

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS



**CURSO DE ESPECIALIZACIÓN EN:**

**ECOEficiencia DE LOS PROCESOS INDUSTRIALES**

**DESARROLLO DE UN INVENTARIO DE EMISIONES DE GEI  
APLICANDO EL ESTÁNDAR GHG PROTOCOL (PROTOCOLO  
DE GASES EFECTO INVERNADERO) EN EMPRESA DE  
SUMINISTRO DE ALIMENTOS PARA EL AÑO 2022**

**PRESENTADO POR:**

**MARVIN JOSUÉ HENRÍQUEZ MELÉNDEZ**

**WILLIAM ROBERTO HENRÍQUEZ MELÉNDEZ**

**LUIS FERNANDO SOSA MARÍN**

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:**

**INGENIERO QUÍMICO**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, ENERO DE 2024**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR:**

**MSC. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA**

**SECRETARIO GENERAL:**

**LIC. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**DECANO:**

**ING. LUIS SALVADOR BARRERA MANCÍA**

**SECRETARIO:**

**ARQ. RAUL ALEXANDER FABIÁN ORELLANA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS**

**DIRECTORA INTERINA:**

**INGA. EUGENIA SALVADORA GAMERO DE AYALA**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS

CURSO DE ESPECIALIZACIÓN EN: ECOEFICIENCIA DE LOS  
PROCESOS INDUSTRIALES

**DESARROLLO DE UN INVENTARIO DE EMISIONES DE GEI  
APLICANDO EL ESTÁNDAR GHG PROTOCOL EN EMPRESA DE  
SUMINISTRO DE ALIMENTOS PARA EL AÑO 2022**

Para optar al título de:

**INGENIERO QUÍMICO**

Presentado por:

**MARVIN JOSUÉ HENRÍQUEZ MELÉNDEZ**

**WILLIAM ROBERTO HENRÍQUEZ MELÉNDEZ**

**LUIS FERNANDO SOSA MARÍN**

Docente asesor:

**ING. NELSON MAURICIO VAQUERO ANDRADE**

CIUDAD UNIVERSITARIA, ENERO DE 2024

TRABAJO DE GRADO APROBADO POR

DOCENTE ASESOR:

**ING. NELSON MAURICIO VAQUERO ANDRADE**

## **DEDICATORIAS MARVIN JOSUE HENRIQUEZ MELENDEZ**

Este trabajo está dedicado primeramente a Dios quien estuvo a mi lado y me dio fuerzas para seguir adelante, en segundo lugar a mi familia, especialmente a mis padres quienes no dejaron de creer y confiar en mí y por todo el tiempo y sacrificio que hicieron para que yo llegara hasta este momento, a mis hermanos quienes han sido un apoyo incondicional y quienes se preocuparon por mi formación académica.

## **AGRADECIMIENTOS MARVIN JOSUE HENRIQUEZ MELENDEZ**

Quiero agradecer primeramente a Dios por haberme permitido llegar hasta aquí, a mis padres por todo el esfuerzo y sacrificio que han hecho por sacarme adelante y quienes estuvieron en todo momento apoyándome y confiando en mí, a mi hermana por toda la ayuda que me ha dado incondicionalmente, a mi compañero de trabajo y hermano William por haber estado a mi lado confiando en mí y motivándome a lo largo de la carrera y a mi compañero de trabajo y amigo Fernando por haber sido un apoyo durante la carrera, agradecer a mis docentes y asesores que compartieron sus enseñanzas, especialmente a la Ing. Delmy Rico por su pasión por la enseñanza y ser una docente excepcional.

## **DEDICATORIAS LUIS FERNANDO SOSA MARIN**

Dedico este trabajo a mi familia, quienes me han apoyado de forma incondicional durante este proceso de aprendizaje y formación profesional.

A mis hermanos por haber confiado en mí y haberme apoyado cuando lo necesité y haberme dado un ejemplo a seguir.

A mi padre por haber dedicado tanto tiempo y esfuerzo en mi formación profesional, por haberme dado la oportunidad de continuar mis estudios.

Especialmente a mi madre, quien estuvo conmigo toda mi vida escuchándome, apoyándome, con su amor incondicional y paciencia, la que me acompañó en vigilia en las noches de estudio, la que me levantó de mis desánimos y me hizo ser quien soy, aunque ya no pueda acompañarme en esta vida, esta es mi manera de hacerle llegar este mensaje: “Si se pudo”.

## **AGRADECIMIENTOS LUIS FERNANDO SOSA MARIN**

Quiero agradecer a todas las personas que formaron parte de esta etapa de mi vida.

A mi familia.

A mis compañeros de clase con quienes compartí momentos y desafíos en cada etapa.

A mis docentes que me mostraron un camino a seguir y me orientaron con sus enseñanzas.

A mi docente asesor Ing. Nelson Mauricio Vaquero Andrade por su guía y orientación en este proyecto.

A mis compañeros de trabajo, William Henríquez y Marvin Henríquez, por su apoyo y su diligencia en la ejecución de los proyectos que realizamos en conjunto.

Agradecer especialmente a Ing. Delmy Rico por su apoyo y su genuina preocupación por el bienestar de sus alumnos, así como su compromiso con la enseñanza.

## **DEDICATORIAS WILLIAM ROBERTO HENRIQUEZ MELENDEZ**

Dedico este trabajo a Dios, y mi familia, quienes me han apoyado desde el inicio de mis estudios, a pesar de las dificultades que se han presentado, he sido capaz de sobrellevarlas gracias a su constante apoyo.

A mis padres y hermanos por haberme impulsado a cumplir mis metas sin importar las circunstancias, por el tiempo dedicado en mi proceso de formación y que me han llevado a este punto de mi vida en el cual de forma muy especial es un sueño tanto para mí, como para ellos.

## **AGRADECIMIENTOS WILLIAM ROBERTO HENRIQUEZ MELENDEZ**

Mis agradecimientos son principalmente a Dios quien me permitió culminar este camino en mi vida y que de igual manera me pudo ser acompañado de mi familia, la cual incondicionalmente ha buscado lo mejor para mi y son quienes me inspiraron a no rendirme en este camino.

A mis compañeros y amigos que de manera emocional o educativa formaron parte de esta etapa de mi vida y fueron clave para poder superar los obstáculos que se presentaron.

A los docentes que formaron parte de mi educación y sembraron una semilla de pasión por la carrera, dándome motivación para buscar culminar la carrera.

A mi docente Asesor, Ing. Nelson Mauricio Vaquero Andrade, quien fue paciente, y comprometido con sus alumnos, demostrando su pasión por la educación.

A la Ing. Delmy Rico y la Ing. Ana Cecilia Diaz de Flamenco quienes me motivaron con su compromiso con la enseñanza y sus alumnos.

Finalmente agradezco a mi hermano Marvin Henríquez y mi amigo Fernando Sosa, con quienes desde siempre estuvieron para apoyarme en tiempos difíciles.

## RESUMEN

El presente trabajo de aplicación lleva a cabo el desarrollo de un inventario de emisiones de gases de efecto invernadero en una empresa dedicada al suministro de alimentos para el año 2022, del cual se obtiene información sobre los procesos dentro de la misma que generan mayores emisiones de dióxido de carbono y que permite elaborar propuestas concordes con los resultados obtenidos que permitan la reducción de dichas emisiones.

La metodología planteada para el desarrollo del inventario de emisiones se basa en el estándar Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol), elaborado por el World Resources Institute y World Business Council for Sustainable Development. Estableciendo una serie de pasos, siendo el primero de estos la definición de las actividades y procesos que la empresa de suministro de alimentos lleva a cabo, además de los alcances de las mediciones de gases de efecto invernadero que están incluidas en el inventario al ser las principales fuentes de emisión de GEI, siendo las emisiones directas derivadas del consumo de diésel, GLP y refrigerante de alcance 1 y las emisiones indirectas derivadas del consumo de energía eléctrica de alcance 2. El segundo paso consiste en establecer el periodo del inventario, siendo este el año 2022, En el tercer paso se identifican las fuentes de emisión, describiendo cada una de las fuentes de combustión móvil, emisiones de proceso y emisiones fugitivas que aplican para el inventario, posteriormente con el cuarto paso se establece como método de cálculo un método híbrido, lo que permite la recolección de información por medición directa en el caso de energía eléctrica y a través de informes de control de los cuales la empresa tiene a su disposición como en el caso de los combustibles y refrigerantes, además se hace uso de factores de emisión para calcular las emisiones relacionadas a las fuentes identificadas al ser este uno de los métodos más usados en el desarrollo de inventarios de emisiones, procediendo a recolectar datos de cada una de las fuentes de emisión de los registros e inventarios de la empresa de suministro de alimentos, en el caso de los factores de emisión se aplicaron los Potenciales de Calentamiento Global del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), los factores de emisión específicos del Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica (IMN) al ser los más representativos y actualizados de la región y el factor de emisión de energía eléctrica del Dirección General de Energía, Hidrocarburos y Minas (DGEHM), siguiendo con el sexto y último paso en el cual se definen las ecuaciones que se utilizan para el cálculo de las emisiones de GEI y desarrollo del inventario.



El resultado del inventario de emisiones de la empresa de suministro de alimentos fue de 630.16 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente para el alcance 1, del cual el consumo de diésel es la principal fuente de emisiones con el 93% del total de las emisiones directas, para el alcance 2 se obtuvo un total de 497.93 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, siendo las cámaras frías y congelantes la principal fuente de emisión con el 93% de las emisiones indirectas debido al consumo de energía eléctrica.

Al identificar las principales fuentes de emisión se procede a generar propuestas orientadas a la disminución de dichas emisiones a través del uso de energías renovables, tecnologías más eficientes, concientización del personal de la empresa para el uso eficiente de equipos y luminarias, etc. Acompañando las propuestas con una factibilidad económica y ambiental para presentar un escenario atractivo para la empresa.

# Índice

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I.....	2
1. MARCO CONTEXTUAL .....	2
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2 Objetivo general y objetivos específicos.....	3
1.2.1 Objetivo general.....	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
1.3 Justificación.....	4
1.4 Beneficios esperados .....	5
1.5 Alcances .....	5
1.6 Limitaciones.....	6
1.7 Antecedentes .....	6
CAPÍTULO II .....	7
2 MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Efecto Invernadero.....	7
2.2 Gases de Efecto Invernadero (GEI).....	8
2.2.1 Clasificación de GEI.....	9
2.2.1.1 GEI directos.....	9
2.2.1.2 GEI indirectos .....	13
2.3 Emisiones de GEI en la industria alimentaria.....	14
2.3.1 Emisiones en el transporte y distribución de alimentos .....	14
2.3.2 Emisiones en la refrigeración de alimentos.....	16
2.4 GHG Protocol (Protocolo de Gases de Efecto Invernadero).....	17
2.4.1 Determinación de límites organizacionales.....	18
2.4.2 Determinación de Límites Operacionales .....	19
2.4.3 Contabilización y reporte de acuerdo con los alcances.....	20
2.4.4 Seguimiento a la información reportada.....	20
2.4.5 Identificación y cálculo de emisiones de GEI.....	21
2.4.6 Identificar fuentes de emisiones de GEI.....	21
2.4.7 Selección de un método de cálculo.....	22
2.4.8 Gestión de calidad el Inventario.....	22
2.4.9 Sistema de gestión de inventario.....	23
2.4.10 Enfoques para enviar los datos de emisiones de GEI a nivel corporativo.....	23
2.5 Guías generales .....	24

2.5.1	Guías generales ISO .....	24
2.5.2	ISO 14001: Sistema de gestión ambiental (SGA) (International Organization for Standardization, 2015) .....	26
2.5.3	ISO 14040: Evaluación del ciclo de vida (ACV) (International Organization for Standardization, 2006) .....	26
2.5.4	ISO 14064: Cuantificación y verificación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (International Organization for Standardization, 2006) .....	27
2.5.5	ISO 14067: Huella de carbono de productos (International Organization for Standardization, 2018) .....	28
2.6	Guías específicas .....	29
2.6.1	PAS 2060 – neutralización y reducción de huella de carbono.....	29
2.6.1.1	Principios de la norma PAS 2060 .....	29
2.6.1.2	Implementación.....	30
2.6.1.3	Alcances de la norma PAS 2060 .....	30
2.6.1.4	Limitantes.....	31
2.6.2	Bilan carbone.....	31
2.6.2.1	Objetivos .....	31
2.6.2.2	Implementación.....	31
2.6.2.3	Alcances .....	32
2.6.2.4	Limitantes.....	32
CAPÍTULO III.....		33
3	METODOLOGÍA Y ANÁLISIS .....	33
3.1	Definición de procesos y actividades de la empresa .....	33
3.2	Límites organizacionales.....	33
3.3	Límites operacionales.....	34
3.4	Periodo de inventario de GEI.....	34
3.5	Identificación de fuentes de emisión de GEI.....	35
3.6	Método de cálculo. ....	36
3.7	Recolección de datos de actividades y selección de factores de emisión.....	37
3.8	Cálculo de emisiones de GEI .....	39
CAPÍTULO IV.....		41
4	RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	41
4.1	Emisiones de alcance 1 .....	41
4.2	Emisiones de alcance 2 .....	43
4.2.1	Cálculo de consumo eléctrico de los equipos y aparatos eléctricos Consumo de energía de equipos de refrigeración.....	44
4.2.1.1	Consumo de energía de luminarias, equipos de aire acondicionado, Ordenadores y freidora. ....	46

4.2.1.2	Consumo Total De Energía Para El Año 2019 .....	48
4.3	Análisis de resultados.....	49
4.4	Propuestas para la reducción de las emisiones de GEI.....	50
4.4.1	Propuestas para disminuir emisiones generadas por consumo de combustible.....	50
4.4.2	Propuestas para disminuir emisiones generadas por el consumo eléctrico .....	55
4.4.3	Propuestas para disminuir emisiones generadas por fugas de refrigerantes.....	59
4.5	Factibilidad económica de las propuestas. ....	61
4.6	Recomendaciones adicionales.....	63
4.6.1	Compensación de CO <sub>2</sub> .....	63
CONCLUSIONES .....		66
BIBLIOGRAFÍA.....		68
ANEXOS.....		70

## Índice de Figuras

Figura 2.1	Composición química de la atmósfera terrestre.....	8
Figura 2.2	Niveles de CO <sub>2</sub> a lo largo del tiempo.....	10
Figura 2.3	Emisiones en la producción y transporte de distintos alimentos en comparación con otras industrias.....	15
Figura 4.1	Porcentaje de consumo energético anual en las instalaciones de la empresa de suministro de alimentos.....	47
Figura 4.2	Grafico de barras de emisiones de CO <sub>2</sub> equivalente en la empresa. ....	49
Figura 4.3	Flujo de efectivo esperado a 10 años por implementación de propuestas asumiendo TMAR =10%.....	62
Figura 4.4	Cálculo de inversión para compensar 200 Ton de CO <sub>2</sub> a través de la plataforma CeroCO <sub>2</sub> .....	64
Figura 4.5	Flujo de efectivo esperado a 10 años por implementación de propuestas asumiendo TMAR =10% e incluyendo inversión para compensar 200 Ton de CO <sub>2</sub> .....	64

## Índice de Tablas

Tabla 2.1	Principal gas refrigerante usado en los pasos de la cadena de frio en el sistema agroalimentario.....	16
Tabla 2.2	Factores de emisión para gases refrigerantes. ....	17
Tabla 2.3	Formas de reunir datos de emisiones de GEI .....	23
Tabla 2.4	Características de GHG Protocol.....	24
Tabla 2.5	Cuadro comparativo normas ISO .....	28
Tabla 3.1	Categorías fuentes .....	35
Tabla 3.2	Alcances de emisiones (Adaptado de GHG Protocol, 2005).....	36
Tabla 3.3	Fuentes para la obtención de información.....	37
Tabla 3.4	Potenciales de Calentamiento Global (GWP) .....	38
Tabla 3.5	Factores de emisión combustible Alcance 1.....	38

Tabla 3.6 Factores de emisión refrigerante Alcance 1 .....	39
Tabla 4.1 consumo de gas propano para el año 2022.....	41
Tabla 4.2 Consumo mensual de diésel .....	42
Tabla 4.3 Emisiones de CO <sub>2</sub> eq generados por el consumo de combustibles.....	43
Tabla 4.4 Emisiones de CO <sub>2</sub> eq generados por fugas de refrigerante.....	43
Tabla 4.5 Inventario de equipos que consumen energía eléctrica en las instalaciones. ....	44
Tabla 4.6 Especificaciones de equipos refrigerantes en cámaras frías.....	45
Tabla 4.7 Consumo eléctrico de equipos de cámaras refrigerantes.....	45
Tabla 4.8 Consumo eléctrico de luminarias, ordenadores, aires acondicionados y freidora.....	46
Tabla 4.9 Resumen de consumo eléctrico anual en las instalaciones (kWh) .....	47
Tabla 4.10 Emisiones de CO <sub>2</sub> eq correspondientes al consumo eléctrico.....	48
Tabla 4.11 Emisiones de CO <sub>2</sub> equivalente por alcance. ....	50
Tabla 4.12 Cuadro resumen de propuestas. ....	62
Tabla 4.13 Cuadro resumen de emisiones evitadas/compensadas.....	65

## INTRODUCCIÓN

Desde la revolución industrial se ha tenido un aumento exponencial en las emisiones de gases de efecto invernadero producidos por el ser humano, como consecuencia se está haciendo cada vez más evidente los efectos del cambio climático. Dentro de los gases de efecto invernadero, el que más se produce en el planeta es el CO<sub>2</sub>, el cual incluso los organismos vivos producen como un subproducto de sus actividades biológicas, pero más importante, son las actividades humanas las que lo han llevado a la atmosfera a una mayor escala, y es que desde la producción, almacenaje y distribución de productos y servicios de la humanidad, implican su producción, razón por la cual es un gas del cual se debe estar muy pendientes en cuanto a su regulación para lograr minimizar el impacto negativo que genera en el medio ambiente.

Un inventario de emisiones es una herramienta muy útil para cuantificar emisiones de gases de efecto invernadero en una organización, ya que este se centra en establecer los límites organizacionales y operacionales de la organización, así como las actividades que implican la generación de gases de efecto invernadero, el periodo en el cual se llevara a cabo el estudio y la metodología que se utiliza.

Al realizar un inventario de emisiones podemos conocer de forma real las cantidades de gases que generan las actividades de la organización, proceso, servicio o producto en estudio, de tal manera que, al conocer los resultados, también permite tomar acciones y medidas para disminuir o eliminar las dichas emisiones.

Cuando se realiza un inventario de emisiones es necesario establecen los alcances, los cuales comúnmente suelen ser alcance 1, 2 y 3, que contemplan las emisiones directas (provenientes de las actividades propias dentro de la empresa, como son las calderas, hornos y vehículos) e indirectas (relacionadas al consumo de energía eléctrica siempre y cuando permanezca dentro de los límites organizacionales).

Realizar un inventario de emisiones permite que las organizaciones o personas que las realizan tengan un mejor panorama de sus emisiones, de esta manera encontrar alternativas a sus actividades en las cuales además de minimizar sus emisiones, pueda también obtener beneficios económicos al encontrar brechas de eficiencia en sus procesos o actividades, que, al ser corregidos o eliminados, permitan un ahorro de dinero.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO CONTEXTUAL

### 1.1 Planteamiento del problema.

El clima como sabemos no ha sido constante a lo largo de la historia, los registros que se tienen indican cambios de origen natural que ha sufrido el planeta, sin embargo, en las últimas décadas se está viviendo un cambio climático acelerado por las actividades humanas, las cuales principalmente se deben a las grandes cantidades de gases de efecto invernadero (GEI) que se emiten a la atmosfera.

Una de las industrias con mayor contribución en la emisión de GEI es la alimenticia, y es que no se limita al procesamiento de productos alimenticios en una planta de producción, se contribuye en emisiones desde los campos donde se cosechan alimentos, el abono que se utiliza, la energía, combustible para su distribución, almacenamiento y muchos más aspectos relacionados a la elaboración de dichos productos.

Teniendo en cuenta lo anterior, un punto bastante relevante es el almacenamiento de los productos alimenticios refrigerados, ya que este tipo específico de alimentos conforma una gran variedad productos como son carnes y sus derivados, lácteos, postres y frutas. Para garantizar la inocuidad de los alimentos, estos deben permanecer en temperaturas de 35°-39°F, esto debido a que el crecimiento de los microorganismos que causan el deterioro de los alimentos se ve frenado cuando se enfrenta a estos intervalos de temperatura, pero para lograr mantener los alimentos en tales condiciones es necesario el uso de equipos de refrigeración.

Según CEPAL la refrigeración representa un 7.8% de las emisiones de GEI en el mundo donde el 63% se debe a las emisiones directas, es decir, fugas de fluorocarbonos como el CFC, HCFC y HFC y el 37% a la producción de energía para que los equipos puedan funcionar. Cabe mencionar que dichos valores crecen cada vez más debido al crecimiento poblacional que a su vez requieren un aumento en la producción de alimentos.

La refrigeración de alimentos no es únicamente utilizada en el almacenaje de los productos alimenticios en los centros de producción y almacenaje, sino en su transporte, ya que como se mencionó anteriormente, los alimentos refrigerados necesitan mantenerse de esa forma en todo momento, por lo que como se podría pensar, también es necesario emplear equipos de

refrigeración en el transporte utilizado para llevarlos al final de su cadena, por lo que la distribución también necesita tener equipos refrigerantes. A esto se le suma el tema de combustibles utilizados para los vehículos, que como sabemos son fuentes emisoras de GEI.

Según el primer informe Bienal de Actualización El Salvador en el año 2018, el 30.7% de las emisiones de GEI en El Salvador pertenecían al sector energía para el año 2014, en el cual se menciona la gran contribución de grandes sistemas de refrigeración industrial dentro de la industria alimentaria, producción, almacenamiento y de bebidas.

Para disminuir la emisión causada por empresas destinadas al almacenamiento, producción y distribución de productos alimenticios, es necesario identificar mantenimiento y mejoras en equipos de refrigeración ya que su consumo energético y fugas de gases son responsables de gran parte de las emisiones de GEI no solo en el país, sino en el mundo.

## **1.2 Objetivo general y objetivos específicos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Desarrollar un inventario de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) aplicando el estándar GHG Protocol, con el fin de generar una propuesta para la reducción de emisiones de una empresa de suministro de alimentos para el año 2022

### **1.2.2 Objetivos específicos**

1. Identificar las fuentes directas e indirectas que generan emisiones de GEI en la empresa.
2. Cuantificar el inventario de emisiones de fuentes directas y consumo de energía eléctrica para el año 2022.
3. Generar propuestas que permitan disminuir la emisión de GEI en la empresa a través de acciones enfocadas en la ecoeficiencia.
4. Realizar una factibilidad económica y ambiental analizando los indicadores económicos de las propuestas generadas.



### **1.3 Justificación**

La emisión de gases de efecto invernadero (GEI) es la principal razón del cambio climático a nivel mundial, gases como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) son liberados a la atmosfera principalmente como resultado de la quema de combustibles fósiles para la producción de energía, elaboración de productos o distribución de servicios, estas emisiones son un factor importante a considerar en todo tipo de proyectos destinados a la gestión de recursos naturales en todo tipo de organización o empresa, sin embargo estas cobran mayor relevancia en la industria alimenticia, la Organización de las Naciones Unidas establece que más de un tercio de todas las emisiones de gases de efecto invernadero se relacionan con los alimentos, principalmente en uso de terreno y agricultura; y una buena parte de estas emisiones de gases de efecto invernadero son causadas por el almacenamiento y transporte de los alimentos, así como también por procesos industriales relacionados con los mismos.

El Salvador cuenta con un desarrollo comercial notable, a lo largo de los años diversas empresas nacionales y extranjeras han logrado establecerse en el mercado alimenticio de la nación, desde comida rápida hasta restaurantes gourmet, el crecimiento es evidente y a la vez preocupante si se considera la cantidad de gases de efecto invernadero que se emiten a la atmosfera anualmente debido a las actividades comerciales de las grandes marcas de las cadenas de alimentos presentes en el país y la poca o nula información disponible acerca de los aportes de emisiones y acciones contaminantes de estas cadenas de alimentos.

De esta manera nace la necesidad de conocer cuál es el papel que juegan estas cadenas de alimentos en el ámbito medioambiental del país, de qué manera miden y cuantifican las emisiones producidas por sus operaciones, y es que registrar y cuantificar emisiones no es importante únicamente para corroborar la responsabilidad medioambiental de las instituciones, las empresas pueden beneficiarse de diversas maneras al poseer información acerca de sus operaciones y sus respectivas emisiones, dentro de los cuales se puede mencionar el beneficio de poder reducir costos de operación y poder establecer comparativas y líneas de tendencia a lo largo del tiempo que relacionen volumen de emisiones y los costos que conllevan los mismos para poder plantearse objetivos y metas que busquen favorecer el rendimiento de la empresa y realzar su presencia en el mercado.

Este estudio se centra en una corporación de alimentos con presencia a nivel internacional, busca establecer y cuantificar un inventario de emisiones a través de la guía del Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (ECCR) establecida en el GHG Protocol (Protocolo de Gases de Efecto Invernadero). Para ello se establece como sujeto de estudio una sub empresa de la corporación, cuyo rubro es el almacenaje y distribución de suministros de alimentos congelados y no congelados, con el fin de generar un informe de emisiones provenientes de las actividades que se llevan a cabo en ella para el año 2022, estableciendo límites organizacionales y operacionales para la recolección de datos y con la información recolectada, se busca identificar las áreas de mayor emisión de GEI, catalogarlas como posibles áreas de mejora y realizar propuestas que permitan reducir el volumen de emisiones de la organización y por lo tanto incrementar la eficiencia de sus operaciones y en consecuencia disminuir costos operacionales.

#### **1.4 Beneficios esperados**

1. Cuantificar la cantidad de energía eléctrica, gases refrigerantes y combustibles consumidos por la empresa para el año 2022.
2. Presentar propuestas basadas en ecoeficiencia con respecto a los cambios de equipos, combustibles y prácticas ineficientes como alternativa para disminuir la emisión de GEI y que además sean factibles económicamente para la empresa.
3. Ofrecer a la empresa información con respecto a sus principales fuentes de emisiones de GEI que ayude a la alta gerencia a plantear una estrategia efectiva en la reducción de estas.

#### **1.5 Alcances**

El inventario de emisiones de GEI se realizará en una empresa dedicada al suministro de alimentos ubicada en el área de San Salvador, de la cual se tiene el apoyo para proporcionar la información necesaria para el desarrollo del presente trabajo de aplicación.

Los alcances fueron establecidos siguiendo los límites operacionales descritos en el GHG Protocol (Protocolo de Gases de Efecto Invernadero), siendo estos las emisiones directas (alcance 1) y emisiones indirectas por consumo de energía eléctrica (alcance 2).

## **1.6 Limitaciones**

Durante el desarrollo del trabajo de aplicación se tiene presente una limitación en cuanto a la información del consumo eléctrico mensual correspondiente a la factura de energía de la empresa, por lo que se realizaron mediciones directas de corriente de las cámaras de refrigeración y congelación además de las estimaciones en los consumos de energía los equipos eléctricos y luminarias basándose en el tiempo de uso y la información técnica respectiva.

## **1.7 Antecedentes**

La empresa de suministro de alimentos cuenta con un estudio de la huella de carbono del año 2019 en donde se definen tres alcances.

En dicho estudio se identifican las mayores fuentes emisoras de GEI siendo la principal el consumo de energía eléctrica, seguido del consumo de combustible diésel y el asociado a las emisiones fugitivas de refrigerante, concluyendo con la importancia de optar por alternativas más ecológicas en cuanto a la flota de camiones, y uso de refrigerantes.

## CAPÍTULO II

### 2 MARCO TEÓRICO

Los gases de efecto invernadero han existido desde siempre en nuestro planeta, estos son producidos de manera natural por las actividades biológicas de plantas y animales. Su incremento en el último siglo se han debido a las actividades humanas y la sobrepoblación que exige cada vez de más recursos, por esta razón el aumento de los GEI está generando un cambio climático más drástico, a continuación, se describen de manera más amplia dicho fenómeno.

#### 2.1 Efecto Invernadero.

Se conoce como efecto invernadero al fenómeno en el cual la radiación térmica emitida por la superficie planetaria es absorbida por un determinado gas transformándose en movimiento molecular interno que produce un aumento de temperatura. Tradicionalmente se asocia a un domo conformado por gases los cuales provocan que la radiación solar se mantenga “encerrada” en la atmosfera del planeta, de esta manera el incremento de temperatura provoca diversos efectos en todo el planeta, desde olas de calor hasta lluvias torrenciales, el efecto invernadero es un factor directo que provoca impactos ambientales graves en las regiones más vulnerables. “El efecto invernadero se refiere a un mecanismo por medio del cual la atmósfera de la tierra se calienta”. (Caballero, Lozano, & Ortega, 2007)

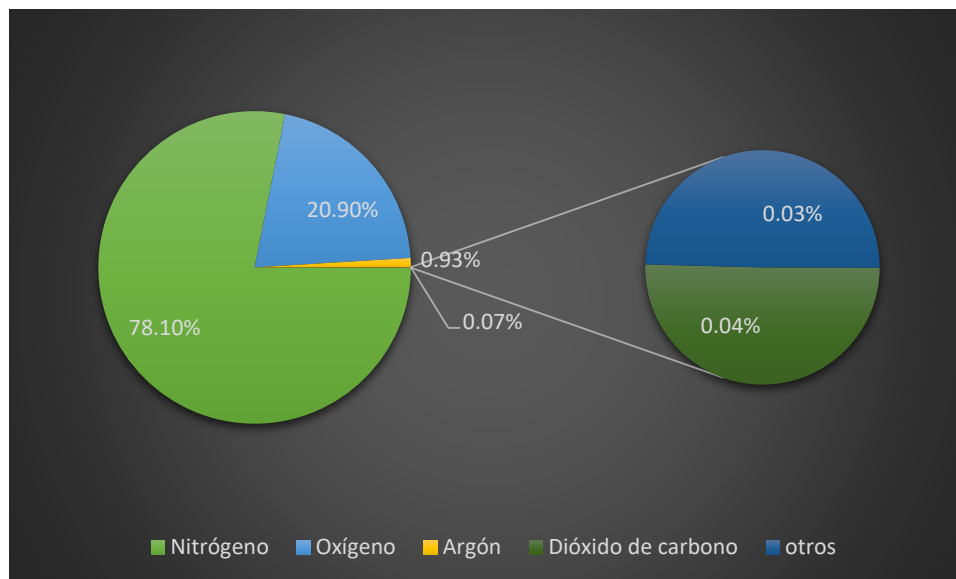
La atmosfera es un conjunto de gases que poseen comportamientos diversos y únicos, por sí misma la atmosfera tiene un bajo poder de absorción en la parte visible del espectro, sin embargo, posee un poder de absorción significativo de luz ultravioleta, del mismo modo, la atmosfera tiene buena capacidad para absorber radiación infrarroja, y esto es debido a la presencia de gases como el metano y el óxido nitroso en su composición.

La atmósfera seca está compuesta casi enteramente de nitrógeno (en una relación de mezcla volumétrica de 78,1%) y oxígeno (20,9%), más una serie de oligogases<sup>1</sup> como el argón (0,93%), el helio y gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono (0,035%) y el

---

<sup>1</sup> Oligogases: gases que se encuentran en pequeñas cantidades.

ozono tal y como se muestra en la Figura 2.1. Además, la atmósfera contiene vapor de agua en cantidades muy variables (alrededor del 1%) y aerosoles. (Benavides y León, 2007).



**Fuente:** Adaptado de la nota técnica “Información técnica sobre gases de efecto invernadero y cambio climático” de IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia).

**Figura 2.1** Composición química de la atmósfera terrestre.

La absorción de radiación infrarroja procedente de la Tierra es importante en el balance energético de la atmósfera. Esta absorción por los gases traza, calienta la atmósfera, estimulándolos a emitir radiación de onda más larga. Parte de esta radiación es liberada al espacio y otra es irradiada nuevamente a la superficie de la tierra, suministrando una fuente de energía adicional a la radiación solar directa. (Benavides y León, 2007)

Los gases en la atmósfera que absorben la radiación saliente son conocidos como Gases de Efecto Invernadero (GEI).

## 2.2 Gases de Efecto Invernadero (GEI).

Los gases de efecto invernadero son los componentes gaseosos de la atmósfera, existen de forma natural, así como también producidos debido a las acciones del ser humano

(antropógenos), los GEI absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de onda emitida por la superficie de la Tierra.

En la atmosfera terrestre, los principales GEI son el vapor de agua (H<sub>2</sub>O), el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), el metano (CH<sub>4</sub>) y el ozono (O<sub>3</sub>), todos los mencionados anteriormente son gases naturales, sin embargo también existen gases fabricados por el ser humano, entre ellos es posible mencionar halocarbonos y sustancias que contienen cloro y otros componentes químicos diversos, muchos de ellos regulados por el protocolo de Montreal como el hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), los Hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC). (Benavides y León, 2007).

### **2.2.1 Clasificación de GEI.**

Los GEI se pueden clasificar en:

- i. GEI Directos: gases que contribuyen al efecto invernadero tal como son emitidos a la atmosfera.
- ii. GEI Indirectos: son gases precursores de ozono troposférico, contaminantes que al alcanzar la atmosfera se convierten en gases de efecto invernadero.

#### **2.2.1.1 GEI directos.**

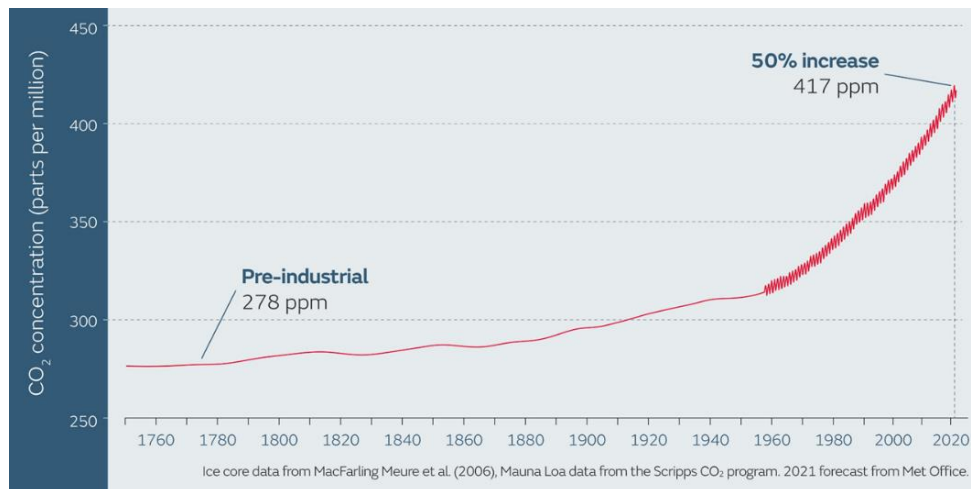
Los GEI Directos son los gases generados directamente por actividades antropogénicas<sup>2</sup>, representan una preocupación significativa para la estabilidad ambiental, comprender la dinámica de los GEI directos es fundamental para evaluar el impacto ambiental de los mismos y para poder desarrollar estrategias efectivas de mitigación. A continuación, se ofrece un análisis exhaustivo de los gases de efecto invernadero que entran en la categoría de GEI directos.

- i. Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)**
  - a. El CO<sub>2</sub> es uno de los gases más comunes e importantes en el sistema atmosfera-océano-Tierra.

---

<sup>2</sup> Actividades antropogénicas: acciones, procesos o impactos causados directamente por la actividad humana.

- b. El dióxido de carbono es el GEI asociado a las actividades humanas, prácticamente todas las actividades que el ser humano realiza son una fuente generadora de dióxido de carbono, utilizar un medio de transporte como automóvil, transporte público como buses o trenes, son hechos generadores de dióxido de carbono.
- c. El CO<sub>2</sub> se emite principalmente por actividades que involucran consumo de combustibles fósiles (carbón, petróleo y derivados), así como también por la tala y quema de bosques. La concentración de CO<sub>2</sub> a escala global ha experimentado variaciones a lo largo del tiempo, como puede observarse en la figura 2.2 un evidente aumento en la concentración de CO<sub>2</sub> en las últimas décadas.



**Fuente:** Imagen obtenida del sitio web del Instituto de Oceanografía de San Diego (Scripps Institution of Oceanography).

**Figura 2.2** Niveles de CO<sub>2</sub> a lo largo del tiempo.

## ii. Metano (CH<sub>4</sub>)

- a. El metano es un gas importante y fuerte dentro de los Gases de Efecto Invernadero, la fuente más importante de metano es la descomposición de materia orgánica en sistemas biológicos:
  1. Actividades agrícolas: descomposición en condiciones anaerobias, estiércol generado por ganado, cultivos de arroz bajo riego y residuos agrícolas.

2. Disposición de residuos sólidos.
  3. Tratamiento anaerobio de aguas residuales.
  4. Otra de las fuentes importantes de metano está relacionada con la producción y distribución de gas natural.
- b. El metano, posee un efecto bastante grande a nivel global debido a las emisiones por fermentación intestinal de los animales rumiantes. El desfogue<sup>3</sup> del intestino de una vaca es perjudicial para el medio ambiente, se estima que cada vaca produce 90 kilos de metano al año, lo que equivale, en términos energéticos a alrededor de 120 litros de gasolina.

“Las emisiones fugitivas de metano desde actividades relacionadas con gas y petróleo probablemente contabilizan cerca 30 a 60 Tg por año de las emisiones globales de metano” (Benavides y León, 2007)

### **iii. Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O)**

- a. El óxido nitroso, contribuye con cerca del 6% del forzamiento del efecto invernadero. Sus fuentes son varias: los océanos, la quema de combustible y biomasa y actividades agrícolas. Su principal sumidero es a través de reacciones fotoquímicas que afectan la abundancia del ozono.
- b. La fuente más importante de óxido nitroso son las emisiones generadas por suelos agrícolas, esto debido al uso de fertilizantes en las tierras de cultivos, es decir, debido a procesos de nitrificación del suelo.
- c. Otras fuentes de N<sub>2</sub>O son: producción de ácido nítrico, tratamiento de aguas residuales y quema de residuos.

### **iv. Compuestos Halogenados.**

- a. Se conoce como compuestos halogenados a los halocarbonos, estos tienen efectos sobre el forzamiento tanto de forma directa como indirecta.
- b. Dentro de estos compuestos podemos incluir a los gases refrigerantes, ejemplo de ellos son los clorofluorocarbonos (CFCs), una familia de compuestos que no existen de forma natural en el ambiente. Su fabricación data de principios de los

---

<sup>3</sup> Desfogue: sinónimo de desahogo, bajo este contexto, liberación de gases intestinales.



años 30, su principal uso es la refrigeración, sin embargo, su producción ha sido prohibida por el Protocolo de Montreal.

- c. Los compuestos halogenados son poco reactivos en la troposfera, sin embargo, en la estratosfera pierden los átomos de cloro y dan paso a la destrucción catalítica del ozono.
- d. Los hidrofluorocarbonos (HFC<sub>s</sub>) y perfluorocarbonos (PFC<sub>s</sub>) no destruyen la capa de ozono y no están cubiertos dentro del protocolo de Montreal, sin embargo, son poderosos GEIs.

**v. Ozono troposférico**

- a. El ozono está presente en la estratosfera de la Tierra, protege de la radiación ultravioleta. Durante las últimas décadas, se ha visto afectado debido a las emisiones de halocarbonos (CFCs), han disminuido las concentraciones dando como resultado un forzamiento radiactivo negativo.
- b. El ozono es un gas de efecto invernadero que en altas concentraciones perjudica en lugar de contribuir a la protección del planeta. El ozono es producido a partir de reacciones químicas complejas de compuestos orgánicos volátiles que se mezcla con óxidos de nitrógeno en presencia de luz solar.

**vi. Vapor de agua**

- a. El vapor de agua es el gas más abundante en el planeta tierra, la atmosfera y las nubes son parte primordial del invernadero planetario. Las actividades humanas no afectan directamente la concentración de vapor de agua en la atmosfera, sin embargo, el forzamiento producido por otros GEI si pueden afectar directamente el ciclo hidrológico. Una atmosfera más caliente incrementará su contenido de vapor de agua lo cual afectará la formación de nubes.
- b. Las nubes son capaces de reflejar la luz solar nuevamente hacia el espacio, dando origen a un proceso de enfriamiento natural del planeta, por otro lado, las nubes delgadas, al ser frías en sí mismas, atrapan el calor que irradia el planeta. La temperatura del aire bajo ellas puede aumentar.

### **2.2.1.2 GEI indirectos**

Los gases de efecto invernadero indirectos, tienen un papel crucial en el cambio climático, si bien su influencia es menor en comparación a los GEI directos, es importante comprender como ciertos GEI indirectos como los óxidos de nitrógeno, metano y vapor de agua son capaces de desencadenar impactos atmosféricos significativos al influir en la formación de ozono y participar activamente en procesos de acidificación atmosférica.

#### **i. Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)**

- a. Los óxidos de nitrógeno son una familia de gases que se originan en procesos antropogénicos y naturales, desde centrales de energía hasta relámpagos y actividad microbiana. Los óxidos de nitrógeno son GEI indirectos que han sido objeto de política ambientales por su rol en la formación de ozono y por sus efectos de acidificación directa y porque controlan la concentración de radicales hidroxilos.
- b. La mayoría de los NO<sub>x</sub> emitidos desde el carbón es formado del combustible en sí mismo. Excesos de aire y altas temperaturas pueden aumentar la producción de NO<sub>x</sub>.

#### **ii. Monóxido de carbono (CO)**

- a. Si bien se ha establecido que el CO no contribuye directamente al efecto invernadero, a causa de su influencia sobre los radicales OH, el CO tiene la capacidad de afectar indirectamente la formación de otros GEI tales como el metano y el ozono.
- b. El monóxido de carbono se genera cuando el carbono de los combustibles es quemado de manera incompleta, posteriormente se oxida a CO<sub>2</sub> a través de procesos naturales. La mayoría de las emisiones de CO proviene de los automotores.
- c. El tamaño y la edad del equipo son factores que influyen en el control de la combustión y en la cantidad de emisiones que estos producen, un equipo más moderno es capaz de reducir considerablemente las emisiones.

### **2.3 Emisiones de GEI en la industria alimentaria.**

La industria alimentaria es el sector productivo que se encarga de los procesos relacionados con los alimentos, entre ellos se encuentran: transporte, recepción de la materia prima, manipulación y almacenamiento, procesamiento o transformación, conservación y servicio del alimento al consumidor. Dicha industria es una de las más grandes a nivel mundial y es de vital importancia para la sociedad, que dado a factores como el crecimiento poblacional y económico han incrementado la demanda de alimentos, tanto que un estudio de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura proyecta un incremento del 70% en la producción de alimentos base plantas y animales para el 2050 (Xu *et al.* 2021).

Alrededor del 35% de las emisiones de GEI globales son producidas por la industria alimentaria, equivalente a 17 mil 300 millones de toneladas métricas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) anuales, incluyendo los procesos de almacenamiento y transporte, en donde la producción de alimentos de origen animal produce el 57 % de las emisiones de efecto invernadero, la de alimentos de origen vegetal el 29 % y el 14 % son para las emisiones agrícolas derivadas de productos que no son empleados como alimentos (Xu *et al.* 2021).

Las emisiones producidas por la industria alimentaria muestran la importancia de implementar estrategias que permitan reducir las emisiones de GEI en todos los procesos que integran dicha industria, como menciona Aguilera *et al* (2020):

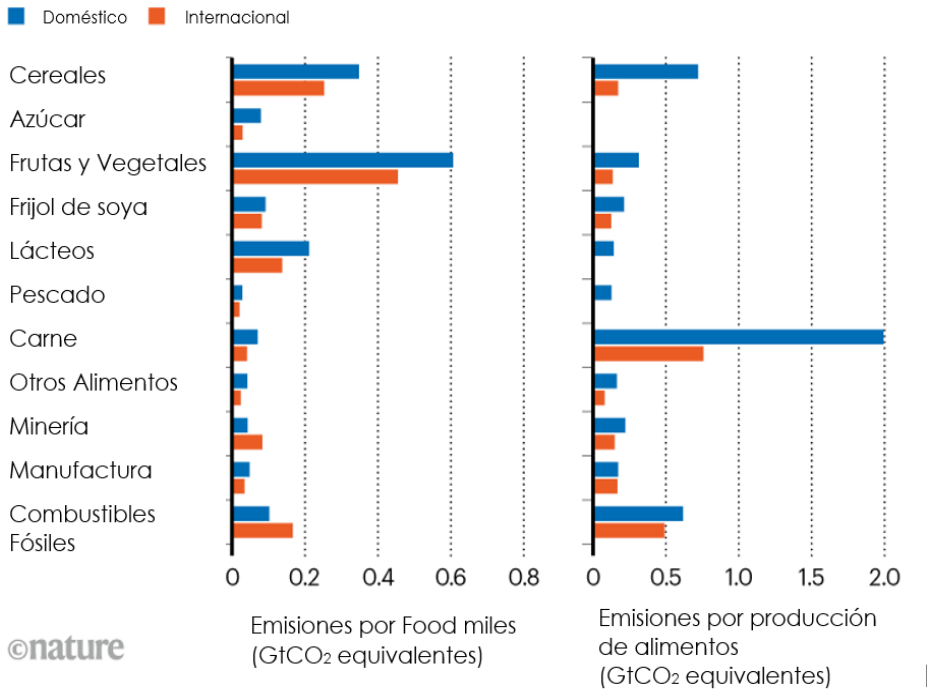
Gran parte son emisiones indirectas debidas a la producción y transporte de insumos o productos de consumo, incluyendo las asociadas a cambios de uso del suelo, sobre todo para la implantación de monocultivos de exportación. Estos datos ponen de relieve la necesidad de implementar estrategias de reducción de emisiones que no se centren únicamente en la fase de producción, sino que la trasciendan, alcanzando otros ámbitos del sistema agroalimentario como son el procesado, distribución, consumo y gestión de residuos. (p. 20)

#### **2.3.1 Emisiones en el transporte y distribución de alimentos**

Un proceso importante en la industria alimentaria es el transporte, en el cual se precisa movilizar materia prima y productos terminados puntos de almacenamiento, distribución o

venta, para lo cual es necesario el uso de vehículos para el transporte de alimentos que pueden o no ser refrigerados.

Los combustibles fósiles son uno de los principales recursos necesarios para la realización de este proceso, tomando en cuenta la distancia desde la producción del alimento hasta el consumidor final el transporte de alimentos llega a ser una parte importante en las emisiones de GEI en la industria alimentaria, llegando a contribuir cerca del 20% en las emisiones de GEI del sistema alimentario total, llegando a superar a las emisiones generadas en el transporte de minería y otras industrias como se observa en la Figura 2.3 en el caso del consumo de frutas y verduras el transporte llega al 36% de emisiones, casi el doble de las emisiones de GEI liberados en su producción. (Mengyu et al, 2022).



**Fuente:** Emisiones en el transporte y producción de alimentos (Mengyu et al, 2022).

**Figura 2.3** Emisiones en la producción y transporte de distintos alimentos en comparación con otras industrias.

### 2.3.2 Emisiones en la refrigeración de alimentos

Una gran variedad de alimentos necesita ser refrigerados ya sea para ser almacenados o transportados, el conjunto de etapas en las que se controla la temperatura de los alimentos se conoce como cadena de frío, y juega un rol importante manteniendo la seguridad alimentaria, esta contiene una serie de actividades, entre las cuales se incluyen el pre enfriamiento, transporte refrigerado, almacenamiento y distribución, las cuales permiten asegurar la calidad y seguridad alimentaria.

Este proceso comúnmente tiene un alto consumo de energía, que principalmente proviene del consumo de combustibles fósiles (emisiones directas), además de las potentes emisiones de GEI provenientes de las fugas de gases refrigerantes necesarios durante el proceso de refrigeración y congelación del sistema agroalimentario, observándose en la Tabla 2.1 los principales gases refrigerantes utilizados en dichos procesos.

**Tabla 2.1** Principal gas refrigerante usado en los pasos de la cadena de frío en el sistema agroalimentario.

<b>Pasos según FAOSTAT</b>	<b>Principal gas refrigerante utilizado</b>
Refrigeración Industrial	R-404A
Refrigeración en Transporte	R-404A y R-452A
Refrigeración Comercial	R-404A
Refrigeración Domestica	R-134A

**Fuente:** Pasos de la cadena de frío en el sistema agroalimentario (Flammini *et al*, 2023).

Nota: R-134A, R-404A y R-452A son refrigerantes basados en HFC, siendo los últimos dos una mezcla de múltiples HFC, R-404A tiene una composición de 44% de HFC-125, 4% HFC-134a y 52% de HFC-143a. Mientras que R-452A tiene una composición de 59% de HFC-125, 11% HFC-32 y 30% de HFO-1234yf.

### Factores de emisión

Los factores de emisión mostrados en la Tabla 2.2 están basados en el “IPCC Fifth Assessment Report”.

**Tabla 2.2** Factores de emisión para gases refrigerantes.

<b>Sustancia</b>	<b>Potencial de calentamiento global</b>
HFC-32	677
HFC-125	3170
HFC-134a	1300
HFC-143a	4800

Fuente: Quinto informe de evaluación (IPCC, 2014).

#### **2.4 GHG Protocol (Protocolo de Gases de Efecto Invernadero)**

Esta metodología es ampliamente utilizada por muchas industrias, ONG's y programas gubernamentales de GEI, donde se utiliza como estándar para desarrollar un sistema de contabilidad y reporte de emisiones de GEI, así como promover la adopción de estas herramientas.

“La existencia de una metodología como esta simplifica la necesidad de diseñar protocolos de recopilación y cálculo de las emisiones para las organizaciones ofreciéndoles la posibilidad de que puedan plantear estrategias de reducción de emisiones, así como facilitar su participación en programas de reducción de GEI” (Ihobe, 2013)

El Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol) es la herramienta internacional utilizada para el cálculo y la comunicación del inventario de emisiones. Fue la primera iniciativa orientada a la contabilización de emisiones con el objetivo de entender, cuantificar y gestionar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

Para medir las emisiones de GEI, las empresas deben llevar a cabo un inventario de emisiones. En términos simples este proceso implica recopilar datos sobre las diferentes fuentes de emisiones y calcular la cantidad de gases emitidos en términos de carbono equivalente.

Para que un reporte de emisiones de GEI sea relevante, la información que este contenga debe ser necesaria para la toma de decisiones, es importante establecer de manera adecuada los límites con los cuales se ha de trabajar. (WBCSD, 2005)

### 2.4.1 Determinación de límites organizacionales.

Las empresas pueden variar la estructura de sus operaciones, existen empresas que pueden llevar a cabo todas sus operaciones bajo su propiedad, o bien llevarlas a cabo mediante alianzas corporativas, cualquiera que fuere el caso, al llevar a cabo un levantamiento de inventario de emisiones la empresa deberá establecer cuál será su enfoque para definir las unidades de negocio y operaciones que constituirán la base para fines de contabilidad y reporte de emisiones de GEI.

#### i. Enfoque de participación accionaria.

En este enfoque la empresa contabiliza las emisiones de GEI de acuerdo con la proporción participativa que posee en el desarrollo de la operación a contabilizar, esto refleja un interés puramente económico por parte de la empresa. La distribución de los riesgos y beneficios económicos de una operación dependerá de los porcentajes de propiedad.

Es necesario, por lo tanto, que, para cada una de las operaciones a considerar, el personal encargado de levantar el inventario de GEI posea la información necesaria en términos de participación de la empresa para poder detallar de manera apropiada en el inventario de emisiones la información relevante para la empresa.

#### ii. Enfoque de control

Bajo este enfoque, la empresa contabiliza el 100% de sus emisiones de GEI atribuibles a las operaciones sobre las que ejerce control. El enfoque de control permite a la empresa decidir cuál criterio utilizar, puede ser un enfoque control financiero o un control operacional.

- a. **Control financiero:** Se denomina control financiero a la capacidad de la empresa de dirigir la operación a través de sus políticas financieras y operativas con el fin de obtener beneficios económicos. Es decir, si la actividad genera la mayor parte de los beneficios para la empresa, se dice que la empresa posee control financiero sobre dicha actividad.
- b. **Control Operacional:** Una empresa ejerce control operacional si tiene autoridad para introducir políticas operativas en la operación. Es decir que controlan directamente la operación, si la empresa opera una instalación (fabrica, bodega, restaurante) se dice que la empresa posee control operacional sobre dicha

instalación, debido a que estas se rigen a través de las políticas operativas de la empresa.

#### **2.4.2 Determinación de Límites Operacionales**

Una vez determinados los límites organizacionales, surge la necesidad de establecer los límites bajo los cuales se regirá el inventario de emisiones, establecer límites operacionales con respecto a las emisiones facilitará el manejo del proceso y la identificación de oportunidades de mejora. (WBCSD, 2005)

Se definen entonces las emisiones directas de GEI y las emisiones indirectas de GEI, siendo las emisiones directas las que están controladas por la empresa y las emisiones indirectas consecuencias de las actividades de la empresa, pero que ocurren en fuentes que son propiedad de otra empresa.

Para delimitar de forma clara y concisa estos tipos de emisiones, se establecen alcances para propósitos de contabilidad y reporte de GEI.

- i. Alcance 1: Emisiones directas de GEI:** Las emisiones directas ocurren de fuentes que son propiedad de o están controladas por la empresa, es decir, emisiones provenientes de combustión en calderas, hornos, vehículos, etc. El alcance 1 tiene limitaciones, en él no deben incluirse emisiones provenientes de combustión de biomasa, del mismo modo las emisiones de GEI como CFCs, NOx, etc, no deben incluirse en el alcance 1, pero pueden reportarse de forma separada.
- ii. Alcance 2: Emisiones indirectas de GEI, asociadas a la electricidad:** El alcance 2 se enfoca en las emisiones de la generación de electricidad adquirida y consumida por la empresa a través de sus actividades siempre y cuando estas permanezcan dentro de sus límites organizacionales.
- iii. Alcance 3: Otras emisiones indirectas:** El alcance 3 permite incluir el resto de las emisiones indirectas. Las emisiones que se ubican en esta categoría ocurren como consecuencia de las actividades de la empresa, pero en fuentes que no son de su propiedad ni están controladas por la misma. Esto ocurre generalmente al



tercerizar procesos de producción o distribución de mercancía o producto, transporte de combustible y uso de servicios vendidos.

### **2.4.3 Contabilización y reporte de acuerdo con los alcances.**

Las empresas se ven en la necesidad de realizar la contabilización y reporte de las emisiones de los alcances 1 y 2 de manera separada. Es posible que algunas empresas decidan subdividir los datos de emisiones en alcances que faciliten el manejo de la información.

Por su parte el alcance 3 es un alcance opcional, las empresas no están obligadas a incluirlos en sus inventarios de emisiones, del mismo modo, pueden optar por adicionar datos de emisiones para otros GEI contemplados en el protocolo de Montreal y establecer comparativas que proporcionen contexto a los cambios de niveles de emisión en los gases del protocolo de Kioto.

Los tres alcances son capaces de explicar el desarrollo de las operaciones de una empresa de manera muy completa y detallada, en conjunto, los tres alcances ofrecen un marco de contabilidad que permite el manejo eficiente y reducción de emisiones ya sea directas o indirectas.

### **2.4.4 Seguimiento a la información reportada.**

Las empresas, a lo largo del tiempo experimentan cambios significativos que modifican su estructura o su funcionamiento, al tratar de levantar un inventario de emisiones, sucesos como este son capaces de alterar por completo el perfil histórico de emisiones, son cambios que dificultan el manejo y análisis de la información, resulta complicado establecer una comparación entre dos periodos de tiempo distintos debido a las circunstancias dadas en cada uno.

Una comparación relevante y consistente de las emisiones a través del tiempo es una herramienta muy útil que permite establecer estrategias de mejora capaces de mejorar los aspectos identificados a través del análisis de tendencia de los datos recopilados.

En algunos casos, las empresas ya poseen historial de emisiones de años anteriores, lo que facilita las comparativas de información con el fin de evaluar el avance de la empresa en términos de incremento de eficiencias de proceso y disminución de emisiones, sin embargo,

lo común es que la empresa interesada en levantar un inventario de emisiones no posea registro alguno, por lo que el levantamiento de inventario constituiría al año base que podrá utilizarse en el futuro para evaluar el progreso alcanzado.

#### **2.4.5 Identificación y cálculo de emisiones de GEI.**

Cuando los límites han sido establecidos de manera correcta, basándose en los criterios y objetivos que la empresa desea seguir, el siguiente paso es la identificación y cuantificación de emisiones.

#### **2.4.6 Identificar fuentes de emisiones de GEI**

Como primer paso se debe proceder con la identificación de las fuentes de emisión de GEI para lo cual se establecen categorías definidas para algunos tipos de fuentes para lo cual las herramientas de aplicación de la metodología GEI se dividen en dos:

- i. **Herramientas intersectoriales:** Pueden ser aplicadas a distintos sectores. Estas incluyen: combustión fija, combustión móvil, uso de HFC en refrigeración y aire acondicionado, e incertidumbre en la medición y estimación.
- ii. **Herramientas sectoriales:** Están diseñadas para calcular emisiones en sectores específicos, como aluminio, hierro y acero, cemento, petróleo y gas, pulpa y papel, organizaciones basadas en oficinas, etc.

Dichas herramientas de cálculo están disponibles en el sitio web del protocolo GEI, a continuación, se mencionan algunas de las herramientas de cálculo.

- i. **Combustión fija – intersectorial:** La combustión fija es la que se lleva a cabo en equipos estacionarios generalmente de gran tamaño: Calderas, hornos, quemadores, turbinas, calentadores, etc.
- ii. **Combustión móvil – intersectorial:** Se da en medios de transporte como automóviles, camiones, autobuses, embarcaciones, etc.

- iii. **Emisiones de proceso – sectorial:** Emisiones provenientes de procesos físicos o químicos, como el CO<sub>2</sub> de la etapa de calcinación del proceso de manufactura de cementos.
- iv. **Emisiones fugitivas – sectorial:** Liberaciones intencionales y no intencionales, como fugas en sellos, empaques o juntas de equipos, así como emisiones fugitivas derivadas del tratamiento de aguas y torres de enfriamiento.

#### **2.4.7 Selección de un método de cálculo.**

La medición de emisiones de GEI resulta casi imposible si se intenta llevar a cabo mediante monitoreo de concentración y flujo, por lo que debe optarse por diversas prácticas que permitan recopilar información verídica de los procesos a evaluar.

A menudo es posible determinar las emisiones de GEI mediante la aplicación de factores de emisión documentados (consumo de recursos) y balances de masa. Cuando el monitoreo no está directo no está disponible ya sea por el costo de este o por la naturaleza del proceso, puede optarse por realizar cálculos a partir de información del uso de combustibles.

#### **2.4.8 Gestión de calidad el Inventario.**

Un inventario de emisiones debe poseer información confiable, se debe supervisar constantemente el origen de la información recolectada para poder, en base al reporte de inventario, elaborar estrategias que permitan disminuir las emisiones que han sido declaradas en el mismo.

La información de alta calidad será siempre más valiosa y útil bajo toda situación y contexto, en cambio la información de baja calidad puede carecer de valor y sentido al momento de plantear estrategias de mejor a los planes de operación de las empresas. Por lo tanto, un sistema de gestión de calidad se enfoca en prevenir y corregir errores que podrían comprometer la integridad de la información y la veracidad de los resultados obtenidos.

#### 2.4.9 Sistema de gestión de inventario

Teniendo en cuenta lo que se describe en el párrafo anterior, se debe administrar el sistema de calidad de inventario para lo cual se requieren los siguientes pasos:

- i. Establecer un equipo para la calidad del inventario.
- ii. Desarrollar un plan de gestión de calidad.
- iii. Controles genéricos de calidad.
- iv. Controles de calidad por categorías específicas de fuentes de emisión.
- v. Institucionalizar procesos formales de retroalimentación.
- vi. Establecer procedimientos de reporte, documentación y archivo.

#### 2.4.10 Enfoques para enviar los datos de emisiones de GEI a nivel corporativo.

Existen dos formas para reunir datos de emisiones de GEI de las instalaciones de una corporación, presentadas en la Tabla 2.3.

**Tabla 2.3** Formas de reunir datos de emisiones de GEI

<b>Centralizado</b>	Las instalaciones reportan de manera individual datos sobre sus actividades y/o uso de combustibles (como la cantidad de combustible utilizado) al nivel corporativo, donde las emisiones de GEI son calculadas
<b>Descentralizado</b>	Las instalaciones recolectan de manera individual datos sobre sus actividades y/o uso de combustibles, calculan directamente sus emisiones de GEI utilizando métodos aprobados, y reportan esta información al nivel corporativo.

Finalmente se presenta en la Tabla 2.4 un resumen con algunas de las características del GHG Protocol.

**Tabla 2.4** Características de GHG Protocol

<b>Formato</b>	<b>Software MS Excel (con guías formato pdf)</b>
Función de contabilización de emisiones de GEI:	Si
Función de recomendación de reducción	Poco
Función de recomendación de compensación	No
Considera otros impactos ambientales	No
Gases considerados	6 gases contemplados en protocolo de Kyoto
Escala	Sitio (empresa): Si Territorio: Si Producto: Si
Licencia	
Trasparencia	Las guías técnicas explican claramente los procesos y los factores de emisión están disponibles en el sitio internet <a href="http://www.ghgprotocol.org">http://www.ghgprotocol.org</a>

**Fuente:** (CEPAL) 2011

## 2.5 Guías generales

### 2.5.1 Guías generales ISO

En la actualidad, la preocupación por el medio ambiente y la sostenibilidad se ha convertido en una prioridad global. En este contexto, las normas ISO (Organización Internacional de Normalización) desempeñan un papel fundamental al establecer estándares internacionales reconocidos que promueven prácticas ambientales sostenibles en todo el mundo.

Las normas ISO en el ámbito ambiental proporcionan a las organizaciones un marco y una guía para evaluar y mejorar su desempeño ambiental, reducir su impacto en el medio ambiente y cumplir con las regulaciones ambientales aplicables. Estas normas abarcan una amplia gama de aspectos, desde la eficiencia energética hasta la gestión de residuos, la reducción de emisiones y la evaluación del ciclo de vida de los productos.

Una de las normas más destacadas es la norma ISO 14001, que establece los requisitos para un sistema de gestión ambiental. Esta norma proporciona una estructura sólida para que las organizaciones identifiquen, controlen y reduzcan sus impactos ambientales, al tiempo que mejoran su desempeño y eficiencia. Al implementar un sistema de gestión ambiental basado en la norma ISO 14001, las organizaciones pueden establecer objetivos y metas claros, evaluar los riesgos y oportunidades ambientales, y mejorar continuamente su desempeño ambiental.

Otra norma importante es la ISO 14040, que establece los principios y marcos generales para la evaluación del ciclo de vida de productos y servicios. La evaluación del ciclo de vida es una herramienta poderosa que permite a las organizaciones comprender los impactos ambientales de sus productos y servicios en todas las etapas de su vida útil, desde la extracción de materias primas hasta la disposición final. Esta norma proporciona directrices sobre cómo realizar un análisis completo de los impactos ambientales, incluyendo la evaluación de aspectos como el consumo de recursos, las emisiones al aire y al agua, y la generación de residuos.

En el contexto del cambio climático y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), las normas ISO 14064 e ISO 14067 desempeñan un papel crucial. La ISO 14064 proporciona directrices para cuantificar, monitorear y reportar las emisiones de GEI y las reducciones de emisiones. Ayuda a las organizaciones a medir su huella de carbono y establecer objetivos de reducción, así como a informar de manera transparente y confiable sobre sus actividades de mitigación del cambio climático.

Por otro lado, la norma ISO 14067 establece los principios, requisitos y directrices para la cuantificación y comunicación de la huella de carbono de productos. Esta norma permite a las organizaciones medir y comunicar las emisiones de GEI asociadas con un producto específico a lo largo de su ciclo de vida. Al proporcionar información clara y confiable sobre la huella de carbono de los productos, los consumidores pueden tomar decisiones informadas y favorecer aquellos productos más sostenibles desde el punto de vista ambiental.

Además, la norma ISO 14069 ofrece orientación para la comunicación cuantitativa de aspectos ambientales en declaraciones.

### **2.5.2 ISO 14001: Sistema de gestión ambiental (SGA) (International Organization for Standardization, 2015)**

La búsqueda y consecución del equilibrio entre el medio ambiente, la sociedad y la economía se considera algo esencial para satisfacer las necesidades del presente sin poner en riesgo la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus necesidades. El desarrollo sostenible como objetivo se logra mediante el equilibrio de los tres pilares de sostenibilidad.

La norma ISO 14001 es una norma internacionalmente reconocida que establece los requisitos para implementar un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) efectivo en una organización. El SGA proporciona un marco estructurado para que las organizaciones identifiquen, controlen y reduzcan sus impactos ambientales significativos. Al adoptar la norma ISO 14001, las organizaciones establecen políticas y objetivos ambientales, realizan evaluaciones de aspectos ambientales, definen procedimientos para controlar y mitigar los impactos, y se comprometen con la mejora continua de su desempeño ambiental. Al implementar un SGA basado en ISO 14001, las organizaciones pueden lograr beneficios como el cumplimiento legal, la reducción de costos, la mejora de la imagen corporativa y el fortalecimiento de las relaciones con las partes interesadas.

Establecer un sistema de gestión ambiental es, en efecto un objetivo de la investigación, sin embargo, la situación actual de la empresa no permite la estandarización de algunos procesos que se manejan de manera interna, o bien, podría llevarse a cabo con un tiempo de estudio más extenso, por lo que, aunque la metodología es una buena opción, no resulta viable para los intereses de la investigación.

### **2.5.3 ISO 14040: Evaluación del ciclo de vida (ACV) (International Organization for Standardization, 2006)**

La norma ISO 14040 proporciona principios y directrices para llevar a cabo la Evaluación del Ciclo de Vida (ACV) de productos y servicios. El ACV es una herramienta que permite

evaluar los impactos ambientales potenciales asociados con un producto o servicio a lo largo de todas las etapas de su ciclo de vida, desde la extracción de materias primas hasta la disposición final. La norma ISO 14040 establece los requisitos para la definición del objetivo y alcance del ACV, la recopilación de datos relevantes, el análisis de los resultados y la interpretación de los hallazgos. Al realizar una ACV según los estándares de la norma ISO 14040, las organizaciones pueden identificar áreas de mejora ambiental, optimizar el uso de recursos, tomar decisiones informadas sobre diseño y producción, y comunicar de manera transparente los impactos ambientales de sus productos y servicios.

Realizar una evaluación del ciclo de vida para la empresa de suministros es complejo, definir los límites de operación dentro de los cuales la empresa presta sus servicios es el principal obstáculo de la metodología.

#### **2.5.4 ISO 14064: Cuantificación y verificación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (International Organization for Standardization, 2006)**

La norma ISO 14064 consta de tres partes y proporciona directrices para la cuantificación, monitoreo, reporte y verificación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y las reducciones de emisiones. La Parte 1 establece los principios y requisitos para la cuantificación y el reporte de las emisiones y remociones de GEI. Proporciona una metodología común para que las organizaciones midan su huella de carbono y generen informes transparentes y precisos sobre sus emisiones. La Parte 2 se centra en la especificación de principios y requisitos para la verificación de los inventarios de GEI. Establece los criterios para la competencia, la coherencia y la imparcialidad de los verificadores. La Parte 3 proporciona directrices para proyectos específicos de reducción de emisiones, como proyectos de energías renovables o proyectos de eficiencia energética.

Podría considerarse, de entre las ISO, la metodología más adecuada para llevar a cabo el levantamiento de un inventario de emisiones, sin embargo, su aplicación va más allá e involucra un compromiso mayor para con la empresa, por lo que resulta complejo obtener los permisos necesarios para realizar las evaluaciones requeridas y por consiguiente las propuestas de proyectos de inversión.



### 2.5.5 ISO 14067: Huella de carbono de productos (International Organization for Standardization, 2018)

La norma ISO 14067 se centra en la huella de carbono de productos. Establece los principios, requisitos y directrices para la cuantificación y comunicación de la huella de carbono de un producto a lo largo de su ciclo de vida. La huella de carbono de un producto es una medida de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas con la producción, uso y disposición de dicho producto.

El principal obstáculo para la implementación de la metodología es la inexistencia de un producto definido por parte de la empresa, la empresa se relaciona más con la venta de un servicio, por lo que analizar la huella de carbono de un servicio de almacenamiento resulta complejo.

**Tabla 2.5** Cuadro comparativo normas ISO

<b>Norma ISO</b>	<b>Descripción</b>	<b>Enfoque Principal</b>	<b>Beneficio</b>
<b>ISO 14001</b>	Sistema de Gestión Ambiental (SGA)	Gestión ambiental en la organización	Cumplimiento legal, reducción de costos, mejora de imagen
<b>ISO 14040</b>	Evaluación del Ciclo de Vida (ACV)	Evaluación de impactos ambientales en productos	Identificación de áreas de mejora, optimización de recursos.
<b>ISO 14064</b>	Cuantificación y verificación de GEI	Medición de emisiones de gases de efecto invernadero	Gestión de la huella de carbono, informes transparentes
<b>ISO 14067</b>	Huella de carbono de productos	Cuantificación y comunicación de emisiones de GEI	Información para decisiones de compra sostenibles

Este cuadro comparativo resalta las principales características de cada norma ISO. La norma ISO 14001 se enfoca en establecer un sistema de gestión ambiental efectivo en la organización, mientras que la norma ISO 14040 se centra en evaluar los impactos ambientales

a lo largo del ciclo de vida de productos. La norma ISO 14064 se enfoca en la cuantificación y verificación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), y la norma ISO 14067 se ocupa de la cuantificación y comunicación de la huella de carbono de productos.

En términos de beneficios, la norma ISO 14001 ayuda a las organizaciones a cumplir con los requisitos legales, reducir costos operativos y mejorar su imagen corporativa. La norma ISO 14040 permite identificar áreas de mejora ambiental y tomar decisiones informadas sobre diseño y producción. La norma ISO 14064 brinda una metodología para medir y reportar las emisiones de GEI, lo que facilita la gestión de la huella de carbono y la transparencia en la comunicación. Por último, la norma ISO 14067 proporciona información sobre la huella de carbono de productos, permitiendo a los consumidores tomar decisiones de compra más sostenibles.

Cada una de estas normas desempeña un papel importante en la gestión ambiental y la sostenibilidad, y su aplicación conjunta puede brindar a las organizaciones una visión integral y sistemática para abordar los desafíos ambientales y promover una mayor responsabilidad corporativa.

## **2.6 Guías específicas**

### **2.6.1 PAS 2060 – neutralización y reducción de huella de carbono**

La norma PAS 2060 es una norma que define los principios bajo los cuales se debe llevar a cabo la cuantificación de la huella de carbono y la importancia de que las metodologías de cálculo se ajusten a los principios descritos en la norma.

#### **2.6.1.1 Principios de la norma PAS 2060**

- i. Evaluación de las emisiones de GEI basado en datos de medición precisos
- ii. Reducción de emisiones a través de un plan de gestión de carbono orientado a objetivos
- iii. Compensación del exceso de emisiones mediante la compra de créditos de carbono
- iv. Documentación y verificación mediante declaraciones explicativas y divulgación pública.

### **2.6.1.2 Implementación**

Se debe escoger un sujeto para el cual se quiere lograr la neutralidad de emisiones, la norma establece que la organización debe identificar correctamente el sujeto objeto de la neutralidad de emisiones, ya que la elección debe estar justificada y se debe contar con todo el material para la consecución y cumplimiento de los objetivos planteados adicionalmente todo debe quedar documentado.

Seguidamente se debe calcular la huella de carbono asociada a las actividades de la organización con el uso de una metodología que asegure la veracidad de los cálculos así mismo se debe realizar la declaración del compromiso, en este informe deben aparecer los resultados obtenidos de la huella de carbono, la metodología empleada y la justificación de la elección de dicha metodología para el cálculo de la emisión de GEI.

Desarrollar un plan de gestión de huella de carbono en el cual se define un cronograma con las fases de implementación de acciones para reducir la emisión de los GEI, donde como ya se mencionó antes, con las emisiones que no se puedan reducir, se optara por un sistema de compensación, definiendo la cantidad de emisiones que se deben compensar y el tipo de sistema seleccionado. En esta gestión se debe llevar un seguimiento de cerca para verificar el cumplimiento de los objetivos planteados para reducir la emisión de GEI's.

Luego se debe volver a calcular la huella de carbono con la misma metodología utilizada anteriormente, en ella se deben reflejar valores absolutos y referidos al periodo de tiempo en el cual se aplicaron las acciones para reducir las emisiones.

Finalmente se debe identificar y documentar la metodología seleccionada, donde la misma norma PAS 2060 nos muestra esquemas de compensación, para que cuando se cumpla con los requisitos de la norma, se pueda obtener la certificación de esta.

### **2.6.1.3 Alcances de la norma PAS 2060**

- i. Gobiernos locales y regionales
- ii. Comunidades

- iii. Organizaciones y empresas
- iv. Clubs o grupos sociales
- v. Actividades, productos, servicios
- vi. Edificios
- vii. Proyectos
- viii. Etc.

#### **2.6.1.4 Limitantes**

- i. No se consideran otros impactos ambientales
- ii. Requiere de varios requerimientos que la empresa debe satisfacer para su certificación.

### **2.6.2 Bilan carbone**

Es una metodología desarrollada por la agencia de medio ambiente y energía francesa ADEME para calcular la huella de carbono abarcando los seis gases estipulados en el protocolo de Kioto y la cual es compatible con otras metodologías como la GHG protocol y la ISO 14064.

El objetivo fundamental de la herramienta es proporcionar el mapa más amplio posible de emisiones asociadas a procesos relacionados con la actividad de empresas u organizaciones y es aplicable a todo tipo de actividades (industrial, residencial, servicios o sector público).

#### **2.6.2.1 Objetivos**

Calcular las emisiones de gases de efecto invernadero ofreciendo un panorama más amplio referente a las emisiones asociadas a procesos relacionados con actividades de empresas y organizaciones.

#### **2.6.2.2 Implementación**

La herramienta está compuesta por diversas hojas de Excel en la cual se requiera ingresar datos de entradas relacionadas a la actividad deseada para poder calcular las emisiones asociadas a dicha actividad. Se divide en dos tipos o versiones de software:

Versión de negocios: Orientadas a la evaluación de emisiones del sector industria

Versión de autoridades locales: Destinado al área administrativa, industria, agricultura, residencial, servicios, etc. Siempre y cuando estos pertenezcan a la gestión de una autoridad local.

### **2.6.2.3 Alcances**

Todo tipo de actividades (industrial, residencial, servicios o sector público).

### **2.6.2.4 Limitantes**

A pesar de ser gratuita, se debe pagar aproximadamente 2,000 euros en términos de capacitación de la herramienta para contar con el análisis bajo el sello “Bilan Carbone” (Cepal, 2011).

## CAPÍTULO III

### 3 METODOLOGÍA Y ANÁLISIS

#### 3.1 Definición de procesos y actividades de la empresa

Para poder contabilizar el inventario de emisiones en la empresa “suministros” es necesario conocer el tipo de emisiones que esta genera en sus operaciones, por lo que deben incluirse en el inventario, además de determinar los alcances y definir los límites tanto organizacionales como operacionales, los cuales son importantes para obtener los resultados esperados.

#### 3.2 Límites organizacionales

Según (GHG Protocol, WBCSD, WRI México, 2005, p. 17) las operaciones de las empresas varían tanto en su estructura organizacional. Para poder definir este límite, se cuenta con dos enfoques diferentes, el enfoque de participación accionaria y el enfoque de control.

- i. Enfoque de participación accionaria:** Este enfoque establece que la empresa debe contabilizar las emisiones de GEI de acuerdo con la proporción que posee de la estructura accionaria.
- ii. Enfoque de control:** La contabilización de las emisiones de GEI atribuibles a las operaciones sobre las que ejerce control, a su vez este enfoque se subdivide en enfoque de control financiero y control operacional.
  - a. Control financiero:** Cuando existe capacidad para dirigir las políticas financieras y operativas con la finalidad de obtener beneficios económicos de sus actividades, es decir, cuando se es capaz de captar la mayoría de riesgos y beneficios inherentes a la propiedad sobre los activos de la operación.
  - b. Control operacional:** Cuando existe capacidad para introducir e implementar políticas operativas a nivel de operación, es decir, cuando una empresa tiene el control de una operación de manera directa o indirecta, deberá contabilizar como propio la totalidad de las emisiones de la operación.

En la empresa de suministros no se tiene participación accionaria, lo que conlleva a utilizar el enfoque de control, además de que la empresa tiene la capacidad de introducir e implementar políticas operativas.

### 3.3 Límites operacionales

Después de haber determinado sus límites organizacionales en términos de las operaciones de las que es propietaria o tiene el control, una empresa establece sus límites operacionales. Esto involucra identificar emisiones asociadas a sus operaciones clasificándolas como emisiones directas o indirectas, y seleccionar el alcance de contabilidad y reporte para las emisiones. (World Business Council for Sustainable Development)

- i. Alcance 1:** Emisiones directas que provienen de fuentes que son propiedad de o están controladas por la empresa, en este alcance se incluye emisiones provenientes de combustión de combustibles fósiles en vehículos utilizados en la distribución y almacenamiento.
- ii. Alcance 2:** Emisiones asociadas a la generación de la electricidad adquirida y consumida por la empresa, incluyendo los equipos de refrigeración utilizadas en el almacenamiento y distribución de alimentos
- iii. Alcance 3:** Emisiones consecuencia de las actividades de la empresa que ocurren en fuentes que no son propiedad ni están controladas por la empresa, para este caso de estudio no se considerará este alcance.

### 3.4 Periodo de inventario de GEI

Para poder recolectar la información que permita cumplir los objetivos del cálculo de inventario de GEI, se debe establecer un periodo concreto, de esta forma se selecciona un año en el cual se pueda conseguir información confiable de emisiones relacionadas a los alcances que se han establecido.

Para este estudio de emisiones se analizarán los datos referentes al año 2022, específicamente desde el 1 de enero del 2022 hasta el 31 de diciembre del 2022, ya que se tiene información confiable sobre ese año y a su vez son datos del año más próximo a la actualidad, lo que genera resultados representativos de la operación de la empresa.

### 3.5 Identificación de fuentes de emisión de GEI.

El Protocolo de Gases Efecto Invernadero (GHG Protocol) establece una serie de pasos para lograr identificar y calcular las emisiones de una empresa u organización, el primer paso a seguir es el de categorizar las fuentes de emisiones de GEI dentro de los límites de la empresa.

Típicamente, las emisiones de GEI provienen de 4 categorías de fuentes (GHG Protocol, WBCSD, WRI México, 2005)

- i. Combustión fija:** Combustión de combustibles en equipos estacionarios o fijos como calderas, hornos, quemadores, turbinas, calentadores, etc.
- ii. Combustión móvil:** Combustión de combustibles en medios de transporte, como automóviles, camiones, trenes, barcos, etc.
- iii. Emisiones de proceso:** Emisiones de procesos físicos o químicos, como el C=2 de la etapa de la calcinación en la manufactura de cemento.
- iv. Emisiones fugitivas:** Liberaciones intencionales y no intencionales, como fugas en las uniones, sellos o empaques, así como emisiones fugitivas derivadas de pilas de carbón tratamiento de aguas, etc.

Para la investigación en desarrollo, centrando el estudio en la empresa de interés, se puede identificar y categorizar las fuentes de emisiones de GEI tal cual se muestra en la Tabla 3.1

**Tabla 3.1** Categorías fuentes

<b>Categoría fuente</b>	<b>Descripción</b>
<b>Combustión fija</b>	N/A
<b>Combustión móvil</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Transporte de productos de bodega a restaurante a través de vehículos que utilizan diésel y transporte de productos dentro de la bodega a través de montacargas que utilizan GLP.</li></ul>
<b>Emisiones de proceso</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Consumo de energía eléctrica en instalaciones.</li></ul>
<b>Emisiones fugitivas</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Uso de Refrigerantes</li></ul>

**Fuente:** Adaptado de GHG Protocol (2005)



Cada empresa tiene procesos que generan emisiones directas e indirectas de una o más de las grandes categorías de fuentes mencionadas, estas emisiones se clasifican a su vez en distintos tipos de alcances mostrados en la Tabla 3.2.

### **Emisiones de alcance 1.**

Emisiones directas en cada una de las cuatro categorías mencionadas. Proveniente de equipos de combustión, vehículos de transporte, refrigeración, etc.

### **Emisiones de alcance 2.**

Emisiones indirectas derivadas del consumo de electricidad, vapor o calor adquiridos. Todos los negocios generan emisiones indirectas derivadas de la compra de electricidad.

**Tabla 3.2** Alcances de emisiones (Adaptado de GHG Protocol, 2005)

<b>Clasificación</b>	<b>Descripción</b>
Emisiones de alcance 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesos de refrigeración que se llevan a cabo en las bodegas de alimentos congelados.</li> <li>• Combustión de diésel en vehículos que se encargan de la distribución de la materia prima a restaurantes.</li> <li>• Combustión de GLP en vehículos montacargas encargados del almacenamiento de la materia prima</li> </ul>
Emisiones de alcance 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emisiones indirectas debido a la compra y consumo de energía eléctrica para el funcionamiento de equipos de oficina, luminarias, secadores, etc.</li> </ul>

### **3.6 Método de cálculo.**

El método utilizado para realizar el cálculo de las emisiones de la empresa será un método híbrido, es decir un método que unifique la medición directa y la recolección de información

a través de informes de control que realiza la empresa en el caso del consumo de combustible de las unidades de transporte a su disposición.

Se considera el método híbrido como el más eficaz debido a las limitantes presentes en la recolección de información de consumo de energía eléctrica por parte de la empresa, por lo que se realizará una estimación de consumo a través de la medición directa de los equipos utilizados diariamente.

### **3.7 Recolección de datos de actividades y selección de factores de emisión.**

En la recolección de datos con respecto a las fuentes de emisiones de GEI comprendidas por los alcances 1 y 2 se utilizarán las fuentes y metodologías contenidas en la Tabla 3.3 para la obtención de la información requerida, siendo esto posible mediante visitas a la empresa.

**Tabla 3.3** Fuentes para la obtención de información

<b>Fuente de emisión</b>	<b>Fuentes y metodologías para obtención de información</b>
<b>Combustible vehículos (transporte de alimentos y montacargas)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de recarga de tanque de diésel</li> <li>• Consumo promedio de vehículos de transporte de materias primas.</li> </ul>
<b>Refrigerantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de recargas de refrigerantes en los equipos congeladores.</li> </ul>
<b>Electricidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inventario de equipos eléctricos y luminaria con su respectiva información de consumo eléctrico.</li> </ul>

Al momento de calcular las emisiones de GEI generados por las distintas fuentes es necesario el uso de factores de emisión, los cuales son definidos como cocientes calculados que relacionan emisiones de GEI a una medida de actividad en una fuente de emisión, siendo estos la aproximación más común para el cálculo de las emisiones de GEI. (GHG Protocol, WBCSD, WRI México, 2005, p. 48)

Para la mayoría de las empresas pequeñas y medianas, y para muchas grandes empresas, las emisiones de alcance 1 serán calculadas con base en las cantidades adquiridas de combustibles comerciales (gas natural, diésel, combustóleo, gasolina, etc.) utilizando los factores de emisión publicados. Las emisiones de alcance 2 se calcularán primordialmente a partir del consumo medido de electricidad y de factores de emisión publicados por los proveedores de electricidad o por la red eléctrica local. (GHG Protocol, WBCSD, WRI México, 2005, p. 48)

Siguiendo la metodología planteada por el GHG Protocol, para el alcance 1, que comprende el uso de combustible de los vehículos de transporte de alimentos y montacargas y para el uso de gas refrigerante en los equipos de congelación se utilizarán los Potenciales de Calentamiento Global del Quinto Informe de Evaluación del IPCC (2014) tabla 3.4, Junto con los factores de emisión de gases de efecto invernadero detallados en la duodécima edición publicada por el Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica (2022), siendo esta una versión actualizada a la fecha y que puede representar de una mejor forma los factores de emisión para la región centroamericana, Los factores de emisión del alcance 1 se muestran en la Tabla 3.5 y Tabla 3.6.

**Tabla 3.4** Potenciales de Calentamiento Global (GWP)

Gas	Horizonte de 100 años
CO <sub>2</sub>	1
CH <sub>4</sub>	28
N <sub>2</sub> O	265

**Fuente:** Quinto informe de evaluación IPCC (2014).

**Tabla 3.5** Factores de emisión combustible Alcance 1.

Combustibles	kg CO <sub>2</sub> eq/L	kg CO <sub>2</sub> /L	kg CH <sub>4</sub> /L	kg N <sub>2</sub> O/L
<b>Diésel</b>	2.658	2.613	0.000149	0.000154
<b>GLP</b>	1.657	1.611	0.0015835	0.0000051

**Fuente:** Factores de emisión de gases de efecto invernadero Duodécima edición del Instituto Meteorológico Nacional (IMN, 2022).

**Tabla 3.6** Factores de emisión refrigerante Alcance 1

Refrigerantes	kg CO <sub>2</sub> eq/kg
R-404A	3,943

**Fuente:** Basado en el Quinto informe de evaluación IPCC (2014).

Para el alcance 2 según lo establecido en el GHG Protocol se utilizará un factor de emisión de la red eléctrica local, que para el caso de El Salvador corresponde al estimado en el 2021 por la Dirección General de Energía, Hidrocarburos y Minas (DGEHM), siendo este valor la actualización más reciente hasta la fecha.

$$\text{Factor de emision de la red electrica} = 0.4161 \text{ ton CO}_2/\text{MWh}$$

### 3.8 Cálculo de emisiones de GEI

#### Emisiones alcance 1

##### Combustión móvil (consumo de diésel y propano)

El cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente se realizará a partir de la cantidad de combustible consumido en el año de estudio en litros (L), siendo la fórmula de aplicación la siguiente:

$$kg \text{ CO}_2eq = L_{\text{Combustible}} * \text{factor de emisión}$$

##### Refrigeración

En el caso de los gases refrigerantes, las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente se calcularán a partir del consumo anual de gas refrigerante en kilogramos (kg), utilizando la siguiente fórmula:

$$kg \text{ CO}_2eq = \text{masa}_{\text{refrigerante}} * \text{factor de emisión}$$

#### Emisiones alcance 2

Para las emisiones indirectas por consumo de energía eléctrica (alcance 2) se utilizará la siguiente fórmula para obtener las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes del consumo de energía eléctrica de la empresa:

$$kg\ CO_2\ eq = Consumo\ de\ electricidad\ anual * Factor\ de\ emision\ de\ la\ red \\ * factor\ de\ conversion$$

Estimando el consumo de electricidad anual a partir de los consumos individuales de los equipos de refrigeración, luminaria, etc, siendo las unidades expresadas en MWh.

### **Programas para el cálculo de emisiones**

Se utilizará el software Microsoft Excel para facilitar el registro y cálculo del inventario de emisiones, apoyándose en la hoja de cálculo automatizada “Measurement and Estimation Uncertainty of GHG Emissions”, que es la herramienta recomendada por el Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte del GHG Protocol, además de hojas de cálculo propias para la elaboración de gráficos y tablas.

## CAPÍTULO IV

### 4 RESULTADOS Y ANÁLISIS

#### 4.1 Emisiones de alcance 1

**Equipos que utilizan gas propano:** En las instalaciones de la empresa de almacenamiento y distribución se hace necesario el uso de montacargas para mover las tarimas o pallets con producto, de los equipos nada más 2 unidades funcionan con gas propano por lo que se cuenta con un tanque de 130 galones, el cual se rellena en un promedio del 90% de su capacidad de manera trimestral, es decir, 117 galones o 442.89 litros, mostrándose en la Tabla 4.1 el consumo trimestral promedio para el año 2022.

**Tabla 4.1** consumo de gas propano para el año 2022.

<b>Número de unidades</b>	<b>Consumo trimestral</b>	<b>Consumo anual</b>
<b>2</b>	442.89 litros (221.45 Litros por unidad)	1,771.56 litros (885.78 Litros por unidad)

**Fuente:** Registro de recargas del tanque de GLP del departamento de mantenimiento

**Uso de combustible para unidades de distribución o paneles:** Los equipos que utilizan combustible dentro de las operaciones de la empresa de suministros son los paneles, encargados de distribuir los suministros alimenticios en los diferentes puntos de venta dentro del país y para lo cual se cuenta con un tanque de 5,000 galones de diésel. Se presentan en la Tabla 4.2 los consumos de diésel y sus costos, teniendo en cuenta el costo de combustible promedio que se tuvo durante el año 2022 y el consumo mensual promedio de la empresa,

**Tabla 4.2** Consumo mensual de diésel

<b>Número de unidades</b>	<b>Consumo mensual</b>	<b>Consumo anual</b>	<b>Costo por litro</b>	<b>Total, anual</b>
<b>17</b>	4,500 galones (264.7 galones por unidad)	54,000 galones (3857 galones por unidad)	4.08 \$/ galones	\$220,449.30

**Fuente:** Registro de recargas de tanque de diésel del departamento de mantenimiento

Como se muestra en la tabla 4.2, se cuenta con 17 paneles o camiones encargadas del transporte de suministros que operan diariamente por 6 días semanales, y las cuales se abastecen de diésel en las instalaciones de la empresa por medio del tanque de 5,000 galones de capacidad que se rellena de manera mensual. Se estima que en promedio para el año 2022 el consumo de combustible mensual para las operaciones de distribución fue de 4,500 galones, de manera detallada, cada panel utilizó en promedio 264.7 galones de diésel mensualmente, esto significa un consumo anual de 54,000 galones de diésel. Tomando un promedio de los precios de referencia del diésel en la zona central del país, para el periodo del año 2022, se tuvo que el precio promedio de diésel fue de 4.08 dólares por galón, este dato fue tomado de la página del DGEHM (Dirección general de Energía, Hidrocarburos y Minas).

Finalmente, en términos de costos, esto representa un total de \$220,449.30 en consumo de combustible para abastecer la flota de 17 paneles, lo cual se debe al consumo 54,000 galones de diésel.

Ahora, conociendo el consumo y su costo, también se presenta el impacto que el consumo del combustible genera al medio ambiente, esto se puede obtener fácilmente calculando dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) equivalente emitido por la combustión del diésel, dicho cálculo se presenta en la tabla 4.3.

**Tabla 4.3** Emisiones de CO<sub>2</sub> eq generados por el consumo de combustibles

CO <sub>2</sub> generado por consumo de diésel y gas propano			
Combustible	Consumo anual (litros)	Factor de emisión (kg de CO <sub>2</sub> eq/litro)	kg de CO <sub>2</sub> eq
Diésel	204,412.24	2.658	586,051.20
GLP	885.78	1.657	1,381.81
Total			<b>587,433.01</b>

Como último aporte a las emisiones de alcance 1, se determina el impacto ambiental que trae consigo el uso de refrigerantes en las cámaras frías y aires acondicionados de la empresa, para el año 2022 se determinó una fuga total de gas de alrededor de 10.9 kg de refrigerante 404A, un refrigerante con un potencial de calentamiento global considerablemente elevado y cuya producción ha sido descontinuada debido a esto. A continuación, se presenta en la Tabla 4.4 el cálculo de CO<sub>2</sub> equivalente.

**Tabla 4.4** Emisiones de CO<sub>2</sub> eq generados por fugas de refrigerante

CO <sub>2</sub> generado por fugas de refrigerante			
Refrigerante	Consumo anual (Kg)	Potencial de calentamiento global (GWP)	kg de CO <sub>2</sub> eq
R404-A	10.90	3943	42,978.7
Total			<b>42,978.7</b>

**Fuente:** Datos proporcionados por el departamento de mantenimiento de la empresa.

#### 4.2 Emisiones de alcance 2

Para el cálculo de emisiones de alcance 2, es decir los referentes al consumo de energía eléctrica, se listan en la tabla 4.5 los pertenecientes a iluminación de las instalaciones y oficinas, ordenadores y equipos refrigerantes de las cámaras frías.



**Tabla 4.5** Inventario de equipos que consumen energía eléctrica en las instalaciones.

<b>Equipos</b>	<b>Cantidad (unidades)</b>	<b>Detalles</b>
<b>Equipos refrigerantes</b>	5	Se cuenta con 3 cámaras de refrigeración en las instalaciones (cámara 1, cámara 2 y cámara 3-4), cada una tiene instalados 2 equipos refrigerantes, a excepción de la cámara 3-4, la cual solo cuenta con 1 equipo por su menor tamaño. La temperatura de operación de estas cámaras es de entre 20-35 Fahrenheit de manera continua, 24/7.
<b>Equipos refrigerantes Temperatura de congelación</b>	4	Para mantener a una temperatura de 0 Celsius, se dispone de dos cámaras de congelación. Ambas cámaras funcionando cuentan con 2 equipos cada una y operan de forma continua 24/7.
<b>Luminarias</b>	142	Se dispone de 142 luminarias de tubos fluorescentes tanto para las bodegas de alimentos secos como refrigerados, oficinas, pasillos y baños. Dichas luminarias permanecen encendidas un promedio de 8 horas al día por 6 días a la semana.
<b>Ordenadores</b>	15	Computadoras de escritorio que permanecen encendidas 12 horas al día, durante 6 días a la semana.
<b>Aire acondicionado</b>	12	Equipos instalados y funcionando alrededor de 12 horas por día, durante 6 días a la semana.
<b>Freidora de presión HP500</b>	1	Equipo utilizado para pruebas de calidad durante 2 horas cada semana.

#### **4.2.1 Cálculo de consumo eléctrico de los equipos y aparatos eléctricos**

##### **Consumo de energía de equipos de refrigeración**

Para este cálculo se presentan en la Tabla 4.6 los datos de Amperaje y Voltaje a la que funcionan los diferentes equipos, por lo que, haciendo uso de dichos valores, los tiempos de funcionamiento y el factor de uso, se determina el consumo eléctrico en cada cámara.

**Tabla 4.6** Especificaciones de equipos refrigerantes en cámaras frías

Nº de cámara	Tipo	Nº de equipo	Voltaje de línea	Amperaje
9	Congelación	1	440 V	74.4
		2	440 V	70.2
1	Refrigeración	3	440 V	28.0
		4	440 V	25.3
2	Refrigeración	5	440 V	36.7
		6	440 V	33.7
3/4	Refrigeración	7	440 V	23.7
5	Congelación	8	440 V	56.9
		9	440 V	62.8

**Fuente:** Datos proporcionados por el departamento de mantenimiento de la empresa.

A continuación, se muestra en la Tabla 4.7 los resultados de consumo eléctrico que se obtuvieron para cada cámara, teniendo en cuenta que estas pasan funcionando durante de manera permanente. Dicho esto, también se estima un factor de uso del 70% debido a que los equipos pasan por un periodo de descongelamiento durante cierto tiempo al día, de ahí que solo opere durante el 70% del tiempo.

**Tabla 4.7** Consumo eléctrico de equipos de cámaras refrigerantes

Nº de cámara	Tipo	Nº de equipo	Voltaje de línea (V)	Amperaje (A)	Factor de uso	Consumo anual (kWh)
9	Congelación	1	440	74.4	0.7	200,737.15
		2	440	70.2	0.7	189,405.22
1	Refrigeración	3	440	28	0.7	75,546.24
		4	440	25.3	0.7	68,261.42

Continúa...

**Tabla 4.7** Consumo eléctrico de equipos de cámaras refrigerantes (continuación)

2	Refrigeración	5	440	36.7	0.7	99,019.54
		6	440	33.7	0.7	90,925.30
3-4	Refrigeración	7	440	23.7	0.7	63,944.50
5	Congelación	8	440	56.9	0.7	153,520.75
		9	440	62.8	0.7	169,439.42
<b>Total</b>						<b>1,110,799.54</b>

#### 4.2.1.1 Consumo de energía de luminarias, equipos de aire acondicionado, Ordenadores y freidora.

Para el cálculo de consumo de energía eléctrica de estos aparatos y equipos, se obtuvo los vatios hora promedio de cada uno, por lo cual, con el estimado del tiempo de uso de estos, se calcula el consumo energético anual el cual se muestra en la Tabla 4.8.

**Tabla 4.8** Consumo eléctrico de luminarias, ordenadores, aires acondicionados y freidora.

<b>Equipo</b>	<b>Consumo eléctrico (Watts)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Frecuencia de uso</b>	<b>Consumo anual</b>
Luminarias	32	142	12 horas diarias	13,286.42
Ordenadores	180	15	12 horas diarias	11,826.00
Aire acondicionado	1757.4	12	12 horas diarias	64,658.26
Freidora eléctrica	480	1	96 horas al año	46.08

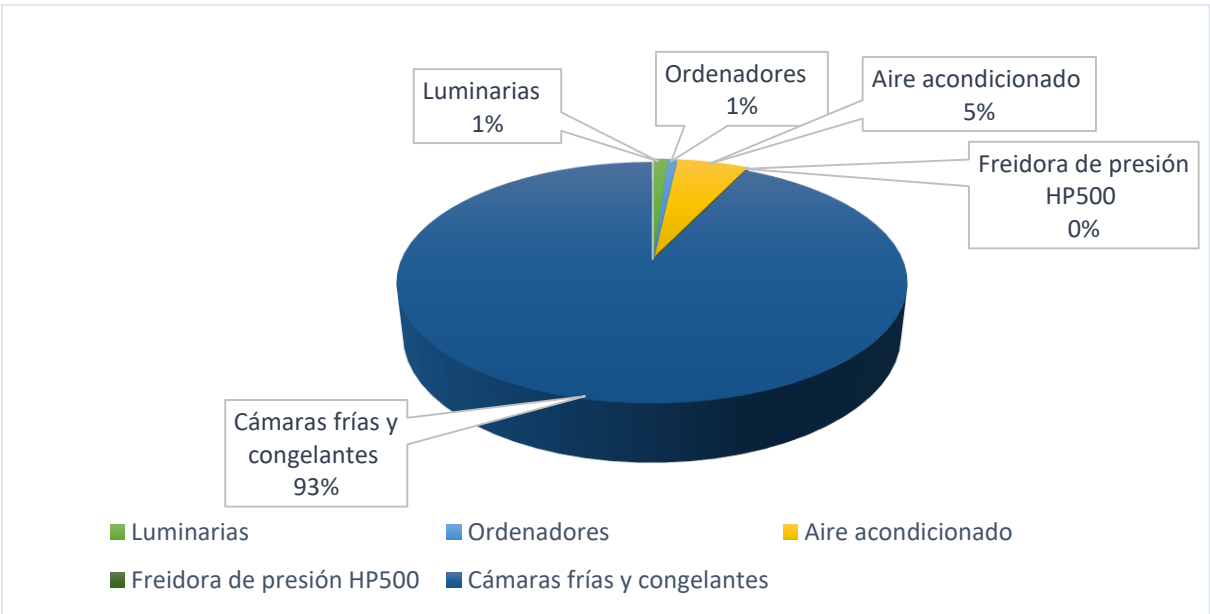
**Fuente:** Fichas técnicas de los equipos y luminarias.

Para calcular los datos anteriores se tuvo en cuenta que los equipos se utilizan durante los 365 días del año y su respectiva frecuencia diaria. Además, para el aire acondicionado, se utilizó un factor de uso del 70% ya que hay momentos en los que el equipo entra en estado de descanso.

Teniendo el consumo energético anual en kWh para los equipos listados anteriormente, se presenta en la Tabla 4.9 un resumen de los consumos anuales además de mostrar en la Figura 4.1 los porcentajes de los consumos energético anuales para los diferentes equipos.

**Tabla 4.9** Resumen de consumo eléctrico anual en las instalaciones (kWh)

Fuentes de emisión	Consumo anual kWh
Luminarias	13,268.48
Ordenadores	7,884.00
Aire acondicionado	64,663.41
Freidora de presión HP500	46.08
Cámaras frías y congelantes	1,110,799.54
<b>Total, año 2022</b>	<b>1,196,679.45</b>



**Figura 4.1** Porcentaje de consumo energético anual en las instalaciones de la empresa de suministro de alimentos para el año 2022.

De esta manera se hace evidente que el mayor consumo es generado por las cámaras frías y congelantes, seguido de los aires acondicionados, ordenadores y luminarias que representan una parte poco significativa en cuanto a consumo global y por lo cual las estrategias de minimizar el consumo eléctrico deben estar centradas en dicha área.

#### 4.2.1.2 Consumo Total De Energía Para El Año 2019

Según estudio realizado en el año 2019, el consumo de ese año fue de 1,006,574 kWh, por lo que teniendo en cuenta la expansión de la empresa que ahora cuenta con una cámara congelante adicional se evidencia un consumo mayor de energía eléctrica.

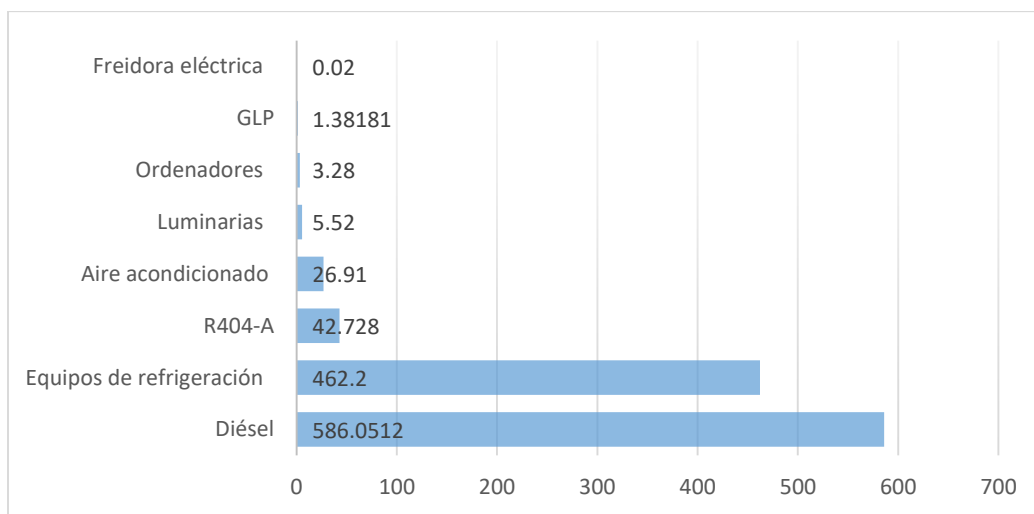
Tomando los consumos anuales en kWh por los diferentes equipos eléctricos en las instalaciones de la empresa, se procede a calcular el CO<sub>2</sub> eq respectivo para cada consumo como se observa en la Tabla 4.10.

**Tabla 4.10** Emisiones de CO<sub>2</sub> eq correspondientes al consumo eléctrico.

<b>Fuentes de emisión</b>	<b>Consumo energético anual kWh</b>	<b>Consumo energético anual MWh</b>	<b>Factor de emisión ton CO<sub>2</sub> eq/MWh</b>	<b>emisión ton CO<sub>2</sub> eq/MWh</b>
<b>Luminarias</b>	13,268.48	13.27	<b>0.4161</b>	5.52
<b>Ordenadores</b>	7,884.00	7.88		3.28
<b>Aire acondicionado</b>	64,663.41	64.66		26.91
<b>Freidora eléctrica</b>	46.08	0.05		0.02
<b>Equipos de refrigeración</b>	1,110,799.54	1,110.80		462.20
<b>Total</b>				<b>497.93</b>

### 4.3 Análisis de resultados

Con la información obtenida, se puede tener una mejor visión de los aspectos que más impactan en la emisión de gases de efecto invernadero, tanto en el alcance 1 como en el 2. Este impacto es tanto para el medio ambiente como en costos de operación, como por ejemplo el consumo eléctrico elevado. A continuación, se presenta de manera detallada en la Figura 4.2 las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente de la empresa, además de presentar en la Tabla 4.11 las emisiones por cada alcance.



**Figura 4.2** Grafico de barras de emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente en la empresa.

Como se logra observar en el gráfico de barras de la Figura 4.2, el mayor generador de emisiones de CO<sub>2</sub> es el consumo de diésel, con 586.05 Toneladas de CO<sub>2</sub> en el 2022, seguido de los equipos de refrigeración de las cámaras con 462.2 toneladas de CO<sub>2</sub>.

Estos resultados están acorde al rubro de la empresa, ya que el consumo de combustibles es necesario para la movilización diaria de los equipos de transporte, y el consumo constante de energía debido a la necesidad de mantener los equipos refrigerados y congelados, para los cuales también se requiere de cámaras de grandes dimensiones. Por lo que las propuestas deben estar orientadas a reducir el impacto que estos factores generan tanto al medio ambiente como a los costos de operación.

**Tabla 4.11** Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente por alcance.

Alcance 1			Alcance 2		
Fuente	Emisiones		Fuente	Emisiones	
	kg CO <sub>2</sub> eq	Ton CO <sub>2</sub> eq		kg CO <sub>2</sub> eq	Ton CO <sub>2</sub> eq
Diésel	586,051.20	586.05	Luminarias	5,521.6	5.522
			Ordenadores	3,280.00	3.28
GLP	1,381.81	1.38	Aire acondicionado	26,910.00	26.91
			Freidora eléctrica	20.00	0.02
R404-A	42,728.00	42.73	Equipos de refrigeración	462,200.00	462.20
<b>Total</b>	<b>630,161.01</b>	<b>630.16</b>	<b>Total</b>	<b>497,931.00</b>	<b>497.93</b>

#### 4.4 Propuestas para la reducción de las emisiones de GEI

##### 4.4.1 Propuestas para disminuir emisiones generadas por consumo de combustible.

<b>Propuestas de reducción de emisiones generadas por consumo de combustible</b>
<b>Fuente de emisión</b> Consumo de combustible
<b>Estrategias</b>

Continúa...

#### 4.4.1 Propuestas para disminuir emisiones generadas por consumo de combustible (continuación)

**Monitoreo GPS y limitadores de velocidad:** Al reunir información acerca del consumo de combustible se identificó un área de mejora en el sistema de recolección de información utilizado por la empresa. Los registros de kilometraje se llevan a cabo a través de lectura de odómetros de cada unidad al finalizar el día, sin embargo, no existe un método que garantice la veracidad de la información proporcionada por el odómetro, por lo que se presentan irregularidades en los consumos de combustible mes a mes en unidades que recorren las mismas rutas. Se propone la contratación de un sistema de monitoreo GPS con el fin de mantener un mayor control en cuanto a las distancias recorridas, se propone mantener el sistema actual y comparar las lecturas de los odómetros con las distancias tomadas a través del sistema GPS para corroborar que la unidad ha sido utilizada de manera adecuada y sin desviaciones en su ruta. Del mismo modo, se propone la implementación de limitadores de velocidad controlados por el sistema GPS en cada unidad para garantizar el cumplimiento de los límites de velocidad establecidos, reducir el riesgo de accidentes viales y reducir el consumo de combustible debido a conducción temeraria.

**Gestión y estandarización de rutas:** Se propone evaluar las rutas y horarios establecidos para cada unidad de transporte con el fin de obtener mejoras en cuanto a rendimiento de combustible y tiempo de entrega, con esta alternativa se busca establecer rutas estratégicas que permitan la entrega de los productos en el menor tiempo posible y garantizando un óptimo consumo de combustible. Estas rutas deberán ser evaluadas constantemente y los conductores designados deben reportar incidentes a través de bitácoras diarias para poder evaluar nuevas alternativas.

Continúa...



#### 4.4.1 Propuestas para disminuir emisiones generadas por consumo de combustible. (Continuación)

<p><b>Capacitaciones a conductores:</b> Capacitar a conductores de unidades en temas relacionados a la importancia del consumo consciente y buenas prácticas al volante, los conductores deben conocer la importancia y el impacto de sus acciones al volante y actuar en consecuencia de las mismas, se debe capacitar a los conductores en buenas prácticas para que hagan uso de las tecnologías que se les proporciona a través de las unidades como la utilización del sistema crucero en carreteras para disminuir el consumo de combustible y las emisiones de GEI, apagar el motor cuando sea necesario, no abusar del estado de ralentí del motor, apagar el sistema de refrigeración de la unidad en el camino de regreso a las instalaciones, el mantenimiento de su unidad de transporte, entre otras más.</p>
<p><b>Actividades para la implantación de estrategias en la empresa</b></p>
<p>1. Establecer metas de consumo de combustible desde la alta dirección e incentivar a los operadores a cumplirlas.</p>
<p>2. Las personas responsables del sistema integrado de gestión deben garantizar un programa de seguimiento de las implementaciones a desarrollar.</p>
<p>3. Implementar un programa de capacitación dirigido a los conductores.</p>
<p>4. Designar un equipo encargado del monitoreo en tiempo real del sistema GPS de las unidades de transporte.</p>
<p>5. Bitácoras de control de consumo de combustible y registro de mantenimientos de las unidades de transporte.</p>
<p>Recursos</p>
<p>1. Personal con conocimiento en monitoreo de sistemas GPS en tiempo real.</p>
<p>2. Profesional con conocimiento en temas de ecoeficiencia.</p>
<p>3. Inversión económica.</p>
<p>4. Programas de mantenimiento preventivo de las unidades de transporte.</p>

Continúa...

#### 4.4.1 Propuestas para disminuir emisiones generadas por consumo de combustible. (Continuación)

Indicadores
<p>Kilómetros recorridos por galón de combustible (semanal): (Kilómetros recorridos / galones de combustible consumidos)</p> <p>% de reducción de consumo de combustible:  <math display="block">((\text{Consumo año anterior} - \text{consumo año actual}) / \text{consumo año anterior}) * 100</math></p>
Meta
Reducir el consumo de combustible respecto al año anterior
<p><b>Implementación de un sistema de monitoreo GPS.</b></p> <p>Contratar un sistema de monitoreo privado el cuál se encargue de verificar en todo momento la posición de las unidades de transporte y que proporcione información respecto a las rutas recorridas para poder establecer reuniones de planificación que permitan reducir el consumo de combustible a través de la planificación y cumplimiento de rutas estratégicas. Como sistema de control de consumo de combustible se establece el uso de limitadores de velocidad a través de los sistemas GPS a contratar. Para esto se cuenta con varias empresas que ponen a la disposición sus servicios a rangos de precios muy similares, por lo cual se ha decidido por “Ubica S.A de C.V” la cual ofrece un servicio de monitoreo 24/7 por un precio de \$18.00 mensuales por unidad de transporte, y un costo de instalación de \$45.00 por unidad de monitoreo, pudiendo establecer un contrato a largo plazo por ejemplo 5 años de servicio.</p> <p><b>Factibilidad económica:</b></p> <p><i>Años de servicistablecidos en contrato: 5</i></p> <p><i>Precio de instalación (pago único) = \$45.00 por unidad</i></p> <p><i>Precio unitario = <math>\frac{\\$18}{\text{mes} * \text{unidad}}</math></i></p> <p><i>Unidades de transporte = 17 unidades</i></p>

Continúa...

#### 4.4.1 Propuestas para disminuir emisiones generadas por consumo de combustible. (Continuación)

*Inversión total*

$$= \left( 5 * \frac{\$18}{\text{mes} * \text{unidad}} * 17 \text{ unidades} * 12 \text{ meses} \right) + (\$45 * 17 \text{ unidades}) = \$19,125$$

*Consumo actual anual en galones = 54,000 galones*

*Consumo actual en dolares = \$220,449.30*

*Ahorro estimado en consumo de combustible = 3.5%*

*Ahorro anual de combustible en galones = 1,890  $\frac{\text{gal}}{\text{año}}$*

*Ahorro anual de combustible en dolares = \$7,715.72  $\frac{\text{USD}}{\text{año}}$*

En cuanto al tiempo de retorno de la inversión se estimará mediante el PSRI:

$$PSRI = \frac{\text{Inversión}}{\text{Ahorro}} = \frac{19,125 \text{ USD}}{7,715.72 \text{ USD/año}} = 2.48 \text{ años}$$

La inversión se recupera en 2 años con 6 meses aproximadamente.

**Contribución ambiental:**

***Emisiones por consumo de diésel = 586.05 Ton CO2 eq***

***Reducción de emisiones = 586.05 \* 0.035 = 20.51 Ton CO2 eq***

En cuanto al aspecto ambiental, una reducción de un 3.5% de consumo de combustible representa una reducción de 20.51 Ton de CO<sub>2</sub> eq anuales.

#### 4.4.2 Propuestas para disminuir emisiones generadas por el consumo eléctrico

<b>Propuestas para disminuir emisiones generadas por el consumo eléctrico</b>
<p><b>Implementación de un Sistema Solar Fotovoltaico:</b></p> <p>Siendo el consumo de energía eléctrica la mayor fuente de emisiones de GEI en la empresa, optar por el uso de energías renovables como la implementación de un sistema solar fotovoltaico resultaría altamente beneficioso para la misma.</p> <p><b>Cambio de luminarias</b></p> <p>Una parte de la luminaria de la empresa aún no cuenta con la tecnología LED, por lo que el cambio de estas puede significar una disminución en el consumo eléctrico, con una mayor vida útil t sin sacrificar la intensidad de iluminación, siendo esta una propuesta que no requiere una inversión muy alta y los resultados pueden ser percibidos al instante.</p> <p><b>Concientización sobre ahorro de la energía eléctrica.</b></p> <p>Concientizar a los empleados sobre prácticas que permitan ahorrar energía eléctrica tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>-Apagar luces y equipos de aire acondicionado cuando no se estén usando.</li><li>-Utilizar el modo suspensión en las computadoras en momentos que no se utilicen.</li></ul> <p>Apoyándose además en el uso de carteles con las prácticas para el ahorro de energía en zonas comunes que permitan a los empleados familiarizarse con estas medidas.</p> <p>Siendo esta una de las propuestas que menor inversión requiere y que ayudaría a reducir el consumo eléctrico de la empresa.</p>
<p><b>Instalación de un Sistema Solar Fotovoltaico</b></p> <p>Considerando las dimensiones de la empresa de suministro de alimentos y también el área disponible que para el caso son 1,500 metros cuadrados correspondientes al techo que pueden ser aptos para la instalación del SSFV, se realizó una simulación del rendimiento del sistema FV considerando los factores de Irradiación anual, posición de montaje (sobre tejado), perdidas del sistema del 14% y una inclinación y azimut óptima para la localización de la empresa gracias a la herramienta de la Unión Europea “Photovoltaic geographical information system”.</p>

Continúa...

**4.4.2 Propuestas para disminuir emisiones generadas por el consumo eléctrico.**  
**(Continuación)**

**Factibilidad económica**

$$\text{Area aprovechable} = 1,500 \text{ m}^2 (0.8) = 1,200 \text{ m}^2$$

$$\text{Area de Panel} = 1.98 \text{ m}^2$$

$$\text{Vida Util} = 30 \text{ años}$$

$$\text{Costo de instalación} = 1000 \frac{\text{USD}}{\text{kWp}}$$

$$\text{Número de paneles} = \frac{\text{Area aprovechable}}{\text{Area de panel}} = \frac{1,200 \text{ m}^2}{1.98 \text{ m}^2} = 607 \text{ paneles}$$

$$\text{Potencia pico a instalar} = 607 \text{ paneles} * 300 \frac{\text{Wp}}{\text{panel}} = 182.10 \text{ kWp}$$

$$\text{Inversión SSFV} = 1000 \frac{\text{USD}}{\text{kWp}} * 182.1 \text{ kWp} = 182,100 \text{ USD}$$

Horizonte:	Calculado
Base de datos:	PVGIS-NSRDB
Tecnología FV:	Silicio cristalino
FV instalada [kWp]:	182.1
Pérdidas sistema [%]:	14

**Resultados de la simulación:**

Ángulo de inclinación [°]:	18 (opt)
Ángulo de azimut [°]:	-6 (opt)
Producción anual FV [kWh]:	286502.63
Irradiación anual [kWh/m <sup>2</sup> ]:	2218.38
Variación interanual [kWh]:	6037.70
Cambios en la producción debido a:	
Ángulo de incidencia [%]:	-2.66
Efectos espectrales [%]:	NaN
Temperatura y baja irradiancia [%]:	-15.28
Pérdidas totales [%]:	-29.08
Coste electricidad FV [por kWh]:	0.072

$$\text{Energía producida anualmente} = 286,502.63 \text{ kWh}$$

Con un precio promedio de energía eléctrica para el 2022 en El Salvador de 0.176 USD/kWh y un coste de electricidad producida por el SSFV de 0.072 USD/kWh resulta en una reducción considerable.

Continúa...

#### 4.4.2 Propuestas para disminuir emisiones generadas por el consumo eléctrico.

(Continuación)

$$\text{Ahorro SSFV} = \text{Energía producida anualmente} * (\text{Precio energía eléctrica} - \text{Precio de producción SSFV})$$

$$\text{Ahorro SSFV} = 286,502.63 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} * (0.176 - 0.072) \frac{\text{USD}}{\text{kWh}}$$

$$\text{Ahorro SSFV} = 29,796.21 \text{ USD/año}$$

En cuanto al tiempo de retorno de la inversión se estimará mediante el PSRI:

$$\text{PSRI} = \frac{\text{Inversión SSFV}}{\text{Ahorro SSFV}} = \frac{182,100 \text{ USD}}{29,792.21 \text{ USD/año}} = \mathbf{6.11 \text{ años}}$$

$$\text{PSRI} = \mathbf{6.11 \text{ años}}$$

#### Factibilidad ambiental

$$\text{Emisiones evitadas CO}_2 = 286.502 \text{ MWh} * 0.4161 \text{ ton CO}_2/\text{MWh}$$

$$\text{Emisiones evitadas CO}_2 = 119.21 \text{ ton CO}_2$$

#### Cambio luminarias

#### Factibilidad económica

Cantidad de tubos fluorescentes a reemplazar por LED: 142

Potencia tubos Fluorescentes: 32 W

Potencia tubos LED: 18 W

Precio tubos LED<sup>3</sup>: 9.75 USD/unidad

$$\text{Inversión} = 142 \text{ unidades} * 9.75 \frac{\text{USD}}{\text{unidad}} = 1,384.5 \text{ USD}$$

#### Tubos Fluorescentes

$$142 \text{ Unidades} * 32 \text{ W} * 0.001 \frac{\text{kW}}{\text{W}} * 8 \frac{\text{h}}{\text{día}} * 365 \text{ días} * 0.176 \frac{\text{USD}}{\text{kWh}} = 2,335.25 \frac{\text{USD}}{\text{año}}$$

Continúa...

**4.4.2 Propuestas para disminuir emisiones generadas por el consumo eléctrico.  
(Continuación)**

**Tubos LED**

$$142 \text{ Unidades} * 18 \text{ W} * 0.001 \frac{\text{kW}}{\text{W}} * 8 \frac{\text{h}}{\text{día}} * 365 \text{ días} * 0.176 \frac{\text{USD}}{\text{kWh}} = 1,313.57 \frac{\text{USD}}{\text{año}}$$

$$\text{Ahorro} = 2,335.25 \frac{\text{USD}}{\text{año}} - 1,313.57 \frac{\text{USD}}{\text{año}}$$

$$\text{Ahorro} = 1,021.68 \frac{\text{USD}}{\text{año}}$$

$$\text{PSRI} = \frac{1,384.5 \text{ USD}}{1,021.68 \frac{\text{USD}}{\text{año}}} = 1.35 \text{ años}$$

$$\text{PSRI} = 1.35 \text{ años}$$

**Factibilidad ambiental**

*Emisiones evitadas CO2*

$$= (\text{Consumo tubos Fluorescentes} - \text{Consumo tubos LED})$$

*\* factor de emision*

*Emisiones evitadas CO2*

$$= \left( 13.26848 \frac{\text{MWh}}{\text{año}} - 7.46352 \frac{\text{MWh}}{\text{año}} \right) * 0.4161 \text{ ton CO}_2/\text{MWh}$$

$$\text{Emisiones evitadas CO}_2 = 2.4154 \text{ ton CO}_2$$

<sup>3</sup> Precio tubo LED T8 18W luz blanca, flujo luminoso de 2,100 lm y 6,500 K.

### 4.4.3 Propuestas para disminuir emisiones generadas por fugas de refrigerantes.

<b>Propuestas para disminuir emisiones generadas por fugas de refrigerantes.</b>				
Sustitución de gas refrigerante R404A por un refrigerante compatible con el sistema con menor potencial de calentamiento global (GWP) que permita el funcionamiento adecuado del sistema.				
<b>Sustitución de gas refrigerante</b>				
El gas refrigerante utilizado es el R-404A, un refrigerante con un alto potencial de calentamiento global, por lo que para sustituirlo debemos utilizar un refrigerante con características similares.				
De entre los posibles candidatos para la sustitución del refrigerante R404A, se opta por el R449A, el cual posee características físicas y termodinámicas muy similares y lo vuelven un sustituto directo que además según estudios puede operar en equipos diseñados para gas R404A e incluso como mezclas, logrando beneficios energéticos debido a un menor consumo (3.6% menos de consumo de energía eléctrica) debido a la capacidad de enfriamiento del R449A (Pavel Makhnatch, 10 febrero 2017)				
De manera que los cálculos realizados en esta sección son únicamente para los 10.9kg que fueron cargados a las cámaras en concepto de fugas en el año 2022, ya que para calcular el cambio en su totalidad se necesita un estudio técnico más detallado de los equipos y las modificaciones necesarias para trabajar de manera óptima.				
<b>Tabla comparativa de refrigerantes 404A y 449A</b>				
<b>Refrigerante</b>	<b>Masa molecular</b>	<b>Punto de burbuja</b>	<b>Punto de condensación</b>	<b>GWP</b>
404A	97.6	-46.6	-45.8	3920
449A	87.21	-46.0	-39.9	1400
Adaptado de: ASHRAE fundamentals 2017. (ASHRAE, 2017)				

Continúa...



### 4.4.3 Propuestas para disminuir emisiones generadas por fugas de gas refrigerante. (Continuación)

Como puede observarse, las propiedades de ambos refrigerantes son similares, con la ventaja de que el refrigerante 449A presenta un Potencial de calentamiento global considerablemente menor al del 404A.

Es importante aclarar, que no es suficiente con una comparación de las características de cada gas, es necesario observar su comportamiento en el mismo sistema y poder establecer para ambos casos, las capacidades de enfriamiento que poseen ambos gases en un mismo sistema. Debido a la dificultad que representa la realización de esta prueba, a continuación, se procede a desarrollar una estimación basada únicamente en la relación de los pesos moleculares de cada refrigerante.

$$\text{Relación de pesos moleculares} = \frac{404A}{449A} = \frac{97.6}{87.21} = 1.12$$

$$\text{Cantidad de gas refrigerante 404A} = 10.9 \text{ kg}$$

$$\text{Determinación de gas 449A a utilizar} = 10.9 \text{ kg} * 1.12 = 12.21 \text{ kg}$$

#### Determinación de costos:

El gas refrigerante, comúnmente puede conseguirse en presentaciones de 10.9kg, el precio en el mercado para cada gas es el siguiente:

#### Cuadro comparativo de refrigerantes.

Refrigerante	Precio por envase (10.9 kg)	Precio aproximado por kg
R-404A	1,331.59 USD*	122.16 USD*
R-449A	653.35 USD*	59.94 USD*

Nota: Precios de referencia, obtenidos y adaptados del mercado español, comercial ASIRCRA S.L.

Continúa...

#### 4.4.3 Propuestas para disminuir emisiones generadas por fugas de gas refrigerante. (Continuación)

*Costos actuales R404A = 1,331.59 USD*

*Costos al utilizar R449A = 59.95 USD \* 12.21 kg = 731.87 USD*

***Inversión = 731.87 USD***

*Ahorro = 1,331.59 USD – 731.87 USD = 599.72 USD*

En cuanto al tiempo de retorno de la inversión se estimará mediante el PSRI:

$$PSRI = \frac{Inversión}{Ahorro} = \frac{731.87 \text{ USD}}{599.72 \text{ USD/año}} = \mathbf{1.22 \text{ años}}$$

***PSRI = 1.22 años***

#### **Factibilidad ambiental**

*Emisiones de CO<sub>2</sub> con R404A = 10.9 kg \* 3943 GWP = 42,978.7 kg CO<sub>2</sub>*

*Emisiones de CO<sub>2</sub> con R449A = 12.21 kg \* 1400 GWP = 17,094 kg CO<sub>2</sub>*

***Emisiones evitadas CO<sub>2</sub> = 42,978.7 kg CO<sub>2</sub> – 17,094 kg CO<sub>2</sub> = 25,884.7 kg CO<sub>2</sub>***

***Emisiones evitadas CO<sub>2</sub> = 25.884.7 Ton CO<sub>2</sub> por año***

#### **4.5 Factibilidad económica de las propuestas.**

Una vez establecidas las propuestas para reducir emisiones de CO<sub>2</sub> al ambiente, es importante analizar la factibilidad de estas, es decir, se debe determinar si es rentable para la empresa poner en marcha estos proyectos. A continuación, se presenta en la Tabla 4.12 un cuadro resumen de las inversiones y ahorros esperados para cada propuesta adaptada para un periodo de 10 años junto con el flujo de efectivo mostrado en la Figura 4.3.

**Tabla 4.12** Cuadro resumen de propuestas.

Propuesta	Inversión inicial	Ahorro (anual)	Emisiones evitadas
Monitoreo GPS	\$19,125	\$7,715.72	20.51 Ton CO <sub>2</sub>
SSFV	\$182,100	\$29,796.21	119.21 Ton CO <sub>2</sub>
Cambio de refrigerante (anual)	\$731.87	\$599.72	25.88 Ton CO <sub>2</sub>
<b>sTotal</b>	<b>\$201,956.87</b>	<b>\$38,111.65</b>	<b>165.6 Ton CO<sub>2</sub></b>

$$PSRI = \frac{\text{Inversión}}{\text{Ahorro}} = \frac{201,956.87 \text{ USD}}{38,111.65 \text{ USD/año}} = 5.30 \text{ años}$$



**Figura 4.3** Flujo de efectivo esperado a 10 años por implementación de propuestas asumiendo TMAR =10%.

A través del análisis de flujo de fondos de la Figura 4.3 podemos determinar que la implementación de las estrategias es rentable para la empresa, y disminuye en gran manera las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, lo que podría mejorar la imagen de la empresa ante la sociedad y reforzar su compromiso con el medio ambiente.

## **4.6 Recomendaciones adicionales**

Al realizar el análisis de flujo de efectivo es posible estimar un margen de ganancia lo suficientemente alto como para que la empresa pueda decidir incurrir en inversiones de compensación de CO<sub>2</sub> con el objetivo de encaminarse a ser una empresa más comprometida con el medio ambiente, lo cual mejoraría su imagen a nivel comercial y la ubicaría dentro del grupo de empresas encaminadas a lograr la anhelada meta de carbono net cero, es decir, poder alcanzar un punto de equilibrio en el cual las emisiones totales de la empresa sean compensadas en su totalidad.

Para esto existen diversas plataformas de inversión que emiten certificados de compensación en base a las toneladas de CO<sub>2</sub> que los empresarios deseen compensar, en este caso basándose en la página “CeroCO<sub>2</sub>” se establece una alternativa de inversión para poder compensar gran parte de las toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas por la empresa para posteriormente analizar desde un punto de vista financiero la viabilidad de la propuesta.

CeroCO<sub>2</sub> es una iniciativa que opera desde 2005 con el objetivo de reducir el impacto ambiental de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera a través de soluciones, propuestas y programas que buscan compensar las emisiones y reducir el impacto provocado en el clima por las mismas como consecuencia del desarrollo de actividades y fabricación de productos. La página web ofrece servicios de cálculo y facilita la información sobre programas en los cuáles invertir con el objetivo de compensar toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas

### **4.6.1 Compensación de CO<sub>2</sub>**

Utilizando la página web de CeroCO<sub>2</sub>, e ingresando la cantidad deseada de toneladas a compensar es posible determinar la inversión necesaria para llevar a cabo el proyecto, como se muestra en la Figura 4.4.

Ha elegido compensar **200,000** toneladas de CO<sub>2</sub>

1. Selección de proyecto
2. Datos fiscales
3. Beneficiario
4. Formas de pago

Seleccione el proyecto al que desea destinar su compensación:



**Proyecto Evergreen REDD+ en la Amazonía brasileña** [\[Más información\]](#)

Tipo de verificación: VCS

Precio por tonelada: 11,60 €

Importe a compensar: 2320,00 €



**Proyecto de cocinas mejoradas y agua limpia, Guatemala** [\[Más información\]](#)

Tipo de verificación: Gold Standard

Precio por tonelada: 11,60 €

Importe a compensar: 2320,00 €

**Figura 4.4** Cálculo de inversión para compensar 200 Ton de CO<sub>2</sub> a través de la plataforma CeroCO<sub>2</sub>

$$Inversión\ necesaria = 2,320.00\ Euros * 1.06 \frac{dólar}{euro} = 2,459.2\ USD/año$$

Al ser una inversión que no se recuperará con el tiempo, se evalúa en conjunto con las propuestas planteadas para obtener un panorama definido acerca de los proyectos propuestos y los beneficios esperados, mostrándose en la Figura 4.5 el flujo de efectivo.

Nombre del proyecto:	Implementación de propuestas	
TMAR	10%	
Cantidad de Años	10	

AÑOS	FLUJO DE FONDOS	Implementación de propuestas	
0	-\$ 188,963.07	TIR	10.37%
1	\$ 31,248.58	VAN	\$3,045.93
2	\$ 31,248.58		
3	\$ 31,248.58		
4	\$ 31,248.58		
5	\$ 31,248.58		
6	\$ 31,248.58		
7	\$ 31,248.58		
8	\$ 31,248.58		
9	\$ 31,248.58		
10	\$ 31,248.58		

**Figura 4.5** Flujo de efectivo esperado a 10 años por implementación de propuestas asumiendo TMAR =10% e incluyendo inversión para compensar 200 Ton de CO<sub>2</sub>.

Del análisis de factibilidad económica del conjunto de propuestas planteadas incluso adicionando la inversión de compensación de CO<sub>2</sub> presentada en el flujo de efectivo de la Figura 4.5, el proyecto resulta viable para la empresa y se traduce en una reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> considerablemente mayor.

A continuación se presenta en la Tabla 4.13 un resumen de las emisiones evitadas y compensadas de las propuestas planteadas anteriormente.

**Tabla 4.13** Cuadro resumen de emisiones evitadas/compensadas

<b>Propuesta</b>	<b>Emisiones evitadas / compensadas</b>
Monitoreo GPS	20.51 Ton CO <sub>2</sub>
SSFV	119.21 Ton CO <sub>2</sub>
Cambio de refrigerante (anual)	25.88 Ton CO <sub>2</sub>
Proyecto de compensación de CO <sub>2</sub>	200 Ton CO <sub>2</sub>
Total	365.6 Ton CO <sub>2</sub>

$$\text{Reducción de emisiones totales} = \frac{365.6 \text{ Ton CO}_2}{1129.09 \text{ Ton CO}_2} * 100\% = 32.38 \%$$

A través de la implementación de las estrategias planteadas, es posible estimar una reducción/compensación de hasta un 32.38% de las emisiones actuales de la empresa, lo cual representa un panorama favorable considerando que el proyecto de inversión es rentable y no representa ninguna pérdida para la empresa dado que la inversión se recupera a partir del séptimo año (véase sección ANEXOS, Tabla A.3).

## CONCLUSIONES

- i. La industria alimenticia es una parte vital en la sociedad actual, sin embargo las emisiones de gases de efecto invernadero que esta genera conforman una gran parte de las emisiones globales, el uso de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica, transporte de alimentos y el uso de gases refrigerantes son algunas de las principales fuentes de emisión, por lo que es necesario recalcar la importancia de un enfoque que permita a las empresas pertenecientes a esta industria evaluar su situación actual mediante una metodología para la cuantificación y reporte de emisiones de gases de efecto invernadero, que posteriormente sirva de base para implementar medidas que permitan reducirlas.
- ii. Mediante la aplicación de la metodología GHG Protocol se logró cuantificar y reportar las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente de una empresa de suministro de alimentos del área de San Salvador durante el año 2022, estableciendo como alcance 1 el consumo de diésel (uso de paneles para el transporte y distribución de alimentos), GLP (uso de montacargas en el almacenamiento de alimentos), y R404-A (usado en las cámaras de refrigeración y congelación), sumando un total de 630.16 Ton CO<sub>2</sub> eq.; Para el alcance 2 definido como las emisiones indirectas de GEI debido al consumo de energía eléctrica de la empresa se obtuvo un total de 497.93 CO<sub>2</sub> eq.
- iii. A través de la elaboración del inventario de emisiones se logró identificar que la mayor cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero de la empresa proviene de la quema de combustible diésel en los procesos de transporte y distribución de la materia prima hacia los restaurantes ubicados en todo el país, por lo cual se optó por promover una iniciativa que regule las distancias recorridas por las unidades de transporte así como también se busca estandarizar las rutas a recorrer con el fin de reducir el consumo de combustible en tráfico.
- iv. Al analizar las emisiones de GEI provenientes del consumo de energía eléctrica es posible identificar este tipo de emisiones como la mayor oportunidad de mejora que

posee la empresa, al evaluar los consumos de energía y la posibilidad de reducirlos con la implementación de un sistema solar fotovoltaico aprovechando los espacios disponibles en los techos de las instalaciones es posible reducir en gran medida las emisiones totales registradas.

- v. Los resultados de diversos estudios comprueban que el refrigerante R-449A es un refrigerante alternativo que puede sustituir al R-404A, su uso representa ventajas tanto ecológicamente como económicamente, sin embargo, la sustitución del gas refrigerante de los equipos de enfriamiento de las instalaciones es un proyecto que debe ser evaluado minuciosamente debido a que si bien la maquinaria es capaz de operar con ambos refrigerantes, se debe tener en cuenta las posibles modificaciones necesarias para asegurar el funcionamiento a largo plazo como cambios de accesorios, sellos, planes de mantenimiento, etc.
  
- vi. La implementación de las propuestas planteadas como alternativas para reducir las emisiones de GEI, plantean un escenario favorable para la empresa, generando un ahorro considerable que a su vez, permite evaluar la posibilidad de establecer proyectos de inversión con el fin de compensar una parte de las emisiones de CO<sub>2</sub> de la empresa a través de plataformas de compensación en línea que ofrecen la oportunidad de invertir capital en proyectos ambientales a cambio de certificaciones internacionales que acreditan a las organizaciones como responsables de sus emisiones y fortalecen su compromiso con el medio ambiente.
  
- vii. Considerando las propuestas planteadas y el establecimiento de un programa de compensación anual para las emisiones proyectadas por la empresa, es posible estimar una reducción reflejada en su inventario de emisiones de aproximadamente un 32% el cual representa un valor de 365 Toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas anualmente a la atmosfera debidas al funcionamiento de la institución.



## BIBLIOGRAFIA

- Aguilera, E., Piñero, P., Infante Amate, J., González de Molina, M., Lassaletta, L., Sanz Cobeña, A. (2020). *Emisiones de gases de efecto invernadero en el sistema agroalimentario y huella de carbono de la alimentación en España*. Real Academia de Ingeniería. España.
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). (2017). *Handbook fundamentals*. Recuperado el 10 de Agosto de 2023 de: <https://archive.org/details/ashraehandbook2017hvacfundamentalssi/page/n5/mode/lup?view=theater>
- Avila J., Barbosa. L. (2018). *DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO POR MEDIO DEL PROTOCOLO GHG PROTOCOL Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA EL CEMENTERIO DISTRITAL DEL NORTE BOGOTA D.C*. Tesis de Especialización. Universidad Libre, Colombia.
- Benavides, H., y León, G. (2007). *Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático. Informe Técnico*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Colombia.
- Caballero, M., Lozano, S., & Ortega, B. (2007). *Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra*. Revista Digital Universitaria Volumen 8. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2010) *Metodologías para el cálculo de la huella de carbono y sus potenciales implicaciones para América Latina*. Recuperado el 1 de Junio de 2023 de: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/5475cea4-6e9d-4a76-841b-b71a13b7ac37/content> , Francia.
- Departamento de Seguridad Energetica y Cero Neto, Gobierno de Reino Unido (2023). *Factores de emisión publicados para el año 2023*, Obtenido el 26 de Julio de 2023 de: <https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2023>, Reino Unido.
- Flammini, A., Karl, K., Thacker, D., Tubiello, N.F. (2023). *Methods for estimating greenhouse gas emissions from food systems. Part VI: fluorinated gas emissions*. Food and Agriculture Organization (FAO) Roma, Italia.
- IPCC, 2014: *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza.

*International Organization for Standardization. (2006). ISO 14040:2006 Environmental management - Life cycle assessment- Principles and framework. Recuperado el 6 de Junio de 2023 de:*  
<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/76121/3150a926b47c4f2a801a3c021b5760cf/ISO-14040-2006-Amd-1-2020.pdf>

*International Organization for Standardization. (2015). ISO 14001:2015 Environmental Management Systems- Requirements guidance for use. Recuperado el 6 de Junio de 2023 de:*  
[https://sigi.sic.gov.co/SIGI/files/mod\\_documentos/anexos/801/NORMA%20ISO%2014001.2015.pdf](https://sigi.sic.gov.co/SIGI/files/mod_documentos/anexos/801/NORMA%20ISO%2014001.2015.pdf)

*International Organization for Standardization. (2018). ISO 14067:2018 Carbon footprint of products-Requirements and guidelines for quantification and communication. Recuperado el 6 de Junio de 2023 de:*  
<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/66453/66b673029bda4d8f9991b20f3cbb4590/ISO-14064-1-2018.pdf>

*Instituto Meteorológico Nacional (2022). Factores de emisión de gases de efecto invernadero Duodécima edición, Recuperado el 2 de Octubre de 2023 de:*  
<http://cglobal.imn.ac.cr/wp-content/uploads/2022/07/FactoresEmision-GEI-2022-1.pdf>. Costa Rica.

*Mengyu Li, Nanfei J., Manfred L. et al. (2022). Global food-miles account for nearly 20% of total food-systems emissions. Nature Food. Recuperado el 2 de Octubre de 2023 de:* <https://doi.org/10.1038/s43016-022-00531-w>

*Pavel M, Mota-Babiloni A, Rogstam J. (2017). Retrofit of lower GWP alternative R449A into an existing R404A indirect supermarket refrigeration system. International Journal of Refrigeration. Suecia.*

*World Business Council for Sustainable Development. (s.f.). (2005) Protocolo de Gases de Efecto Invernadero: Estandar Corporativo de Contabilidad y Reporte. México*

*Xu, X., Sharma, P., Shu, S. et al. (2021). Global greenhouse gas emissions from animal-based foods are twice those of plant-based foods. Nature Food 2.*  
<https://doi.org/10.1038/s43016-021-00358-x>

## ANEXOS

**Tabla A.1** Cálculos de consumo energético anual de luminarias, equipo de oficina y cámaras refrigerantes.

<p><b>Cálculo de consumo anual</b></p> <p><b>Cámara 9</b></p> $\text{Consumo anual equipo 1} = (440V)(65A) \left( \frac{8 \text{ horas}}{1 \text{ día}} \right) \left( \frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}} \right) \left( \frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}} \right)$ $\text{Consumo anual} = 83,512 \text{ kWh}$ $\text{Consumo anual equipo 2} = (440V)(70.2A) \left( \frac{8 \text{ horas}}{1 \text{ día}} \right) \left( \frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}} \right) \left( \frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}} \right)$ $\text{Consumo anual} = 90,192.96 \text{ kWh}$
<p><b>Cámara 1</b></p> $\text{Consumo anual equipo 3} = (440V)(28.0A) \left( \frac{8 \text{ horas}}{1 \text{ día}} \right) \left( \frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}} \right) \left( \frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}} \right)$ $\text{Consumo anual} = 35,974.40 \text{ kWh}$ $\text{Consumo anual equipo 4} = (440V)(25.3A) \left( \frac{8 \text{ horas}}{1 \text{ día}} \right) \left( \frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}} \right) \left( \frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}} \right)$ $\text{Consumo anual} = 32,505.40 \text{ kWh}$
<p><b>Cámara 2</b></p> $\text{Consumo anual equipo 3} = (440V)(36.7A) \left( \frac{8 \text{ horas}}{1 \text{ día}} \right) \left( \frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}} \right) \left( \frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}} \right)$ $\text{Consumo anual} = 47,152.16 \text{ kWh}$ $\text{Consumo anual equipo 4} = (440V)(33.7A) \left( \frac{8 \text{ horas}}{1 \text{ día}} \right) \left( \frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}} \right) \left( \frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}} \right)$ $\text{Consumo anual} = 43,297.76 \text{ kWh}$
<p><b>Cámara 3/4</b></p> $\text{Consumo anual equipo 1} = (440V)(23.7A) \left( \frac{8 \text{ horas}}{1 \text{ día}} \right) \left( \frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}} \right) \left( \frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}} \right)$ $\text{Consumo anual} = 30,449 \text{ kWh}$

Continúa...

**Tabla A.1** Cálculos de consumo energético anual de luminarias, equipo de oficina y cámaras refrigerantes (Continuación).

<p><b>Cámara 5</b></p> <p><i>Consumo anual equipo 3</i> = <math>(440V)(56.9A) \left(\frac{8 \text{ horas}}{1 \text{ día}}\right) \left(\frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}}\right) \left(\frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}}\right)</math></p> <p><i>Consumo anual</i> = 73,105.12 kWh</p> <p><i>Consumo anual equipo 4</i> = <math>(440V)(62.8A) \left(\frac{8 \text{ horas}}{1 \text{ día}}\right) \left(\frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}}\right) \left(\frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}}\right)</math></p> <p><i>Consumo anual</i> = 80,685.44 kWh</p>
<p><b>Consumo de energía de luminarias</b></p> <p>Especificaciones de lámparas de tubo fluorescente:</p> <p>V=32W</p> <p>N=142 luminarias</p> <p><i>Consumo anual</i> = <math>(142 \text{ luminarias})(32W) \left(\frac{12 \text{ horas}}{1 \text{ día}}\right) \left(\frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}}\right) \left(\frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}}\right)</math></p> <p><i>Consumo anual</i> = 13,268.48 kWh</p>
<p><b>Consumo de energía de ordenadores</b></p> <p>Número de ordenadores = 15</p> <p>Tiempo de funcionamiento= 12h/día</p> <p>Potencia = 180 W</p> <p><i>Consumo anual</i> = <math>(15 \text{ ordenadores})(180W) \left(\frac{12 \text{ horas}}{1 \text{ día}}\right) \left(\frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}}\right) \left(\frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}}\right)</math></p> <p><i>Consumo anual</i> = 11,826 kWh</p>
<p><b>Consumo de Freidora de presión HP500</b></p> <p>Potencia = 480 W</p> <p>Tiempo en funcionamiento 2 horas a la semana, es decir 96 horas al año.</p> <p><i>Consumo anual</i> = <math>(1 \text{ freidora})(480W) \left(\frac{96 \text{ horas}}{1 \text{ año}}\right) \left(\frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}}\right)</math></p> <p><i>Consumo anual</i> = 46.08 kWh</p>

Continúa...

**Tabla A.1** Cálculos de consumo energético anual de luminarias, equipo de oficina y cámaras refrigerantes. (Continuación)

**Consumo de energía de aires acondicionados**

Potencia = 1757.4 W

Numero de aires acondicionados = 12

Tiempo de funcionamiento = 12h/día

Factor de corrección = 0.7 (el equipo opera el 70% del tiempo debido a tiempos de descarche)

$$\text{Consumo anual} = (12 \text{ aires})(1757.4W) \left(\frac{12 \text{ horas}}{1 \text{ dia}}\right) \left(\frac{365 \text{ dias}}{1 \text{ año}}\right) \left(\frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}}\right)$$

$$\text{Consumo anual} = (0.7)(92,376.30 \text{ kWh}) = 64,658.26 \text{ kWh}$$

**Tabla A.2** Flujo de fondos. (Sin compensación de huella de carbono)

Flujo de efectivo a 10 años


Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Instalación de GPS	(\$765)										
Contrato de monitoreo GPS	(\$3,672)	(\$3,672)	(\$3,672)	(\$3,672)	(\$3,672)	(\$3,672)	(\$3,672)	(\$3,672)	(\$3,672)	(\$3,672)	(\$3,672)
Inversión inicial SSFY 449.A	(\$182,100)										
Compra de refrigerante	(\$731.87)	(\$731.87)	(\$731.87)	(\$731.87)	(\$731.87)	(\$731.87)	(\$731.87)	(\$731.87)	(\$731.87)	(\$731.87)	(\$731.87)
Ahorros	\$38,111.65	\$38,111.65	\$38,111.65	\$38,111.65	\$38,111.65	\$38,111.65	\$38,111.65	\$38,111.65	\$38,111.65	\$38,111.65	\$38,111.65
Total Anual	(\$186,503.87)	\$33,707.78	\$33,707.78	\$33,707.78	\$33,707.78	\$33,707.78	\$33,707.78	\$33,707.78	\$33,707.78	\$33,707.78	\$33,707.78
Total Acumulado	(\$186,503.87)	(\$152,796.09)	(\$119,088.31)	(\$85,380.53)	(\$51,672.75)	(\$17,964.97)	\$15,742.81	\$49,450.59	\$83,158.37	\$116,866.15	\$150,573.93

**Tabla A.3** Flujo de fondos. (con compensación de huella de carbono)

Flujo de efectivo a 10 años

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Instalación de GPS	(\$765)										
Contrato de monitoreo GPS	(\$3,672)	(\$3,672)	(\$3,672)	(\$3,672)	(\$3,672)	(\$3,672)	(\$3,672)	(\$3,672)	(\$3,672)	(\$3,672)	(\$3,672)
Inversión inicial SSFY	(\$182,100)										
Compra de refrigerante 449A	(\$731.87)	(\$731.87)	(\$731.87)	(\$731.87)	(\$731.87)	(\$731.87)	(\$731.87)	(\$731.87)	(\$731.87)	(\$731.87)	(\$731.87)
Proyecto de compensación de huella de carbono	(\$2,459.20)	(\$2,459.20)	(\$2,459.20)	(\$2,459.20)	(\$2,459.20)	(\$2,459.20)	(\$2,459.20)	(\$2,459.20)	(\$2,459.20)	(\$2,459.20)	(\$2,459.20)
Ahorros		\$38,111.65	\$38,111.65	\$38,111.65	\$38,111.65	\$38,111.65	\$38,111.65	\$38,111.65	\$38,111.65	\$38,111.65	\$38,111.65
Total Annual	(\$188,963.07)	\$31,248.58	\$31,248.58	\$31,248.58	\$31,248.58	\$31,248.58	\$31,248.58	\$31,248.58	\$31,248.58	\$31,248.58	\$31,248.58
Total Acumulado	(\$188,963.07)	(\$157,714.49)	(\$126,465.91)	(\$95,217.33)	(\$63,968.75)	(\$32,720.17)	(\$1,471.59)	\$29,776.99	\$61,025.57	\$92,274.15	\$123,522.73

**Figura A.1** Cotización de sistema de monitoreo GPS realizada con empresa “UBICA GPS S.A de C.V”



### PROPUESTA COMERCIAL

CANTIDAD	DESCRIPCION	MONTO UNITARIO	MONTO TOTAL
17	<b>Equipos GPS</b> (Modalidad arrendamiento)	\$0.00	\$0.00
17	<b>Instalación de Equipo GPS (Pago Único) Incluye:</b> - Primer mes de servicios de rastreo - Instalación de equipo GPS - Corte de Motor - Botón de Pánico	\$45.00	\$765.00
17	<b>Licencias mensual Plataforma de Rastreo Web/Aplicativo Móvil</b>	\$18.00	\$306.00

**Licencia Mensual Incluye:**

- Ubicación en tiempo real e histórico de recorridos
- Acceso ilimitado a sistema de rastreo satelital (múltiples usuarios)
- Acceso ilimitado a Aplicativo móvil (Android/IOS)
- Soporte técnico sin costo (restricciones aplican)
- Cobertura Nacional/Regional
- Soporte Telefónico 24/7
- Apagado remoto/Botón de Pánico
- Reacción privada en caso de robo sin costo (hasta 12 eventos acumulables por año en el Área Metropolitana)
- Reacción policial en caso de robo (Resto del país)
- Acceso completo a informes y alertas

**Términos y Condiciones:**

- Precios SI incluyen IVA
- Contrato 12 meses
- Validez de Oferta 30 días
- Forma de Pago: Contado



+ (503) 2239-2400
 [www.ubica.com.sv](http://www.ubica.com.sv)
 7a Calle Poniente #4853, Col Escalón, San Salvador, El Salvador



Figura A.2 Ficha técnica de equipos de refrigeración

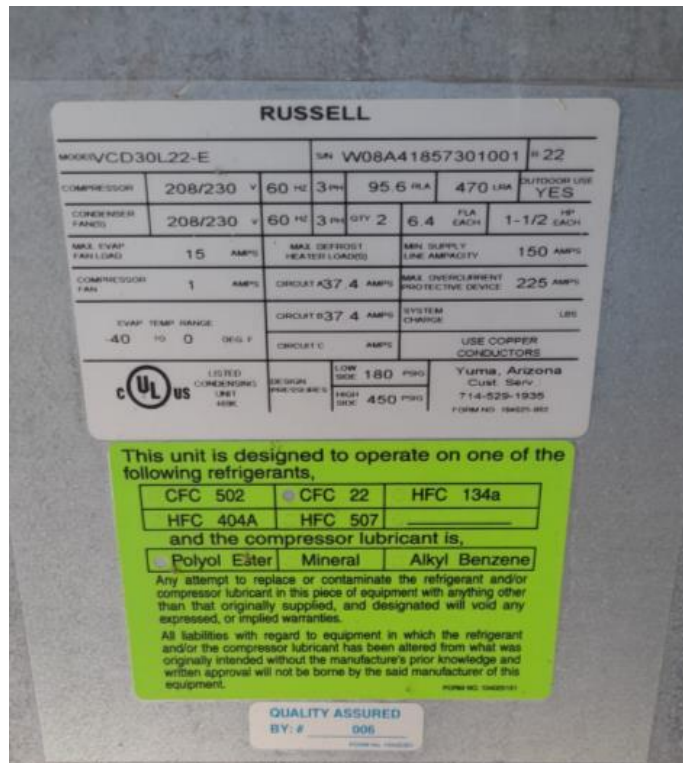


Figura A.3 Ficha Técnica equipo de compresión de cámara refrigerante.



**Figura A.4** Tanque de 10.9 kg de Refrigerante 404-A utilizado para la recarga en los equipos de refrigeración.



**Figura A.5** Mediciones de Corriente realizadas en el año 2022

