



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y ARQUITECTURA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN

DEL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

**“CALCULO DE LA HUELLA DE CARBONO DE L CUERPO DE
BOMBEROS DE LA PARROQUIA MANTA”**

Autor:

Eyner Antonio Vera Espinoza

Tutor de Titulación:

Ing. Pablo Horacio Hidrovo Alcívar, Mg.

Manta - Manabí - Ecuador

2025

**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIA Y ARQUITECTURA**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“TITULO”

Sometida a consideración del Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, como requisito para obtener el título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Aprobado por el Tribunal Examinador:

DECANO DE LA FACULTAD
Ing.

DIRECTOR
Ing.

JURADO EXAMINADOR

JURADO EXAMINADOR

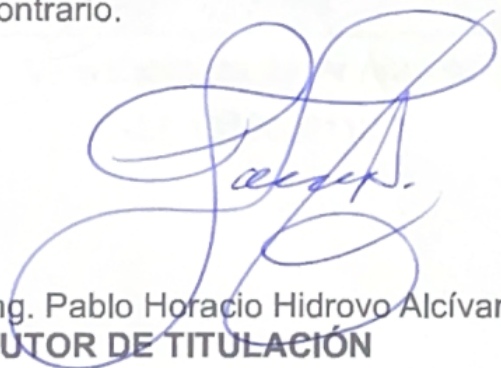
Certificación del Tutor

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante **Vera Espinoza Eyner Antonio**, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Industrial, período académico **2025-1**, cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es "**cálculo de la huella de carbono del cuerpo de bomberos de la parroquia manta**".

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad de este, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.



Ing. Pablo Horacio Hidrovo Alcívar, Mg.
TUTOR DE TITULACIÓN

Declaración de Autoría de Tesis

Vera Espinoza Eyner Antonio, estudiante de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Facultad de Ingeniería Industria y Arquitectura, Carrera de Ingeniería Industrial, libre y voluntariamente declaro que la responsabilidad del contenido del presente trabajo titulado **"cálculo de la huella de carbono del cuerpo de bomberos de la parroquia manta"** Es una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del tutor, Ing. Pablo Horacio Hidrovo Alcívar y la propiedad intelectual de la misma pertenece a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.



Vera Espinoza Eyner Antonio

C.I. 1313069112



Ing. Pablo Horacio Hidrovo Alcívar

C.I. 0802289850

Dedicatoria

El poder escribir estas letras después de un largo recorrido académico como estudiante, como hijo, como amigo me permite mirar atrás y ver todo lo que he avanzado en mi vida y las personas que me acompañaron todos estos años es de sentirse orgulloso y poder decir “no fue fácil, pero se logró”. Por ello dedico este logro con profunda gratitud a todas las personas que estuvieron a mi lado y a todas las personas que desafortunadamente ya no se encuentran con nosotros, por eso gracias.

A mis padres Nurys Marita Espinoza Valle y Climaco Eduardo Vera Intriago, por alentarme por ser esas personas que siempre creyeron en mí y su fe siempre se mantuvo inquebrantable y que nunca dudaron de mi desde el minuto uno que decidí emprender este camino como estudiante universitario.

A mis hermanos que fueron el hombro en el cual me podía apoyar y darme un empujón de confianza y ánimos que me faltaba en momentos de flaqueo, cada uno aportando con un granito de arena para que el pequeño de la casa pudiera salir adelante sin cometer tantos errores.

A mis amigos, compañeros que compartimos tantas horas de nuestras vidas dentro y fuera de la universidad entre risas y llantos afrontando cada etapa a nuestra manera, gracias por tantos buenos momentos y

Y por último y no menos importante a papa Dios sin su bendición nada de esto se podría lograr.

Reconocimiento

Agradezco, en primer lugar, a Dios, por brindarme salud, sabiduría y fortaleza en cada etapa de mi formación académica y durante el desarrollo de este trabajo de titulación.

A mis padres, hermanos y familiares que también estuvieron en este proceso tan importante apoyándome de una u otra manera, siempre estaré agradecido con cada uno de ellos.

Expreso mi sincero agradecimiento a todos los docentes que estuvieron en mi proceso de formación académica, en especial a mi tutor de tesis Pablo Hidrovo, por su atención y dedicación a la hora de enseñar, por todas las risas que hubo en el proceso.

También quiero agradecer a cada tutor de pasantías que pude compartir tiempo en laboratorios oficinas de trabajo, en especial a Jacob Rodríguez que me trató como un amigo más en el poco tiempo que pudimos compartir.

Finalmente agradezco a mis amigos y compañeros por hacer este viaje más ameno y cargado de momentos divertidos y otros no tanto, pero que siempre afrontamos con toda la actitud y no nos dejamos caer.

Índice de Contenido

Certificación del Tutor	iii
Declaración de Autoría de Tesis	iv
Dedicatoria	v
Reconocimiento	vi
Índice de Contenido	vii
Índice de Tablas.....	xi
Índice de Figuras.....	xii
Resumen Ejecutivo	xiii
Executive Summary	xiv
Introducción.....	1
Planteamiento del problema.....	2
Macro Contexto	2
Meso Contexto	3
Micro Contexto	4
Formulación del Problema.....	4
Preguntas Directrices	5
Objetivos	6
Objetivo General.....	6
Objetivos Específicos	6
Justificación.....	7
Capítulo 1	8
1 Fundamentación Teórica	8
1.1 Antecedentes Investigativos	8
1.2 Bases Teóricas	10
1.2.1 Huella de Carbono.....	10

1.2.2	Uso de la Huella de Carbono.....	11
1.2.3	Impacto Global de la Huella de Carbono	12
1.2.4	Normativas Internacionales y Nacionales sobre la Huella de Carbono	12
1.2.5	Regulación Nacional en Ecuador.....	13
1.2.6	Cuerpo de Bomberos y su Impacto Ambiental.....	14
1.2.7	Cálculo de la Huella de Carbono en Instituciones.....	15
1.2.8	Principales Fuentes de Emisiones en el Cuerpo de Bomberos ..	16
1.2.9	Estrategias para la Reducción de la Huella de Carbono	16
1.3	Marco Conceptual.....	25
1.3.1	Huella de Carbono.....	25
1.3.2	Gases de Efecto Invernadero (GEI).....	25
1.3.3	HCP	25
1.3.4	RCP	26
1.3.5	Metodologías de Cálculo de la Huella de Carbono.....	26
1.3.6	Gestión Ambiental en Instituciones Públicas	27
1.3.7	Contexto Local: Cuerpo de Bomberos de la Parroquia Manta....	27
1.4	Marco Legal y Ambiental	27
1.5	Hipótesis y Variables	28
1.5.1	Hipótesis.....	28
1.5.2	Identificación de las Variables	28
1.5.3	Operacionalización de las Variables.....	28
1.5.3.1	Operacionalización de la Variable Independiente.....	29
1.5.3.2	Operacionalización de la Variable Dependiente	30
1.6	Marco Metodológico.....	31
1.6.1	Modalidad Básica de la Investigación	31
1.6.2	Enfoque	31

1.6.3	Nivel de Investigación.....	32
1.6.4	Población de Estudio.....	32
1.6.5	Tamaño de la Muestra.....	32
1.6.6	Técnicas de Recolección de Datos.....	33
1.6.7	Plan de Recolección de Datos.....	33
1.6.8	Procesamiento de la Información.....	34
1.6.9	Modalidad Básica de la Investigación.....	35
1.6.10	Enfoque	35
1.6.11	Nivel de Investigación.....	35
1.6.12	Población de Estudio.....	36
1.6.13	Tamaño de la Muestra.....	36
1.6.14	Técnicas de Recolección de Datos.....	36
1.6.15	Plan de Recolección de Datos.....	37
1.6.16	Procesamiento de la Información	38
Capítulo 2.....		40
2	Diagnóstico o Estudio de Campo.....	40
2.1	Diagnóstico Situacional del Cuerpo de Bomberos de la Parroquia Manta	40
2.2	Recolección y Organización de los Datos.....	41
2.3	Diagnóstico del Impacto de la Huella de Carbono Parcial (HCP)	41
2.4	Análisis del Ciclo de Vida para la HCP	43
2.5	Análisis del inventario energético institucional.....	43
2.6	Conclusiones del diagnóstico	44
Capítulo 3.....		45
3	Propuesta de Mejora.....	45
3.1	Total de emisiones de CO ₂ equivalente (CO ₂ e).....	45
3.2	Porcentaje de emisiones por tipo de fuente	45

3.3	Comparación y análisis.....	46
3.4	Viabilidad de la propuesta.....	51
3.5	Impacto esperado	54
	Conclusiones	55
	Recomendaciones	56
4	Bibliografía	57
	Anexos	65

Índice de Tablas

Tabla 1. Operacionalización de las variables	28
Tabla 2. Variables independientes	30
Tabla 3. Variables Dependientes	30

Índice de Figuras

Anexo A. Cálculo para estimar consumo eléctrico.	48
Anexo B. Cálculo para emisiones de CO ₂ en dispositivos electrónicos.	49
Anexo C. Cálculo para emisiones de CO ₂ en vehículos.	50
Anexo D. Resumen del cálculo.	50
Anexo E Propuesta de mejora.	51
Anexo F Vehículo.	65
Anexo G Vehículo	65
Anexo H Vehículo	65
Anexo I Vehículo	65
Anexo J Implementos electrónicos.	66
Anexo K Implementos electrónicos.	66
Anexo L Implementos electrónicos.	66
Anexo M Implementos electrónicos.	66
Anexo N Implementos electrónicos.	67
Anexo O Implementos electrónicos.	67
Anexo P Inventario aparatos electrónicos.	68
Anexo Q Inventario Vehículos.	69

Resumen Ejecutivo

El presente estudio tuvo como objetivo calcular la huella de carbono generada por el Cuerpo de Bomberos de la parroquia Manta, identificando las principales fuentes de emisión de gases de efecto invernadero (GEI). Se empleó una metodología cuantitativa bajo el estándar ISO 14067 y el GHG Protocol, mediante un inventario físico de vehículos y equipos eléctricos. El análisis reveló un total anual de 177078,1824 toneladas de CO₂ equivalente, siendo el 94,36 % atribuible al consumo eléctrico y el 5,64 % al uso de combustibles fósiles. Los resultados indican la necesidad de implementar estrategias de eficiencia energética y transición hacia fuentes renovables. Esta evaluación constituye un punto de partida para la gestión ambiental institucional y el cumplimiento de compromisos climáticos locales e internacionales.

Palabras Clave: huella de carbono, gases de efecto invernadero, sostenibilidad, emisiones, bomberos.

Executive Summary

This study aimed to calculate the carbon footprint of the Fire Department of the Manta parish, identifying the main sources of greenhouse gas (GHG) emissions. A quantitative methodology was applied based on ISO 14067 and the GHG Protocol, using a physical inventory of vehicles and electrical equipment. The analysis revealed a total of 177078,1824 tons of CO₂ equivalent per year, with 94.36% attributable to electricity consumption and 5.64% to fossil fuel use. The results highlight the urgent need to implement energy efficiency measures and transition to renewable energy sources. This evaluation serves as a baseline for institutional environmental management and compliance with local and international climate commitments.

Keywords: carbon footprint, greenhouse gases, sustainability, emissions, fire department.

Introducción

La huella de carbono se ha convertido en una herramienta clave para medir y gestionar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que contribuyen al cambio climático. A nivel mundial, iniciativas como el Acuerdo de París buscan mitigar el calentamiento global mediante la adopción de estrategias sostenibles en diversas actividades humanas. Ecuador, como parte de estas iniciativas, ha implementado el programa "Ecuador Carbono Cero" para reducir las emisiones y fomentar un desarrollo sostenible. Sin embargo, sectores específicos, como el Cuerpo de Bomberos de la parroquia de Manta, carecen de evaluaciones exhaustivas sobre su impacto ambiental, lo que dificulta la implementación de acciones efectivas para reducir sus emisiones.

El presente estudio aborda el cálculo de la huella de carbono del Cuerpo de Bomberos de Manta, enfocado en identificar las fuentes principales de emisiones derivadas de sus actividades operativas, como el uso de vehículos de emergencia y el consumo energético en sus instalaciones. Este análisis busca no solo cuantificar las emisiones generadas, sino también proponer estrategias de mitigación que permitan alinear las operaciones de la institución con los objetivos globales de sostenibilidad.

La investigación adquiere relevancia tanto en el contexto macro, al contribuir al cumplimiento de compromisos internacionales en materia ambiental, como en el contexto local, al promover una gestión más sostenible dentro de una institución esencial para la comunidad. Este artículo científico representa un aporte significativo para integrar prácticas sostenibles en el ámbito de los servicios públicos y fortalecer las políticas ambientales de la región.

Planteamiento del problema

Macro Contexto

A nivel global, la huella de carbono se ha convertido en un indicador clave para medir el impacto ambiental de las actividades humanas sobre el cambio climático. Según Navarre & Marquez (2022) en su revista: El cambio climático supone una amenaza real para la salud del planeta y de sus habitantes. Bajo este término englobamos los conceptos de calentamiento global causado por la emisión de gases de efecto invernadero inducidas por la actividad humana y su resultado en términos de cambios a gran escala de los patrones del clima. (pág. 1) El Acuerdo de París y otros esfuerzos internacionales buscan limitar el calentamiento global mediante la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, y la huella de carbono es fundamental en este esfuerzo. En países en desarrollo, las zonas urbanas costeras como Manta enfrentan desafíos adicionales debido a su vulnerabilidad ante el cambio climático, tales como el aumento del nivel del mar, la pérdida de biodiversidad y los fenómenos meteorológicos extremos.

Estas áreas deben equilibrar el crecimiento económico con estrategias sostenibles que minimicen su impacto ambiental. IPCC (2021) afirma en su revista que: Todo el calentamiento global observado ($1.1^{\circ}\text{C}/2^{\circ}\text{F}$) que hemos visto desde la era preindustrial es resultado de actividades humanas. De hecho, las emisiones derivadas de las actividades humanas habrían calentado la Tierra aún más, alrededor de 1.5°C (2.7°F) en total, pero este efecto se ha contrarrestado en parte por las emisiones de contaminantes del aire llamados aerosoles, que producen un efecto de enfriamiento generalizado. El dióxido de carbono es el gas de efecto invernadero que más contribuye al calentamiento, seguido del metano y del óxido nitroso. En este contexto, la reducción de la huella de carbono es prioritaria, tanto en las políticas públicas como en las prácticas empresariales y sociales, según Schneider & Samaniego (2010) La evaluación de las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a los productos es compleja. Para poder definir la huella en toda su dimensión, es necesario considerar además la responsabilidad que tienen en este proceso los consumidores a través de su capacidad de compra, quienes podrían ser

considerados como una de las principales causas de la huella de carbono generada por un determinado bien o servicio.

Meso Contexto

A nivel nacional, Ecuador ha implementado políticas ambientales que buscan reducir su huella de carbono, destacando la necesidad de una transición hacia energías limpias y la reducción de las emisiones en sectores clave como el transporte, la industria y la agricultura. Sin embargo, muchas localidades aún están en las primeras etapas de adaptación a estas medidas, y la ciudad de Manta, con su puerto industrial y actividades económicas intensas, presenta particularidades que aumentan su impacto ambiental. América Latina, como lo señala la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, (CEPAL, 2015) “Es especialmente vulnerable a los efectos del cambio climático debido a su situación geográfica y climática, su condición socioeconómica y demográfica y la alta sensibilidad al clima de sus activos naturales, como los bosques y la biodiversidad”. En la parroquia de Manta, los sectores del transporte, el comercio, y el consumo energético juegan un rol determinante en la huella de carbono local.

Estos factores contribuyen no solo a la contaminación atmosférica, sino también al aumento de la temperatura local y la degradación de los recursos naturales, afectando directamente a la calidad de vida de los habitantes. La huella de carbono de una organización se considera una herramienta clave para medir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Este concepto busca reflejar el impacto total que una organización tiene sobre el clima en función de las emisiones de GEI liberadas a la atmósfera. Medir estas emisiones permite comprender mejor el efecto que las actividades de la organización tienen en el calentamiento global, lo que convierte a la huella de carbono en un valioso recurso de concienciación. (Espíndola & Valderrama). Asimismo, calcular la huella de carbono es una manera de evaluar el aporte al cambio climático, permitiendo identificar y cuantificar las emisiones generadas por las actividades de una organización y reconocer sus fuentes. Este proceso es fundamental como punto de partida para desarrollar estrategias de compensación.

Micro Contexto

Dentro de la parroquia de Manta, la huella de carbono es generada principalmente por el uso de combustibles fósiles en el transporte y la energía doméstica, junto con las actividades comerciales y residenciales. Aunque existen esfuerzos individuales y colectivos para mitigar este impacto, como la promoción de energías renovables y campañas de reciclaje, aún se observa una brecha significativa en la adopción de prácticas sostenibles. Infobae (2022) afirma en su sitio web de noticias que: "El impacto de las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de actividades humanas, como el transporte y el uso energético, sigue siendo un desafío en Ecuador. Iniciativas como el programa 'Ecuador Carbono Cero' buscan mitigar este problema mediante la adopción de prácticas sostenibles, pero la efectividad depende de la coordinación y del apoyo financiero para promover un cambio hacia procesos más bajos en carbono y resilientes al clima"

Las iniciativas locales, aunque valiosas, suelen carecer de suficiente coordinación y financiamiento, lo que limita su efectividad. Por lo tanto, es necesario un enfoque más integrado y datos específicos sobre la huella de carbono en esta parroquia, que permitan desarrollar estrategias adaptadas a su contexto socioeconómico y geográfico. (Tapia) Afirma que "En su conjunto, el Reconocimiento Ecuatoriano Ambiental Carbono Neutral es una oportunidad para que el sector público y privado se incorpore en la lucha contra este fenómeno climático generando a la vez beneficios adicionales"

Formulación del Problema

El Cuerpo de Bomberos de la parroquia Manta no dispone de una evaluación precisa de su huella de carbono, lo que limita su conocimiento sobre el impacto ambiental que generan sus actividades operativas. Esta falta de información genera incertidumbre sobre el grado de emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de procesos como el uso de vehículos de emergencia y el consumo energético en sus instalaciones. Sin una evaluación adecuada, es difícil establecer medidas concretas para reducir sus emisiones y contribuir a la mitigación del cambio climático, lo que compromete su capacidad de operar de manera más sostenible y eficiente.

Preguntas Directrices

¿Cuáles son las principales fuentes de emisión de gases de efecto invernadero en las actividades diarias del Cuerpo de Bomberos?

¿Qué datos específicos se necesitan para calcular la huella de carbono del Cuerpo de Bomberos?

¿Qué herramientas o metodologías se utilizarán para medir las emisiones de carbono de las operaciones?

¿Qué mecanismos de monitoreo se podrían implementar para hacer un seguimiento continuo de las emisiones de GEI?

Objetivos

Objetivo General

Calcular la huella de carbono generada por las actividades operativas del Cuerpo de Bomberos de la parroquia Manta para identificar su impacto ambiental y proponer medidas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Objetivos Específicos

- Identificar las principales fuentes de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) dentro de las operaciones del Cuerpo de Bomberos, tales como el uso de vehículos de emergencia, consumo energético en las instalaciones y equipos.
- Desarrollar una metodología para calcular la huella de carbono utilizando herramientas internacionales reconocidas, como el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol), adaptadas al contexto local del Cuerpo de Bomberos de Manta.
- Proponer estrategias de mitigación y reducción de emisiones de carbono basadas en los resultados obtenidos, incluyendo la implementación de tecnologías más limpias, la optimización del consumo energético y la capacitación del personal en prácticas sostenibles.
- Monitorear y evaluar el impacto de las medidas implementadas para la reducción de la huella de carbono, mediante la creación de un sistema de seguimiento y evaluación de las emisiones a lo largo del tiempo.

Justificación

La realización de un análisis de la huella de carbono en el cuerpo de bomberos de la parroquia de Manta implica no solo medir las emisiones generadas directamente por el uso de vehículos, equipos y otros recursos operativos, sino también las emisiones indirectas relacionadas con el consumo de energía y los residuos generados. Este tipo de evaluación permite a la institución identificar las fuentes de mayor impacto y desarrollar estrategias para reducir su huella ambiental, lo cual es especialmente relevante en el contexto de organizaciones de servicio público.

A nivel macro, el estudio de la huella de carbono permite alinearse con iniciativas globales como el Acuerdo de París y la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, que buscan limitar el calentamiento global mediante la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. En el ámbito nacional y regional, Ecuador y la parroquia de Manta se encuentran cada vez más comprometidos con políticas de sostenibilidad y reducción de emisiones, lo cual resalta la importancia de que entidades públicas como los cuerpos de bomberos se sumen a estos esfuerzos UPS Institucional Repositorio (Argudo Bermeo & Díaz Gutiérrez, 2022).

El análisis también tiene un valor en el nivel micro, ya que permite a los bomberos de Manta optimizar sus operaciones al reducir el uso innecesario de recursos y mejorar la eficiencia de su infraestructura. Con el tiempo, esto podría disminuir los costos operativos y mejorar la percepción pública de la institución como un actor comprometido con la sostenibilidad, alineándose con estándares como la norma ISO 14064-1 Ambiente Bogotá Grant Thornton España (Guía para el cálculo y reporte de Huella de Carbono Corporativa, 2015).

Capítulo 1

1 Fundamentación Teórica

1.1 Antecedentes Investigativos

Villota (2023), en su investigación titulada “Cálculo de la Huella de Carbono para la fabricación de ladrillos artesanales en la parroquia Sinincay, Cuenca - Ecuador”, tuvo como objetivo determinar los principales aspectos ambientales significativos en el proceso de producción de ladrillos artesanales y proponer estrategias de mejora para mitigar el impacto ambiental generado. Se llevó a cabo utilizando normativas como UNE-EN ISO 14064-1:2019, el GHG Protocol Alcances 1, 2 y 3, la PAS 2060:2010 y la metodología Bilan Carbone de la Agencia del Medio Ambiente y del Control de la Energía de Francia. Los resultados señalaron que los principales aspectos ambientales se relacionan con la extracción de arcilla, el consumo de diésel y aceite, el uso de baterías, las emisiones de gases de combustión, y la generación de residuos peligrosos y olores. A partir de esto, se propusieron mejoras como la implementación de un horno de tiro invertido, el cual mostró ser un 10 % más eficiente que el horno convencional, reduciendo un 69,59 % de las emisiones anuales con una inversión de \$4.211. Asimismo, se incluyó la adecuación en los sistemas de iluminación, lo que permitió una reducción del 72,30 % en el consumo eléctrico. Con estas medidas, se espera contrarrestar los impactos ambientales generados hasta el 2025.

Alejandro Galicia (2021), en su investigación titulada “Huella de carbono de equipos térmicos convencionales bajo la perspectiva de la ingeniería de procesos”, realizada en Guadalajara, México, tuvo como objetivo analizar la huella de carbono generada por diferentes equipos térmicos convencionales, tomando en cuenta la operación, condición y química de la combustión en dichos equipos. La metodología incluyó una comparación entre las mediciones directas reportadas por el panel intergubernamental de cambio climático (IPCC) y la metodología del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). Los resultados mostraron diferencias significativas en las emisiones contaminantes, con una discrepancia de al menos un 33.4 % mayor en la caldera según el IPCC, un 74 % en el motor diésel, y un 54 % en el calentador casero. Estas variaciones se atribuyeron a la operación, condiciones y

antigüedad de los equipos, lo que se sugiere que, en muchos casos, las emisiones de carbono podrían ser superiores a las reportadas en inventarios globales. El estudio concluye que es necesario profundizar en metodologías que consideren estos factores para obtener una evaluación más precisa del impacto ambiental de los equipos térmicos, ya que las emisiones actuales podrían estar subestimadas, lo que aumentaría el calentamiento global.

Gutiérrez Solano (2022), en su investigación titulada “Huella de carbono de las actividades turísticas en las Cataratas de Paccha del distrito de Jepelacio, provincia de Moyobamba”, desarrollada en Moyobamba, Perú, tuvo como objetivo calcular la huella de carbono generada por las actividades turísticas en las Cataratas de Paccha, utilizando el método del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Los resultados mostraron que el sector de alimentación es el mayor emisor, con 14.900,088 kgCO₂eq, lo que equivale a 90,696 kgCO₂eq por turista. Las emisiones están influenciadas por múltiples factores a lo largo del ciclo de vida de los productos alimenticios, coincidiendo con el trabajo de Rööß et al. (2014), que señala al sistema alimentario como una de las principales fuentes de emisiones de GEI. La huella de carbono total fue de 16.570,469 kgCO₂eq, de los cuales el alcance 3 (transporte y alimentación) representó el 95,65 % de las emisiones, siendo el más significativo. Los alcances 1 y 2, correspondientes al consumo de energía eléctrica y restaurantes, generaron el 3,70 % y 0,64 % de las emisiones, respectivamente. La investigación concluye con recomendaciones para la población, sugiriendo reducir el consumo descontrolado de energía eléctrica y bebidas con alto factor de emisión, como gaseosas y cervezas, para disminuir la huella de carbono en el turismo de la región.

León Rodríguez y Herrera Betancur (2024), en su investigación titulada "Estimación de la Huella de Carbono Empresarial para los Procesos de Logística y Producción de la Compañía 'Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias W.C. S.A.S', Ubicada en Madrid, Cundinamarca", desarrollada en Madrid, Colombia, tuvieron como objetivo estimar la huella de carbono empresarial de la compañía, comparando la eficacia de las metodologías GHG Protocol y UNE-ISO 14064. Se empleó un enfoque cuantitativo para medir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) provenientes del consumo de energía y combustibles, considerando los tres alcances definidos por estas metodologías. Los resultados mostraron que la metodología GHG es útil por su enfoque global y su capacidad de segmentar las emisiones en tres

alcances, aunque el alcance 3, referente a emisiones indirectas, fue tratado como opcional y en este caso se limitó a la disposición de residuos peligrosos (RESPEL). La investigación concluye que la medición de la huella de carbono incluyó la energía consumida por equipos, luminarias y dispositivos electrónicos, representando un escenario de alto consumo energético, lo que permitió evaluar el mayor impacto ambiental posible dentro de las condiciones observadas en la empresa.

Rojano (2022), en su investigación titulada "Metodología de cálculo de la huella de carbono a partir del tejido urbano. Aplicación en Fuencaliente. La Palma", realizada en La Palma, España, tuvo como objetivo estimar la huella de carbono derivada del uso del suelo y la distribución de la población en las edificaciones del municipio de Fuencaliente, con un enfoque especial en usos residenciales. Se empleó una metodología centrada en el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), dividiéndose el estudio en tres áreas clave: cambio climático y huella de carbono, usos del suelo y generación de GEI, y metodologías de cálculo de la huella de carbono. Los resultados mostraron que los seis núcleos de población en Fuencaliente presentaban características que los hacían adecuados para el análisis, generándose estimaciones anuales de emisiones de CO₂eq para cada uno. La investigación concluye que este tipo de estudios locales pueden contribuir a la mitigación del cambio climático en el archipiélago canario, aunque subraya la necesidad de políticas globales para la implementación de energías limpias, mejor gestión de recursos y cambios sustanciales en las actitudes y comportamientos para alcanzar la sostenibilidad energética.

1.2 Bases Teóricas

1.2.1 Huella de Carbono

Según Pachauri (2014) en su libro afirma sobre la huella de carbono es: La huella de carbono mide la cantidad total de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), expresada en CO₂ equivalente, que una actividad, persona u organización genera directa o indirectamente. Esta métrica ayuda a evaluar el impacto en el calentamiento global y facilita la toma de decisiones para reducir emisiones. Incluye tanto las emisiones directas, como la quema de combustibles fósiles, como las indirectas, provenientes de la producción de bienes y servicios.

Según Martínez Arroyo (2020) su definición de la huella de carbono es: La huella de carbono es la cantidad total de gases de efecto invernadero (GEI), como CO₂, CH₄ y N₂O, emitidos directa o indirectamente por una actividad, organización o producto, expresada en equivalentes de CO₂. Su cálculo permite evaluar el impacto ambiental y fomentar la reducción de las emisiones que contribuyen al calentamiento global.

Nairobi (2020) afirma en su libro que la huella de carbono es: La huella de carbono se determina a partir de metodologías internacionalmente aceptadas, como el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol) y las normas ISO 14067, que especifican las directrices para la cuantificación y la presentación de informes sobre emisiones de GEI en productos.

1.2.2 Uso de la Huella de Carbono

Según Germán García (2013) en su manual afirma que: La huella de carbono es un indicador ambiental que mide la cantidad total de gases de efecto invernadero (GEI) que son emitidos directa o indirectamente por las actividades de una organización, individuo o evento. Es fundamental para evaluar el impacto ambiental de diferentes prácticas y productos, permitiendo identificar oportunidades para la reducción de emisiones. Según Vidal (2020), "el cálculo de la huella de carbono es la primera medida para actuar frente al cambio climático, porque solo se puede actuar sobre lo que se ha medido previamente".

Según RSS (2022) afirma en su sitio web que: a huella de carbono se entiende como el rastro que dejan las actividades humanas en términos de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Según un análisis, "la huella de carbono es una métrica ambiental que calcula la totalidad de las emisiones de GEI generadas, directa e indirectamente, por una persona, un grupo, una organización, empresa o incluso un producto o servicio".

Según FEMP (2017) en su guía educativa afirma que la huella de carbono y su utilidad: la huella de carbono se define como la medida total de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que son emitidas directa o indirectamente por las actividades de un individuo, organización, evento o producto. Este concepto permite evaluar el impacto ambiental de dichas actividades y proporciona una herramienta

para la identificación y reducción de estas emisiones. Al calcular la huella de carbono, se pueden establecer estrategias para mitigar el cambio climático y fomentar prácticas sostenibles que contribuyan a la conservación del medio ambiente.

1.2.3 Impacto Global de la Huella de Carbono

Según MAHC (2018) en su manual de la aplicación de la huella de carbono afirma que: para abordar el impacto global de la huella de carbono, se puede considerar que esta medida permite cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas por las actividades humanas. Según el "Manual de Aplicación de la Huella de Carbono", una mayor huella de carbono contribuye al calentamiento global, afectando el clima, la biodiversidad y la salud humana. La reducción de esta huella es esencial para mitigar los efectos del cambio climático y promover un desarrollo sostenible.

Tal como indica Ambientum (2018) en su sitio web que el impacto de la huella de carbono: el aumento de las emisiones de GEI está directamente relacionado con el cambio climático, el cual trae consigo graves consecuencias para los ecosistemas, la biodiversidad y la salud humana. A medida que se incrementan estas emisiones, se agrava el calentamiento global, lo que desencadena fenómenos climáticos extremos, la elevación del nivel del mar y la acidificación de los océanos.

De acuerdo con Demográfico (2024) afirma en su guía que: El impacto global de la huella de carbono se refiere a la medición y evaluación de las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por diversas actividades humanas, como la quema de combustibles fósiles, la producción industrial y el transporte. Este indicador ayuda a entender la contribución de diferentes sectores al cambio climático y fomenta acciones de reducción de emisiones. Es clave para que gobiernos y empresas ajusten sus estrategias hacia prácticas más sostenibles.

1.2.4 Normativas Internacionales y Nacionales sobre la Huella de Carbono

Según Gonzáles & Fernández (2024) afirma en las Normativas Nacionales (España): En el contexto español, el Real Decreto 163/2014 estableció el marco para el cálculo y registro de la huella de carbono. A partir de 2025, entidades

que superen ciertos umbrales (como tener más de 250 empleados o un volumen de negocios superior a 40 millones de euros) estarán obligadas a registrar su huella de carbono y presentar planes de reducción. Esta normativa se enmarca en la Ley 7/2021 de Cambio Climático y Transición Energética.

Como señala Rescalvo (2022) en su guía de aprendizaje: Para abordar el tema de las "Normativas Internacionales y Nacionales sobre la Huella de Carbono" en tu artículo científico, un buen enfoque sería considerar el marco regulatorio proporcionado por los Programas Nacionales de Huella de Carbono (PNVHC), que están respaldados por organizaciones como la ONU y PNUD en América Latina. Estos programas incluyen normativas que promueven la medición, registro y gestión de las emisiones de gases de efecto invernadero, con guías específicas sobre el cumplimiento de los compromisos del Acuerdo de París y otras legislaciones nacionales.

Tal como indica David Millán & Andrés Rosero (2015) La huella de carbono es una herramienta esencial para controlar y monitorear las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y se apoya en metodologías y normativas internacionales. Entre las normas más relevantes se encuentran las ISO 14064 e ISO 14065, que están diseñadas para proporcionar un marco confiable para la contabilización y verificación de emisiones de GEI, asegurando la credibilidad de los informes y declaraciones de reducción de emisiones.

1.2.5 Regulación Nacional en Ecuador

Como señala Ministerio del Ambiente (Ministerio del Ambiente, 2021) afirma que: La Norma Técnica del Programa Ecuador Carbono Cero establece lineamientos técnicos para implementar iniciativas de compensación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Esta norma busca promover nuevos patrones de producción y consumo, garantizando un desarrollo sustentable que minimice la huella ecológica. En particular, la Autoridad Ambiental Nacional (AAN) es responsable de establecer los mecanismos de compensación y de validar las iniciativas registradas en el Portafolio de Compensación.

Según Ministerio del Ambiente (2021) asegura en su sitio web que: En Ecuador, la regulación sobre la huella de carbono se encuentra en el Programa Ecuador Carbono Cero (PECC), que fue establecido a través del Acuerdo Ministerial

Nro. MAAE-2021-018. Este programa tiene como objetivo principal incentivar a los sectores productivos y de servicios a gestionar su huella de carbono, lo que incluye reportar sus compromisos ambientales y acceder a incentivos tributarios y ambientales. El PECC es un esquema voluntario que promueve la mejora continua mediante niveles de aplicación y es crucial para las organizaciones que buscan reducir su impacto ambiental en el contexto del cambio climático.

De acuerdo con Rett (2024) en la normativa ecuatoriana afirma que: Ecuador ha estado desarrollando un marco normativo que busca alinear su legislación ambiental con compromisos internacionales sobre el cambio climático y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Un aspecto clave de este marco es la reforma al Código Ambiental, que incluye regulaciones sobre el mercado voluntario de carbono y compensaciones por servicios ambientales. Esta regulación busca integrar a los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) en la gestión ambiental, permitiendo una mayor participación ciudadana y estableciendo criterios para la conservación de la biodiversidad y la gestión sostenible de los recursos naturales.

1.2.6 Cuerpo de Bomberos y su Impacto Ambiental

De acuerdo en Chile (2024) en su sitio web sobre el cuerpo de bomberos y su impacto: Para el punto "Cuerpo de Bomberos y su Impacto Ambiental", se puede considerar que la labor de los cuerpos de bomberos, aunque esencial para la seguridad pública, también conlleva implicaciones significativas para el medio ambiente. Las actividades de extinción de incendios, por ejemplo, suelen involucrar el uso de grandes cantidades de agua y productos químicos, que pueden afectar negativamente a los ecosistemas locales. Adicionalmente, los incendios forestales que combaten pueden alterar la biodiversidad y afectar los suelos, lo que tiene repercusiones a largo plazo sobre la salud ambiental de las áreas afectadas.

Según Aguilera de la Rosa (2013) asegura que el cuerpo de bomberos: En el contexto del Cuerpo de Bomberos, su impacto ambiental se manifiesta a través de diversas actividades, como la respuesta a emergencias y la gestión de incendios. Estas acciones pueden provocar alteraciones en los ecosistemas, afectando la calidad del aire y del agua. Además, el uso de materiales y combustibles durante las operaciones contribuye a la huella de carbono de estas instituciones. La

implementación de políticas ambientales y prácticas sostenibles es crucial para mitigar estos efectos negativos.

Según Social (2014) el impacto del cuerpo de bomberos: Para abordar el impacto ambiental del Cuerpo de Bomberos, es crucial reconocer su papel en la gestión de emergencias y cómo estas actividades pueden influir en el medio ambiente. Según un manual de la Superintendencia de Bomberos de Chile, la operación de los cuerpos de bomberos conlleva una serie de desafíos ambientales, incluyendo la generación de residuos, el uso de recursos y la producción de emisiones contaminantes durante las intervenciones.

1.2.7 Cálculo de la Huella de Carbono en Instituciones

Según la página especializada en cambios ambientales Esginnova (Esginnova Group, 2021) El Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol) y las normas ISO 14064 e ISO 14067 son las principales herramientas internacionales para calcular la huella de carbono en instituciones. Estas metodologías dividen las emisiones en tres alcances: directas, indirectas por electricidad, y otras indirectas como viajes y residuos. La Organización Internacional de Normalización (ISO) destaca la importancia de los factores de emisión regionales para asegurar la precisión y comparabilidad de los resultados en diferentes instituciones y sectores.

Según un estudio de la Preservación del Medio Ambiente (2008), el cálculo de la huella de carbono en la institución se centró en la recopilación de datos sobre consumo energético, desplazamientos de estudiantes y personal, así como en el manejo de residuos. Este análisis permitió identificar áreas críticas que contribuyen significativamente a las emisiones, como el uso de electricidad en los edificios y el transporte privado. Para abordar estas problemáticas, se implementaron estrategias como la instalación de paneles solares y la promoción del uso de transporte público y bicicletas, logrando priorizar acciones de mitigación efectivas.

Un manual del Gobierno de España resalta que instituciones como hospitales y cuerpos de bomberos deben evaluar su huella de carbono para gestionar de manera eficiente sus recursos y reducir sus emisiones. En estas entidades, el uso intensivo de vehículos, equipos energéticos y gestión de residuos puede representar

un alto porcentaje de las emisiones. Implementar políticas como la renovación de flotas a vehículos eléctricos y la transición a energías renovables son acciones clave para la sostenibilidad institucional (Noticias de Bomberos, 2021).

1.2.8 Principales Fuentes de Emisiones en el Cuerpo de Bomberos

Las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero en el Cuerpo de Bomberos provienen del uso de vehículos, tanto para el transporte de bomberos como para el manejo de equipos pesados. El consumo de combustibles fósiles, como la gasolina y el diésel, en estos vehículos durante emergencias genera emisiones directas significativas. Según el manual de la Superintendencia de Bomberos de Chile, este tipo de actividad contribuye al alto nivel de emisiones de carbono durante las intervenciones, lo que plantea un desafío en la implementación de políticas sostenibles Bomberos de Chile (2024).

Según un informe de la Federación de Bomberos Voluntarios de Argentina Ipen for Toxics-Free Future (2024), otro factor relevante en las emisiones del cuerpo de bomberos está relacionado con el uso de grandes cantidades de agua y productos químicos durante las labores de extinción de incendios. La gestión inadecuada de estos recursos puede generar residuos contaminantes que afectan a los ecosistemas locales. El informe destaca que el agua y los productos químicos empleados en emergencias pueden infiltrarse en el sistema de aguas pluviales, lo que provoca alteraciones en la calidad del agua.

Según Monsalve Botía (2022), durante las operaciones de rescate y extinción de incendios, los cuerpos de bomberos generan diversos residuos sólidos, incluidos materiales plásticos, equipos desechables y otros residuos no reciclables. Estos desechos, si no se gestionan adecuadamente, pueden contribuir a las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, el uso de materiales inflamables y equipos de protección, como trajes especializados, representa un desafío significativo para la gestión de residuos y las emisiones asociadas. La correcta disposición de estos residuos, combinada con estrategias de reciclaje y reducción de su uso, puede minimizar el impacto ambiental, como señala Noticias de Bomberos.

1.2.9 Estrategias para la Reducción de la Huella de Carbono

Implementar cambios en el transporte, como optar por caminar, usar bicicleta

o transporte público en trayectos cortos, puede reducir significativamente las emisiones de CO₂. Además, estrategias como el consumo de productos locales y de temporada ayudan a minimizar la huella de carbono alimenticia. Cambiar hábitos de consumo y reutilizar materiales también son enfoques efectivos para mitigar el impacto ambiental Intersam, (2024).

Según D'Alacant (2023) este marco global promueve la planificación y el monitoreo de acciones para mitigar el cambio climático a nivel local. Entre las estrategias destacadas se encuentran el fomento del uso de energías renovables y la realización de inventarios regulares de emisiones para evaluar los avances. Actualmente, más de 7,000 autoridades locales participan en esta iniciativa, comprometiéndose a alcanzar emisiones netas cero para el año 2050.

Según SGS (2024), desde organismos locales y municipales, como la Red de Ciudades por el Clima, se impulsan estrategias sostenibles orientadas a comunidades pequeñas. Estas estrategias incluyen la implementación de políticas de eficiencia energética y la promoción de energías limpias en actividades cotidianas, abarcando desde la gestión de residuos hasta el transporte sostenible.

1.3 Marco Conceptual

1.3.1 Huella de Carbono

La huella de carbono se refiere a la cantidad total de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos directa o indirectamente por una actividad, organización o producto, expresados en toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO_2e). Este indicador ambiental permite cuantificar el impacto climático de las acciones humanas y establecer estrategias de mitigación (Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador MAAE, 2020).

En el caso de instituciones como los cuerpos de emergencia, medir la huella de carbono contribuye a mejorar la eficiencia energética, reducir costos operativos y cumplir con políticas locales e internacionales de sostenibilidad ambiental.

1.3.2 Gases de Efecto Invernadero (GEI)

Los gases de efecto invernadero son compuestos atmosféricos responsables del calentamiento global, al retener el calor en la atmósfera. Los principales GEI son el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O), entre otros. Estas emisiones provienen, en gran parte, de actividades humanas como la quema de combustibles fósiles, la generación de electricidad, el transporte y el uso de ciertos productos químicos (IPCC, 2021).

1.3.3 HCP

Huella de Carbono Parcial (HCP) es una metodología de cuantificación ambiental que permite calcular las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas a una parte específica del ciclo de vida de un producto, servicio o actividad, sin considerar todas las etapas del análisis del ciclo de vida (ACV).

De acuerdo con la norma ISO 14067:2018, esta modalidad es válida siempre que se declare claramente el alcance, los límites del sistema y las categorías de emisión incluidas, garantizando transparencia y consistencia en los resultados.

En estudios donde no es viable obtener datos completos de todas las fases del ciclo de vida, la HCP representa una herramienta útil para evaluar impactos parciales, como por ejemplo el consumo de electricidad, combustibles o el uso directo de recursos durante la etapa operativa de un servicio.

1.3.4 RCP

Reducción de la Huella de Carbono Parcial (RCP) se refiere al conjunto de acciones, estrategias o mejoras implementadas para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) calculadas en un análisis de huella de carbono parcial (HCP).

Esta reducción puede lograrse mediante medidas como el uso eficiente de energía, la sustitución de combustibles fósiles por fuentes renovables, la optimización de procesos operativos o el reemplazo de equipos por tecnologías más eficientes.

En el contexto de la norma ISO 14067:2018, toda propuesta de reducción debe basarse en una evaluación cuantitativa verificable, considerando las condiciones del sistema evaluado y asegurando la trazabilidad de los datos y supuestos utilizados.

1.3.5 Metodologías de Cálculo de la Huella de Carbono

Para calcular la huella de carbono de una organización, se utilizan metodologías internacionales reconocidas como el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol) y la norma ISO 14064. Estas metodologías clasifican las emisiones en tres alcances:

- **Alcance 1:** Emisiones directas por fuentes que son propiedad o están controladas por la organización (por ejemplo, vehículos de emergencia).
- **Alcance 2:** Emisiones indirectas asociadas al consumo de electricidad adquirida.
- **Alcance 3:** Otras emisiones indirectas, como las generadas por el transporte de terceros, residuos, viajes institucionales, entre otros (KPMG, 2024).

1.3.6 Gestión Ambiental en Instituciones Públicas

La implementación de prácticas sostenibles en instituciones públicas, como el Cuerpo de Bomberos, es cada vez más relevante. Al cuantificar sus emisiones de GEI, estas entidades pueden desarrollar planes de reducción que incluyan:

- **Uso Eficiente de Combustibles.** Mediante la optimización del consumo y el mantenimiento preventivo de vehículos. Estudios muestran que el mantenimiento adecuado mejora el desempeño ambiental de flotas, reduciendo tanto consumo de combustible como emisiones de CO₂ (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022).
- **Optimización de Rutas,** ya que la planificación inteligente puede disminuir significativamente el uso de combustible y emisiones (Ambientico, 2021).
- **Uso de Energías Renovables.** Promoviendo la instalación de fuentes limpias (como solar o eólica) en sus instalaciones. Esto contribuye directamente a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (European Environment Agency, 2024).

1.3.7 Contexto Local: Cuerpo de Bomberos de la Parroquia Manta

El Cuerpo de Bomberos de la parroquia Manta lleva a cabo actividades de respuesta a emergencias, prevención de incendios y gestión administrativa. Estas operaciones demandan el uso constante de energía, combustible, agua y materiales, generando un impacto ambiental que puede ser medido mediante el cálculo de la huella de carbono. Este análisis permitirá tomar decisiones informadas para reducir su impacto y contribuir a los objetivos climáticos del país y la región.

1.4 Marco Legal y Ambiental

En Ecuador, la gestión y reducción de emisiones de GEI en instituciones públicas se ampara en un conjunto normativo actualizado y progresivo. A nivel internacional, el Acuerdo de Escazú (2020) fortalece la participación ciudadana y el acceso a información ambiental (Ecuador, 2020). A nivel nacional, el Plan de Implementación de la Primera NDC (2021) establece metas y monitoreo de

indicadores de mitigación (Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador, 2021), mientras que el Acuerdo Ministerial MAATE-2021-047 de 2022 promueve programas organizacionales del Ecuador Carbono Cero mediante una Norma Técnica aplicable a entidades públicas y privadas (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2022).

1.5 Hipótesis y Variables

Las actividades operativas del Cuerpo de Bomberos de la parroquia Manta generan una huella de carbono significativa que puede ser cuantificada mediante herramientas de cálculo y metodologías reconocidas.

1.5.1 Hipótesis

La huella de carbono generada por las actividades operativas y administrativas del Cuerpo de Bomberos de la parroquia Manta está significativamente influenciada por el consumo de combustibles fósiles y el uso de equipos eléctricos.

1.5.2 Identificación de las Variables

- **Variable Independiente:** Actividades operativas del cuerpo de bomberos de la parroquia manta
- **Variable Dependiente:** Huella de carbono generada (en toneladas de CO₂ equivalente)

1.5.3 Operacionalización de las Variables

Tabla 1.
Operacionalización de las variables

Variable	Dimensión	Indicadores	Instrumento	Escala de medición
Variable independiente:	-Consumo de energía	- kWh consumidos	Revisión documental	Cuantitativa
Actividades operativas del	eléctrica	por estación	Ficha técnica	Cuantitativa
	-Uso de vehículos	- Litros de diésel y	Entrevistas	Continua

Variable	Dimensión	Indicadores	Instrumento	Escala de medición
Cuerpo de Bomberos	institucionales	gasolina utilizados por mes	Observación directa	
	-Consumo de combustibles			
	- Uso de equipos y maquinaria	- Horas de uso de equipos		
		- Tipo y número de actividades realizadas		
Variable dependiente:	- Emisiones directas	- Toneladas de CO ₂ -e generadas	Herramienta de cálculo (Excel)	Cuantitativa Continua
Huella de carbono generada	(Alcance 1)	por tipo de fuente	Inventario de emisiones	
	- Emisiones indirectas (Alcance 2)	- Factores de emisión aplicados	Guías IPCC / GHG	
	- Emisiones indirectas no controladas (Alcance 3)	- Total de emisiones anuales (tCO ₂ -e)	Protocol	

1.5.3.1 Operacionalización de la Variable Independiente

- **Variable Independiente:**

Tabla 2.
Variables independientes

Dimensión	Indicador	Técnica / Instrumento de recolección	Escala de medición
Consumo de energía eléctrica	kWh estimados por tipo de equipo eléctrico	Revisión documental (Inventario de equipos eléctricos)	Cuantitativa – continua
Uso de vehículos institucionales	- Cantidad de vehículos - Tipo de combustible por vehículo	Revisión documental (Inventario de vehículos)	Cuantitativa – continua
Uso de equipos con motor	- Tipo de equipo - Tipo de combustible - Potencia estimada	Revisión documental (Inventario de equipos con motor)	Cuantitativa – continua

1.5.3.2 Operacionalización de la Variable Dependiente

Tabla 3.
Variables Dependientes

Dimensión	Indicador	Técnica/ Instrumento de recolección	Escala de medición
Emisiones directas (Alcance 1)	- CO ₂ -e generado por consumo de combustibles en vehículos y equipos	Cálculo mediante factores de emisión (basado en el inventario de vehículos y equipos con motor)	Cuantitativa – continua

Dimensión	Indicador	Técnica/ Instrumento de recolección	Escala de medición
Emisiones indirectas (Alcance 2)	- CO ₂ -e generado por consumo eléctrico de equipos	Estimación con factores de emisión eléctricos (basado en el inventario de equipos eléctricos)	Cuantitativa – continua
Total de emisiones	- Suma total de toneladas de CO ₂ equivalente generadas (tCO ₂ -e)	Hoja de cálculo en Excel con fórmulas según ISO 14067 / GHG Protocol	Cuantitativa – continua

1.6 Marco Metodológico

Este marco metodológico describe el diseño y las herramientas empleadas para evaluar la huella de carbono generada por las actividades operativas y administrativas del cuerpo de bomberos de la parroquia de Manta, enfocándose en un análisis detallado de sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y su contribución al cambio climático.

1.6.1 Modalidad Básica de la Investigación

La investigación se desarrolla bajo la modalidad de un estudio de campo cuantitativo, debido a que involucra la recopilación y análisis de datos numéricos obtenidos directamente de las operaciones del cuerpo de bomberos, tales como el consumo de combustible, electricidad y otros recursos. La modalidad cuantitativa es apropiada para determinar y cuantificar las emisiones de carbono generadas en sus distintas actividades, permitiendo establecer un perfil preciso de huella de carbono en función de parámetros definidos.

1.6.2 Enfoque

El enfoque de la investigación es cuantitativo. Este enfoque se selecciona porque la cuantificación de la huella de carbono implica el uso de datos

numéricos y unidades de medida específicas (como toneladas de CO₂ equivalente). A través del enfoque cuantitativo, se pretende obtener valores exactos y objetivos de las emisiones, utilizando metodologías reconocidas y estandarizadas a nivel internacional, como el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocolo) y los factores de emisión propuestos por el IPCC (Intergubernamental Panel on Climate Change).

1.6.3 Nivel de Investigación

El nivel de investigación es descriptivo y correlacional. En primer lugar, es descriptivo porque se busca caracterizar las fuentes principales de emisiones de carbono dentro de las actividades específicas del cuerpo de bomberos, proporcionando una visión detallada de cada actividad generadora de emisiones. En segundo lugar, es correlacional ya que explora la relación entre la intensidad de ciertas actividades (como el uso de vehículos de emergencia) y el volumen de emisiones generadas, permitiendo inferir cómo los cambios en dichas actividades pueden impactar en la huella de carbono total

1.6.4 Población de Estudio

La población de estudio está compuesta por todas las operaciones y actividades que realizan los miembros del cuerpo de bomberos de la parroquia de Manta, así como por los recursos y equipos utilizados para llevar a cabo su labor. Esto incluye tanto el uso de vehículos y maquinaria como el consumo de electricidad y otros insumos necesarios para el funcionamiento de la estación de bomberos. La consideración de todas estas operaciones permite un análisis exhaustivo de las fuentes de emisión de carbono en el ámbito operativo de esta institución.

1.6.5 Tamaño de la Muestra

El tamaño de la muestra incluye todas las unidades operativas y administrativas del cuerpo de bomberos de Manta durante un período determinado, como un año completo. Este periodo permite analizar las variaciones estacionales y de demanda en las actividades del cuerpo de bomberos, generando un perfil representativo de sus emisiones anuales. Para una estimación precisa de la huella de carbono, se tomarán muestras de datos de consumo de combustible en vehículos y maquinaria, registros de consumo

eléctrico y cualquier otro recurso pertinente que contribuya a las emisiones de GEI.

1.6.6 Técnicas de Recolección de Datos

Las técnicas de recolección de datos empleadas incluyen:

- Revisión documental de registros internos, tales como reportes mensuales de consumo de combustible y electricidad.
- Cuestionarios estructurados dirigidos al personal encargado de los recursos para verificar y completar la información sobre el uso de equipos y patrones de consumo.
- Observación directa para validar el estado operativo y los procesos que generan emisiones, tales como el uso de vehículos en situaciones de emergencia y en actividades rutinarias. Estas técnicas buscan obtener datos precisos sobre el consumo de recursos energéticos y materiales, fundamentales para calcular las emisiones de carbono.

1.6.7 Plan de Recolección de Datos

El plan de recolección de datos se estructura en varias fases:

- **Preparación.** Identificación de las fuentes de datos y obtención de permisos necesarios para acceder a registros internos y realizar observaciones.
- **Recolección.** Obtención de datos de consumo mensual de energía, combustible y otros insumos, organizados en un periodo anual para capturar variaciones operativas.
- **Validación.** Confirmación de la veracidad y exactitud de los datos mediante la triangulación de diversas fuentes (documentos, cuestionarios y observación directa).

Organización y Procesamiento. Los datos recopilados se procesarán para su análisis mediante herramientas de cálculo de huella de carbono y factores de emisión estandarizados. Este plan asegura que los datos sean confiables y que representen adecuadamente la magnitud y distribución de las emisiones de carbono del cuerpo de bomberos.

1.6.8 Procesamiento de la Información

Esta investigación respeta la confidencialidad de la información interna del cuerpo de bomberos y garantiza que los datos obtenidos sean utilizados exclusivamente con fines investigativos. Además, se limita a los datos accesibles que la institución pueda proporcionar y a la disponibilidad de factores de emisión ajustados al contexto local. También se considera la limitación de la infraestructura de medición directa de GEI, lo que implica que las estimaciones de emisiones estarán basadas en datos de consumo y no en mediciones directas de emisiones.

La información procesada proviene de fuentes primarias proporcionadas por la institución, incluyendo consumos mensuales o anuales de electricidad, gasolina y diésel utilizados por equipos eléctricos y vehículos operativos. Debido a la limitación en la infraestructura de medición directa de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en esta institución, las emisiones se estiman mediante una metodología de cálculo indirecto, basada en datos de consumo energético y el uso de factores de emisión contextualmente apropiados, siguiendo las recomendaciones de la norma ISO 14067 y del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC).

Además, para garantizar la trazabilidad y exactitud en la estimación de la HCP, se ha establecido una unidad funcional acorde con la naturaleza del servicio analizado, tal como sugieren las RCP. Esta unidad funcional se define como “el funcionamiento operativo anual del Cuerpo de Bomberos de la parroquia Manta”, permitiendo delimitar claramente los límites del sistema y facilitar futuras comparaciones con otras instituciones similares.

La adopción del enfoque de HCP y RCP en el procesamiento de la información permite una evaluación ambiental más estandarizada y rigurosa, a pesar de las limitaciones propias del entorno operativo. Asimismo, los supuestos y decisiones metodológicas adoptadas durante el procesamiento de datos son debidamente documentados, asegurando la transparencia y reproducibilidad del estudio, conforme a los lineamientos de buenas prácticas en estudios de ciclo de vida y análisis de emisiones.

1.6.9 Modalidad Básica de la Investigación

La modalidad básica de la investigación corresponde a una investigación cuantitativa de tipo descriptivo. Este enfoque permite recopilar, organizar y analizar datos numéricos relacionados con el inventario de equipos y vehículos del Cuerpo de Bomberos de la parroquia Manta, con el fin de calcular las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por sus operaciones.

El estudio se enmarca en la modalidad de proyecto factible, ya que, a partir de los resultados obtenidos, se podrá proponer estrategias de mejora o acciones correctivas orientadas a la reducción de la huella de carbono institucional. Además, se fundamenta en el uso de fuentes documentales y herramientas de cálculo, aplicando la normativa internacional como la ISO 14067, lo cual garantiza la validez técnica del proceso.

1.6.10 Enfoque

El enfoque de la presente investigación es de carácter cuantitativo, ya que se basa en la recolección y análisis de datos numéricos obtenidos a partir del inventario de equipos y vehículos del Cuerpo de Bomberos de la parroquia Manta. Estos datos son procesados mediante herramientas de cálculo y factores de emisión reconocidos a nivel internacional, con el propósito de determinar la cantidad total de gases de efecto invernadero emitidos, expresados en toneladas de CO₂ equivalente (tCO₂-e).

Este enfoque permite una medición objetiva y sistemática, facilitando la identificación de los principales focos de emisión y la generación de resultados verificables. La aplicación de este enfoque contribuye a la toma de decisiones informadas para la gestión ambiental dentro de la institución evaluada.

1.6.11 Nivel de Investigación

El nivel de investigación de este estudio es descriptivo, ya que se enfoca en caracterizar y cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por las operaciones del Cuerpo de Bomberos de la parroquia Manta. A través del levantamiento de un inventario de equipos y vehículos, se identifican las fuentes de emisión directa e indirecta y se determina la huella de carbono institucional en un periodo determinado.

Este nivel de investigación permite detallar el comportamiento de variables específicas sin manipularlas, brindando una visión clara y precisa del impacto ambiental de las actividades operativas de la entidad. Además, los resultados obtenidos servirán como base para futuras propuestas de mitigación o mejora de la gestión ambiental.

1.6.12 Población de Estudio

La población de estudio está conformada por el conjunto de bienes físicos operativos del Cuerpo de Bomberos de la parroquia Manta, específicamente aquellos que generan consumo energético o emisiones directas e indirectas de gases de efecto invernadero. Esto incluye:

- Vehículos institucionales (autobombas, ambulancias, motocicletas, camionetas, etc.).
- Equipos eléctricos (ventiladores, computadoras, electrodomésticos, entre otros).

1.6.13 Tamaño de la Muestra

En esta investigación no se aplicó un proceso de muestreo, ya que se trabajó con la totalidad del inventario de equipos y vehículos operativos del Cuerpo de Bomberos de la parroquia Manta. Por tanto, el tamaño de la muestra equivale al 100 % de la población de estudio.

Esta decisión metodológica se justifica debido a que el número de elementos a analizar era manejable y estaba completamente disponible para su registro. Además, al incluir todos los equipos y vehículos, se garantiza una mayor precisión en el cálculo de la huella de carbono, evitando sesgos por omisión de datos relevantes.

1.6.14 Técnicas de Recolección de Datos

La técnica utilizada para la recolección de datos fue la elaboración de un inventario físico, mediante el cual se registraron los vehículos operativos y los equipos eléctricos y electrónicos pertenecientes al Cuerpo de Bomberos de la parroquia Manta.

Este proceso permitió identificar las principales fuentes de consumo energético y posibles emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), tales como el uso de combustibles fósiles en vehículos, y el consumo de electricidad en equipos. Para ello, se recopilaron datos como el tipo de equipo, cantidad, tipo de combustible, potencia, consumo estimado y frecuencia de uso.

La información fue procesada posteriormente utilizando factores de emisión estandarizados y lineamientos establecidos en la norma ISO 14067, la cual proporciona directrices para el cálculo de la huella de carbono de productos y servicios, permitiendo una cuantificación precisa de las emisiones generadas.

1.6.15 Plan de Recolección de Datos

El plan de recolección de datos consistió en la identificación, registro y organización de la información técnica de los vehículos y equipos eléctricos del Cuerpo de Bomberos de la parroquia Manta, con el fin de calcular su huella de carbono siguiendo los lineamientos de la norma ISO 14067.

Las etapas del plan se desarrollaron de la siguiente manera:

- 1. Coordinación Inicial.** Se solicitó autorización y apoyo institucional para acceder a los registros internos y a las instalaciones donde se encuentran los equipos y vehículos.
- 2. Levantamiento del Inventario.** Se realizó un recorrido físico por las instalaciones, levantando un inventario detallado que incluyó:
 - Tipo de equipo o vehículo
 - Cantidad
 - Tipo de combustible o fuente de energía
 - Potencia (en caso de equipos eléctricos)
 - Frecuencia estimada de uso
- 3. Registro de Datos.** La información fue recopilada en una plantilla diseñada en Excel, la cual incluyó las variables necesarias para aplicar los factores de emisión correspondientes.
- 4. Cálculo de Emisiones.** Con base en los datos recopilados, se procedió a aplicar los factores de emisión recomendados por la ISO 14067, estimando

así las emisiones de gases de efecto invernadero expresadas en toneladas de CO₂ equivalente (tCO₂-e).

Este plan permitió contar con una base de datos estructurada que facilitó el análisis cuantitativo de la huella de carbono generada por las operaciones institucionales.

1.6.16 Procesamiento de la Información

El procesamiento y análisis de la información en este estudio se realizó bajo un enfoque cuantitativo, dado que los datos obtenidos mediante el inventario de vehículos y equipos eléctricos fueron expresados en unidades numéricas que permitieron el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero, conforme a la norma ISO 14067.

Preparación de los Datos

Inicialmente, se consolidó un inventario técnico con la información recolectada, el cual fue revisado para verificar errores de transcripción, datos incompletos o inconsistencias. No se identificaron valores atípicos significativos, pero se excluyeron aquellos equipos fuera de funcionamiento al momento del levantamiento, ya que no representaban una fuente activa de emisión.

Cada equipo o vehículo fue clasificado según su tipo, consumo energético estimado, tipo de combustible y uso operativo. Esta información fue estructurada en una hoja de cálculo en Microsoft Excel, lo que facilitó la normalización de variables y la posterior aplicación de factores de emisión.

Software Utilizado

Para el cálculo y organización de datos se utilizó Microsoft Excel, configurado con fórmulas específicas basadas en los factores de emisión determinados por la norma ISO 14067 y el IPCC (2006). No fue necesario el uso de software estadístico como SPSS o Stata, ya que el análisis no implicó pruebas de hipótesis ni modelos de regresión.

Métodos de Análisis

El análisis consistió en:

- Conversión del consumo energético y de combustible a emisiones de CO₂ equivalente (tCO₂-e) mediante la aplicación de factores de emisión oficiales.
- Sumatoria de emisiones por tipo de equipo, tipo de fuente energética y categoría de alcance.

El análisis fue descriptivo y numérico, orientado a identificar las principales fuentes emisoras dentro del cuerpo institucional, así como el total de emisiones anuales generadas.

Justificación del Método

El método cuantitativo fue el más adecuado para este estudio porque permitió medir objetivamente las emisiones a partir de datos reales del inventario. Se descartó el uso de métodos cualitativos, ya que no se trabajó con discursos, opiniones ni percepciones, y el enfoque fue puramente técnico.

Si bien no se utilizaron herramientas estadísticas complejas, la precisión y trazabilidad del proceso de cálculo garantizan la validez de los resultados. Una limitación identificada fue la falta de datos de consumo en tiempo real; sin embargo, esta se compensó mediante estimaciones técnicas y el uso de valores estándar de uso y consumo energético según especificaciones del fabricante.

Capítulo 2

2 Diagnóstico o Estudio de Campo

2.1 Diagnóstico Situacional del Cuerpo de Bomberos de la Parroquia Manta

El Cuerpo de Bomberos de la parroquia Manta es una entidad de servicio público cuya labor principal es la atención oportuna y efectiva de emergencias como incendios, rescates, accidentes, y eventos de riesgo natural o antrópico. Para cumplir con estas funciones, la institución opera con una dotación técnica que incluye vehículos especializados, equipos eléctricos, herramientas de intervención y tecnología de comunicación y monitoreo, los cuales requieren un consumo constante de recursos energéticos como combustibles fósiles y electricidad.

Pese a la importancia de su labor, la institución no cuenta actualmente con un sistema de medición de su impacto ambiental, ni con un plan de gestión que permita monitorear o reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Esta situación representa una debilidad ambiental institucional, especialmente en un contexto donde los organismos públicos están llamados a implementar prácticas sostenibles y a cumplir compromisos climáticos nacionales e internacionales.

Dado este contexto, el presente estudio busca realizar un diagnóstico técnico-ambiental preliminar, tomando como eje principal el cálculo de la huella de carbono institucional. Esta medición permitirá conocer el nivel de emisiones generadas por las operaciones normales del cuerpo de bomberos, diferenciando entre fuentes directas (combustibles) e indirectas (energía eléctrica), según lo establece la norma ISO 14067 y el GHG Protocol.

2.2 Recolección y Organización de los Datos

El estudio de campo se desarrolló bajo una metodología estructurada y sistemática, cuyo objetivo fue identificar, clasificar y registrar todas las fuentes de consumo energético activas en la institución. Para ello, se llevó a cabo la elaboración de un inventario físico, centrado en los siguientes elementos:

- Vehículos institucionales: autobombas, camionetas, motocicletas, ambulancias, entre otros.
- Equipos eléctricos y electrónicos: computadoras, ventiladores, refrigeradores, impresoras, televisores, radios, entre otros.
- Equipos con motor de combustión: motosierras, generadores, bombas de agua portátiles, entre otros.

El levantamiento de este inventario se realizó de forma presencial, mediante la inspección directa de los bienes operativos en las instalaciones de la institución. En cada caso se recolectó información técnica clave, como:

- Tipo de equipo o vehículo.
- Cantidad de unidades.
- Fuente de energía utilizada (gasolina, diésel, electricidad).
- Potencia nominal o capacidad energética.
- Frecuencia estimada de uso.

Una vez recopilados los datos, se organizaron en una plantilla digital en Microsoft Excel, estructurada por categorías de fuente emisora, permitiendo así una visualización clara de los consumos asociados a cada tipo de bien operativo.

2.3 Diagnóstico del Impacto de la Huella de Carbono Parcial (HCP)

Con el inventario consolidado, se procedió al procesamiento de la información, el cual consistió en los siguientes pasos:

a) Depuración y organización de datos

Los registros fueron verificados para detectar errores, equipos en desuso o fuera de operación, y posibles inconsistencias. Solo se consideraron los elementos en funcionamiento al momento del estudio.

b) Clasificación según tipo de fuente

Con base en los lineamientos del GHG Protocol, las fuentes de emisión se agruparon en:

- Alcance 1 (Emisiones directas): uso de combustibles fósiles en vehículos y equipos con motor de combustión.
- Alcance 2 (Emisiones indirectas): consumo de electricidad de la red pública por parte de los equipos eléctricos de la institución.

No se abordó el Alcance 3 (otras emisiones indirectas), ya que no formó parte del objetivo específico del proyecto.

c) Aplicación de factores de emisión

Se utilizaron los factores de emisión oficiales establecidos en la norma ISO 14067, así como referencias del IPCC 2006 y bases de datos recomendadas por el GHG Protocol. Estos factores permitieron convertir el consumo de energía o combustible a toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO₂-e).

d) Cálculo preliminar de emisiones

Para cada equipo o vehículo se aplicó la fórmula general:

$$\text{Emisión (tCO}_2\text{ - e)} = \text{Actividad} \times \text{Factor de Emisión}$$

$$\begin{aligned} \text{Emisión (Kg CO}_2\text{e)} \\ &= \text{Cantidad de combustible (litros)} \times \text{Factor de Emisión (KgCO}_2\text{e} \\ &\quad \text{/litro)} \end{aligned}$$

$$\text{Emisión (Kg CO}_2\text{e)} = \text{Consumo eléctrico (litros)} \times \text{Factor de Emisión (KgCO}_2\text{e/litro)}$$

Los resultados revelaron una emisión total de 177.078,18 kg de CO₂ equivalente (tCO₂-e) al año, de los cuales un 94,36 % correspondió al consumo eléctrico y un 5,64 % al uso de combustibles fósiles, lo que evidencia una dependencia significativa de fuentes energéticas no renovables.

2.4 Análisis del Ciclo de Vida para la HCP

El Análisis del Inventario del Ciclo de Vida (AICV) constituye una etapa esencial dentro del enfoque metodológico de la norma ISO 14067:2018, la cual se basa en los principios del Análisis del Ciclo de Vida (ACV). Esta fase tiene como objetivo la recopilación, cuantificación y organización sistemática de todas las entradas (consumos) y salidas (emisiones de gases de efecto invernadero) que ocurren en el sistema estudiado, a lo largo del ciclo de vida del producto o servicio analizado.

En el presente estudio, se aplica un enfoque de Huella de Carbono Parcial (HCP), por lo que el AICV se limita a las etapas relacionadas con el uso de energía eléctrica y combustibles fósiles durante la operación del Cuerpo de Bomberos de la parroquia Manta. No se considerarán etapas como la fabricación de equipos, transporte externo o disposición final, debido a la disponibilidad de datos y al alcance previamente establecido.

2.5 Análisis del inventario energético institucional

De forma general, el diagnóstico muestra que las fuentes más relevantes de emisiones en la institución corresponden a:

- **Vehículos Operativos.** Su uso constante en emergencias y desplazamientos diarios genera una cantidad significativa de emisiones directas, especialmente al usar diésel o gasolina.
- **Equipos Eléctricos.** Aunque sus emisiones son indirectas, el consumo acumulado durante las 24 horas de funcionamiento en estaciones activas contribuye al impacto ambiental.
- **Equipos Portátiles a Combustión.** Aunque de uso menos frecuente, representan un componente adicional de emisiones directas.

Este diagnóstico inicial muestra que existe un patrón de dependencia energética basado en fuentes no renovables, lo que posiciona al cuerpo de bomberos como una entidad con huella de carbono significativa, aunque aún no cuantificada del todo (lo cual será desarrollado en el capítulo 3, ver anexo E, F).

2.6 Conclusiones del diagnóstico

El presente diagnóstico permite caracterizar el panorama actual de consumo energético del Cuerpo de Bomberos de la parroquia Manta, así como las principales fuentes de emisión de gases de efecto invernadero. La información recopilada y procesada representa una base sólida para el cálculo de la huella de carbono institucional, el cual se desarrollará en el siguiente capítulo.

Hasta este punto del estudio no se ha propuesto ninguna solución o estrategia de mitigación, ya que el objetivo de este capítulo es describir, caracterizar y sistematizar la información recolectada en campo, sin intervención directa en la gestión institucional.

El análisis realizado demuestra la necesidad de avanzar hacia un enfoque de gestión ambiental responsable dentro del sector público operativo, en el que la medición de emisiones sea el primer paso para una acción climática efectiva.

Capítulo 3

3 Propuesta de Mejora

3.1 Total de emisiones de CO₂ equivalente (CO₂e).

El cálculo actualizado de la huella de carbono del Cuerpo de Bomberos de la parroquia Manta permitió determinar con precisión el volumen total de gases de efecto invernadero generados por las operaciones institucionales durante un periodo anual. Luego de aplicar los factores de emisión recomendados y consolidar la información del inventario energético, se obtuvo un valor total de 601.871,76 kilogramos de dióxido de carbono equivalente (kg CO₂e), lo que corresponde a 601,87 toneladas de CO₂e.

Este valor refleja la carga ambiental asociada tanto al uso de energía eléctrica en las instalaciones como al consumo de combustibles fósiles en vehículos institucionales. El cálculo incluyó exclusivamente las emisiones de los alcances 1 y 2, es decir, las emisiones directas provenientes de combustibles y las emisiones indirectas por consumo de electricidad, respectivamente. No se consideraron las emisiones del alcance 3, dado que no formaban parte del objetivo del estudio.

Este resultado no solo representa un dato cuantitativo, sino también un punto de partida técnico para la toma de decisiones estratégicas orientadas a la sostenibilidad institucional. La magnitud del total obtenido demuestra la importancia de que incluso las entidades operativas, como los cuerpos de primera respuesta, integren criterios ambientales en su gestión diaria.

3.2 Porcentaje de emisiones por tipo de fuente

Una vez determinado el volumen total de emisiones, se procedió a desagregar los datos según su tipo de fuente para identificar las principales áreas generadoras. Del total anual, el 94,36 % corresponde a emisiones indirectas provenientes del consumo de electricidad, mientras que el 5,64 % restante se origina en emisiones directas asociadas al uso de combustibles fósiles en los vehículos de la institución.

- Emisiones indirectas por electricidad: 567.923,76 kg CO₂e
- Emisiones directas por vehículos (diésel y gasolina): 33.948 kg CO₂e

Esta proporción evidencia que el mayor impacto climático de la institución no está directamente ligado a su flota vehicular, como inicialmente se podría suponer, sino al consumo sostenido de energía eléctrica, especialmente en sistemas de climatización y equipos informáticos.

Al revisar el inventario energético, se identificó un uso significativo de aires acondicionados de diferentes capacidades, computadoras, bombas de agua y otros dispositivos que, al operar durante jornadas prolongadas, contribuyen de forma considerable a la huella de carbono institucional.

3.3 Comparación y análisis

La diferencia entre las fuentes de emisión revela una perspectiva clave en la evaluación ambiental de la institución. Si bien los vehículos operativos son esenciales para el cumplimiento de la misión del cuerpo de bomberos y representan una fuente importante de emisiones directas, su impacto es considerablemente menor frente al consumo eléctrico acumulado a lo largo del año.

Este hallazgo permite reorientar el enfoque de las estrategias de mitigación. En lugar de centrarse exclusivamente en el parque automotor, resulta más efectivo priorizar medidas que reduzcan el consumo eléctrico. Entre ellas se destacan el cambio a luminarias LED, el uso de temporizadores o sensores de presencia, la optimización de los equipos de climatización y, a mediano plazo, la incorporación de fuentes de energía renovable como paneles solares.

Al mismo tiempo, no debe dejarse de lado el potencial de mejora en la gestión vehicular. A través del mantenimiento preventivo, la planificación de rutas eficientes y la futura renovación de vehículos por versiones menos contaminantes, es posible reducir aún más las emisiones directas y reforzar la eficiencia operativa.

En conjunto, los resultados obtenidos no solo aportan claridad sobre el impacto ambiental actual de la institución, sino que sientan las bases para

construir un modelo de gestión ambiental más eficiente, responsable y alineado con los principios de sostenibilidad.

El proceso de cálculo de la huella de carbono del Cuerpo de Bomberos de la parroquia Manta se desarrolló conforme a los lineamientos establecidos en la norma internacional ISO 14067:2018, que especifica los principios, requisitos y directrices para la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas a productos, servicios o actividades.

En esta investigación, se aplicó una metodología cuantitativa basada en un inventario completo de las fuentes emisoras directas e indirectas de GEI, específicamente:

- Equipos electrónicos de oficina y operativos (consumo eléctrico).
- Vehículos operativos e institucionales (consumo de combustibles fósiles).

Para organizar la información, se elaboró una matriz en Microsoft Excel donde se registraron los datos obtenidos del inventario institucional, como tipo de equipo o vehículo, tipo de energía consumida, tiempo de uso y cantidad estimada de consumo (litros o kWh). Esta información fue sistematizada y estructurada por categorías de emisión.

El cálculo se realizó aplicando factores de emisión estandarizados provenientes del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) y del GHG Protocol, que permiten convertir las unidades de consumo energético en toneladas de dióxido de carbono equivalente ($\text{tCO}_2\text{-e}$).

Se consideraron las emisiones según los siguientes alcances:

- Alcance 1: Emisiones directas provenientes del uso de combustibles en los vehículos de la institución.
- Alcance 2: Emisiones indirectas derivadas del consumo de energía eléctrica en los equipos.

La aplicación de estos procedimientos permitió cuantificar con precisión la carga ambiental generada por las operaciones cotidianas del cuerpo bomberil

durante el período evaluado, sentando las bases para una evaluación ambiental objetiva y trazable. (ver anexo A, B, C)

Anexo A.

Cálculo para estimar consumo eléctrico.

CARGA	POTENCIA (kW/h)	HORAS DIARIAS	CONSUMO DIARIO	CONSUMO MENSUAL (kW)	CONSUMO ANUAL (kW)	CANTIDAD DE EQUIPOS
Aire acondicionado 18 BTU	5,28	8	718,08	22260,48	267125,76	17
Aire acondicionado 24 BTU	7,03	8	112,48	3486,88	41842,56	2
Aire acondicionado 60 BTU	17,58	8	421,92	13079,52	156954,24	3
Bomba de agua	0,75	8	6,00	186	2232,00	1
Cafetera	1,20	8	9,60	297,6	3571,20	1
Computadora	0,40	8	192,00	5952	71424,00	60
Congelador	0,40	8	3,20	99,20	1190,40	1
Dispensador de agua	0,50	8	28,00	868,00	10416,00	7
Focos 15W	0,02	8	16,68	517,08	6204,96	139
Impresora WF-6590	0,32	8	43,52	1349,12	16189,44	17
Laptops	0,10	8	5,60	173,60	2083,20	7
Licuada	0,60	8	4,80	148,80	1785,60	1
Lámpara	0,06	8	0,48	14,88	178,56	1
Microondas	1,20	8	19,20	595,20	7142,40	2
Módem	0,02	8	0,12	3,72	44,64	1
Radio operativa	0,05	8	0,80	24,80	297,60	2
Refrigerador	0,25	8	8,00	248,00	2976	4
Repetidores	0,02	8	0,32	9,92	119,04	2
Televisor 32 pulg	0,06	8	0,96	29,76	357,12	2
Televisor 42 pulg	0,12	8	2,88	89,28	1071,36	3
Telefono base	0,01	8	0,08	2,48	29,76	2
Tostadora	1,50	8	12,00	372,00	4464,00	1
Ups	0,06	8	19,68	610,08	7320,96	41
TOTAL			1626,40	50418,40	605020,80	

Anexo B.

Cálculo para emisiones de CO₂ en dispositivos electrónicos.

DISPOSITIVOS	CANTIDAD DE EQUIPOS	CONSUMO MENSUAL (kW/h)	CONSUMO ANUAL (kW/h)	FACTOR DE EMISIÓN	EMISIONES	EMISIONES ANUALES (Kg CO ₂ e)
Aire acondicionado 18 BTU	17	22260,48	267125,76	0,278	6188,41	74260,96
Aire acondicionado 24 BTU	2	3486,88	41842,56	0,278	969,35	11632,23168
Aire acondicionado 60 BTU	3	13079,52	156954,24	0,278	3636,11	43633,28
Bomba de agua	1	186	2232	0,278	51,71	620,496
Cafetera	1	297,6	3571,2	0,278	82,73	992,79
Computadora	60	5952	71424	0,278	1654,66	19855,87
congelador	1	99,2	1190,4	0,278	27,58	330,93
Dispensador de agua	7	868	10416	0,278	241,30	2895,65
Focos 15W	139	517,08	6204,96	0,278	143,75	1724,98
Impresora WF-6590	17	1349,12	16189,44	0,278	375,06	4500,66
Laptops	7	173,6	2083,2	0,278	48,26	579,13
Licuada	1	148,8	1785,6	0,278	41,37	496,40
Lámpara	1	14,88	178,56	0,278	4,14	49,64
Microondas	2	595,2	7142,4	0,278	165,47	1985,59
Módem	1	3,72	44,64	0,278	1,03	12,41
Radio operativa	2	24,8	297,6	0,278	6,89	82,73
Refrigerador	4	248	2976	0,278	68,94	827,33
Repetidores	2	9,92	119,04	0,278	2,76	33,09
Televisor 32 pulg	2	29,76	357,12	0,278	8,27	99,28
Televisor 42 pulg	3	89,28	1071,36	0,278	24,82	297,84
Telefono base	2	2,48	29,76	0,278	0,689	8,27
Tostadora	1	372	4464	0,278	103,42	1240,99
Ups	41	610,08	7320,96	0,278	169,60	2035,23
TOTAL					14016,32	168195,78

Anexo C.

Cálculo para emisiones de CO₂ en vehículos.

DISPOSITIVOS	COMBUSTIBLES	LITROS/ MES	LITROS/ ANUAL	FACTOR DE EMISIÓN (kg CO ₂ e / litro)	CÁLCULO PARA LAS EMISIONES MENSUALES	CÁLCULO PARA LAS EMISIONES ANUALES
Camioneta D-Max 2012	Disel	100	1200	2,68	268	3216
Camioneta Huynday H1 2012	Disel	90	1080	2,68	241,2	2894,4
Susuki Vítara 2008	Gasolina	80	960	2,31	184,8	2217,6
Moto Honda 120 cc	Gasolina	20	240	2,31	46,2	554,4
TOTAL					740,2	8882,4

Anexo D.

Resumen del cálculo.

FUENTE DE EMISIÓN	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	FACTOR DE EMISIÓN	EMISIÓN (kg CO ₂ e)
Electricidad	Uso de equipos electrónicos	kW/h	605020,8	0,278 kW/h	168195,7824
Combustibles	Vehículos (disel/gasolina)	Litros	3480	(2,68/2,31) kg/l	8882,4
TOTAL					177078,1824

Anexo E

Propuesta de mejora.

LÍNEA DE ACCIÓN	OBJETIVO	MEDIDA DE PROPUESTA	RESULTADO ESPERADO	IMAGEN DE REFERENCIA
Optimización del consumo eléctrico	Reducir el consumo energético en las instalaciones del cuartel.	Implementar sensores de movimiento y temporizadores en zonas de bajo tránsito (baños, pasillos, bodegas).	Disminución del consumo en kW/h mensuales y de las emisiones asociadas al uso de electricidad.	
Mantenimiento preventivo de vehículos	Disminuir las emisiones de CO ₂ provenientes de la flota vehicular.	Implementar un plan mensual de mantenimiento preventivo (revisión de filtros, aceite, calibración de neumáticos)	Mejora en la eficiencia del combustible y menor emisión de gases contaminantes.	
Capacitación en prácticas sostenibles	Fomentar una cultura institucional ambientalmente responsable.	Realizar talleres sobre eficiencia energética, reciclaje, y reducción de emisiones.	Personal más consciente y participativo en acciones que disminuyan la huella de carbono.	
Optimización del consumo eléctrico	Reducir el consumo energético de los equipos en espera (standby) y mejorar la gestión de apagado.	Elaborar e implementar un protocolo de apagado obligatorio al final de cada turno para aires acondicionados, computadoras, cafeteras y otros equipos.	Reducción del consumo energético por uso innecesario fuera de turnos y mejora del hábito energético del personal.	

3.4 Viabilidad de la propuesta

La viabilidad de las propuestas de mejora ambiental diseñadas para el Cuerpo de Bomberos de la parroquia Manta se evalúa considerando tres dimensiones clave: la viabilidad técnica, la viabilidad económica y la viabilidad institucional. Cada una de las propuestas planteadas responde a necesidades específicas identificadas en el diagnóstico de fuentes emisoras de gases de efecto invernadero (GEI), y su implementación representa una oportunidad realista y eficaz para reducir la huella de carbono de la institución a mediano y largo plazo.

La capacitación en prácticas sostenibles es una medida altamente viable desde el punto de vista técnico e institucional. Su aplicación no requiere recursos

tecnológicos complejos ni modificaciones estructurales, ya que puede ser llevada a cabo dentro de las instalaciones del propio cuartel. Además, existe la posibilidad de gestionar convenios con instituciones educativas, organizaciones no gubernamentales o entidades públicas que ofrezcan formación en sostenibilidad ambiental, lo cual reduce los costos asociados. Esta propuesta también es factible desde lo económico, pues la mayoría de las actividades pueden realizarse con materiales digitales, charlas presenciales o sesiones virtuales, minimizando gastos logísticos. La implementación de programas de formación continua fortalecería la conciencia ambiental del personal y fomentaría una cultura organizacional comprometida con la reducción del impacto ambiental.

La propuesta de realizar mantenimientos preventivos regulares a los vehículos operativos es plenamente viable. Desde la perspectiva técnica, el mantenimiento de flotas forma parte de las actividades rutinarias de cualquier institución que depende del transporte como parte de sus operaciones. Asegurar el buen estado mecánico de los vehículos, así como mantener adecuadamente sus filtros, motores y sistemas de escape, no solo prolonga su vida útil, sino que optimiza el consumo de combustible y disminuye las emisiones contaminantes. Aunque esta medida implica una inversión periódica, resulta coste-efectiva en el largo plazo, ya que previene fallas mayores y reduce gastos por reparaciones imprevistas. Desde lo institucional, su aplicación es completamente compatible con los planes de operación del cuerpo de bomberos, pudiendo integrarse sin dificultad a sus calendarios logísticos y de mantenimiento.

La optimización del consumo eléctrico representa otra acción de alta viabilidad técnica y económica. Muchas de las medidas propuestas como el cambio progresivo de luminarias convencionales a tecnología LED, la desconexión de equipos eléctricos en desuso o el uso de temporizadores no requieren grandes inversiones ni conocimientos especializados, y pueden ejecutarse con personal técnico básico. Estas acciones pueden generar una reducción inmediata del consumo energético, lo cual se traduce no solo en una menor emisión de CO₂ indirecto, sino también en un ahorro en la facturación eléctrica mensual de la institución. Además, la existencia de incentivos

nacionales y regionales para la eficiencia energética en edificios públicos podría facilitar aún más su implementación.

Finalmente, la propuesta de incorporar energías renovables, especialmente a través de la instalación de paneles solares, presenta una viabilidad técnica considerable. En Ecuador, las condiciones climáticas permiten un aprovechamiento adecuado de la energía solar, y existen empresas proveedoras que ofrecen soluciones modulares adaptadas a las necesidades específicas de consumo. Aunque esta medida implica una inversión económica inicial relativamente alta, su retorno a largo plazo justifica plenamente la inversión, tanto por el ahorro energético como por la reducción directa de emisiones asociadas al consumo de energía convencional. Institucionalmente, la implementación de esta medida podría plantearse de manera progresiva, comenzando con los espacios de mayor consumo eléctrico, como las oficinas administrativas o áreas de almacenamiento y monitoreo.

En conjunto, las cuatro propuestas presentadas no solo son viables en su ejecución, sino también alineadas con los principios de sostenibilidad y mejora continua que deberían guiar el accionar de instituciones públicas en el contexto actual de cambio climático. Su adopción fortalecería el compromiso del Cuerpo de Bomberos de la parroquia Manta con la gestión ambiental responsable, posicionándolo como una entidad modelo en la aplicación de estrategias para la mitigación de la huella de carbono.

3.5 Impacto esperado

La implementación de las estrategias propuestas para la reducción de la huella de carbono en el Cuerpo de Bomberos de la parroquia Manta se proyecta como una acción con múltiples impactos positivos a nivel ambiental, institucional y social.

Desde la perspectiva ambiental, se espera una disminución progresiva de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), especialmente aquellas asociadas al consumo eléctrico, que actualmente representa la mayor proporción de las emisiones institucionales. Medidas como la optimización del uso energético, el cambio de luminarias a tecnología LED, la desconexión de equipos en desuso y la incorporación de paneles solares podrían reducir significativamente la huella de carbono anual, al tiempo que contribuyen al cumplimiento de los compromisos climáticos asumidos por el país.

En el ámbito institucional, la adopción de prácticas sostenibles permitirá al cuerpo de bomberos mejorar su eficiencia operativa, reducir costos asociados al consumo de recursos energéticos y posicionarse como una entidad pública responsable y comprometida con la gestión ambiental. La capacitación del personal en buenas prácticas contribuirá a la creación de una cultura organizacional más consciente y proactiva frente al cambio climático.

Por otra parte, el impacto social se reflejará en el fortalecimiento de la imagen institucional frente a la ciudadanía, al demostrar que una entidad de servicio público esencial no solo cumple con su misión operativa, sino que también se alinea con los principios de sostenibilidad. Esto puede motivar a otras instituciones del sector público a replicar acciones similares, generando un efecto multiplicador dentro del territorio local y regional.

En conjunto, los impactos esperados de esta propuesta no se limitan al corto plazo, sino que sientan las bases para una transformación ambiental progresiva dentro del cuerpo de bomberos, orientada a la responsabilidad climática, el uso racional de recursos y el fortalecimiento de políticas de sostenibilidad pública. (Ver anexo A, B y C)

Conclusiones

La presente investigación logró cuantificar la huella de carbono generada por el Cuerpo de Bomberos de la parroquia Manta, revelando un total de 177078,1824 toneladas de CO₂ equivalente anuales. Este resultado se obtuvo mediante la aplicación de una metodología cuantitativa que integró el uso de inventarios físicos, factores de emisión internacionales, y lineamientos establecidos por la norma ISO 14067 y el GHG Protocol. El análisis evidenció que el 94,36 % de las emisiones corresponde al consumo eléctrico institucional (emisiones indirectas, alcance 2), mientras que el 5,64 % restante se origina en el uso de combustibles fósiles por parte del parque vehicular (emisiones directas, alcance 1). Esta distribución contradice la suposición común de que las unidades móviles son la principal fuente contaminante y resalta el impacto ambiental del consumo energético continuo en los espacios operativos y administrativos. La investigación también permitió identificar oportunidades de mejora en la gestión ambiental, tales como la optimización del consumo energético, la implementación de tecnologías limpias y la necesidad de integrar prácticas sostenibles en las operaciones diarias. En ese sentido, el estudio no solo proporciona una base técnica sólida para el diseño de estrategias de mitigación, sino que posiciona al Cuerpo de Bomberos de Manta como una institución pionera a nivel local en el cálculo de su huella de carbono, en sintonía con los compromisos internacionales del Ecuador en materia de sostenibilidad y cambio climático.

Recomendaciones

En función de los resultados obtenidos, se recomienda que el Cuerpo de Bomberos de la parroquia Manta implemente un plan integral de gestión ambiental enfocado en la reducción progresiva de su huella de carbono. Dado que el mayor porcentaje de emisiones proviene del consumo eléctrico, se sugiere adoptar medidas de eficiencia energética como el reemplazo de aires acondicionados convencionales por modelos de bajo consumo tipo inverter, el cambio de luminarias tradicionales por tecnología LED, y la implementación de temporizadores o sensores de movimiento en áreas de uso intermitente. A mediano plazo, se debería evaluar la viabilidad técnica y financiera de instalar sistemas de energía solar fotovoltaica, lo cual reduciría de manera significativa la dependencia de la red eléctrica convencional. Asimismo, en lo referente a las emisiones directas por el uso de vehículos, se plantea mejorar el mantenimiento preventivo del parque automotor, optimizar las rutas de patrullaje y, en futuras adquisiciones, optar por vehículos con menores emisiones. Además, se recomienda establecer un sistema de monitoreo y evaluación periódica de las emisiones, capacitar al personal en prácticas sostenibles y reportar anualmente los resultados obtenidos. Estas acciones permitirán fortalecer el compromiso institucional con la sostenibilidad, cumplir con los lineamientos del programa Ecuador Carbono Cero y contribuir activamente al cumplimiento de la Agenda 2030 y el Acuerdo de París.

4 Bibliografía

- Aguilera de la Rosa, G. (2013). *Manual de Combate y Prevención de Incendios Básico*. Obtenido de https://www.caoslibrosbomberos.com/_files/ugd/89e9bd_7473abe1a50c4b10918e4fdb4f223fa1.pdf?index=true
- Ambiente, M. d. (2021). *El nuevo Ecuador*. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/programa-ecuador-carbono-cero/>
- Ambientico*. (2021). Obtenido de https://www.ambientico.una.ac.cr/wp-content/uploads/tainacan-items/31476/36874/Ambientico_279.pdf?utm_source=
- Ambientum. (18 de marzo de 2018). Obtenido de https://www.ambientum.com/ambientum/cambio-climatico/impacto-de-la-huella-de-carbono-el-resultado-de-tu-paso-por-el-planeta.asp#google_vignette
- Arroyo, M. (2020). Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/613436/90_2020_LineamientosElaboracion_IEGyCEI.pdf
- BBC*. (s.f.). Obtenido de <https://www.bbc.com/weather/features/67549533>
- Bomberos de Chile*. (2024). Obtenido de <https://www.bomberos.cl/>
- Bomberos de Chile*. (2024). Obtenido de <https://www.bomberos.cl/>
- Camfil*. (s.f.). Obtenido de <https://www.camfil.com/en/background-pages/language-selector>
- CDA*. (12 de 9 de 23). Obtenido de <https://compresoresdeaire.es/blog/diccionario/compresion-isotermica/#:~:text=La%20compresi%C3%B3n%20isot%C3%A9rmica%20es%20un,mientras%20el%20volumen%20permanece%20constante.>

CEPAL. (2015). Obtenido de <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/ca0445d3-e3f3-4f40-a5ff-057a9a34f016/content>

CORPOSUITE. (s.f.). Obtenido de CORPOSUITE: <https://corposuite.com/2023/07/18/toma-de-decisiones-en-una-empresa/>

David Millán, A., & Rosero Navaéz, J. (24 de Octubre de 2015). *Huella de Carbono*. Obtenido de <https://campussostenible.org/wp-content/uploads/2017/04/anexo-13-huella-de-carbono-2015.pdf>

DC. (s.f.). Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/siac/emisionesaire>

DC. (s.f.). Obtenido de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/thermo/adiab.html>

Demográfico, M. p. (Junio de 2024). *Guía para el Cálculo de la Huella de Carbono y para la Elaboración de un Plan de Mejora*. (M. p. Demográfico, Ed.) Obtenido de https://www.ambientum.com/ambientum/cambio-climatico/impacto-de-la-huella-de-carbono-el-resultado-de-tu-paso-por-el-planeta.asp#google_vignette

docusign. (2024). Obtenido de <https://www.docusign.com/es-mx/blog/toma-de-decisiones>

economipedia . (s.f.). Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/toma-de-decisiones.html>

economipedia. (2020). Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/valor-economico.html>

Ecuador . (2020). Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/ecuador-se-convierte-en-el-noveno-pais-en-ratificar-el-acuerdo-de-escazu/>

El Nuevo Ecuador. (s.f.). Obtenido de <https://www.culturaypatrimonio.gob.ec/programa-de-desarrollo-y-diversidad/>

El nuevo Ecuador . (s.f.). Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/>

- EPA*. (s.f.). Obtenido de <https://www.epa.gov/report-environment/wastes>
- EPA*. (s.f.). Obtenido de <https://www.epa.gov/report-environment/wastes>
- EPA*. (s.f.). Obtenido de <https://www.epa.gov/>
- EPA*. (s.f.). Obtenido de <https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification>
- EPA*. (2025). Obtenido de <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/air-cleaners-and-air-filters-home>
- Ergonauta*. (2015). (U. P. Valencia, Productor) Obtenido de <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/ocra/ocra-ayuda.php>
- ergonautas*. (s.f.). (U. P. Valencia, Productor) Obtenido de <https://www.ergonautas.upv.es/metodos-evaluacion-ergonomica.html>
- Esginnova Group*. (1 de Febrero de 2021). Obtenido de <https://www.nueva-iso-14001.com/2021/02/como-calcular-la-huella-de-carbono-con-la-norma-iso-14064-12019/>
- Esginnova Group*. (1 de Febrero de 2021). Obtenido de <https://www.nueva-iso-14001.com/2021/02/como-calcular-la-huella-de-carbono-con-la-norma-iso-14064-12019/>
- Espíndola , C., & Valderrama , J. (s.f.). Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642012000100017
- estudiar extranjero*. (s.f.). Obtenido de <https://estudiarextranjero.org/universidades/mit-massachusetts-como-entrar-carreras-y-becas/>
- European Environment Agency*. (15 de noviembre de 2024). Obtenido de European Environment Agency: <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/renewable-energy>

- FEMP. (2017). Introducción a la Huella de Carbono. En *Cursos de Cálculo de la Huella de Carbono*. Obtenido de <https://redciudadesclima.es/sites/default/files/2021-06/Unidad%201.%20Introduccio%E2%95%A0%C3%BCn%20a%20la%20Huella%20de%20Carbono.pdf>
- fluence*. (s.f.). Obtenido de https://www.fluencecorp.com/es/?_gl=1%2A4rj8z0%2A_ga%2AMTM5NzUxMDMzNC4xNzlwOTg4ODk3%2A_up%2AMQ..%2A_ga_BXD6873PPN%2AMTcyMDk4ODg5Ny4xLjAuMTcyMDk4ODg5Ny4wLjAuMA..
- Fundeum*. (2023). Obtenido de <https://www.unniun.com/6-estrategias-para-reducir-la-huella-de-carbono-en-las-empresas-modernas/>
- Galicia, A. G. (2021). *Ciencia Latina*. Obtenido de <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/779/1067>
- García Sardina, G. (2013). Huella de Carbono. En H. d.-C. Footprint. Obtenido de https://www.aec.es/c/document_library/get_file?folderId=997154&name=DLFE-14101.pdf
- García, J. A. (22 de junio de 22). Obtenido de <https://urosario.edu.co/sites/default/files/2022-11/292-codigo-de-etica.pdf>
- Gonzales, A., & Fernández Domínguez, D. (1 de Agosto de 2024). *Grant Thornton*. Obtenido de <https://www.grantthornton.es/perspectivas/consultoria/nueva-normativa-sobre-la-obligatoriedad-de-la-huella-de-carbono/>
- Guía para el cálculo y reporte de Huella de Carbono Corporativa*. (2015). Obtenido de <https://www.ambientebogota.gov.co/documents/10184/564058/Gu%C3%ADa+para+el+c%C3%A1lculo+y+reporte+de+la+huella+de+carbono+corporativa.pdf/6c140744-1396-4df3-9637-ab262d91d97f>

icelandic human rights center . (s.f.). Obtenido de <https://www.humanrights.is/en/languages/spanish>

Impactos en los Territorios y Desafíos para su Recuperación. (6 de Febrero de 2024). Obtenido de <https://www.uc.cl/noticias/incendios-en-chile-impactos-en-los-territorios-y-desafios-de-su-recuperacion/>

Infobae . (2022). Obtenido de <https://www.infobae.com/america/medio-ambiente/2022/08/12/ecuador-prepara-un-plan-para-reducir-las-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-producidos-por-las-actividades-humanas/>

Intersam. (2024). Obtenido de <https://intersam.es/reducir-huella-carbono-empresas-clave-medio-ambiente/>

Intersam. (2024). Obtenido de <https://intersam.es/reducir-huella-carbono-empresas-clave-medio-ambiente/>

IPCC. (2021). Obtenido de <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>

IPCC. (2021). *Cambio Climático* . Obtenido de https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/outreach/IPCC_AR6_WGI_SummaryForAll_Spanish.pdf

Ipen For Toxics-Free Future. (2024). Obtenido de <https://ipen.org/>

KPMG. (2024). Obtenido de <https://kpmg.com/xx/en/our-insights/ifrg/2024/handbook-ghg-protocol.html>

MAHC. (2018). *Manual de Aplicación de la Huella de Carbono*. Buenos Aires, Argentina. Obtenido de https://www.gba.gob.ar/sites/default/files/agroindustria/docs/Manual_aplicacion_Huella_de_Carbono.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022). Obtenido de https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/02/Informe-de-Gestion-Minambiente-2021-VF-PUBLIC.pdf?utm_source

Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador. (2021). Obtenido de https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/02/Plan-de-Implementacion-NDC-2020-2025.pdf?utm_source

Ministerio del Ambiente, A. y. (2021). *Lineamientos y Criterios Técnicos de Composición Programa Ecuador Carbono Cero.* Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/07/Lineamientos-y-Criterios-Tecnicos-de-Compensacion.pdf>

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2022). Obtenido de https://www.gob.ec/regulaciones/047-norma-tecnica-programa-ecuador-carbono-cero-alcance-organizacion?utm_source=

Monselive Botia, G. E. (2022). *Actualización Del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (Pigris) en la Sede Central del Cuerpo de Bomberos Voluntarios De Tunja.* Obtenido de <https://repositorio.uptc.edu.co/server/api/core/bitstreams/be7d2639-bdd0-4ab1-b4bf-5414cb47c6d5/content>

Nairobi, K. (2020). En *Manual para el cálculo de la huella de carbono corporativa.* Obtenido de <https://www.unep.org/resources/publication/manual-calculo-huella-carbono>.

Navarrete, A., & Márquez , M. (2022). *Documento Neumosur Sobre Huella de Carbono y Cambio Climático.* Obtenido de <https://www.rev-esp-patol-torac.com/files/publicaciones/Revistas/2022/34.2/Art%C3%ADculo%20e%20special.pdf>

Noticias de Bomberos. (1 de 3 de 2021). Obtenido de <https://www.noticiasdebomberos.com/capacitacion/la-actividad-de-bomberos-y-el-medio-ambiente>

Noticias de Bomberos. (1 de Marzo de 2021). Obtenido de <https://www.noticiasdebomberos.com/capacitacion/la-actividad-de-bomberos-y-el-medio-ambiente>

Preservación del Medio Ambiente. (2008). Obtenido de <https://www.federacionbomberos.org.ar/computos/manuales/GB-II-10-PRESERVACION-DEL-MEDIO-AMBIENTE-PDF.pdf>

Rescalvo, M. (2022). *Guía para la implementación de Programas Nacionales Voluntarios de la Huella de carbono en America Latina.* (P. d. Desarrollo, Ed.) Obtenido de https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2023-12/pnud_carbono_esp_v02.pdf

Rett, Y. (30 de Septiembre de 2024). *Youtopia, Rett.* Obtenido de <https://youtopiaecuador.com/reformas-codigo-ambiental-ecuador-asamblea-mercado-carbono/>

RÍOS-MANRÍQUEZ, L.-S. &.-M. (2015). Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4815/481547178026.pdf>

Rojano, T. (2022). *Metodología de Cálculo de la Huella de Carbono a Partir del Tejido Urbano. Aplicación en Fuentecaliente La Palma.* Obtenido de <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/28991/Metodologia%20de%20calculo%20de%20la%20huella%20de%20carbono%20a%20partir%20del%20tejido%20urbano.%20Aplicacion%20en%20Fuencaliente.%20La%20Palma.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

RSS. (2022). Obtenido de <https://responsabilidadsocial.net/huella-de-carbono-que-es-tipos-importancia-calculo-y-reduccion/>

Schneider, H., & Samaniego, J. L. (2010). *La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios.* Obtenido de <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/f3677647-3a1c-4326-8342-5e10bfa2fc40/content>

SGS. (2024). Obtenido de <https://www.sgs.com/en>

Social, M. d. (2014). *Metodología de Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión Para Bomberos* . Obtenido de https://app.bomberos.cl/tipo_cuartel/pdf/Metodologia_Bomberos_2014.pdf

Tapia , L. (s.f.). *El Nuevo Ecuador*. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/negocios-industriales-real-mide-la-huella-de-carbono-de-sus-productos/>

Valencia, U. P. (Ed.). (2015). *Ergonautas*. Obtenido de <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/ginsht/ginsht-ayuda.php>

Villota, D. (2023). Obtenido de <https://reunir.unir.net/bitstream/handle/123456789/14744/Villota%20Carranza%2c%20Diego%20Andr%c3%a9s.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Anexos

Anexo F
Vehículo.



Anexo G
Vehículo



Anexo I
Vehículo



Anexo H
Vehículo



Anexo K
Implementos electrónicos.



Anexo J
Implementos electrónicos.



Anexo M
Implementos electrónicos.



Anexo L
Implementos electrónicos.



Anexo O
Implementos electrónicos.



Anexo N
Implementos electrónicos.



Anexo P

Inventario aparatos electrónicos.

Nº	Equipos	CANTIDAD DE EQUIPOS
1	Aire acondicionado 18 BTU	17
2	Aire acondicionado 24 BTU	2
3	Aire acondicionado 60 BTU	3
4	Bomba de agua	1
5	Cafetera	1
6	Computadora	60
7	congelador	1
8	Dispensador de agua	7
9	Focos 15W	139
10	Impresora WF-6590	17
11	Laptops	7
12	Licuada	1
13	Lámpara	1
14	Microondas	2
15	Módem	1
16	Radio operativa	2
17	Refrigerador	4
18	Repetidores	2
19	Televisor 32 pulg	2
20	Televisor 42 pulg	3
21	Telefono base	2
22	Tostadora	1
23	Ups	41
TOTAL		317

Anexo Q**Inventario Vehículos.**

Nº	VEHÍCULOS	TIPO
1	Camioneta D-Max 2012	Disel
2	Camioneta Huynday h1 2012	Disel
3	Susuki vitara 2008	Gasolina
4	Moto Honda 120 cc	Gasolina