utiliza como un factor que especifica el impacto de la fuerza radiativa de una unidad de masa de un gas específico, considerando un periodo de 100 años y relacionándolo con las unidades equivalentes de CO₂.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ámbito y condiciones de la investigación

3.1.1. Contexto de la investigación

El área de estudio (Morro solar) se encuentra ubicado en el distrito y provincia de Jaen, departamento de Cajamarca (Ver figuras 4 y 5), es una de las 13 provincias que lo conforman, en el Nororiente del Perú, fundada el 10 de abril de 1549, con 85,532 habitantes aproximadamente, siendo la segunda ciudad mas poblada del departamento. La economía de esta provincia se basa en la agricultura.

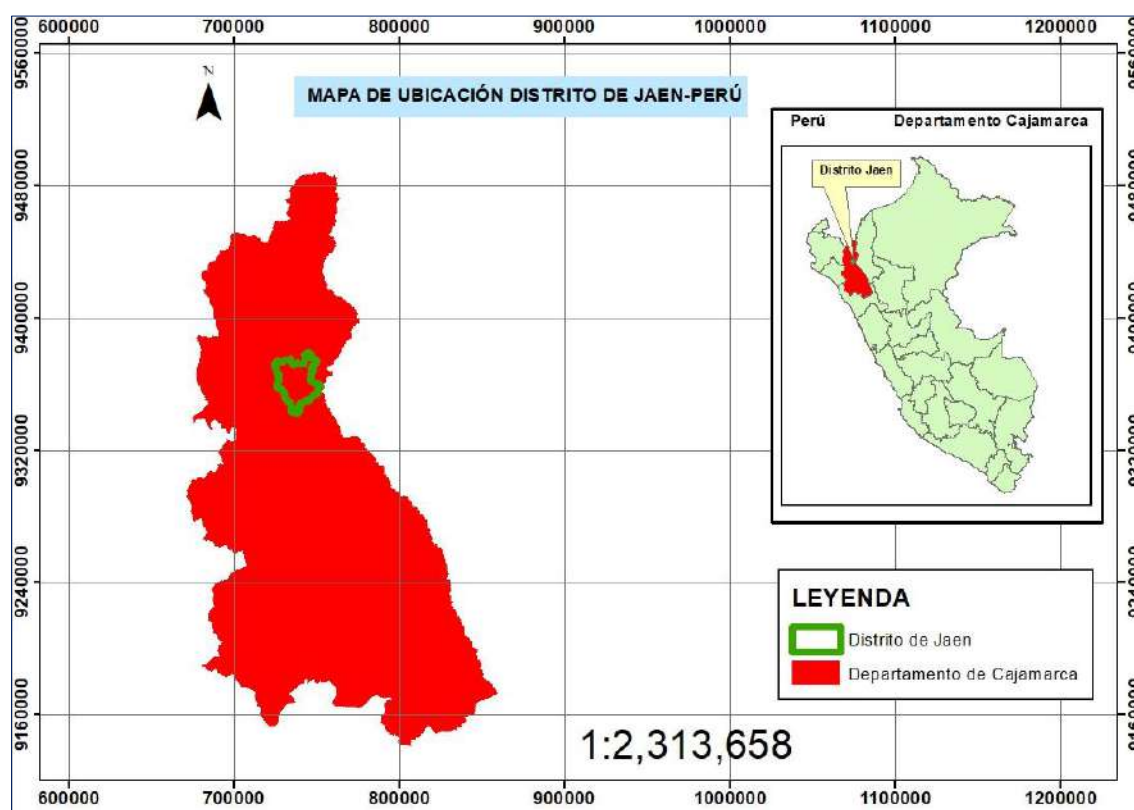


Figura 4

Mapa de ubicación del distrito de Jaén.

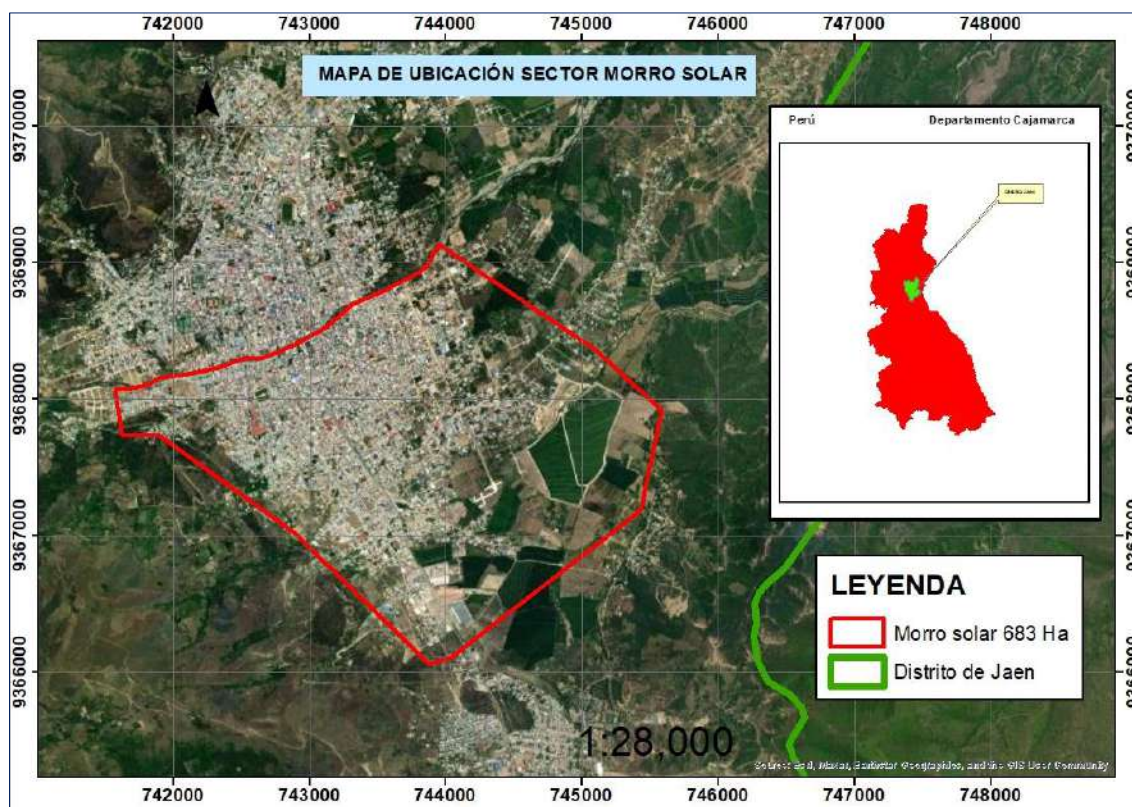


Figura 5
Sector Morro solar en Distrito de Jaén.

3.1.2. Periodo de ejecución

El periodo de ejecución del proyecto 8 meses desde la aprobación de ejecución.

3.1.3. Autorizaciones y permisos

El permiso obtenido fue de parte de la oficina de electro oriente para la obtención de datos de los meses indicados en la metodología.

3.1.4. Control ambiental y protocolos de bioseguridad

Para esta investigación, dada la coyuntura social, se trabajo bajo protocolo de bioseguridad frente al COVID 19, mascarilla KN95, alcohol y el distanciamiento social con los usuarios.

3.1.5. Aplicación de principios éticos internacionales

Consentimiento informado: Lograr el consentimiento voluntario e informando a los participantes antes de su inclusión al estudio, explicando claramente los objetivos, riesgos y beneficios.

Confidencialidad: Garantizar la protección de la identidad y la información personal de los participantes, utilizando medidas para evitar la divulgación no autorizada.

Autenticidad: Se garantiza la honestidad y transparencia al recopilar los datos, asegurándose de que se realice de manera precisa y sin sesgos.

3.2. Sistema de variables

3.2.1. Variables principales

Variable Dependiente: Huella de Carbono

Variable Independiente: Consumo de energía

3.3. Procedimientos de la investigación

La investigación se desarrollo teniendo en cuenta un diseño muestral no probabilístico por conveniencia, a lo cual se considero un numero de 365 usuarios para análisis del consumo de energía eléctrica, de los cuales se aplico la encuesta a 80 viviendas. Los datos de consumo fueron obtenidos de la empresa dedicada a brindar los servicios de energía eléctrica, dichos usuarios se identificaron a travez de un código único de usuario.

Para la recopilación de información a través de encuestas, se procedio a realizar la sectorización del área total de estudio del sector Morro solar, considerando 4 sub sectores (ver figura 15), para lo cual se tuvo en cuenta factores como vias de acceso, en este caso la avenida Manuel Antonio Mesones, de cada sub sector se realizó la encuesta a 20 usuarios del servicio eléctrico.

3.3.1. Cuantificar el consumo eléctrico en hogares del sector Morro Solar

Aquí se elaboró una base sólida para la determinación de la huella de carbono generada por el consumo de energía eléctrica domiciliario de nivel residencial. Para lograrlo, se obtuvieron datos de consumo eléctrico directamente de la empresa proveedora de servicios eléctricos, Electro Oriente, la cual proporcionó información detallada sobre el consumo mensual de energía para cada hogar durante los años 2019, 2020, 2021 y 2022.

El objetivo de este apartado es establecer una base de datos detallada de los aparatos eléctricos utilizados en los hogares del sector Morro Solar de Jaén. Esta base de datos permitió calcular la potencia y el consumo eléctrico aproximado de cada aparato, contribuyendo a un análisis más preciso del consumo energético residencial, seleccionándose una muestra de 365 usuarios residenciales en el sector Morro Solar durante el periodo determinado del estudio.

3.3.2. Crear una base de datos de los aparatos eléctricos funcionales (tarifa residencial) para determinar su potencia, y el consumo eléctrico (kw) aproximado total

Haciendo uso de la calculadora de consumo energético del Ministerio de Energía y Minas (MINEM), a través del cual se calcula el gasto promedio mensual de un artefacto, según el tiempo de uso diario. Con ayuda de la encuesta se obtuvo el porcentaje de artefactos que poseen por familia.

Registro de Aparatos Eléctricos. El primer paso consistió en la identificación y registro de todos los aparatos eléctricos funcionales en los hogares de la muestra seleccionada. Para ello, se utilizó un cuestionario específico que incluyó las siguientes categorías de aparatos:

- Electrodomésticos de cocina (refrigeradores, microondas, hornos eléctricos, etc.)
- Aparatos de entretenimiento (televisores, equipos de sonido, consolas de videojuegos, etc.)
- Equipos de climatización (aires acondicionados, ventiladores, calefactores, etc.)
- Dispositivos de iluminación (bombillas, lámparas, etc.)
- Otros equipos eléctricos de uso común (lavadoras, secadoras, aspiradoras, etc.)

Determinación de la Potencia de los Aparatos. Para cada aparato registrado, se recopiló información sobre su potencia nominal (W). Esta información se obtuvo directamente de las etiquetas de los aparatos o de los manuales del usuario. En caso de falta de información, se consultaron bases de datos y catálogos de productos en línea para obtener los valores de potencia correspondientes.

Estimación del Consumo Eléctrico Aproximado. El consumo eléctrico aproximado de cada aparato se calculó utilizando la fórmula:

$$\text{Consumo (kWh)} = \frac{\text{Potencia (W)} \times \text{Horas de uso diario}}{1000}$$

Para obtener una estimación precisa, se recopiló información sobre las horas de uso diario promedio de cada aparato. Esta información se obtuvo a través de entrevistas con los usuarios, quienes proporcionaron datos sobre sus hábitos de uso.

Creación de la Base de Datos. La información recopilada se ingresó en una base de datos estructurada, utilizando software especializado (por ejemplo, Microsoft Excel o

una aplicación de base de datos relacional). La base de datos incluyó los siguientes campos:

- Identificación del hogar
- Tipo de aparato
- Marca y modelo del aparato
- Potencia nominal (W)
- Horas de uso diario
- Consumo eléctrico aproximado (kWh)

Análisis y Validación de Datos. Una vez creada la base de datos, se realizaron análisis preliminares para validar la consistencia y precisión de los datos. Se emplearon técnicas de estadística descriptiva para resumir las características de la base de datos y detectar posibles errores o inconsistencias.

Utilización de la Base de Datos. La base de datos creada servirá como una herramienta fundamental para el análisis del consumo eléctrico residencial. Permitirá:

- Identificar los aparatos que contribuyen significativamente al consumo total.
- Evaluar la eficiencia energética de los aparatos utilizados.
- Proponer recomendaciones específicas para la reducción del consumo eléctrico y la mejora de la eficiencia energética en los hogares.

3.3.3. Proponer medidas ambientales para reducir la cantidad de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que se descarga en el consumo de energía residencial con respecto al confinamiento

Tomando en cuenta los puntos anteriores, se sugerirán medidas que favorezcan al menor consumo de energía y con ello una disminución en la huella de carbono por las emisiones de GEI.

En este apartado, se propusieron medidas ambientales para mitigar las emisiones de GEI asociadas al consumo de energía en los hogares del sector Morro Solar, Jaén. Estas medidas se enfocan en mejorar la eficiencia energética, promover el uso de energías renovables y fomentar prácticas de consumo responsables.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Cuantificar el consumo eléctrico en los hogares del sector Morro Solar

Los datos obtenidos de usuarios clasificados como residenciales se aprecian en la tabla 1, logrando trabajarse con los mismos usuarios durante los periodos que van desde el 2019 hasta el 2022, considerandose al año 2020 como el de menor consumo de energía eléctrica y al de mayor consumo de energía fue el año 2022.

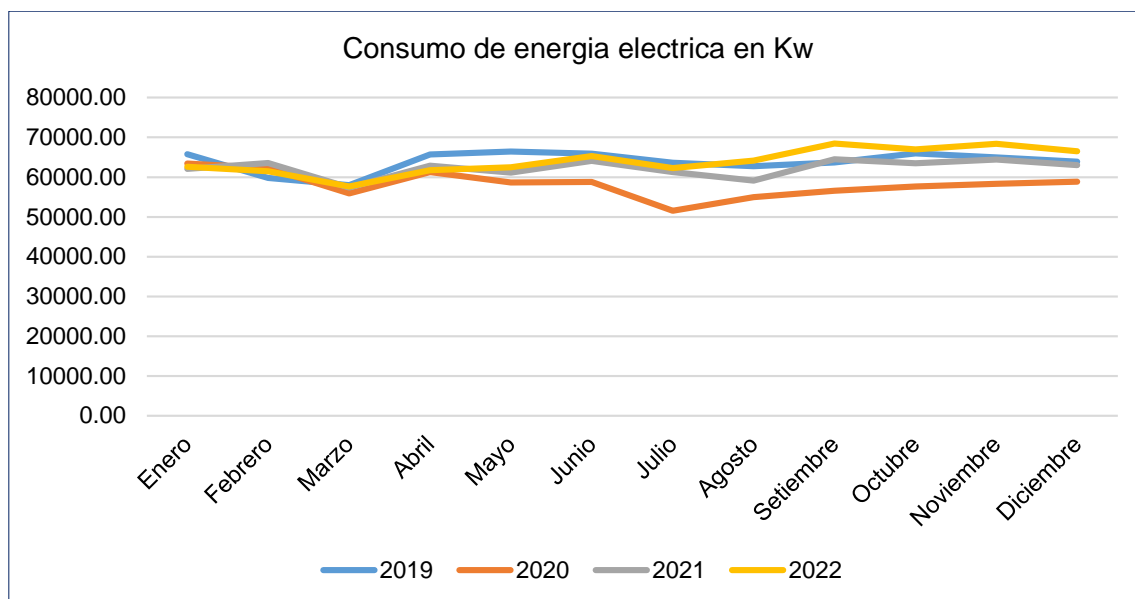
Mediante un análisis comparativo del consumo de energía durando el tiempo de la pandemia COVID 19 (Ver figura 13 en anexo), se puede apreciar que, en los picos de rebrote por año, existe una disminución del consumo de energía, así en el mes de agosto del 2020 se evidencio el pico mas alto de casos COVID en el departamento de Cajamarca, evidenciándose que, entre julio a setiembre del mismo año, existio una baja considerable del consumo de energía eléctrica.

Tabla 1

Consumo de energía eléctrica en Kw por año

Meses	2019	2020	2021	2022
Enero	65758.80	63413.00	62059.60	62590.00
Febrero	59824.05	62300.00	63574.40	61500.23
Marzo	57970.10	55922.00	57407.00	57667.60
Abril	65719.40	61262.00	62908.00	61748.70
Mayo	66431.00	58635.00	61154.00	62512.30
Junio	65908.80	58822.00	64115.20	65276.00
Julio	63619.20	51568.00	61299.80	62293.75
Agosto	62765.10	54950.00	59105.00	64159.85
Setiembre	63698.00	56550.90	64486.00	68469.90
Octubre	65983.00	57654.00	63463.00	66977.00
Noviembre	64974.00	58336.00	64444.00	68392.10
Diciembre	63894.00	58891.00	63004.83	66507.90
Total	766545.45	698303.90	747020.83	768095.33

En la figura 6 se aprecia al año 2020 entre el periodo de marzo a diciembre, como el mas bajo en comparación a los demás años, mientras que el periodo de agosto a diciembre del año 2022, se aprecia como el de mayor consumo de energía eléctrica, comparando a los demás años.

**Figura 6**

Consumo de energía por año.

La tabla 2 muestra el consumo de energía mensual durante el año 2019, observándose que el mes de junio fue el que presentó una mayor desviación estándar reflejando con ello una mayor dispersión de los datos en relación a la media, mientras que el menor valor se presentó en el mes de marzo.

Tabla 2

Consumo de energía año 2019 en Kw

Mes	Mínimo	Máximo	Suma	Media	Des.estándar
Enero	2.00	1829.00	65758.80	177.7265	193.17768
Febrero	0.00	1365.00	59824.05	161.6866	160.65163
Marzo	1.00	1288.00	57970.10	156.6759	159.52672
Abril	2.00	1995.00	65719.40	177.6200	205.75003
Mayo	2.00	1805.00	66431.00	179.5432	205.17185
Junio	2.00	2009.00	65908.80	178.1319	210.36441
Julio	3.00	1912.00	63619.20	171.9438	194.43236
Agosto	2.00	1709.00	62765.10	169.6354	184.93710
Setiembre	2.00	1447.00	63698.00	172.1568	175.99465
Octubre	3.00	1834.00	65983.00	178.3324	197.63028
Noviembre	1.00	2026.00	64974.00	175.6054	202.28356
Diciembre	2.00	1679.00	63894.00	172.6865	187.73801
Total			766545.45		

La tabla 3 muestra el consumo de energía mensual durante el año 2020, observándose que el mes de julio fue el que presentó una menor desviación estándar reflejando con ello una menor dispersión de los datos en relación a la media, mientras que el mayor valor se presentó en el mes de enero.

Tabla 3
Consumo de energía año 2020 en Kw

Mes	Mínimo	Máximo	Suma	Media	Desviación estándar
Enero	2.00	1791.00	63413.00	171.3865	184.25598
Febrero	2.00	1023.00	62300.00	168.3784	164.10091
Marzo	0.00	1168.00	55922.00	151.1405	161.20561
Abril	4.00	1460.00	61262.00	165.5730	169.76918
Mayo	0.00	1260.00	58635.00	158.4730	153.50035
Junio	0.00	1260.00	58822.00	158.9784	153.49306
Julio	0.00	864.00	51568.00	139.3730	126.39477
Agosto	1.00	1028.00	54950.00	148.5135	130.56596
Setiembre	1.00	972.00	56550.90	152.8403	137.00252
Octubre	1.00	1254.00	57654.00	155.8216	152.06945
Noviembre	3.00	947.00	58336.00	157.6649	147.70989
Diciembre	1.00	997.00	58891.00	159.1649	154.65013
Total			698303.90		

La tabla 4 muestra el consumo de energía mensual durante el año 2021, observándose que el mes de junio presentó una mayor desviación estándar reflejando con ello una mayor dispersión de los datos en relación a la media, mientras que el menor valor se presentó en el mes de agosto.

Tabla 4
Consumo de energía año 2021 en Kw.

Mes	Mínimo	Máximo	Suma	Media	Desviación estándar
Enero	0.00	1266.00	62059.60	167.7286	167.69302
Febrero	0.00	1389.00	63574.40	171.8227	180.52382
Marzo	2.00	1327.00	57407.00	155.1541	165.63641
Abril	2.00	1434.00	62908.00	170.0216	176.00088
Mayo	1.00	1454.00	61154.00	165.2811	172.67000
Junio	1.00	1431.00	64115.20	173.2843	183.47604
Julio	2.00	1434.00	61299.80	165.6751	172.79336
Agosto	1.00	1313.00	59105.00	159.7432	163.81059
Setiembre	0.00	1388.00	64486.00	174.2865	181.05460
Octubre	0.00	1210.00	63463.00	171.5216	182.70193
Noviembre	0.00	1394.00	64444.00	174.1730	183.02636
Diciembre	1.00	1370.00	63004.83	170.2833	179.70402
Total			747020.83		

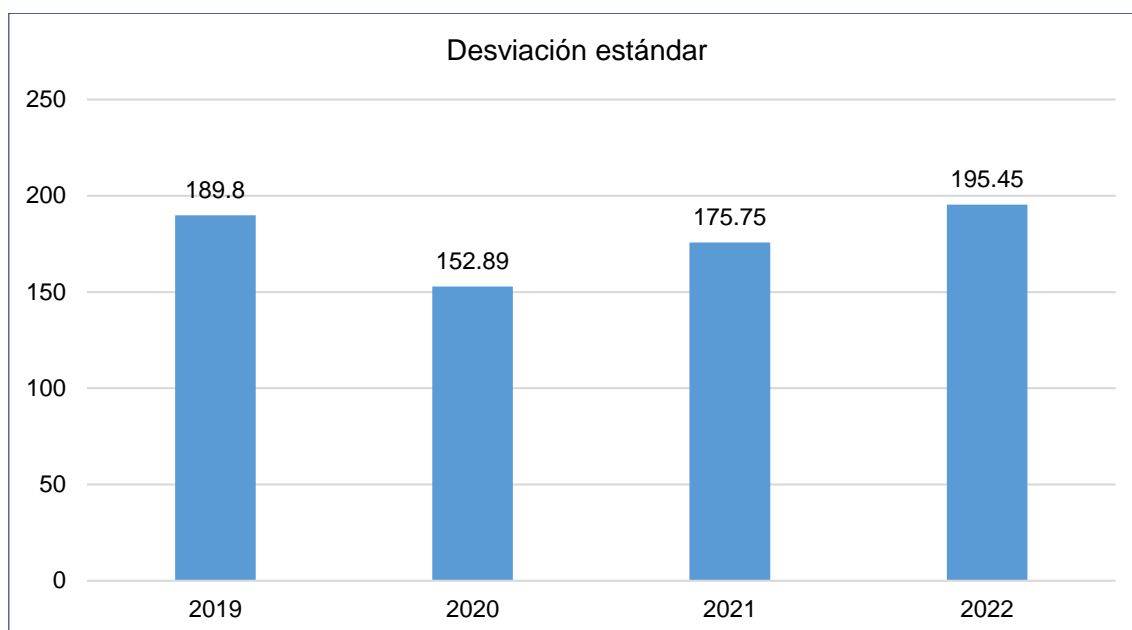
La tabla 5 muestra el consumo de energía mensual durante el año 2022, observándose que el mes de octubre fue el que presentó una mayor desviación estándar reflejando con ello una mayor dispersión de los datos en relación a la media, mientras que el menor valor se presentó en el mes de marzo.

Tabla 5
Consumo de energía año 2022 en Kw

Mes	Mínimo	Máximo	Suma	Media	Desviación estándar
Enero	1.00	1526.00	62590.00	169.1622	174.97893
Febrero	0.00	1382.00	61500.23	166.2168	174.00115
Marzo	2.00	1223.00	57667.60	155.8584	164.71931
Abril	1.00	1256.00	61748.70	166.8884	180.61492
Mayo	0.50	1699.00	62512.30	168.9522	187.65814
Junio	3.00	1947.00	65276.00	176.4216	200.60852
Julio	1.00	1216.00	62293.75	168.3615	185.90429
Agosto	0.00	1583.00	64159.85	173.4050	196.79740
Setiembre	1.00	1757.00	68469.90	185.0538	221.39766
Octubre	0.00	2294.00	66977.00	181.0189	227.78071
Noviembre	1.00	1850.00	68392.10	184.8435	219.56765
Diciembre	1.00	1626.00	66507.90	179.7511	211.36520
Total			768095.33		

La disminución de la desviación estándar en 2020 sugiere que, durante el confinamiento, los patrones de consumo de energía fueron más homogéneos. Esto puede deberse probablemente a que la mayoría de los hogares estaban siguiendo rutinas similares debido a las restricciones de movilidad, lo que llevó a una menor variabilidad en el uso de aparatos eléctricos. En contraste, el aumento de la desviación estándar en 2021 y 2022 indica una mayor dispersión en el consumo de energía. A medida que las restricciones se levantaron, los patrones de uso de energía variaron más significativamente entre los hogares. Este aumento puede reflejar la reanudación de actividades fuera del hogar y la variabilidad en los hábitos de consumo a medida que las personas adaptaban sus rutinas a la "nueva normalidad".

Los hallazgos se aprecian claramente en la Figura 7, donde se comparan las desviaciones estándar anuales, destacando al año 2022 como el de mayor dispersión en el consumo energético en comparación con los años anteriores. Este comportamiento respalda la hipótesis de que la reactivación económica y la vuelta progresiva a la normalidad tras el confinamiento por COVID-19 generaron nuevas dinámicas de consumo, más diversas entre los hogares.

**Figura 7**

Desviación estándar por año.

Al trabajar con datos mayores a 50, se utilizó Kolmogorov-Smirnov, apreciando que se obtuvieron significancias mayores a 0.05, afirmando que las variables poseen una distribución normal.

Tabla 6

Prueba de normalidad

Año	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
2019	0.211	12	0.148	0.839	12	0.027
2020	0.165	12	,200*	0.972	12	0.926
2021	0.201	12	0.196	0.882	12	0.094
2022	0.170	12	,200*	0.945	12	0.559

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

La tabla 7 muestra el análisis de varianza realizado al consumo de energía eléctrica por año, donde se observa una significancia menor al 0.05 ($\alpha < 0.05$), incluso menor al 0.01, pudiendo afirmar que estadísticamente hablando si existe una diferencia significativa entre el consumo de energía de los años evaluados.

Tabla 7

ANOVA del consumo de energía eléctrica en Kw.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2651841579350.230	3	883947193116.743	10.784	0.0000195
Dentro de grupos	3606748790317.750	44	81971563416.313		
Total	6258590369667.980	47			

La tabla 8 muestra el resultado de la prueba de Tukey, observándose que los datos de energía eléctrica consumida en el sector Morro solar durante el año 2020, si difiere significativamente entre los demás años evaluados.

Tabla 8
Prueba de Tukey

(I) Factor		Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
2019	2020	568679,58333 [*]	116884.24717	0.000	256597.9817	880761.1850
	2021	162705.16667	116884.24717	0.511	-149376.4350	474786.7683
	2022	-12915.66667	116884.24717	1.000	-324997.2683	299165.9350
2020	2019	-568679,58333 [*]	116884.24717	0.000	-880761.1850	-256597.9817
	2021	-405974,41667 [*]	116884.24717	0.006	-718056.0183	-93892.8150
	2022	-581595,25000 [*]	116884.24717	0.000	-893676.8517	-269513.6483
2021	2019	-162705.16667	116884.24717	0.511	-474786.7683	149376.4350
	2020	405974,41667 [*]	116884.24717	0.006	93892.8150	718056.0183
	2022	-175620.83333	116884.24717	0.445	-487702.4350	136460.7683
2022	2019	12915.66667	116884.24717	1.000	-299165.9350	324997.2683
	2020	581595,25000 [*]	116884.24717	0.000	269513.6483	893676.8517
	2021	175620.83333	116884.24717	0.445	-136460.7683	487702.4350

La tabla 9 muestra la medida de huella de carbono obtenida por año, lo cual confirma al año 2020 como al de menor generación de huella ecológica, le sigue el año 2021, mientras que el año 2022 fue el de mayor consumo de energía eléctrica y genero mayor huella de carbono, mientras que los años 2019, 2021 y 2022 no difieren estadísticamente hablando, según tabla 8, pudiendo verse en la figura 8.

Tabla 9
Obtención de huella de carbono por año.

Año	Consumo Kw	A Mw	Factor de emisión	Huella de carbono
2019	766545.45	766.54545	0.151	115.75 Ton de CO ₂ e
2020	698303.9	698.3039	0.151	105.44 Ton de CO ₂ e
2021	747020.83	747.02083	0.151	112.80 Ton de CO ₂ e
2022	768095.33	768.09533	0.151	115.98 Ton de CO ₂ e

Nota. El factor de emisión fue tomado de (MINEM, 2019).

La Figura 8 presenta un análisis comparativo de la huella de carbono en toneladas de CO₂ equivalente (tCO₂e) para los años 2019, 2020, 2021 y 2022 en el sector Morro Solar, Jaén. La información es esencial para evaluar el impacto del consumo de energía eléctrica en la generación de gases de efecto invernadero (GEI) en un contexto de confinamiento debido a la pandemia de COVID-19.

El análisis de la Figura 8 muestra cómo el confinamiento impactó significativamente el consumo de energía eléctrica a del tipo residencial y, por ende, la huella de carbono. En 2020, la reducción en la huella de carbono puede atribuirse a una mayor eficiencia en el uso de la energía debido a las restricciones de movilidad y al cambio en los hábitos de consumo, como la disminución del uso de dispositivos de entretenimiento fuera del hogar y una posible mayor conciencia sobre el ahorro energético.

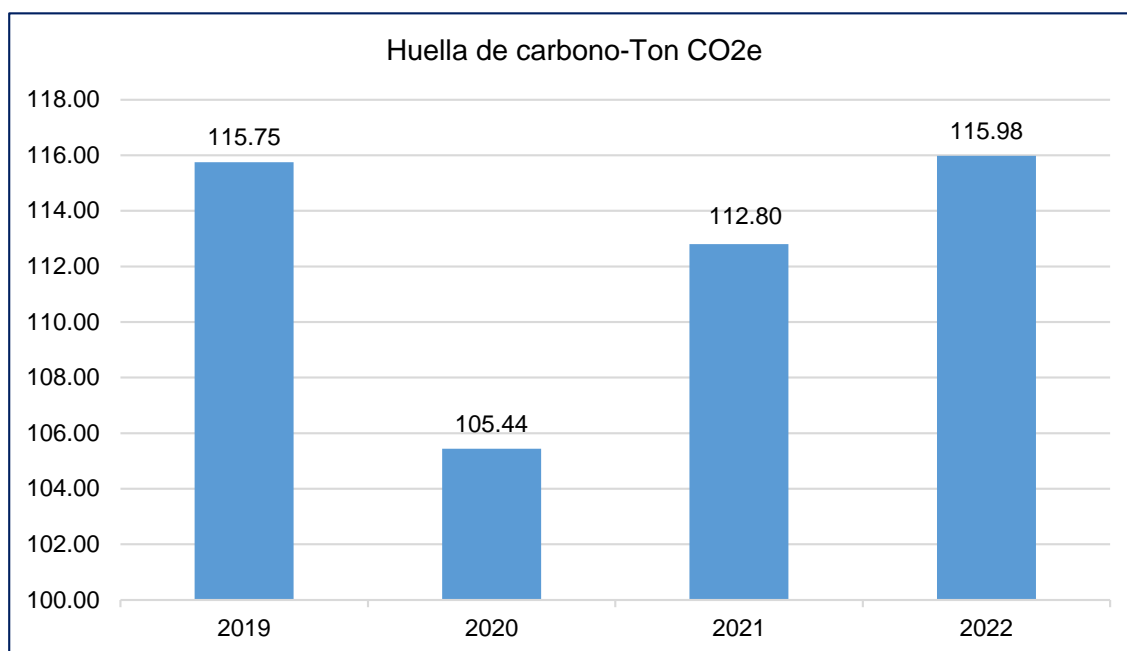


Figura 8
Huella de carbono en Ton CO₂e.

Discusión

Gordic et al. (2023) evaluaron el sector residencial en 31 países europeos y encontraron que las emisiones anuales de carbono de los hogares varían significativamente de 0.09 a 6.44 toneladas de CO₂ equivalente (tCO_{2e}), con un promedio de 1.36 tCO_{2e} por hogar. Este hallazgo es relevante para el estudio, ya que proporciona un marco comparativo para entender la variabilidad de las emisiones residenciales. En el sector Morro Solar, la huella de carbono promedio obtenida fue de aproximadamente 0.30 tCO_{2e} por hogar, lo cual es considerablemente menor que el promedio europeo. Esta diferencia puede atribuirse a factores como el tipo de electrodomésticos utilizados, la eficiencia energética de los mismos y las condiciones climáticas locales.

Además, Gordic et al. (2023) destacaron que los costos de electricidad en función de las emisiones de tCO_{2e} por hogar varían significativamente entre los países europeos,

desde 94 hasta 10,135 euros por tCO₂e. En comparación, el costo de la electricidad en Jaén no fue un enfoque directo de este estudio, pero se sugiere que las políticas de eficiencia energética y la promoción de energías renovables podrían ayudar a mitigar los costos asociados a las emisiones de carbono.

El estudio también aborda las implicaciones financieras de la compra de compensaciones voluntarias de carbono, concluyendo que esta acción no representa una carga significativa para los presupuestos de los hogares en países con tarifas eléctricas elevadas. Este enfoque podría ser adoptado en Jaén para ayudar a los hogares a alcanzar la neutralidad de carbono de manera accesible, contribuyendo al desarrollo sostenible global.

Base de datos de los aparatos eléctricos funcionales

Haciendo uso de la encuesta aplicada en los hogares, se obtuvieron los datos mostrados en la figura 9, donde se observa que el 95% de las viviendas tienen al menos un equipo Android móvil, el 87% de las viviendas tienen al menos un televisor de 32 pulgadas a color, el 65% de las viviendas tienen lap top y/o computadora estacionaria.

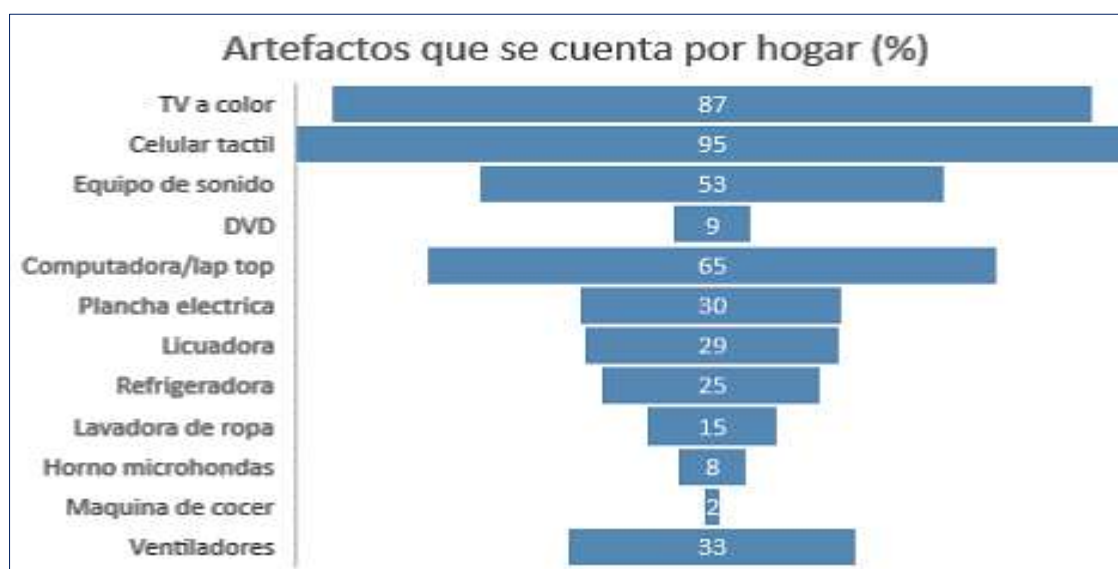


Figura 9

Artefactos por hogar.

La figura 10 muestra la cantidad de focos por hogar según encuesta, pudiendo apreciar que un 55 % de los hogares utilizan de 4 a más focos ahorradores, un 40 % respondió que en su hogar poseen de 2 a 3 focos ahorradores, y un 5 % respondió tener un foco ahorrador. Cabe precisar que el 100% de los encuestados respondieron utilizar puros focos ahorradores.

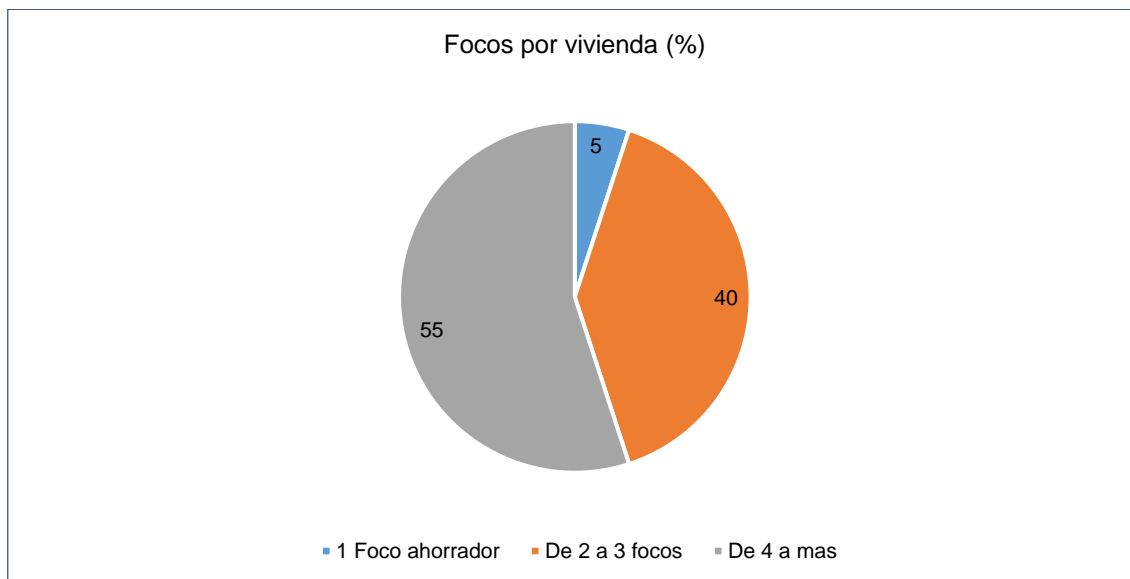


Figura 10
Focos por hogar.

Discusión

Salehi et al. (2021) afirma el haber comprobado que las emisiones de gases de efecto invernadero pueden servir como un indicador valioso en estudios de evaluación de impacto ambiental en la industria turística, especialmente en aquellos casos en los que es difícil evaluar diversos tipos de impactos, haciendo uso de la huella de carbono, lo cual se afirma según resultados del presente estudio, que sirvió evaluar el consumo de energía eléctrica y la huella de carbono en el marco COVID-19, así mismo Liu et al. (2024) menciona que las emisiones directas de carbono son el principal impacto en la huella de carbono, sin embargo el consumo de electricidad es responsable de alrededor del 6,33% de la huella de carbono total, lo cual se afirma que debe considerarse para buscar la disminución de dicho porcentaje.

4.2. Medidas ambientales para reducir la cantidad de (GEI)

Algunas sugerencias simples para disminuir tu huella de carbono incluyen las siguientes:

Desconectar el cargador del celular cuando no esté en uso, ya que los cargadores de corriente consumen energía incluso cuando no están conectados al teléfono, al igual que otros dispositivos enchufados apagados, siendo una barra multicontacto una alternativa eficiente.

Revisar y limpiar el refrigerador, eliminando el exceso de bolsas y empaques innecesarios para reducir el consumo de energía en su enfriamiento.

Disminuir el consumo de carne, ya que La cadena de refrigeración contribuyendo significativamente al consumo de energía eléctrica.

Evitar en lo mas mínimo el uso de secadoras de cabello, duchas eléctricas, entre otros, porque consumen elevados kwats de energía.

CONCLUSIONES

La huella de carbono generada por el consumo de energía residencial en el sector Morro Solar, distrito de Jaén, mostró una diferencia significativa entre los años evaluados, siendo el año 2020 el de menor generación de GEI con 105.44 TonCO_{2e}, seguido del 2021 con 112.8 TonCO_{2e}, y el año 2022 con la mayor generación de GEI con 115.98 TonCO_{2e}.

Los aparatos eléctricos más comunes en las viviendas del sector Morro Solar son el equipo celular táctil, seguido del televisor a color y la laptop o computadora. Esta identificación es crucial para diseñar estrategias focalizadas de eficiencia energética que consideren los hábitos de uso de estos dispositivos.

Los aparatos que presentan un mayor consumo eléctrico son aquellos de uso menos frecuente, pero de alta potencia, como las secadoras de cabello, planchas para ropa, duchas eléctricas, termas, aspiradoras, ollas arroceras y cocinas eléctricas. Estos dispositivos, aunque no se utilizan constantemente, contribuyen significativamente al consumo total de energía y, por ende, a la generación de GEI.

Para lograr una reducción efectiva en el consumo de energía y la generación de GEI, es fundamental implementar programas de sensibilización sobre el ahorro energético. Además, la adopción de prácticas de eficiencia energética, como el uso de dispositivos de bajo consumo y la optimización de los hábitos de uso.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar capacitaciones periódicas dirigidas a los residentes del sector Morro Solar para fomentar el ahorro de energía eléctrica y el uso responsable de los aparatos eléctricos.

Llevar a cabo estudios adicionales sobre la cuantificación de la huella de carbono y su impacto ambiental a corto, mediano y largo plazo, para ajustar y mejorar las estrategias de mitigación implementadas.

Fomentar el uso de tecnologías eficientes y sostenibles, como electrodomésticos de bajo consumo y sistemas de energía renovable, puede contribuir significativamente a la reducción de la huella de carbono en el sector residencial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIE. (2021). *Global Energy Review: CO2 Emissions in 2020*. AIE. <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-co2-emissions-in-2020>
- Alexander, C., y Matthew, S. (2013). *Fundamentos de circuitos eléctricos* (5ta edición).
- Andaluz, C. (2016). *Manual de derecho ambiental* (5ta edición). Editorial IUSTITIA.
- Andía, W., y Andía, J. (2019). *Manual de gestión ambiental: Gestión ambiental, evaluación de impacto ambiental y proyectos ambientales* (Ediciones Arte y plumas (ed.); 5ta edición).
- Aréstegui, J. (2023). *Relación entre administración de la energía eléctrica y la huella de carbono en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga – 2021* (Número July) [Universidad Nacional San Luis Gonzaga]. <https://repositorio.unica.edu.pe/handle/20.500.13028/4332>
- Barchilón, M. (2020). *¿Cuáles son los principales gases de efecto invernadero?* La Vanguardia. <https://acortar.link/yjmJGs>
- Caballero-Domínguez, C., y Campo-Arias, A. (2020). Problemas de salud mental en la sociedad: un acercamiento desde el impacto del COVID 19 y de la cuarentena. *Duazary*, 17(3), 1-3. <https://doi.org/10.21676/2389783x.3467>
- De la Cruz, G. (2020). El hogar y la escuela: lógicas en tensión ante la COVID-19. *UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO*, 39-46. http://132.248.192.241:8080/xmlui/bitstream/handle/IISUE_UNAM/537/DelaCruzG_2020_El_hogar_y_la_escuela_.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- EPA. (2023). *Descripción general de los gases de efecto invernadero*. Agencia de protección ambiental de los Estados Unidos. <https://acortar.link/gjLvIP>
- Fernandez, C. (2010). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental* (Artes gráficas Cuesta S.A. (ed.); Cuarta edición).
- Filimonau, V., Rosa, M. S., Franca, L. S., Creus, A. C., Ribeiro, G. M., Molnarova, J., Piumatti, R. G., Valsasina, L., y Safaei, A. (2021). Environmental and carbon footprint of tourist accommodation: A comparative study of popular hotel categories in Brazil and Perú. *Journal of Cleaner Production*, 328(April). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129561>

- Garmendia, A., Salvador, A., y Garmendia, L. (2005). *Evaluación de impacto ambiental* (PRINTED IN SPAIN (ed.); Primera ed).
- Gordic, D., Nikolic, J., Vukasinovic, V., Josijevic, M., y Aleksic, A. D. (2023). Offsetting carbon emissions from household electricity consumption in Europe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 175(12), 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113154>
- Gutiérrez, J. K. (2022). *Huella de carbono de las actividades turísticas en las Cataratas de Paccha del distrito de Jepelacio, provincia de Moyobamba* [Universidad Nacional de San Martín]. <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/4810>
- Ihobe. (2012). *Guía metodológica para la aplicación de la norma UNE-ISO 14064-1:2006 para el desarrollo de inventarios de Gases de Efecto Invernadero en organizaciones*. https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/uneiso14064/es_def/adjuntos/PUB-2012-019-f-C-001.pdf
- Iñesta, J., y García, P. (2002). La electricidad: El recorrido de la energía. *Madridinnova*, 1, 19.
- La Republica. (2023). *Los sectores que más contribuyen a las emisiones de carbono*. <https://www.larepublica.co/ocio/sectores-que-mas-contribuyen-a-las-emisiones-de-carbono-del-mundo-3723479>
- Liu, Y., Xu, H., Wang, Y., Cui, P., Sun, C., Zhu, Z., y Wang, Y. (2024). Life cycle water footprint and carbon footprint analysis of coal gasification to clean fuel dimethyl ether. *Fuel*, 357, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2023.129884>
- Manna, A., De Forni, D., Bartocci, M., Pasculli, N., Poddesu, B., Lista, F., De Santis, R., Amatore, D., Grilli, G., Molinari, F., Sangiovanni Vincentelli, A., y Lori, F. (2023). SARS-CoV-2 Inactivation in Aerosol by Means of Radiated Microwaves. *Viruses*, 15(7). <https://doi.org/10.3390/v15071443>
- Masters, G., y Ela, W. (2008). *Introducción a la ingeniería medioambiental* (Pearson (ed.); 3ra edición). Pearson.
- Mihelcic, J., y Zimmerman, J. (2011). *Ingeniería ambiental Fundamentos, sustentabilidad, diseño* (1ra Edició).
- MINAM. (2012). *Guía Técnica: Manual de metodologías de cálculo de emisiones GEI*. 200.

- https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_09_Guia_tecnica_ahorro_y_recuperacion_de_energia_en_instalaciones_de_climatizacion_dd65072a.pdf
- MINAM. (2016). *El Perú y el cambio climático*. 258. www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/05/Tercera-Comunicación.pdf
- MINAM. (2018). Ley marco sobre cambio climático y su reglamento. Ley 30754. *Congreso de la República del Perú*, 1-86. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1230066/200812_Ley_Marco_sobre_Cambio_Climático.pdf
- MINAM. (2021). Guía para el funcionamiento de la herramienta Huella de Carbono Perú. *Ministerio del Ambiente*. <https://acortar.link/36bHBi>
- MINAM. (2023). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2000-2019*. <https://acortar.link/bK8IpY>
- MINCETUR. (2022). *Mapa del Covid 19 en el Perú*. https://www.mincetur.gob.pe/centro_de_Informacion/mapa_interactivo/monitoreoCovid.html
- MINEM. (2019). Factores de emisión Nacionales Asociados con el consumo de electricidad del sistema eléctrico interconectado Nacional. *Ministerio de Energía y Minas*, 0-16. <https://acortar.link/JOvqes>
- MINEM. (2022). *Anuario estadístico de electricidad* (pp. 1-383). <https://acortar.link/kemYR2>
- Moreno, R., Sánchez, M., Negrete, M., y Olivares, D. (2020). *Evolución de la Demanda Eléctrica Regulada en Tiempos de Covid-19: Caso de Santiago Resumen*. *August*, 1-11.
- Muñoz, F. (2020). *El coronavirus y el cambio climático*. www.gob.pe. <https://acortar.link/4rOf94>
- Oğuz, S. (2023). *Ranked: The Most Carbon-Intensive Sectors in the World*. *visual capitalist*. <https://www.visualcapitalist.com/the-most-carbon-intensive-sectors-in-the-world/>
- OSINERGMIN. (2011). *Huella de carbono y la electricidad*. 13, 1-8. <https://acortar.link/WzEYuX>
- OSINERGMIN. (2018). *Electricidad* (pp. 1-7). <https://acortar.link/ICkflt>

- Reátegui, R., y Chilet, S. (2022). *La planificación ambiental*. Fondo editorial EDUNI.
- Saavedra-Farfán, E. (2020). Huella de carbono– emisiones de Gei por uso del sistema de iluminación de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú. *Tecnia*, 30(1), 121-138. <https://doi.org/https://doi.org/10.21754/tecnica.v30i1.827> TECNIA
- Salehi, M., Filimonau, V., Asadzadeh, M., y Ghaderi, E. (2021). Strategies to improve energy and carbon efficiency of luxury hotels in Iran. *Sustainable Production and Consumption*, 26, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.09.007>
- Sandoval, M. (2022). Pautas para la Elaboración de Inventarios Regionales de Gases de Efecto Invernadero. *MINAM*, 1-25. <https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/2917964-090-2022-minam>
- United Nations Climate Change. (2022). *Unidos en la Ciencia: estamos avanzando en la dirección equivocada*. <https://acortar.link/ASBprf>
- www.iso.org. (2018). *ISO 14064-1:2018*. ISO.ORG. <https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:14064:-1:ed-2:v1:es>

ANEXOS

Anexo 1. Relación sobre las normas de GEI ISO 14060

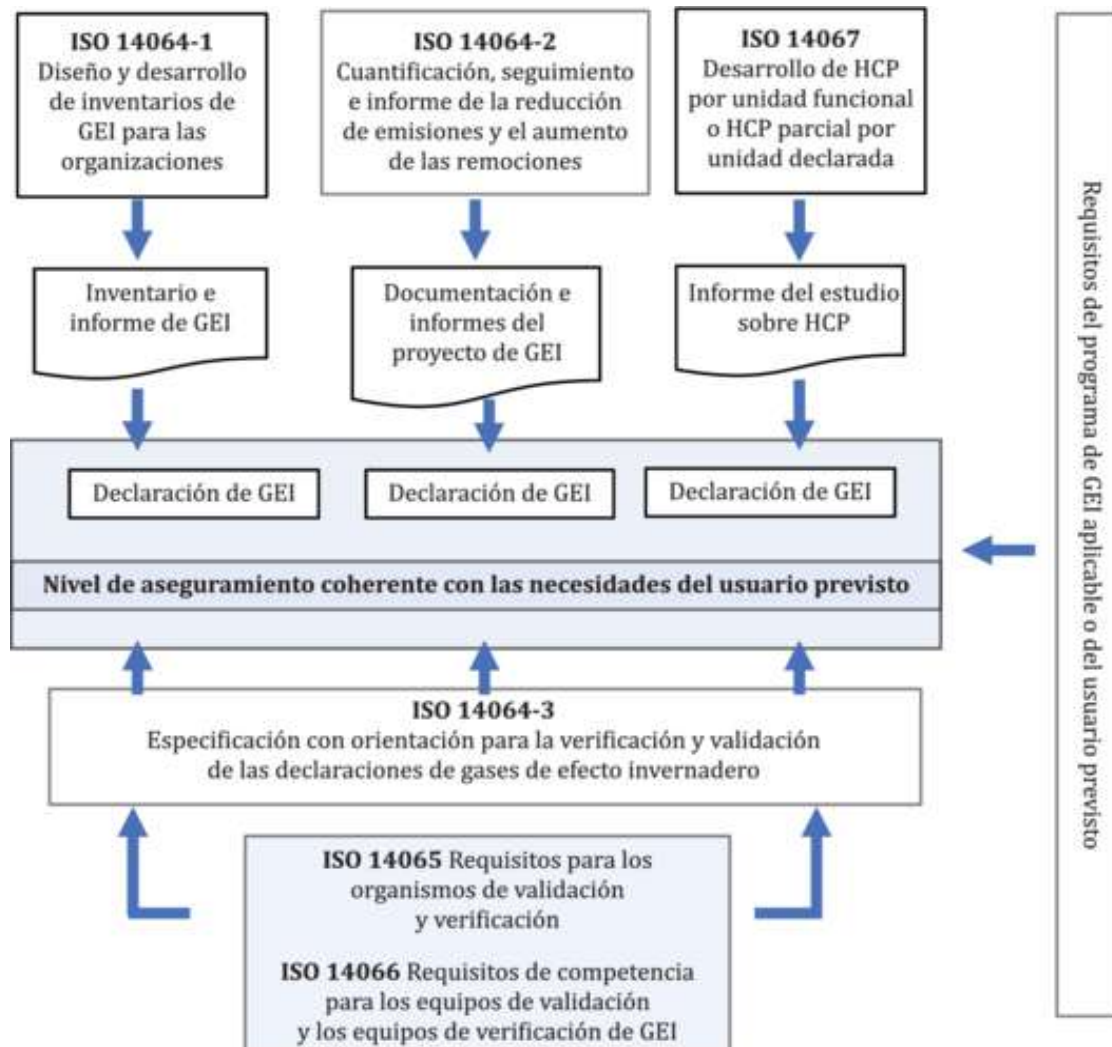


Figura 11

Relación sobre las normas de GEI ISO 14060

Nota. Tomado de (www.iso.org, 2018).

Anexo 2. Equivalente del CO₂ en relación a otros GEI.

Índices del potencial de calentamiento global que se usan para convertir las emisiones masivas de gases de efecto invernadero a equivalentes de dióxido de carbono (CO₂e) a 100 años

Tipo de emisión	Multiplicador de equivalentes de CO ₂ (CO ₂ e)
Dióxido de carbono	1
Metano	25
Óxido nitroso	298
Hidrofluorocarbonos (HFC)	124-14 800 (depende del HFC específico)
Perfluorocarbonos (PFC)	7390-12 200 (depende del PFC específico)
Hexafluoruro de azufre (SF ₆)	22 800

Figura 12

Equivalente del CO₂ en relación a otros GEI.

Nota. Tomado de (Mihelcic y Zimmerman, 2011)

Anexo 3. Visita de coordinación



Figura 13

Visita de coordinación con Electro Oriente.

Anexo 4. Casos COVID-19 en Cajamarca

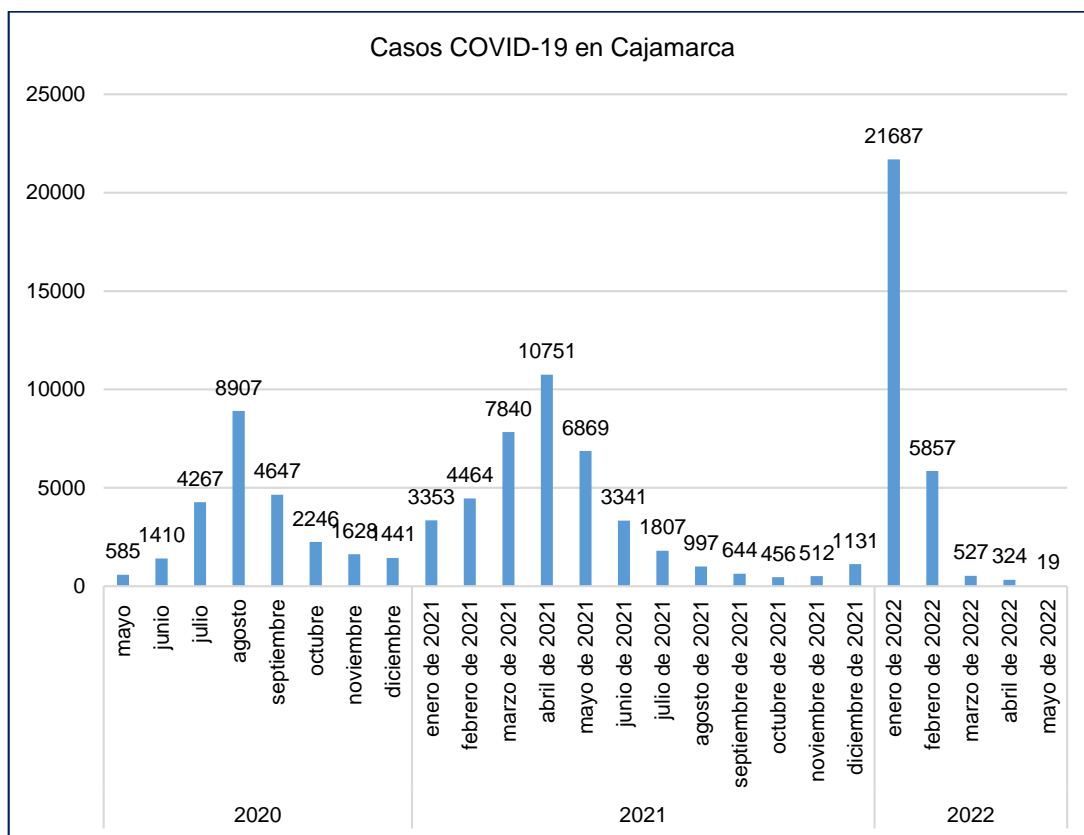


Figura 14
Casos mensuales de COVID-19.
Nota. Tomado de (MINCETUR, 2022).

Anexo 5. Clasificación mundial de los gigantes en carbono



Figura 15

Clasificación mundial de los gigantes en carbono.

Nota. Tomado de (Oğuz, 2023), adaptado por (La Republica, 2023).

Anexo 6. Mapa de sectorización Morro Solar

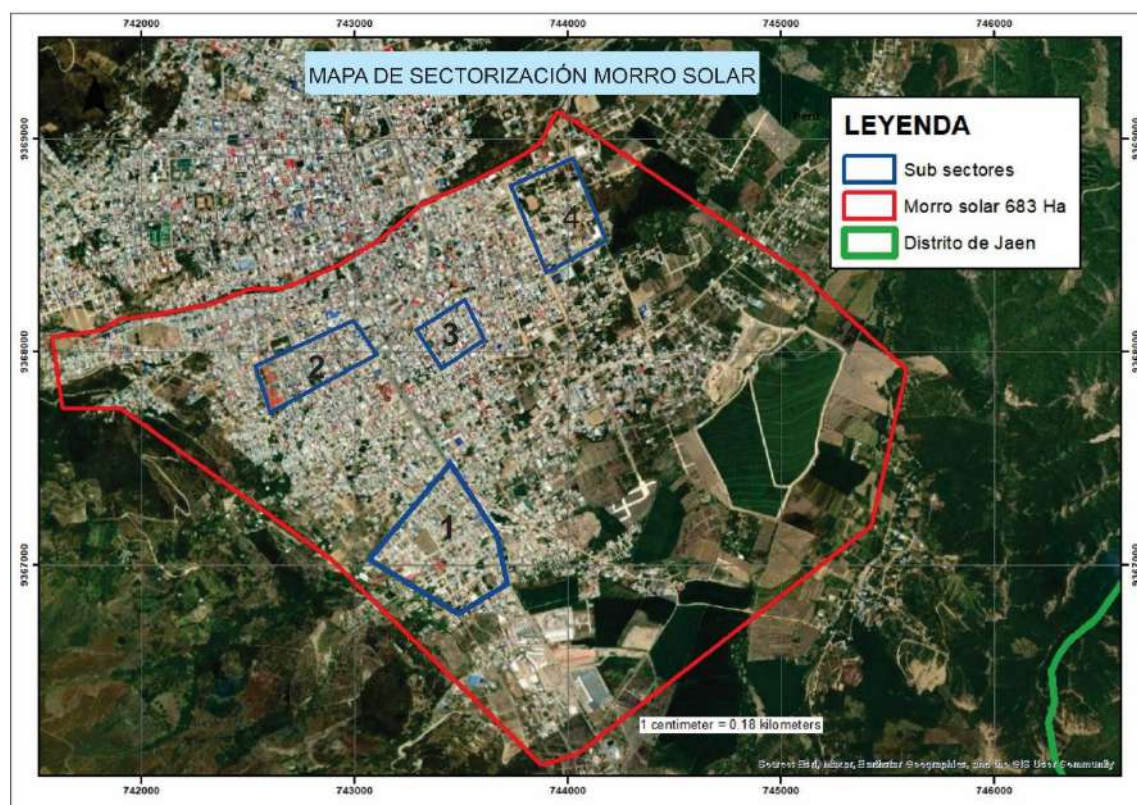


Figura 16
Sectorización del área total.

Raissa Dynadely Carranza Calle

Determinación de la huella de carbono mediante el consumo de energía residencial, en el marco del COVID-19, Jaén 2021

 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN - FECOL

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::3117:533279173

Fecha de entrega

26 nov 2025, 11:32 GMT-5

Fecha de descarga

26 nov 2025, 11:36 GMT-5

Nombre del archivo

ING. AMBIENTAL - Raissa Dynadely Carranza Calle (1).docx

Tamaño del archivo

3.4 MB

59 páginas

12.265 palabras

68.925 caracteres




19% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cá...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 17%  Fuentes de Internet
- 3%  Publicaciones
- 14%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.