

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



CURSO DE ESPECIALIZACIÓN EN:  
ECOEficiencia DE PROCESOS INDUSTRIALES

**CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO MEDIANTE LA  
APLICACIÓN DEL GHG PROTOCOL EN UN HOTEL UBICADO EN EL  
ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR PARA EL AÑO 2021**

PRESENTADO POR:

**COTO OLIVA, KARLA VANESSA  
ITZEP RIVERA, VERÓNICA LISSETH  
MENJIVAR PALACIOS, DANIEL EDGARDO**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

**INGENIERO QUÍMICO**

CIUDAD UNIVERSITARIA, ENERO DE 2023

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

RECTOR:

**MSC. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO**

SECRETARIO GENERAL:

**ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

DECANO:

**DR. EDGAR ARMANDO PEÑA FIGUEROA**

SECRETARIO:

**ING. JULIO ALBERTO PORTILLO**

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

DIRECTORA:

**ING. SARA ELISABETH ORELLANA BERRÍOS**

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

CURSO DE ESPECIALIZACIÓN EN:  
ECOEficiencia DE PROCESOS INDUSTRIALES

**CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO MEDIANTE LA  
APLICACIÓN DEL GHG PROTOCOL EN UN HOTEL UBICADO EN EL  
ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR PARA EL AÑO 2021**

Para optar al título de:

**INGENIERO QUÍMICO**

Presentado por:

**COTO OLIVA, KARLA VANESSA  
ITZEP RIVERA, VERÓNICA LISSETH  
MENJIVAR PALACIOS, DANIEL EDGARDO**

Docente asesor:

**ING. NELSON MAURICIO VAQUERO ANDRADE**

CIUDAD UNIVERSITARIA, ENERO DE 2023

Trabajo de Grado aprobado por

DOCENTE ASESOR

**ING. NELSON MAURICIO VAQUERO ANDRADE**

# DEDICATORIAS

## **Dedicatoria Karla Vanessa Coto**

Dedico este trabajo a todos mis maestros y tutores, quienes de gran manera aportaron sus conocimientos a mi formación profesional y personal. Dedico este trabajo igualmente a mis compañeros de equipo, Daniel y Verónica, y a quienes les estaré eternamente agradecida por brindarme su apoyo y amistad.

Finalmente quiero dedicar este trabajo a mi persona, reconocerlo como el logro que representa mi carrera estudiantil que ha culminado temporalmente; y por sobre todo dedico este y todos mis esfuerzos a Dios y a mi familia.

## **Dedicatoria Verónica Lisseth Itzep Rivera**

Dedico este trabajo a Dios por cuidarme, guiarme, darme las fuerzas y la sabiduría para alcanzar mi meta, a mi familia que siempre me apoyó aun en los momentos más difíciles, cuando ya no quería seguir, me daban esas palabras de ánimo aun en la distancia para continuar intentándolo, a todos los amigos que me acompañaron a lo largo de mi camino por darme el coraje para seguir, estar siempre para ayudarme y que ahora están conmigo para celebrar este triunfo, para finalizar le dedico esta investigación a Karla Coto y Daniel Menjívar, mis compañeros de carrera y tesina, por todo el esfuerzo y dedicación a la investigación.

## **Dedicatoria Daniel Edgardo Menjivar Palacios**

Quiero dedicar este trabajo primeramente a la Universidad de El Salvador y a sus docentes por brindarme la oportunidad de desarrollarme académicamente y guiarme hasta convertirme en un profesional. También dedicarle este trabajo a mi familia, porque me han apoyado a su manera durante mis estudios, así como, a mi grupo de amigos de la carrera, casi mi familia, con quienes compartí la mayor parte de mi vida académica, que me han apoyado y siempre me motivaron a continuar incluso en los tiempos difíciles, así como a mis amigos más cercanos que siempre fueron pacientes conmigo y me ofrecieron su apoyo.

# **AGRADECIMIENTOS**

## **Agradecimientos Karla Vanessa Coto Oliva**

Quiero agradecer primeramente a Dios, por permitirme lograr una meta más, a mis padres Nelson y Verónica por invertir su tiempo, dinero, esperanzas e ilusiones en mí, a mi hermano Gustavo por silenciosamente preocuparse por mí en tiempos de estudio, a mi mejor amiga Mónica por ser un apoyo emocional a lo largo de todos estos años, a mis compañeros de trabajo, Daniel y Verónica por completar esta tarea conmigo y finalmente agradecer a mis maestros y guías por ser un buen ejemplo a seguir.

## **Agradecimientos Verónica Lisseth Itzep Rivera**

Primeramente, a mi madre por estar conmigo en todo momento y formación profesional y darme apoyo emocional y económico a lo largo de mi carrera, a mis hermanos que con sus ánimos me ayudaron a seguir adelante.

A mis docentes y asesores que con su conocimiento me han dado las herramientas necesario para culminar esta meta y poder ejercer en el área profesional.

A mis amigos y compañeros por su paciencia y apoyo a lo largo de la carrera.

## **Agradecimientos Daniel Edgardo Menjivar Palacios**

Quiero agradecer primeramente a mi familia, quienes siempre confiaron en mí, por todo el cariño que siempre me brindaron y porque sé que están felices y orgullosos de mis éxitos. Así mismo, quiero agradecer a mi grupo de amigos de la carrera (Kathya, Karla, Luis, Sandra, Eli y Krishna), con quienes compartimos los mejores y los peores momentos de la carrera, decirles que, sin ellos, yo no hubiera podido llegar en dónde estoy, fueron parte importante de mi desarrollo personal y académico, les tengo un gran aprecio y agradecimiento por haber compartido conmigo este camino. Así mismo, quiero agradecerles a mis compañeras de tesina Karla y Verónica por dedicarse a la realización de este trabajo y siempre brindar su apoyo en el desarrollo del curso de especialización, también agradecer a aquellos docentes que brindaban con interés sus materias, por mostrarme esa pasión por algunas disciplinas dentro de la carrera, gracias por motivarme.

Por parte del equipo de trabajo, un principal agradecimiento a los miembros de la dirección, gerencia y mantenimiento del hotel NOVO por brindarnos la oportunidad y el apoyo necesario para realizar este trabajo.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación nombrado como “cálculo de la huella de carbono mediante la aplicación del GHG protocol en un hotel ubicado en el área metropolitana de san salvador para el año 2021”, es un proyecto realizado para cuantificar la Huella de Carbono del Novo hotel & suite, en relación con las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) generadas por las actividades y las operaciones realizadas en el hotel; con el propósito de formular y proponer medidas que ayuden a mitigar y compensar los impactos generados por dichas emisiones.

La medición de la huella de carbono se efectuó basado en la metodología presentada por el estándar del Green House Gas Protocol (GHG), mediante la medición de las emisiones directas derivadas del consumo de gasolina y gas propano (Alcance 1), emisiones indirectas derivadas del consumo de energía eléctrica (Alcance 2), y emisiones por consumo de agua y papel (Alcance 3).

Para el cálculo de las emisiones se aplicaron los factores establecidos por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) y el ministerio de medio ambiente y recursos naturales (MARN), así como lo especifica el GHG Protocol.

El trabajo se desarrolla en tres etapas; La primera corresponde a la identificación de los procesos, actividades y operaciones que se llevan a cabo en el hotel y la definición del año de estudio, también denominado año base, con el fin de identificar cuál de estas actividades o procesos se clasificaban dentro de las fuentes de emisión de los GEI respectivas. Para la identificación de las principales fuentes generadoras de emisiones, se incluyeron diferentes equipos eléctricos y electrónicos, entre ellos: aires acondicionados del tipo ventana, mini Split y torres centrales de tipo inverter, televisores, refrigeradoras, entre otros; a su vez se identificaron equipos a base de gas como lo son las cocinas y secadoras, equipos móviles a base de gasolina (vehículos), y las emisiones por el consumo de agua y el papel. Al finalizar esta etapa se determinó el año 2021 como el año de estudio, debido a que representa un año neutral del que se poseían los datos más recientes, tomando en cuenta que es la primera vez que se cuantifican las emisiones en el hotel.

La segunda etapa, se centra en el tratamiento de la información recolectada para realizar el cálculo las emisiones de GEI utilizando los diferentes factores de emisión específicos



para cada tipo de fuente. Se realizó el cálculo de las emisiones en función de cada uno de los alcances establecidos por el GHG protocol y la distinción realizada en función de las actividades de la organización. El resultado de la medición de la Huella de Carbono total para el hotel Novo fue de 127.73 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente. Para el alcance 1 el resultado fue de 12.73 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, lo que corresponde al 10% del total de las emisiones, el alcance 2 fue de 108.16 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente que corresponde al 85% del total de emisiones y el alcance 3 con 6.83 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente este corresponde al 5% del total de emisiones.

Al evaluar los resultados obtenidos en emisiones se observa la relevancia de un resultado sobre los demás, el cuál corresponde al consumo de energía eléctrica, resultado esperable debido a que se trata de una organización que forma parte del sector servicio, por ende, la estrategia de reducción de emisiones debe ir enfocada en esta principal fuente emisora de GEI.

La última etapa consiste en proponer medidas de reducción y compensación de las emisiones GEI, para lo cual se tuvieron en cuenta las condiciones ambientales, técnicas y económicas de su implementación, con el propósito de que estas medidas se puedan ejecutar en un corto, mediano o largo plazo para lograr compensar las emisiones GEI.

La medida propuesta de reducción y compensación formulada es la instalación de paneles de energía solar fotovoltaica, con lo que se lograría reducir el consumo de energía eléctrica en 29,063 kWh al año, equivalente al 18.26% de la energía consumida durante el año base y a un 15.47% de las emisiones totales de CO<sub>2</sub> equivalente emitidas a la atmósfera.

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I .....	2
1. MARCO CONTEXTUAL REFERENCIAL .....	2
1.1. Definición del problema .....	2
1.2. Objetivos .....	3
1.2.1. Objetivo general .....	3
1.2.2. Objetivos específicos .....	3
1.3. Justificación .....	3
1.4. Beneficios esperados.....	4
1.5. Alcances.....	4
1.6. Limitaciones.....	5
1.7. Antecedentes.....	5
CAPÍTULO II .....	6
2. MARCO TEÓRICO .....	6
2.1. Efecto invernadero.....	6
2.2. Efecto invernadero antropogénico.....	8
2.2.1. Forzamiento radiativo .....	8
2.3. Gases de efecto invernadero .....	10
2.4. Calentamiento global .....	13
2.5. Cambio climático .....	15
2.6. Huella de carbono.....	17
2.6.1. Cuantificación de la huella de carbono mediante guías generales .....	17
2.6.2. Cuantificación de la huella de carbono mediante guías específicas .....	20
CAPÍTULO III .....	28
3. METODOLOGÍA Y ANÁLISIS.....	28
3.1. Límites organizacionales.....	28
3.2. Límites operacionales.....	29
3.2.1. Alcance 1: emisiones directas de GEI.....	29
3.2.2. Alcance 2: emisiones indirectas de GEI .....	29

3.2.3. Alcance 3: otras emisiones de GEI indirectas .....	30
3.3. Periodo de inventario.....	31
3.4. Identificación de fuentes de emisión de GEI .....	31
3.5. Selección del método de cálculo .....	32
3.6. Recolección de datos .....	32
3.7. Selección de factores de emisión .....	32
3.8. Descripción general de guía de aplicación GHG Protocol .....	34
CAPITULO IV.....	35
4. ANÁLISIS Y RESULTADOS .....	35
4.1. Descripción de fuentes de emisiones, alcance 1.....	35
4.2. Descripción de fuentes de emisiones, alcance 2.....	35
4.3. Descripción de fuentes de emisiones, alcance 3.....	39
4.4. Tratamiento de datos de consumo, alcance 1.....	39
4.4.1. Consumo de equipos fijos.....	40
4.4.2. Consumo de equipos móviles .....	40
4.5. Tratamiento de datos de consumo alcance 2.....	40
4.6. Tratamiento de datos de consumo alcance 3.....	41
4.6.1. Consumo de agua .....	41
4.6.2. Consumo de papel .....	41
4.7. Cálculo de emisiones alcance 1 .....	42
4.7.1. Emisiones por equipos fijos .....	42
4.7.2. Emisiones por equipos móviles.....	43
4.8. Cálculo de emisiones alcance 2 .....	44
4.9. Cálculo de emisiones alcance 3 .....	44
4.9.1. Emisiones por consumo de agua .....	45
4.9.2. Emisiones por consumo de papel .....	45
4.10. Comparación de fuentes de emisión.....	45
4.11. Comparación entre alcances .....	46
4.12. Propuesta de reducción de emisiones .....	47
CONCLUSIONES.....	51
RECOMENDACIONES .....	53
BIBLIOGRAFÍA .....	54

ANEXOS .....	56
Anexo 1 Cronograma de actividades .....	56
Anexo 2 Cronograma de visitas al hotel Novo.....	59
Anexo 3 Análisis de sistema fotovoltaico .....	60

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Interacción de la radiación solar con la tierra y su atmosfera.....	7
Figura 2.2 Forzamiento Radiativo de GEI y otros gases .....	9
Figura 2.3 Anomalía de temperatura Global 2022.....	14
Figura 2.4 Temperatura vs actividad solar 2020 .....	16
Figura 3.1 Resumen de alcances y emisiones en una organización .....	30
Figura 3.2 Pasos para la aplicación del GHG Protocol .....	34
Figura 4.1 Comparativa de emisiones de CO <sub>2</sub> eq .....	46
Figura 4.2 Comparativa de emisiones de CO <sub>2</sub> eq según el alcance .....	47

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Características del GHG Protocol .....	21
Tabla 2.2 Características método Bilan Carbone .....	23
Tabla 2.3 Características del PAS 2050 .....	24
Tabla 2.4 Características del PAS 2060 .....	25
Tabla 2.5 Comparación de metodologías de medición de Huella de Carbono .....	27
Tabla 3.1 Factores de emisión para las diversas fuentes de emisiones de GEI.....	34
Tabla 4.1 Especificaciones técnicas de aires tipo ventana.....	36
Tabla 4.2 Aires del tipo mini Split, marca LG de 11,500 BTU .....	36
Tabla 4.3 Especificaciones Técnicas de las lavadoras.....	37
Tabla 4.4 Especificaciones Técnicas de las planchas .....	37
Tabla 4.5 Especificaciones Técnicas de la selladora.....	37
Tabla 4.6 Especificaciones Técnicas de secadoras .....	38

Tabla 4.7 Equipos del área de cocina.....	38
Tabla 4.8 Equipos de luminaria del hotel .....	39
Tabla 4.9 Consumo mensual de gas propano por equipos fijos alcance 1 .....	40
Tabla 4.10 Consumo mensual de energía eléctrica alcance 2.....	41
Tabla 4.11 Consumo mensual de agua potable.....	41
Tabla 4.12 Emisiones mensuales por consumo de gas propano en equipos fijos .....	43
Tabla 4.13 Emisiones mensuales por energía eléctrica .....	44
Tabla 4.14 Emisiones mensuales por agua .....	45
Tabla 4.15 Comparación de emisiones por fuentes emisoras .....	46
Tabla 4.16 Comparación de emisiones por alcances .....	47
Tabla A-1 Cronograma de actividades .....	56
Tabla A-2 Cronograma de visitas al hotel.....	59

## INTRODUCCIÓN

Una de las principales preocupaciones a nivel mundial, en términos ambientales, sociales y económicos, es el cambio climático, donde el principal mecanismo implicado en el calentamiento global es el efecto invernadero provocado particularmente por la acumulación de CO<sub>2</sub> en la atmósfera.

El cambio climático se define como el cambio en el clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, una de las evidencias de estos cambios en el clima se manifiesta en un incremento en la temperatura global; es por esto que se hace necesario cuantificar y reportar la huella de carbono, con el propósito de generar estrategias de prevención y mitigación de la contaminación. Debido a esto, países, empresas, instituciones, organizaciones, entre otros, han unido esfuerzos para comprender y desarrollar metodologías de contabilidad y reporte de las emisiones de gases de efecto invernadero, entre las metodologías de medición de huella de carbono se destaca el Green House Gas Protocol (GHG).

El GHG Protocol es un estándar para el cálculo de la Huella de Carbono de Organización; este permite contabilizar los seis tipos de GEI especificados en el protocolo de Kioto (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC, PFC y SF<sub>6</sub>). Este estándar permite la verificación del cálculo de la huella de carbono de una organización y la realización del informe de emisiones de GEI por parte de una entidad externa; así mismo hace posible realizar la verificación del inventario completo de GEI o de partes específicas.

La metodología del GHG Protocol es extensa y complicada, sin embargo, es eficaz para la cuantificación de las emisiones de los GEI directos e indirectos de una organización. Es, además, capaz de calcular la huella de carbono de cualquier sector, ya que, cuantifica las emisiones de GEI de manera directa e indirecta.

Para la realización de dicho cálculo, se ha tomado la decisión de calcular la medición de la huella de carbono del hotel, mediante la metodología del GHG Protocol, con el propósito de generar estrategias de mitigación y reducción de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO CONTEXTUAL REFERENCIAL

### 1.1. Definición del problema

El aumento de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero es considerado uno de los principales problemas en la política mundial; la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) establece un objetivo último: “Lograr la estabilización de los gases de efecto invernadero en la atmósfera con el fin de impedir interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático.”

Tomando como referencia las emisiones previas a la revolución industrial, se observa un aumento en las emisiones de GEI, sin embargo, esto llevó a mejorar la calidad de vida de las poblaciones, a un aumento de la población mundial a la generación de mayores demandas en alimentos, terrenos habitables, productos y servicios. Claro está que, la industrialización de la mano del aumento poblacional intensificó las emisiones de GEI a la atmósfera, aumentando la temperatura global del planeta.

Con respecto al calentamiento global, este tiene como consecuencia principal el cambio climático, y este, a su vez, tiene como consecuencia el cambio en los ecosistemas, desertificación, derretimiento de los polos, aumento del nivel del mar, acidificación de los océanos, extinción de especies y fenómenos meteorológicos extremos; es por ello que el cambio climático es el gran reto ambiental del siglo XXI, un reto que tiene a su vez complicaciones económicas.

La Huella de Carbono (HdC) es un indicador ambiental que representa la cantidad de gases efecto invernadero emitidos a la atmósfera derivados de las actividades de producción o consumo de bienes y servicios, es considerada una de las más importantes herramientas para cuantificar las emisiones de dichos gases; Para empresas, industrias u organizaciones el poder calcular su huella de carbono presenta oportunidades de mejora, al poder plantearse opciones para reducir sus emisiones de GEI a la atmósfera, generando un menor impacto al medio ambiente, y a su vez esta reducción de emisiones puede ir de la mano con ventajas económicas.

La industria hotelera es una de las más relevantes en el mundo, según los datos de Organización Mundial del Turismo ha alcanzado el 1% de las emisiones globales de GEI, que

irá aumentando con el crecer de este sector. De acuerdo con un estudio realizado por el International Tourism Partnership (ITP), la industria hotelera debería reducir sus emisiones en un 66% para 2030 y en un 90% para 2050, para mantenerse en el umbral de los 2 °C acordados en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP21).

En el Salvador la industria del turismo es una de las principales en lo que respecta a su participación en el PIB del país, teniendo esta una participación del 10.4% del PIB en el año 2019 y con un crecimiento de la industria de restaurantes y hoteles constante en los años previos a la pandemia del COVID-19. Al ser una industria tan importante tanto a nivel mundial como nacional, con un alto índice de crecimiento en situaciones normales, es lógico notar que las emisiones de GEI generados por este sector no harán nada más que crecer si no se hace algo para reducir las.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Calcular la huella de carbono en un hotel ubicado en la ciudad de San Salvador mediante el uso GHG protocol como metodología de cálculo.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

1. Identificar las principales fuentes de generación de emisiones de GEI.
2. Delimitar los alcances operacionales para el cálculo de la huella de carbono.
3. Calcular la cantidad de GEI emitidos.
4. Recomendar estrategias para la disminución de la huella de carbono del hotel.

## **1.3. Justificación**

El cálculo de la huella de carbono en el Novo Hotel & Suite ubicado en el área metropolitana de San Salvador, brindará la oportunidad de estimar las emisiones de gases de efecto invernadero generado por las diferentes actividades, equipos y servicios del hotel.

Conocer los datos de emisiones en dicho hotel, el cual es principalmente comprometido con el cuidado del medio ambiente, le dará la oportunidad de continuar dando pasos de mejora en lo que respecta a la Producción Más Limpia (PML); El encontrar oportunidades para la reducción de emisiones de GEI, y al aplicar las que sean económicamente viables ayudará a combatir el aporte al inminente aumento de emisiones generados en una industria que se encuentra en



crecimiento constante y aportará su grano de arena en el cumplimiento de las metas del COP21.

Además, el tener un inventario de emisiones de GEI, puede servir como un antecedente positivo, ya que ayudará a realizar dicho cálculo de manera continua a lo largo de los años siguientes, también al ser un hotel implicado en la PML, el poder conocer su huella de carbono puede ser explotado en lo que respecta al marketing como empresa de servicios, puesto que, la tendencia mundial actualmente se inclina hacia lo más verde.

#### **1.4. Beneficios esperados**

1. Descripción cuantitativa y cualitativamente las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por el hotel.
2. Valorización de los resultados obtenidos como indicadores de sostenibilidad ambiental.
3. Obtención de estrategias de recomendación para la disminución de la huella de carbono en el hotel.

#### **1.5. Alcances**

El cálculo de la huella de carbono está específicamente enfocado a realizarse en Novo Hotel & Suit, ubicado en Final 61 Avenida Norte, Colonia Escalón, San Salvador, El Salvador. Para dicho cálculo de huella, se cuenta con el apoyo de la dirección, gerencia y personal de mantenimiento del hotel, quienes proporcionaran los datos e información necesaria.

La investigación constará de un alcance descriptivo mediante el cual se medirán y recolectaran datos correspondientes a las variables involucradas en el cálculo de la huella de carbono dentro de los tres alcances operacionales establecidos por la metodología, en los cuales podemos incluir, servicios de gas y combustibles, energía eléctrica y algunos suministros como papel y agua, que pueden corresponder a emisiones directas e indirectas de gases de efecto invernadero.

## **1.6. Limitaciones**

La información a utilizar para el cálculo de la huella de carbono se verá limitada a los datos que brinden la administración del hotel considerando las actividades y procesos que se desarrollan.

Además, no se podrá hacer una comparación de los resultados, ya que no se poseen datos de algún inventario de gases de efecto invernadero previamente hecho en el hotel.

## **1.7. Antecedentes**

No se presentan antecedentes con respecto al estudio de la huella de carbono en el Novo Hotel & Suit, ni la creación de ningún inventario de gases de efecto invernadero.

Sin embargo, en el hotel mencionado, se han realizado distintos proyectos de eco- eficiencia, entre los que se pueden mencionar:

- i. Proyecto eco-eficiencia en pequeños hoteles en El Salvador, Diagnóstico Técnico: Novo Apart Hotel; realizado por el programa de USAID de Excelencia Ambiental y Laboral para CAFTA-DR en el año 2009
- ii. Diagnóstico de Línea Base en Eficiencia Energética para Hotel Novo Apart; llevado a cabo por la Fundación Centro Nacional de Producción Más Limpia en el año 2012

Cabe destacar que una de las recomendaciones del diagnóstico del CNPML fue realizar un estudio de huella de carbono por ocupante, en este caso se le realizara al hotel en general.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Efecto invernadero

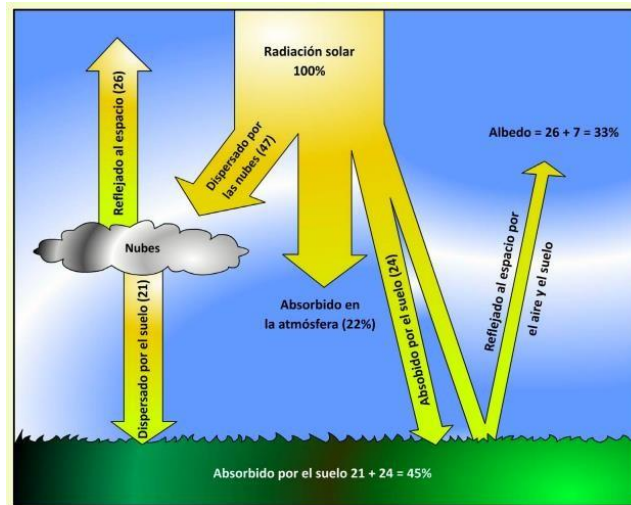
“El efecto invernadero se refiere a un mecanismo por medio del cual la atmosfera de la tierra se calienta” (Caballero, Lozano, & Ortega, 2007, p. 3)

Este mecanismo de calentamiento sucede gracias a dos tipos de radiación, la luz visible originada en el sol y la radiación invisible que emite la tierra, claro está que estas dos fuentes difieren grandemente en cuanto a su temperatura. De esta manera a la radiación solar se le llama de onda corta, la cual es de alta frecuencia, por el contrario, la radiación que emite la tierra es de onda larga y de baja frecuencia. (Martínez y Fernández Bremauntz, 2004, pág. 29)

Para comprender el mecanismo de funcionamiento del efecto invernadero se debe entender que, la atmosfera está constituida por diversos gases, los cuales absorben energía en distintas longitudes de onda, comportándose como un filtro radiativo, así mismo permite que pasen los rayos del sol y sean absorbidos por la superficie terrestre, la cual se calienta y emite radiación, y esta es absorbida por las capas atmosféricas, es así como se vuelve a calentar y remite radiación hacia la tierra y una pequeña parte hacia el espacio (Martínez y Fernández Bremauntz, 2004, pág. 30). Esto se puede ver representado en la imagen 2.1.

Un ejemplo claro es el ozono, quien es el principal encargado de absorber la radiación de onda corta (ultravioleta) procedente del sol; así como el vapor de agua, el dióxido de carbono y otros gases, son los responsables de absorber la radiación de onda larga (infrarroja) procedente de la tierra (Benavides Ballesteros y León Aristizabal, 2007, p. 25).

Este efecto sucede de manera semejante a un invernadero, sin embargo, algunos autores mencionan que el nombre correcto debería de ser “efecto atmosfera”, ya que, en un invernadero, el cual es construido para cultivar vegetación en un entorno más cálido que el de su medio ambiente externo, su mecanismo de calentamiento sucede debido a que se impide la convección, a diferencia del sistema tierra-atmosfera el cual se calienta por atrapar radiación. (Martínez y Fernández Bremauntz, 2004, pág. 31)



*Nota:* adaptado del artículo “Atmospheres of the Terrestrial Planets” de The New Solar System.

**Figura 2.1 Interacción de la radiación solar con la tierra y su atmosfera**

Debido a la distancia existente entre el sol y la tierra y al albedo<sup>1</sup>, la tierra tendría una temperatura denominada como temperatura efectiva, esta es el resultado neto del balance entre la radiación absorbida y emitida por la tierra; dicha temperatura sería de  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , sin embargo, la temperatura real global promedio de la tierra es alrededor de  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , esta diferencia se debe al efecto invernadero, el cual está presente en cualquier sistema con atmosfera. (Martínez y Fernández Bremauntz, 2004, págs. 29,30)

“Sin el efecto invernadero, la temperatura promedio en la superficie sería aproximadamente de  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$  bajo cero y la vida en el planeta no podría ser posible” (Benavides Ballesteros y León Aristizabal, 2007, p. 25)

Es preciso aclarar que el concepto explicado anteriormente corresponde al efecto invernadero que sucede de forma natural, puesto que, en un momento surge una determinada influencia del hombre, lo que conlleva a desarrollar el denominado efecto invernadero antropogénico<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Albedo: proporción existente entre la energía luminosa que incide en una superficie y la que se refleja.

<sup>2</sup> Relativo a lo que procede de los seres humanos, y en particular tiene efectos sobre la naturaleza.

## **2.2. Efecto invernadero antropogénico**

El efecto invernadero como tal ha existido desde siempre, permitiendo al planeta tierra evolucionar y tener vida, sin embargo, este efecto invernadero natural ha sido alterado artificialmente en los últimos siglos debido en gran parte a la industrialización. (Martínez y Fernández Bremauntz, 2004, pág. 34)

El humano ha influenciado en el efecto invernadero, gracias a actividades como la quema de combustibles fósiles, carbón y petróleo, en menor medida, la deforestación para actividades agrícolas y otros fines, dichas actividades han aumentado la concentración de CO<sub>2</sub> y de otros gases en la atmosfera, a estos se les conoce como gases de efecto invernadero (GEI).

Debido a las actividades antropogénicas, este tipo de gases permanecen en la atmosfera y provocan un desequilibrio entre dos factores muy importantes involucrados en el efecto invernadero, la radiación solar entrante y la radiación reflejada por la tierra. (Trespacios y Blanquicett, 2018), esta alteración es gracias a que algunos de estos gases emitidos tienen la capacidad de absorber radiación infrarroja; de esta manera se produce una afectación en la absorción, dispersión y emisión de la radiación tanto en la atmosfera como en la superficie terrestre; dicho de otra manera, se produce, alteración del flujo de energía radiante de la atmosfera y alteración del balance energético en la superficie terrestre. (Benavides Ballesteros y León Aristizabal, 2007, p. 26)

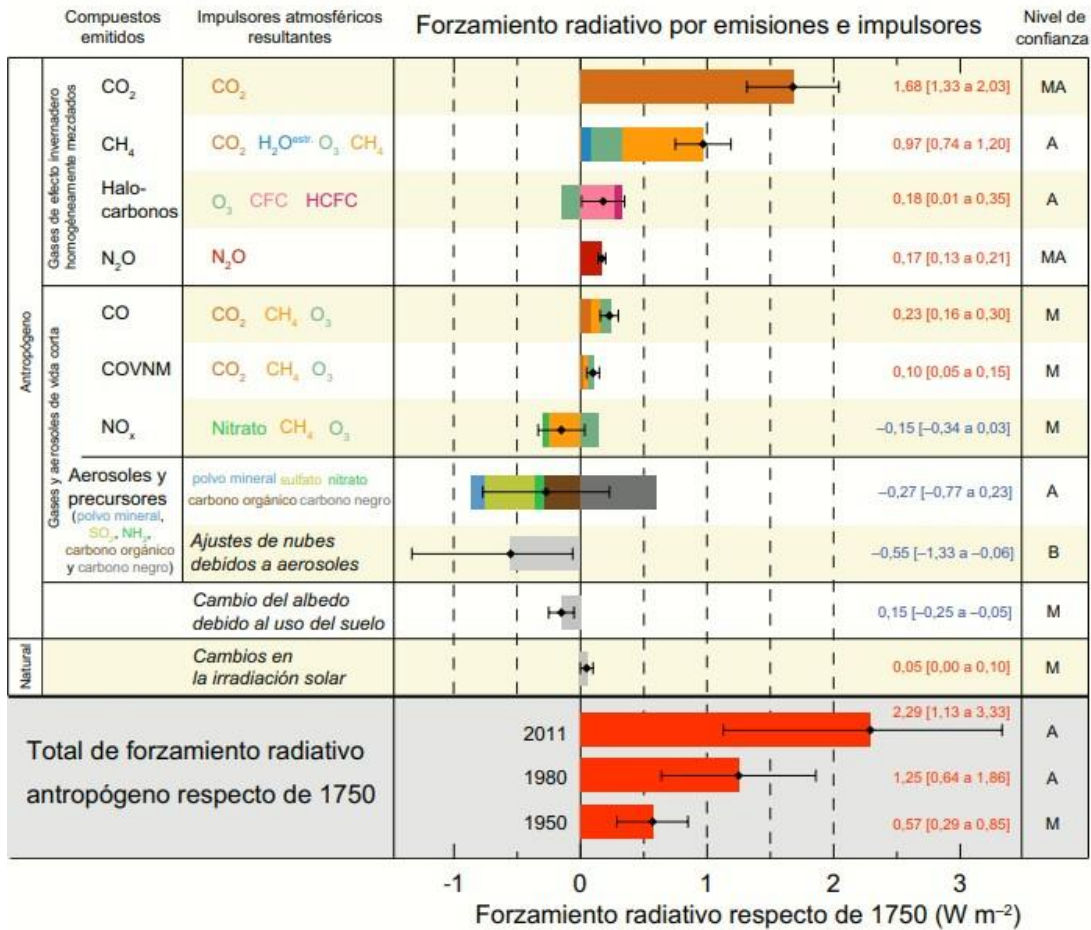
Una manera de definir esta alteración en el balance energético es expresarlo como forzamiento radiativo.

### **2.2.1. Forzamiento radiativo**

El denominado forzamiento radiativo se puede definir como, una medida de la influencia que posee una alteración del balance entre la radiación solar incidente y la radiación que emite la tierra, sobre el sistema atmosfera-tierra, este valor es expresado en W/m<sup>2</sup>; y generalmente representan cambios relativos a condiciones tomadas en 1970 (Benavides Ballesteros y León Aristizabal, 2007, p. 26). Algunos de estos valores se pueden observar en la figura 2.2 para los GEI y otros gases.

El forzamiento radiativo puede ser positivo cuando tiende a calentar la troposfera<sup>3</sup> o negativo

cuando tiende a enfriarla. Un claro ejemplo de un forzamiento radiativo positivo es producido por el aumento de los GEI, mientras que un ejemplo de forzamiento negativo es aquel debido al agotamiento de la capa de ozono. (Benavides Ballesteros y León Aristizabal, 2007, p. 27)



Nota: El gráfico representa forzamientos radiativos en 2011 respecto a 1750 de los GEI y otros gases, los valores numéricos se indican a la derecha junto con el nivel de confianza (MA: muy alto, A: alto, M: medio, B: bajo, MB: muy bajo) fuente: (IPCC, 2013)

Figura 2.2 Forzamiento Radiativo de GEI y otros gases

<sup>3</sup> troposfera: es la capa de la atmosfera que se encuentra en contacto con la superficie terrestre.

Es preciso comprender que el efecto invernadero depende en gran manera de esos forzamientos radiativos, sin embargo, estos pueden ser internos como ya se mencionó los relacionados con el incremento de los GEI, pero también pueden ser externos como la actividad solar, los efectos cósmicos, las erupciones volcánicas, entre otros. (Barry y Chorley, 2004, p. 354)

### **2.3. Gases de efecto invernadero**

Según lo comunicado en el Protocolo de Kioto, se contemplan seis gases de efecto invernadero: Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ), Metano ( $\text{CH}_4$ ), Óxido Nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), Hidrofluorocarbonos (HFCs), Perfluorocarbonos (PFCs) y Hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ).

En otras bibliografías se incluyen otros gases de efecto invernadero tales como, el Vapor de Agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), el Ozono ( $\text{O}_3$ ).

Estos gases, en su interacción con la atmosfera, bloquean el calor y no permiten que este escape al espacio; existen algunos que permanecen de manera semipermanente en la atmosfera, son de larga vida y no responden física o químicamente a los cambios de temperatura, estos se denominan como “forzantes del cambio climático” mientras que existen otros gases que, si responden física o químicamente a los cambios de temperatura, a estos se les conoce como gases “retroalimentadores”. (NASA, 2022). Todos los GEI poseen un amplio espectro vibracional y rotacional, además, son capaces de absorber y emitir en el espectro infrarrojo. (Isaza Delgado y Campos Romero, 2007, p. 158)

El principal problema con el incremento de los GEI en la atmosfera, es que, esta aumenta su capacidad de emitir radiación de onda larga, provocando su enfriamiento y el calentamiento de la superficie terrestre; en consecuencia, la superficie emite de nuevo más radiación infrarroja hacia la atmosfera la cual ahora es mucho más eficiente como radiador. (Isaza Delgado y Campos Romero, 2007, p. 159)

Según Ballesteros y Aristizabal (2007) los GEI pueden clasificarse según su origen, unos pueden ser naturales y otros creados especialmente por el ser humano, a su vez, estos últimos se dividen en dos categorías (p.36):

- i. GEI directos: estos gases contribuyen al efecto invernadero directamente tal y como son emitidos, entre ellos se encuentran: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y compuestos halogenados.
- ii. GEI indirectos: estos son precursores del Ozono troposférico<sup>4</sup> y en la atmosfera se transforman en GEI directos. Estos gases son: Óxidos de Nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles.

A continuación, se describirán cada uno de los GEI contemplados en el protocolo de Kioto:

**Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).** Este es un gas que se libera de manera natural en procesos como la respiración, las erupciones volcánicas (NASA, 2022) y en general en los procesos biológicos y en actividades humanas como la generación de energía (Benavides Ballesteros & León Aristizabal, 2007, p. 36), la quema de combustibles fósiles, la deforestación, el cambio en el uso de los suelos entre otras; es debido a sus propiedades y a sus fuentes que el dióxido de carbono es el gas forzante del cambio climático considerado como más importante, y su incremento se observa desde los inicios de la revolución industrial. (NASA, 2022)

Tratándose específicamente del CO<sub>2</sub>, durante los siglos que antecedieron a la industrialización, este gas tuvo una concentración casi constante en la atmosfera, aproximadamente 280 ppm (Martínez y Fernández Bremauntz, 2004, pág. 35). Sin embargo, desde mediados del siglo XIX esta concentración aumento, hasta actualmente llegar a más de 400 ppm según la NASA.

**Metano (CH<sub>4</sub>).** Es un gas hidrocarburo menos abundante en la atmosfera que el dióxido de carbono, sin embargo, a nivel molecular, es mucho más efectivo que este (NASA, 2022), considerándose 50 veces más efectivo en absorber radiación infrarroja y responsable de aproximadamente 20% del forzamiento radiativo de origen antropogénico. (Isaza Delgado y Campos Romero, 2007, p. 170)

Se estima que la principal fuente de metano es la descomposición de materia orgánica (Benavides Ballesteros y León Aristizabal, 2007, p. 38), sin embargo, este gas se ha acumulado en la atmosfera como resultado de actividades humanas como la agricultura,

---

<sup>4</sup> el Ozono Troposférico no es emitido por ninguna fuente directa, sino producido por compuestos precursores y la radiación solar, se encuentra en la capa atmosférica más cercana a la tierra entre los 8 y 16 km.



domesticación de animales, quema de biomasa, generación de energía (Isaza Delgado y Campos Romero, 2007, p. 170). Otras fuentes importantes de emisión de este gas, se relaciona con la distribución y producción de gas natural y petróleo y la minería de carbón mineral. (Benavides Ballesteros y León Aristizabal, 2007, p. 38)

**Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).** Este gas contribuye con aproximadamente el 6% del forzamiento del efecto invernadero, como los anteriores gases, el óxido nitroso posee fuentes que son de carácter natural y antropogénico, en esta última se pueden identificar tres tipos de emisiones: las directas provenientes del suelo, las directas debido a la producción animal y las indirectas por el uso de fertilizantes. (Benavides Ballesteros y León Aristizabal, 2007, p. 39)

El óxido nitroso es producto del empleo de fertilizantes para cultivo de suelos, la incineración de combustibles fósiles, la producción de ácido nítrico y la quema de biomasa. (NASA, 2022) Otras de sus fuentes de menor relevancia son: la producción de nylon y el tratamiento de aguas residuales; en cuanto a sus fuentes naturales, el óxido nitroso proviene del océano. (Benavides Ballesteros y León Aristizabal, 2007, p. 39)

**Gases fluorados.** Entre los que se encuentran los HFCs, PFCs, SF<sub>6</sub>; Estos son compuestos sintéticos producidos industrialmente y actualmente estos compuestos se encuentran en gran medida regulados mediante tratados internacionales (NASA, 2022)

Se estima que estos gases no destruyen la capa de ozono, sin embargo, si se consideran fuertes gases de efecto invernadero; En el caso de los HFCs, estos fueron formulados como reemplazo de sustancias agotadoras de ozono y son un subproducto de la fabricación de otros compuestos halogenados; por otro lado, los PFCs y el SF<sub>6</sub>, estos se emiten en procesos como: la fundición de aluminio, fabricación de semiconductores y en la distribución de energía eléctrica. (Benavides Ballesteros y León Aristizabal, 2007, p. 40)

Todos estos compuestos mencionados se caracterizan por ser muy estables, poco tóxicos y no tiene potencial de agotar la capa de ozono, pero, son buenos absorbentes de radiación infrarroja. (Benavides Ballesteros y León Aristizabal, 2007, p. 41)

Estos gases son parte principal del efecto invernadero, y por sobre todo del fenómeno que acontece al incremento de este, el denominado calentamiento global.

## 2.4. Calentamiento global

Durante el siglo XX se observaron mediante diversos estudios y evidencias que, se estaban produciendo ciertos cambios en el clima a raíz de un aumento de la temperatura producto del efecto invernadero antropogénico, este cambio se le atribuyó a lo que se denominó como calentamiento global.

Debido a las mediciones de la temperatura atmosférica como las realizadas por la NASA, queda muy claro que la denominada temperatura media del planeta ha estado incrementando en comparación con medidas anteriores a la revolución industrial y que los años más calurosos pertenecen a las últimas décadas. (Caballero, Lozano, y Ortega, 2007, p. 5)

Junto con mediciones de temperatura, se han efectuado mediciones del incremento del dióxido de carbono en la atmósfera, por consiguiente, se logra evidenciar que dicho aumento va de la mano con el incremento de la temperatura, lo que indica que la causa principal de este calentamiento es la intensificación del efecto invernadero antropogénico. Es por esta relación que literariamente se tienden a confundir ambos términos, sin embargo, el calentamiento global se refiere al incremento de la temperatura, mientras que el efecto invernadero se refiere al mecanismo causante. (Caballero, Lozano, y Ortega, 2007, p. 5)

Cabe destacar que no solamente el incremento del dióxido de carbono ha influido en el calentamiento global, de hecho, todos los GEI tienen una estrecha relación con este fenómeno, una de las maneras de comprender esta influencia es mediante factores como el GWP<sup>5</sup> o el GTP<sup>6</sup>. (IPCC, 2013, p. 58)

A raíz de la evidencia de estos hechos y de los estudios realizados, en el quinto informe presentado por el IPCC<sup>7</sup>, los científicos involucrados concluyeron que existe una probabilidad mayor al 95% de que en los últimos 50 años las actividades humanas hayan calentado el planeta, mediante las emisiones de GEI. (IPCC, 2013).

---

<sup>5</sup> Potencial de calentamiento global GWP: es una medida relativa de cuanto calor puede ser atrapado por un GEI en un periodo de tiempo específico en comparación con el CO<sub>2</sub>.

<sup>6</sup> Potencial de Cambio de Temperatura GTP: es el cambio de temperatura media global en la superficie que induce un determinado GEI tomando como referencia el producido por el CO<sub>2</sub>.

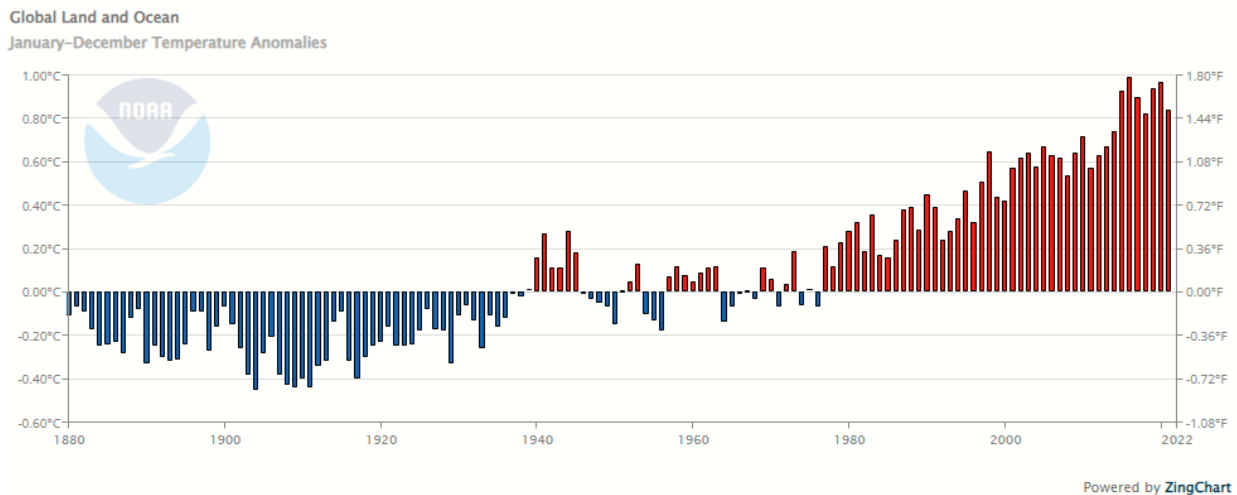
<sup>7</sup> IPCC: Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (por sus siglas en inglés). Creado en 1988 por la OMM y el PNUMA; encargados de realizar evaluaciones periódicas de los conocimientos sobre el cambio climático.

El calentamiento global está ligado a procesos naturales, sin embargo, se tendrá relevancia sobre el componente humano al momento de hablar sobre calentamiento global, ya que todo indica que únicamente tomando en cuenta dicho componente es posible explicar la tendencia de este calentamiento. (Caballero, Lozano, y Ortega, 2007, p. 6)

Se debe tener muy en claro que el calentamiento global no afectara por igual a todo el planeta, variando desde valores mínimos en el ecuador hasta valores máximos en los polos, según lo afirma Velázquez de Castro González (2005).

Una de las principales maneras de demostrar la evidencia del calentamiento global es mediante la anomalía de la temperatura global.

La anomalía de la temperatura global es la representación de la desviación de un valor referencial o promedio a largo plazo, de esta manera una anomalía positiva indica que la temperatura observada era más cálida que el valor de referencia, mientras que una anomalía negativa indica que la temperatura observada era más fría que el valor de referencia. (NOAA, 2022) Esto se ve representado en la figura 2.3 donde se puede observar que en los registros se obtiene el mayor valor para el año 2016, y en general para las últimas décadas.



*Nota:* el gráfico representa los datos actualizados de la anomalía de la temperatura global para el año 2022. Fuente: (NOAA, 2022)

**Figura 2.3 Anomalía de temperatura Global 2022**

## 2.5. Cambio climático

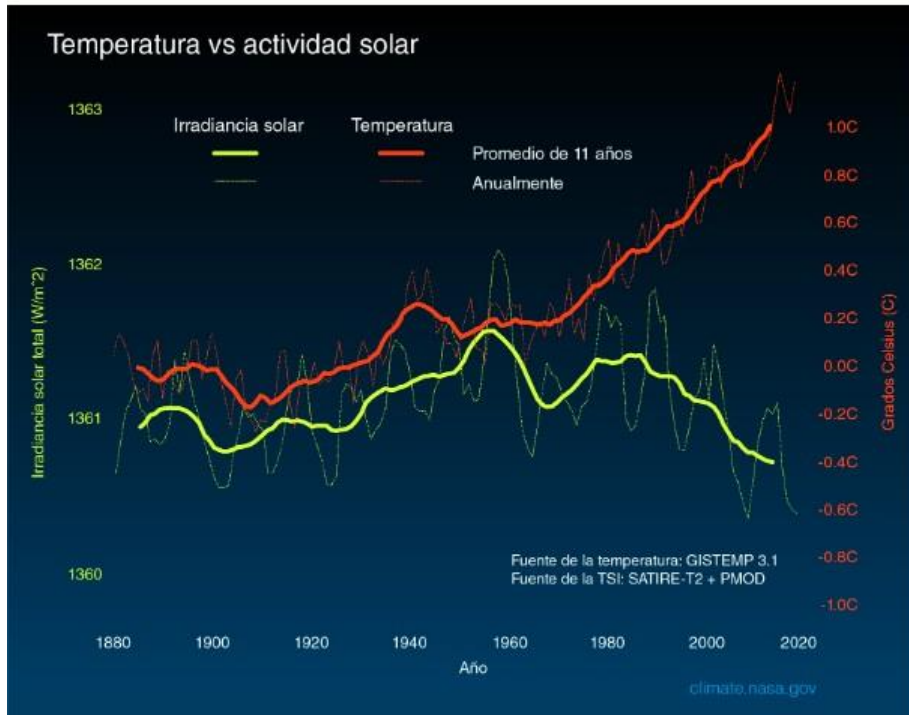
El Convenio Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático UNFCCC (1992, como se citó en Morales Blas, 2018) define cambio climático como, la modificación en la composición de la atmosfera mundial, atribuido directa o indirectamente a la actividad humana.

Para el estudio continuo del cambio climático en 1988 el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial crearon el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), como grupo mundial de expertos dedicados a realizar un seguimiento específico de este fenómeno (Velázquez de Castro González, 2005, p. 193)

Es muy importante aclarar que el clima nunca ha sido constante (Barry y Chorley, 2004, p. 353) sin embargo, el concepto de cambio climático no debe ser confundido con el concepto de variabilidad climática, ya que existe una gran diferencia entre ellos, puesto que la escala de tiempo de medición no es la misma, mientras que la variabilidad del clima se estima en aproximadamente 10 días, el cambio climático toma alrededor de los 30 o 20 años. (IDEAM, n.d.)

El cambio climático es producto de varios factores, uno de ellos es el relacionado con el incremento de los GEI que provocan el calentamiento global, y una manera de evidenciar sus efectos es, mediante los escenarios climáticos, ya que estos permiten visualizar estos efectos y consideran posibles estados futuros. (Isaza Delgado y Campos Romero, 2007, p. 186). Sin embargo, en la actualidad se ha llegado a diversas conclusiones, como explican los expertos de la NASA cuando se habla de los factores más relevantes en este fenómeno, se tomaba en cuenta la actividad del sol y las variaciones que este producía.

Como se puede observar en la figura 2.4, ha existido una relación entre la actividad solar y la temperatura global; sin embargo, a partir de cierto tiempo estos dos factores han dejado de coincidir, mientras que la temperatura ha seguido en aumento, la actividad solar ha comenzado a disminuir, lo que significa que el aumento de las temperaturas depende de otro factor al cual se asume es la actividad antropogénica mediante la emisión de GEI, dejando en claro que este factor es el principal causante del cambio climático acelerado actual.



*Nota:* el gráfico anterior compara los cambios de temperatura de la superficie global (línea roja) y la energía solar recibida por la tierra (línea amarilla) en  $W/m^2$  desde 1880. Fuente: (NASA, 2022)

#### Figura 2.4 Temperatura vs actividad solar 2020

La relación entre los conceptos vistos anteriormente, efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático, es una relación muy estrecha, mas no deben confundirse o asumirse como uno mismo; argumentos como los escritos por Héctor Rodríguez tomado de (National Geographic, 2021) dejan en claro que:

El principal mecanismo implicado en el cambio climático y el calentamiento global es el efecto invernadero provocado particularmente por la acumulación de  $CO_2$  desde la revolución industrial, y si bien es cierto que otros factores pueden afectar a nuestro clima, como la variación en la actividad solar, la acción de los volcanes o el efecto de las nubes, existe una relación inefable entre la acumulación de los GEI en la atmosfera a nivel planetario y el aumento de las temperaturas globales.

## **2.6. Huella de carbono**

El interés por el cambio climático y en general por el medio ambiente ha crecido en los últimos años debido a la evidencia de algunos impactos ambientales, sociales y económicos, es por esto que el IPCC recomienda limitar el incremento en la temperatura global debajo de los 2 °C comparado con los niveles de la era preindustrial, para evitar la continuidad e irreversibilidad de estos impactos. (Pandey, 2010). Es por ello que surgen distintos tipos de indicadores ambientales que permiten cuantificar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), uno de los principales es la huella de carbono.

Según la CEPAL, Se puede entender actualmente a la huella de carbono como la medida del impacto de todos los GEI producidos por las actividades antropogénicas en el medio ambiente.

Este por igual se refiere a la cantidad de toneladas o kilos de CO<sub>2</sub> equivalente de gases de efecto invernadero producidos (Schneider y Samaniego, 2010). La huella de carbono toma en cuenta los efectos de los GEI derivados directa e indirectamente de una actividad, proceso o elaboración de productos y servicios (Valderrama, Espíndola, y Quezada, 2011).

El concepto de huella de carbono ha llevado al desarrollo de metodologías para su cálculo, entre las principales se encuentran: el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero o GHG Protocol, el balance de carbono Bilian Carbone, Especificaciones Públicamente Disponibles PAS 2050, el Método Compuesto de las Cuentas Contables MC3 y el International Standard Organization ISO 14064. (Márquez y Zevallos, 2018)

La huella de carbono es un indicador ambiental y, además, ayuda también en la identificación de oportunidades de mejora económica y calidad de vida, pero sobre todo en la reducción de emisiones de GEI. A nivel empresarial, el cálculo de la huella de carbono es un factor positivo, siendo una oportunidad de marketing. El poseer una estimación de la huella de carbono en un período establecido, brindará una base comparativa para futuras cuantificaciones, permitiendo obtener mejoras en muchos aspectos.

### **2.6.1. Cuantificación de la huella de carbono mediante guías generales**

El International Estándar Organization (ISO), ha desarrollado estándares relacionados con la medición de emisiones de (GEI) utilizados para el cálculo de la huella de carbono, entre ellos se encuentran los siguientes:

**ISO 14064.** Tienen como objetivo dar credibilidad y confiabilidad a los reportes de emisiones de GEI y a las declaraciones de reducción o eliminación de los mismos; estas normas pueden ser usadas por organizaciones que participan en el comercio, en proyectos o mecanismos voluntarios de reducción de emisiones y se pueden aplicar a todos los GEI. (ISO14064, 2006)

Esta norma se divide en tres partes, las cuales se enfocan en la contabilización, reducción y verificación de estos gases:

- I. ISO 14064-1: Esta parte está destinada al desarrollo y diseño del inventario de GEI de una organización, siendo los componentes principales del inventario de GEI los siguientes (ISO14064, 2006):
  - i. Emisiones y absorciones de GEI
  - ii. Actividades para la reducción de emisiones
  - iii. El año base de contabilización
  - iv. Valoración y reducción de la incertidumbre
  - v. Límites operativos.

Su establecimiento incluye la identificación de las emisiones y remociones de GEI asociadas a las operaciones de la organización, incluyendo emisiones directas, indirectas por energía y otras emisiones indirectas.

De manera resumida, la ISO 14064-1 detalla lo siguiente (ISO14064, 2006):

- a) Principios y requisitos para el diseño, desarrollo y gestión de inventarios de GEI en las empresas.
- b) Principios y requisitos para la presentación de informes sobre inventarios.
- c) Requisitos para determinar los límites de emisión de GEI.
- d) Requisitos para cuantificar las emisiones y remociones de GEI de la empresa.
- e) Requisitos para identificar las actividades o acciones específicas de la compañía con el objetivo de mejorar la gestión de los GEI.

- II. ISO 14064-2: esta parte brinda especificaciones para la cuantificación, seguimiento y presentación de la reducción de emisiones y el aumento de absorciones debidas a un proyecto. En esta parte de la norma ISO 14064 se incluye (ISO14064, 2006):
  - a) Principios y requisitos para determinar escenarios de la línea base de los proyectos.
  - b) Principios y requisitos para hacer seguimiento, cuantificar e informar del desempeño del proyecto con relación al escenario de la línea base.
  - c) Requisitos para la planificación de un proyecto de GEI.
  - d) Requisitos para la identificación y selección de fuentes, sumideros y reservorios de GEI pertinentes para el proyecto y el escenario de la línea base.
  
- III. ISO 14064-3: brinda especificaciones con directrices para la validación y verificación. En esta parte de la norma, se describen los requisitos necesarios para asegurar que las declaraciones sobre los GEI de la organización o del proyecto sean completas, exactas, coherentes, transparentes y sin discrepancias notables; resumidamente se incluyen (ISO14064, 2006):
  - i. Principios y requisitos para la verificación de los inventarios de GEI
  - ii. Principios y requisitos para la validación o verificación de los proyectos GEI.
  - iii. Proceso para la validación o verificación relacionada con los GEI
  - iv. Planificación de las actividades de validación o verificación.
  - v. Procedimientos de evaluación de las declaraciones de GEI de la organización o el proyecto.

**ISO 14069:** Es un nuevo estándar de cuantificación de GEI orientado a organizaciones para la cuantificación e informe técnico de las emisiones de GEI, además permite la orientación para la aplicación de la Norma ISO 14064-1, incluyendo las emisiones directas e indirectas por energía y otras emisiones indirectas; este estándar permite determinar los pasos para (Fanegada, 2018):

- I. Establecer los límites de la organización en relación con el marco de operaciones
- II. Establecer los límites operativos mediante la identificación de las emisiones directas o emisiones indirectas por energía a cuantificar e informar.



- III. Promoción de la transparencia a través de la información abierta de los GEI, incluyendo los límites, las metodologías empleadas para la cuantificación de emisiones y la incertidumbre de resultados.

**ISO 14067:** esta norma orienta los principios, requisitos y directrices para la cuantificación y comunicación de la huella de carbono de un producto o servicio de una organización. (CEPAL, 2011)

El principio metodológico de la ISO 14067 se basa en el análisis de ciclo de vida, esto permite detectar las fases que generan mayor cantidad de emisiones, además analiza información de interés para identificar oportunidades de mejora y aumentar la eficiencia. (CEPAL, 2011)

El cálculo de la huella de carbono de un producto y la utilización de la norma ISO 14067 puede aportar beneficios, por ejemplo (CEPAL, 2011):

- i. Aumento de la transparencia y como consecuencia la confianza.
- ii. Aumento de la competitividad y diferenciación en el mercado.
- iii. Seguimiento de la reducción de las emisiones.
- iv. Comunicación con las partes interesadas.
- v. Identificación de oportunidades de mejora.
- vi. Evaluación del ciclo de vida para poder implementar estrategias de ecodiseño.
- vii. Integración con los planes de descarbonización

### **2.6.2. Cuantificación de la huella de carbono mediante guías específicas**

Estas guías son útiles para fines de contabilidad, cálculo y monitoreo de gases de efecto invernadero, entre ellas se encuentran las siguientes:

**GHG Protocol:** este fue desarrollado por el World Resources Institute (WRI) y el World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), en cooperación con empresas privadas, gobiernos y grupos ambientalistas, publicando su primera edición en septiembre de 2001. (GHG Protocol, WBCSD, WRI México, 2005)

El GHG Protocol es un estándar para el cálculo de la Huella de Carbono de una organización y permite contabilizar y reportar los GEI, para la realización del cálculo de Huella

de Carbono de Organización; permite verificar el cálculo por parte de una entidad externa. (GHG Protocol, WBCSD, WRI México, 2005)

La metodología del GHG Protocol es extensa y complicada, pero, eficaz para la cuantificación de las emisiones de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) directos e indirectos de una organización. (GHG Protocol, WBCSD, WRI México, 2005)

De manera general, los pasos a seguir en la metodología del GHG protocol son los siguientes (GHG Protocol, WBCSD, WRI México, 2005):

- I. Determinación de los límites operacionales.
- II. Establecimiento del año base.
- III. Identificación y cálculo de las emisiones de GEI.
- IV. Informe de emisiones de GEI

Este protocolo genera las directrices para el cálculo y medición de la huella de carbono de un producto o un servicio de forma secuencial, además cuenta con hojas de cálculo y factores de emisión según tipo de actividad o servicio. A partir de este estándar se generan los métodos Bilan Carbone y PAS 2050. (CEPAL, 2011). Más información se incluye en la tabla 2.1

**Tabla 2.1 Características del GHG Protocol**

Aspecto	Descripción
Formato	Software MS Excel (con guías en formato PDF)
Función de contabilización de emisiones de GEI	Si
Función de recomendación de reducción de emisiones de GEI	Poco
Función de recomendación de compensación	No
Considera otros impactos ambientales	No
Gases considerados	6 principales (protocolo de Kyoto)
Formato	Software MS Excel (con guías en formato PDF)
Licencia	Gratis

Fuente: (CEPAL, 2011)

Continúa.

**Tabla 2.1 Características del GHG Protocol (Continuación)**

Aspecto	Descripción
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>
Escala	Empresa: Si Territorio: Si Producto: Si

Fuente: (CEPAL, 2011)

**Bilan carbone:** este método es desarrollado por la Agencia del Medio Ambiente y Energía de Francia, ADEME; es elaborado específicamente para convertir datos relativos a las actividades productivas como el consumo de energía, cantidad de camiones, distancia manejada, toneladas de acero adquiridas, entre otras, en emisiones de forma rápida, haciendo uso de factores de emisión. Este método considera la contabilización de emisiones directas e indirectas de los GEI, relacionadas con las actividades industriales, empresariales, y de otras asociaciones y entidades administrativas, además, clasificar las emisiones según la fuente. (Ademe, 2010)

El método Bilan Carbone se caracteriza por brindar una visión general y completa, por lo que, a través de sus distintos módulos, permite trabajar en el ámbito de empresas y eventos, pero también de territorios y productos; además, este método responde a los requisitos de los marcos metodológicos ISO 14064 y el protocolo de gases efecto invernadero (GEI). Es por estas ventajas y muchas más que, el Bilan Carbone se transformó en la referencia metodológica en Francia para las empresas, las personas y las colectividades territoriales. (Ademe, 2010)

Al igual que el GHG Protocol, este método tiene disponibles los factores de emisión, y aunque es gratuito, los usuarios deben pagar aproximadamente 2.000 euros en capacitación para uso de la herramienta. (CEPAL, 2011). Más información se incluye en la tabla 2.2.

**Tabla 2.2 Características método Bilan Carbone**

Aspecto	Descripción
Formato:	Software Ms Excel (con guías en formato PDF)
Función de contabilización de emisiones de GEI	Si
Función de recomendación de reducción de emisiones de GEI	Si
Función de recomendación de compensación	No, pero la ADEME elaboró una carta Magna de compensación, para ayudar a los operadores a diseñar sus líneas de compensación de emisiones.
Considera otros impactos ambientales	No
Gases considerados	Todos los gases de efecto invernadero
Escala	Empresa: Sí Territorio: Sí Producto: Sí
Licencia	Gratuito, pero se entregan las aplicaciones a personas que han seguido un proceso de capacitación, que tiene un costo de entre 1.300 y 2.000 euros, según los módulos.
Transparencias	Las guías técnicas explican claramente los procesos, formulas y factores de emisión que están disponibles en cada aplicación.

Fuente: (CEPAL, 2011).

**PAS 2050:** es un método elaborado en el año 2007 por el Instituto Británico de Estandarización con el apoyo del Consorcio del Carbono (Carbón Trust) y el Departamento para el Ambiente, la Alimentación y Asuntos Rurales (DEFRA), ambos organismos del gobierno inglés. (BSI, 2008)

Este método está enfocado al cálculo de las emisiones de productos y servicios y responde a las normativas ISO 14040 referido al Análisis del Ciclo de Vida e ISO 14067 referido a la huella de carbono para productos, así como a las recomendaciones del Protocolo GEI; el Pas 2050 define inicialmente las fuentes de emisiones consideradas, además de seis grandes bloques de actividades, cuyas emisiones deben ser consideradas en la estimación del ciclo de vida de bienes y servicios. (BSI, 2008)

Esta metodología responde a las normativas ISO y del GHG Protocol. (CEPAL, 2011). Más información se incluye en la tabla 2.3.

**Tabla 2.3 Características del PAS 2050**

Aspecto	Descripción
Formato:	Software Ms Excel (con guías en formato PDF)
Función de contabilización de emisiones de GEI	Si
Función de recomendación de reducción de emisiones de GEI	No
Función de recomendación de compensación	No
Considera otros impactos ambientales	No
Gases considerados	Todos los gases de efecto invernadero
Escala	Sitio (empresa): No Territorio: No Producto: Sí
Licencia	Gratis
Trasparencia	En la guía se detallan las fórmulas a emplear. El método no incluye bases de datos de factores de emisión (Salvo el cambio de uso de suelo en algunos países), y deben justificarse el origen de los factores de emisión utilizados.

Fuente: (CEPAL, 2011).

**PAS 2060.** Esta es una herramienta en relación con buenas prácticas de compensación de emisiones no reductibles de GEI y está orientada a operadores que buscan ser neutros en carbono. (CEPAL, 2011)

En la norma PAS 2060 se especifica un proceso de cuatro etapas para demostrar la neutralidad de carbono, dicho proceso involucra los siguientes factores (CEPAL, 2011):

- I. Evaluación de las emisiones de GEI basada 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, a menudo mediante la compra de créditos de carbono
- IV. Documentación y verificación mediante declaraciones explicativas y divulgación pública.

Más información se incluye en la tabla 2.4.

**Tabla 2.4 Características del PAS 2060**

Aspecto	Descripción
Formato	Guía Pdf
Función de contabilización de emisiones de GEI	Si
Función de recomendación de reducción de emisiones de GEI	Si
Función de recomendación de compensación	Si
Considera otros impactos ambientales	No
Gases considerados	Todos los gases de efecto invernadero
Escala	Empresa: Si Territorio: Si Producto: No
Licencia	95 libras Esterlinas
Transparencia	Se detallan las fórmulas, pero no incluye bases de datos de factores de emisión, deben justificarse el origen de los factores de emisión utilizados.

Fuente: (CEPAL, 2011)

**Método Compuesto de las Cuentas Contables (MC3):** En este método, la información fluye directamente de una organización a otra sin necesidad de contar con la colaboración de clientes o proveedores de la cadena de suministro para el cálculo de la huella de carbono. Además, no incorpora el uso del producto por parte de un consumidor, o la destrucción del mismo al final de su vida útil, ya que esto queda fuera del alcance organizacional. (Valderrama J. O., 2011)

Comparado con las otras metodologías, esta propuesta tiene las siguientes ventajas (Valderrama J. O., 2011):

- I. Presenta un enfoque a la organización, lo cual permite el eco-etiquetado de la organización y de sus productos o servicios con la misma metodología.
- II. Permite expresar el indicador tanto en toneladas de CO<sub>2</sub> (huella de carbono) como en hectáreas de terreno bioproductivo (huella ecológica).
- III. Permite extraer los datos de entrada de las cuentas contables, lo cual permite, a su vez, incorporar todas las fuentes posibles de emisión de carbono, para así poder comparar.
- IV. Finalmente, el ciclo de vida previo se incorpora con los productos o consumos de entrada, con lo cual no es necesaria la colaboración directa de clientes o proveedores.

En este método se estima la huella de todos los bienes y servicios presentes en las cuentas contables, los residuos generados debido a la adquisición de estos bienes y el espacio ocupado por todas las instalaciones de la empresa que se recogen en las cuentas contables (Catala Goyanes, 2014).

En la tabla 2.5 se presentan y comparan algunas de las metodologías presentadas anteriormente para la medición de huella de carbono.

**Tabla 2.5 Comparación de metodologías de medición de Huella de Carbono**

	GHG Protocol	UNE- ISO 14064	Bilan Carbone	PAS 2050/2060	MC3
Organización responsable	WBCSD, WRI	ISO	ADEME	BSI	Doménech
Utilidad	Inventario de emisiones y Huella de Carbono	Inventario de emisiones	Huella de Carbono	Huella de Carbono y Compensación de emisiones	Huella de Carbono
Gases Considerados	6 (protocolo de Kyoto)	Todos los GEI	6 (protocolo de Kyoto)	6 (protocolo de Kyoto)	Todos los GEI
Escala	Organización / Producto / Servicio	Organización / Producto	Organización / Producto / Servicio	Organización / Producto	Organización / Producto / Servicio
Alcance	Directas, Indirectas	Directas, Indirectas, Otras indirectas	Directas, Indirectas, Otras indirectas	Directas, Indirectas, otras indirectas	Directas, Indirectas, otras indirectas
Herramientas de Calculo	Sí	No	Sí	Sí	Sí
Uso internacional	Sí	Sí	No	Sí	Sí
Disponibilidad	Gratuita	Restringida, Costo por cada Norma	Gratuita, pero se entrega a personas que han seguido un proceso de capacitación	Gratuita	Gratuita
Proceso de capacitación					
Posibilidad de verificación por organismo externo independiente	Sí	Sí	No la verificación la realiza ADEME	Sí	Sí
Certificación / Verificación	No El GHG Protocol no es un estándar de verificación El GHG Protocol no certifica las verificaciones	Sí Permite la verificación de los inventarios y emisiones reducidas. Certificación a nivel de ISO	No El Bilan Carbone no es un estándar de verificación. El Bilan Carbone no certifica las verificaciones	Sí Permite la verificación de los inventarios y emisiones reducidas. Certifica la neutralidad climática de la empresa	No El MC3 no es un estándar de verificación. El MC3 no certifica las verificaciones

Fuente: (CEPAL, 2011)



## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGÍA Y ANÁLISIS

#### 3.1. Límites organizacionales

“Las operaciones de las empresas varían tanto en su estructura legal como en su estructura organizacional” (GHG Protocol, WBCSD, WRI México, 2005, p. 17) y el propósito de fijar los límites organizacionales es para consolidar sus emisiones de GEI; al realizar esta operación, se puede optar por dos tipos de enfoque (GHG Protocol, WBCSD, WRI México, 2005, p. 18):

- i. Enfoque de participación accionaria: de acuerdo a este enfoque, la organización solo contabiliza las emisiones de GEI de acuerdo a la proporción de acciones que posee.
- ii. Enfoque de control: en cuanto a este enfoque, la organización contabiliza el 100% de sus emisiones, más no debe contabilizar emisiones de GEI provenientes de operaciones de las cuales es propietaria, pero no tiene control. Dentro de este enfoque se debe especificar el criterio a utilizar:
  - i. Control financiero: existe cuando la organización tiene la facultad de dirigir sus políticas financieras y operativas con la finalidad de obtener beneficios económicos.
  - ii. Control operacional: cuando la organización tiene autoridad plena para introducir e implementar sus políticas operativas en la operación, sin embargo, no necesariamente tiene que ser capaz de tomar todas las decisiones respecto a una operación o instalación.

En este punto, existen dos términos que frecuentemente tienen la tendencia a confundirse, contabilidad y reporte; la contabilidad implica reconocer y consolidar las emisiones, el reporte, en cambio, solo presenta la información por medio de formatos ya elaborados. (GHG Protocol, WBCSD, WRI México, 2005, p. 23)

De acuerdo con la metodología general del GHG Protocol, la huella de carbono se ha desarrollado siguiendo el enfoque basado en el control operacional, ya que, en el caso

específico de este trabajo, el hotel tiene la autoridad plena para introducir e implementar sus prácticas operativas.

### **3.2. Límites operacionales**

Luego de determinar los límites organizacionales y sus especificaciones, la organización debe establecer los límites operacionales; para esto debe identificar las emisiones de sus operaciones clasificándolas como emisiones directas o emisiones indirectas, además de esto, se debe seleccionar el alcance de la contabilidad y del reporte solamente para las emisiones indirectas. (GHG Protocol, WBCSD, WRI México, 2005, p. 28).

Para delimitar las fuentes de emisiones directas e indirectas, se definen tres alcances para reporte y contabilidad; los alcances 1 y 2 aseguran que dos o más organizaciones no contabilicen emisiones en el mismo alcance, estos dos deben ser reportados y contabilizados por separado. De los tres alcances, estos primeros 2 deben presentarse como información mínima (GHG Protocol, WBCSD, WRI México, 2005, p. 29)

#### **3.2.1. Alcance 1: emisiones directas de GEI**

Son emisiones producto de fuentes que son propiedad o controladas por la organización; en estas emisiones, los gases que el protocolo de Kioto no cubre, no deben ser incluidas; por lo tanto, dentro de las actividades que generan estas emisiones se encuentran (GHG Protocol, WBCSD, WRI México, 2005):

- i. Generación de electricidad, calor o vapor.
- ii. Procesos físicos o químicos.
- iii. Transporte de materiales, productos, residuos y empleados.
- iv. Emisiones fugitivas intencionadas o no intencionadas.

#### **3.2.2. Alcance 2: emisiones indirectas de GEI**

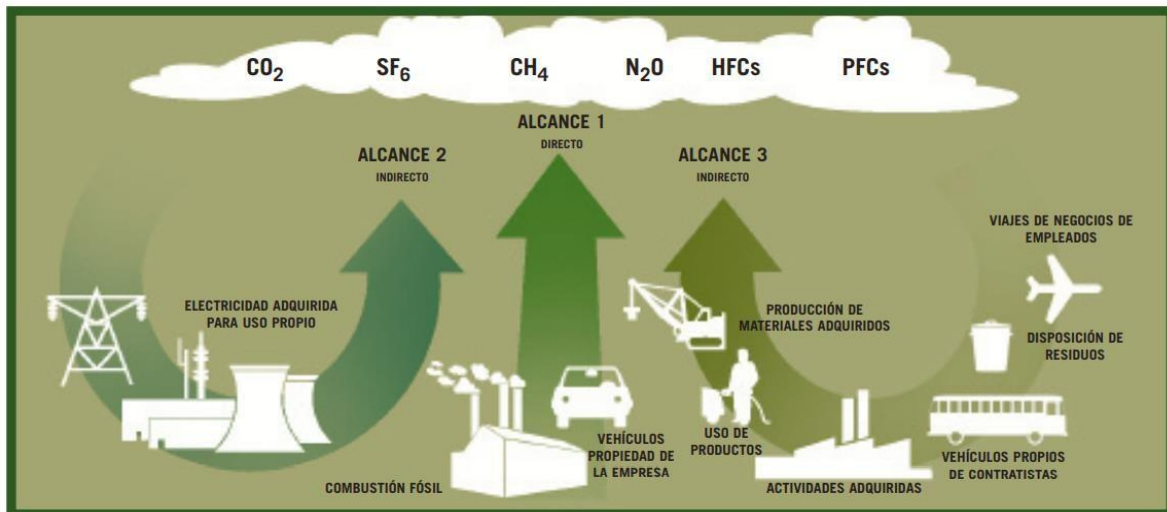
Este alcance incluye las emisiones de la generación de electricidad comprada o traída a la organización, sin embargo, las emisiones ocurren físicamente en la planta donde dicha electricidad fue generada. (GHG Protocol, WBCSD, WRI México, 2005)

### 3.2.3. Alcance 3: otras emisiones de GEI indirectas

Este alcance es opcional. Estas emisiones se producen como consecuencia de las actividades de la organización, sin embargo, estas ocurren en fuentes fuera de la organización y no son controladas por ella. Usualmente, es útil enfocarse en una o dos grandes actividades generadoras de GEI, aunque, según el GHG Protocol resulta difícil orientarse sobre que emisiones incluir en este alcance, a continuación, se presentan unos pasos generales a seguir (GHG Protocol, WBCSD, WRI México, 2005):

- i. Describir la cadena de valor: no se requiere una valorización del ciclo de vida completo, pero si se requiere describir generalmente la cadena de valor y las fuentes de emisión de GEI.
- ii. Determinar que categorías son relevantes.
- iii. Identificar socios a lo largo de la cadena de valor, dicho de otra manera, socio que contribuya potencialmente a cantidades significativas de GEI.
- iv. Contabilizar emisiones.

La figura 3.1 presenta algunos ejemplos de fuentes generadoras de GEI que pueden ser incluidos en cada uno de los tres alcances.



*Nota:* la figura presenta un panorama general de la relación entre los alcances y ejemplos de algunas actividades que generan emisiones directas e indirectas en una organización

**Figura 3.1 Resumen de alcances y emisiones en una organización**

### **3.3. Periodo de inventario**

Se debe elegir y reportar un año base para el cual exista información confiable de emisiones, tales como disponibilidad de datos o información en relación con los consumos por niveles de actividad asociada a las emisiones directas e indirectas de la organización.

La mayor parte de las empresas eligen un solo año como año base. Sin embargo, es posible elegir como base un promedio de emisiones anuales durante varios años consecutivos

Siguiendo el principio metodológico del GHG Protocol; para fines de este estudio se seleccionó como periodo de inventario el año 2021 (01 de enero hasta 31 de diciembre) dado que en este periodo se encontraba la mayor disponibilidad de los datos, y es a su vez el año más representativo de la operación normal actual del hotel.

### **3.4. Identificación de fuentes de emisión de GEI**

El primero de los cinco pasos para identificar y calcular las emisiones de una empresa, es categorizar las fuentes de emisiones de GEI dentro de los límites; dichas emisiones provienen de las siguientes 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, incineradores y motores, etc.
- ii. Combustión móvil: Combustión de combustibles en medios de transporte como: automóviles, camiones, autobuses, trenes, aviones, buques, barcos, barcasas, embarcaciones, etc.
- iii. Emisiones de proceso: Emisiones de procesos físicos o químicos como: el CO<sub>2</sub> de la etapa de calcinación en la manufactura de cemento, el CO<sub>2</sub> del "cracking" catalítico en procesos petroquímicos, las emisiones de PFC en la fundición de aluminio, etc.
- iv. Emisiones fugitivas: liberaciones intencionales y no intencionales como: fugas en las uniones, sellos, empaques, o juntas de equipos, así como emisiones fugitivas derivadas de pilas de carbón, tratamiento de aguas residuales, torres de enfriamiento, plantas de procesamiento de gas, etc.

### **3.5. Selección del método de cálculo**

El método de cálculo de emisión de GEI a usar será mediante factores de emisión.

Estos factores son cocientes calculados que relacionan emisiones de GEI a una medida de actividad en una fuente de emisión; estos varían en función de la actividad que se trate y las unidades en las que estén expresados los factores de emisión han de escogerse en función de los datos de la actividad de que se disponga. (GHG Protocol, WBCSD, WRI México, 2005)

De manera general, se podría decir que el cálculo de la huella de carbono se llevará a cabo mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$\text{Huella de Carbono} = \text{dato de actividad} * \text{factor de emisión}$$

### **3.6. Recolección de datos**

Los datos para el cálculo de la huella de carbono en Novo Hotel & Suite se recolectarán mediante visitas guiadas en las instalaciones del hotel, en la que se obtendrán los datos necesarios para el cálculo en función de cada uno de los alcances definidos, partiendo igualmente de los registros que el personal de mantenimiento posean al momento de la toma de datos; en el caso del alcance 1, se incluirán los datos de combustibles adquiridos (gas natural, Diesel, gasolina, etc.), de fuentes fijas y móviles.

En lo que respecta al alcance 2 se tomará en cuenta el consumo de energía eléctrica en las instalaciones del hotel.

Para el alcance 3 se incluirán, el consumo de agua en las instalaciones del hotel, así como también la cantidad de papel adquirido en el período evaluado.

### **3.7. Selección de factores de emisión**

Los factores de emisión convierten los datos de actividad en una masa de emisiones de GEI, por ejemplo, en toneladas de CO<sub>2</sub> liberadas por kilómetro recorrido, o la proporción de emisiones de CH<sub>4</sub> producida a la cantidad de residuos vertidos.

Bajo el Sistema Internacional de Unidades, todos los datos de emisiones de GEI se proporcionarán en toneladas métricas de cada GEI, así como el CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub> e).

En lo que respecta al alcance 1, se utilizarán los factores de conversión de su poder calórico, de MJ a CO<sub>2</sub>e, representados en la tabla 3.1.

Su fórmula de aplicación es la siguiente:

$$kg \text{ de } CO_2eq = masa_{combustible} * Valor \text{ calórico } neto * Factor \text{ de } emisión$$

Para el alcance 2 se usará un factor de emisión local; Para estimar las emisiones generadas por el consumo de energía eléctrica, se suele aplicar el factor de emisión de la red, es decir, considerando todas las fuentes de energía que generan electricidad, este factor estima cuáles son las emisiones medias por unidad de energía generada, particularmente para cada país dependiendo de su matriz energética, y del consumo de electricidad del proyecto. (GHG Protocol, WBCSD, WRI México, 2005)

La ecuación necesaria para obtener las toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente es la siguiente:

$$kg \text{ } CO_2 \text{ eq} = Consumo \text{ de } electricidad * Factor \text{ de } emisión \text{ de } la \text{ red}$$

En el caso de El Salvador, el MARN estimó los factores de emisión de la red para los años 2009, 2010 y 2011. En este trabajo se usará el más reciente correspondiente al año 2011 (0.6798 kg CO<sub>2</sub>/kWh).

En cuanto al alcance 3, que abarca el consumo de agua y papel, se utilizará la siguiente ecuación:

$$kg \text{ } CO_2eq = Consumo * Factor \text{ de } emisión$$

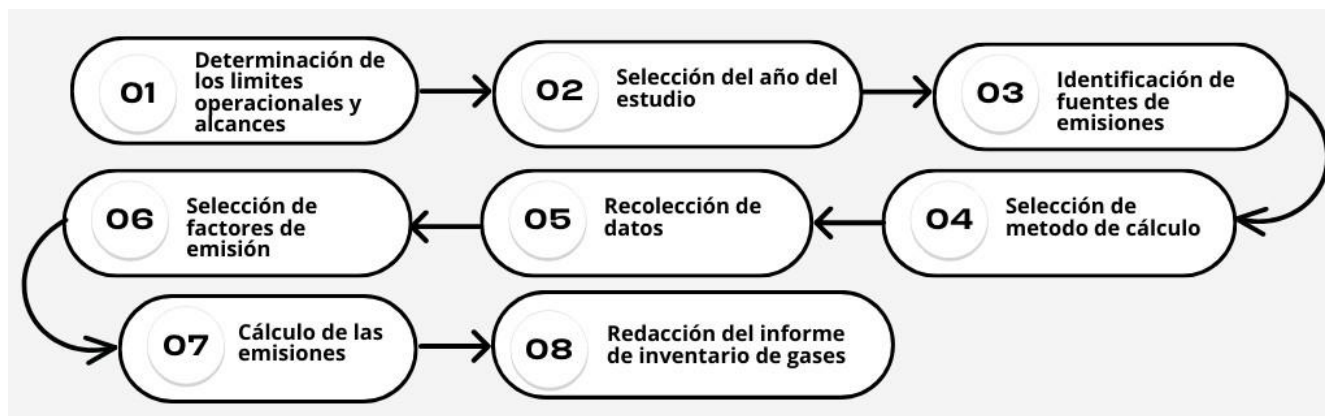
El consumo para el agua debe estar en metros cúbicos (m<sup>3</sup>) y el consumo de papel en toneladas de papel, de esta manera al multiplicarse por su respectivo factor de emisión el resultado será en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente. En la tabla 3.1 se presentan los factores de emisión a usarse.

**Tabla 3.1 Factores de emisión para las diversas fuentes de emisiones de GEI**

Factores de emisión			Fuente
Alcance 1			IPCC
Fuente de emisión	Valor calórico neto (MJ/kg)	Factor de emisión de co2 (kgCO <sub>2</sub> /MJ)	
Gasolina	44.3	0.0693	
Gas licuado de petróleo	47.3	0.0631	
Alcance 2			MARN
Fuente de emisión	Factor de emisión (CO <sub>2</sub> /kWh)		
Energía eléctrica	0.6798		
Alcance 3			IPCC
Fuente de emisión	Factor de emisión		
Agua	0.3440 kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> agua		
Papel	3.00 kg CO <sub>2</sub> /kg papel		

### 3.8. Descripción general de guía de aplicación GHG Protocol

Los pasos para la aplicación del GHG Protocol se definen en el “Protocolo De Gases De Efecto Invernadero: Estándar Corporativo De Contabilidad Y Reporte” del WBCSD y WRI se muestran de manera general en la figura 3.2.



**Figura 3.2 Pasos para la aplicación del GHG Protocol**

## CAPITULO IV

### 4. ANÁLISIS Y RESULTADOS

#### 4.1. Descripción de fuentes de emisiones, alcance 1

En cuanto a las emisiones referentes al alcance 1, se encontraron aquellas de tipo fijas y de tipo móviles, dentro de las cuales se describen a continuación:

**Equipos fijos consumidores de gas propano.** Tomando en cuenta los equipos consumidores de gas propano que se pueden encontrar en funcionamiento dentro del hotel: una secadora a gas de consumo específico desconocido, cabe destacar que esta secadora funciona con electricidad y gas.

En el área de la cocina se pueden encontrar 3 cocinas tipo plancha de múltiples quemadores de marca y especificaciones desconocidas; así mismo se encuentra una cocina freidora, una estufa de 4 quemadores con horno, todos estos equipos de marcas y especificaciones desconocidas.

**Equipos móviles consumidores de gasolina.** Dentro de estos equipos se incluyen los automóviles destinados al transporte del personal de hotel, sin embargo, no se especifica la función exacta, la cantidad de autos y la frecuencia de uso, así como la marca y modelo de los automóviles.

#### 4.2. Descripción de fuentes de emisiones, alcance 2

En cuanto a los equipos consumidores de energía eléctrica, estos se pueden clasificar en cuatro sectores generales, distribuidos dentro del hotel, aires acondicionados, otros equipos eléctricos y electrónicos, equipos de cocina y luminaria.

**Aires acondicionados.** El hotel posee un aire acondicionado central de tres torres inverter las cuales abastecen habitaciones de huéspedes, salones y oficinas; además el hotel posee aires acondicionados de tipo mini Split y de ventana, estos últimos se describen en la tabla 4.1, junto con algunos datos específicos de marca y voltaje conocidos.



**Tabla 4.1 Especificaciones técnicas de aires tipo ventana**

Marca	Voltaje (V)	Habitación	Marca	Voltaje (V)	Habitación
Panasonic	220	210	Panasonic	110	310
Panasonic	220	211	Panasonic	222	312
Panasonic	220	212	Panasonic	222	315
Panasonic	222	214	Panasonic	112	316
Panasonic	220	215	Pioneer	115	317
Panasonic	220	216	Goldstar	115	318
Panasonic	222	217	Pioneer	115	Oficina de Ventas
Panasonic	220	218	Panasonic	115	Oficina de Mantenimiento
DAEWOO	115	Oficina de contabilidad			

*Nota:* Datos obtenidos del departamento de mantenimiento del hotel Novo

En cuanto a los aires acondicionados del tipo mini Split, se obtuvieron las siguientes especificaciones técnicas y ubicaciones, descritas en la tabla 4.2, la potencia corresponde a 11500 BTU para todos los aires, en cuanto a su marca, estos pertenecen a la compañía LG.

**Tabla 4.2 Aires del tipo mini Split, marca LG de 11,500 BTU**

Modelo	Habitación	Modelo	Habitación
VM 122 CS NH1	110	VM 122 CS NH1	116
VM 122 CS NH1	111	VM 122 CS NH1	117
VM 122 CS NH1	112	VM 122 CS NH1	118
VM 122 CS NH1	114	VM 122 CS NJ0	311
VM 122 CS NH1	115	VM 122 CS NJ0	314

*Nota:* Datos obtenidos del departamento de mantenimiento del hotel Novo

**Otros equipos eléctricos y electrónicos.** Dentro de los más relevantes que se pudieron observar se encuentran dos lavadoras industriales. Las especificaciones se presentan en la tabla 4.3.

Otros de los equipos consumidores de electricidad encontrados son planchas y selladoras cuyas especificaciones técnicas se presentan en las tablas 4.4 y 4.5 respectivamente.

Según el equipo técnico del CNPML, las planchas se usan en promedio dos veces por semana, de igual manera el uso de la selladora.

**Tabla 4.3 Especificaciones Técnicas de las lavadoras**

Lavadora 1	Datos de placa	
Voltaje	120 V	
Corriente	13 A	
Capacidad	45 lb	
Lavadora 2	Equipos de medición	
	Fase 1	Fase 2
Voltaje	117 V	114 V
Potencia	346 W	335 W
Corriente	4.8 A	4.24 A
Factor de potencia	0.63	0.70

*Nota:* datos de placa de los equipos, analizador de redes monofásicos. Fuente: (CNPML, 2012)

**Tabla 4.4 Especificaciones Técnicas de las planchas**

Factor medido	Plancha a vapor	Plancha manual 1	Plancha manual 2
Voltaje	120 V	120 V	120 V
Potencia	1500 W	1000 W	1200 W

*Nota:* se desconoce el método de obtención de los datos. Fuente: (CNPML, 2012)

**Tabla 4.5 Especificaciones Técnicas de la selladora**

Factor medido	Valor tomado
Voltaje	120 V
Corriente	1.5 A
Potencia	180 W

*Nota:* se desconoce el método de obtención de los datos. Fuente: (CNPML, 2012)

Otros de los equipos consumidores de energía eléctrica son, dos secadoras industriales, una de ellas consumidora de gas cuyo consumo se incluyó en el alcance 1. Se menciona en estudios realizados por el equipo técnico del CNPML que dichas secadoras solamente son utilizadas ambas, en ocasiones de alta ocupación del hotel. Las especificaciones de las secadoras se describen en la tabla 4.6.

En el hotel se pueden observar otros aparatos eléctricos y electrónicos como: computadoras, impresoras, teléfonos, cafeteras, televisores; sin embargo, no se posee información específica de su cantidad y características, a pesar de esto, su consumo de energía eléctrica si se considera en el cálculo de la huella de carbono.

**Tabla 4.6 Especificaciones Técnicas de secadoras**

Secadora 1		
Funcionamiento	Eléctrica	
Ciclo medio	Fase 1	Fase 2
Voltaje	114 V	116.2 V
Potencia	6.1 kW	6.2 Kw
Corriente	53.1 A	53.1 A
Factor de potencia	1	1
Secadora 2		
Funcionamiento	Eléctrica + gas	
Voltaje	220 V	
Corriente	6 A	
Entrada	18,000 BTU/h	
Salida	2,500 BTU/h	

*Nota:* los datos tomados del funcionamiento de la secadora 1 se incluyen por fines prácticos solamente los calculados en el ciclo medio. Datos tomados con medidor de redes monofásico y datos de placa del equipo.  
Fuente: (CNPML, 2012)

**Equipos de cocina:** en el área de la cocina se pueden observar múltiples equipos consumidores de energía eléctrica; gracias al estudio realizado por el equipo técnico del CNPML se pudieron obtener algunas especificaciones de estos equipos, los cuales se describen a continuación en la tabla 4.7.

**Tabla 4.7 Equipos del área de cocina**

Nombre del equipo	Potencia (HP)	Corriente (A)	Voltaje (V)	Refrigerante
Cámara refrigerante 1	0.333	6.3	115	R-134a
Cámara refrigerante 2	0.25	4.8	115	R-134a
Cámara refrigerante 3	0.25	6.5	115	R-134a
Refrigeradora	1.869	7	115	R-134a
Freezer 1	0.419	1.57	115	R-134a
Freezer 2	0.454	1.7	115	R-134a
Horno	1.828	12.4	110	-
Mini horno	1.340	-	120	-
Licuada 1	0.804	-	120	-
Licuada 2	0.804	-	127	-

*Nota:* información proporcionada por el Hotel Novo. Fuente: (CNPML, 2012)

**Luminaria.** Debido a la gran cantidad de luminaria que posee el hotel, se ha optado por enumerar la cantidad de focos y lámparas según su potencia, dividiéndolos de acuerdo el edificio al que pertenecen. Cabe destacar que el hotel posee 2 edificios. Según la información brindada

por el hotel, toda la luminaria pertenece a la tecnología LED. Las especificaciones se incluyen en la tabla 4.8.

**Tabla 4.8 Equipos de luminaria del hotel**

Luminaria	Edificio 1	Edificio 2
Focos de 13 W	207	109
Lámparas de 20 W	6	0
Lámparas de 22 W	20	3
Lámparas de 40 W	6	78

*Nota:* información proporcionada por el Hotel Novo. Fuente: (CNPML, 2012)

### **4.3. Descripción de fuentes de emisiones, alcance 3**

En las emisiones de alcance 3, principalmente se encuentran dos grandes grupos: el consumo de papel y el consumo de agua.

En cuanto al consumo de papel tipo bond tamaño carta, el cual se consume aproximadamente 1 caja al mes, la marca del proveedor no está especificada, este papel es de uso principalmente en las oficinas administrativas del hotel; el otro consumo es del tipo papel higiénico, los cuales en promedio son 200 rollos al mes, para uso general tanto de huéspedes como del personal del hotel.

Lo referente al consumo de agua, principalmente de agua potable, se contabiliza mensualmente, esta proviene del empleo de equipos de cocina, lavandería, baños, regaderas, mantenimiento y el abastecimiento de la piscina del hotel, entre otros.

### **4.4. Tratamiento de datos de consumo, alcance 1**

El alcance 1 se encuentra dividido en dos tipos de fuentes de emisión, aquellas provenientes de los equipos fijos, los cuales incluyen funciones de generación de calor o vapor y las emisiones provenientes de equipos móviles referido a automóviles de la empresa, estos se detallan a continuación.

#### 4.4.1. Consumo de equipos fijos

La Tabla 4.9 muestra el consumo total mensual de gas propano en galones por equipos fijos en el hotel, durante los 12 meses del año 2021.

**Tabla 4.9 Consumo mensual de gas propano por equipos fijos alcance 1**

Mes	Consumo en galones	Mes	Consumo en galones
Enero	132	Julio	110
Febrero	130	Agosto	120
Marzo	145	Septiembre	110
Abril	160	Octubre	115
Mayo	125	Noviembre	110
Junio	160	Diciembre	125
		Total:	1542

*Fuente: Datos proporcionados por el departamento de mantenimiento del hotel Novo.*

#### 4.4.2. Consumo de equipos móviles

De acuerdo a los datos proporcionados por el hotel, no se mantiene un registro mensual exacto del consumo de gasolina para uso de transporte, sin embargo, se lleva un registro monetario del gasto de combustibles, el cual corresponde a aproximadamente \$500 mensuales; haciendo uso del precio promedio del galón para el año 2021 según la Dirección Nacional de Minas e Hidrocarburos, equivalente a \$4.12 el galón, se calculará el consumo anual de la siguiente manera:

$$\text{Consumo} \left( \frac{\$}{\text{año}} \right) = 500 \frac{\$}{\text{mes}} * 12 \text{ meses} = 6000 \frac{\$}{\text{año}}$$
$$\text{Consumo} \left( \frac{\$}{\text{año}} \right) = 6000 \frac{\$}{\text{año}} \div 4.12 \frac{\$}{\text{año}} = 1456.31 \frac{\text{gal}}{\text{año}}$$

#### 4.5. Tratamiento de datos de consumo, alcance 2

En la Tabla 4.10 se detalla el consumo mensual de energía eléctrica total en kWh de todos los equipos eléctricos y electrónicos del hotel registrados durante los meses del año 2021.

**Tabla 4.10 Consumo mensual de energía eléctrica alcance 2**

Mes	Consumo en kWh	Mes	Consumo en kWh
Enero	9719.64	Julio	13901.44
Febrero	8087.52	Agosto	15817.76
Marzo	10710.28	Septiembre	14551.04
Abril	10832.08	Octubre	17319.96
Mayo	11303.04	Noviembre	17409.28
Junio	14080.08	Diciembre	15379.28
		Total	159111.4

*Fuente: Datos proporcionados por el departamento de mantenimiento del hotel Novo.*

#### **4.6. Tratamiento de datos de consumo, alcance 3**

En las emisiones pertenecientes al alcance 3 dentro del hotel se determinaron dos fuentes, como se mencionó anteriormente, estas corresponden al consumo de agua y papel.

##### **4.6.1. Consumo de agua**

A continuación, en la tabla 4.11 se detalla el consumo de agua potable mensual en metros cúbicos durante el año 2021.

**Tabla 4.11 Consumo mensual de agua potable**

Mes	Consumo en m <sup>3</sup>	Mes	Consumo en m <sup>3</sup>
Enero	284	Julio	250
Febrero	214	Agosto	275
Marzo	251	Septiembre	175
Abril	340	Octubre	200
Mayo	273	Noviembre	273
Junio	275	Diciembre	185
		Total	2995

*Nota: los datos fueron proporcionados por el departamento de mantenimiento del hotel Novo*

##### **4.6.2. Consumo de papel**

El consumo de papel consta de dos tipos: papel de oficina y papel de baño. Según los datos proporcionados por el hotel mencionados anteriormente, se consumen 1 caja de papel de oficina y 200 rollos de papel higiénico al mes.

Utilizando el peso estándar de una resma de papel de oficina equivalente a 20 libras, se obtiene el consumo en kg al año de papel tipo bond:

$$1 \frac{\text{caja}}{\text{mes}} * 10 \frac{\text{resmas}}{\text{caja}} * 20 \frac{\text{lb}}{\text{resma}} = 200 \frac{\text{lb}}{\text{mes}} = 90.90 \frac{\text{kg}}{\text{mes}} * 12 \text{ meses} = 1090.8 \frac{\text{kg}}{\text{año}}$$

De la misma manera, para el consumo de papel higiénico con un peso estándar de 350 g por rollo, anualmente se obtiene:

$$200 \frac{\text{rollos}}{\text{mes}} * 350 \frac{\text{g}}{\text{rollo}} * 70 \frac{\text{kg}}{\text{mes}} * 12 \text{ meses} = 840 \frac{\text{kg}}{\text{año}}$$

#### 4.7. Cálculo de emisiones alcance 1

Para el cálculo de la Huella de Carbono se utilizaron los factores de emisión específicos para equipos móviles y equipos fijos sugeridos por el IPCC y siguiendo los criterios de selección planteados.

##### 4.7.1. Emisiones por equipos fijos

De esta manera se presenta un ejemplo de cálculo para las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente por consumo de gas propano para equipos fijos.

$$\text{Emisiones: consumo (gal)} * 0.00379 \frac{\text{m}^3}{\text{gal}} * \text{densidad de gas propano} * \text{valor calorico de gas propano} \\ * \text{factor de emision para el gas propano}$$

$$\text{Emisiones en kg CO}_2 \text{ eq} = 132 \text{ gal} * 0.00379 \frac{\text{m}^3}{\text{gal}} * 1.882 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 47.3 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}} * 0.0631 \frac{\text{kgCO}_2}{\text{MJ}} = 2.807 \text{ kg CO}_2 \text{ eq}$$

De la misma manera se calcularon para los 12 meses del año 2021, la información se presenta en la tabla 4.12.

**Tabla 4.12 Emisiones mensuales por consumo de gas propano en equipos fijos**

Fuente de emisión: gas propano			
Mes	Consumo (gal)	Valor calórico (MJ)	Emisiones (kg CO <sub>2</sub> eq)
Enero	132	44	2.807
Febrero	130	44	2.764
Marzo	145	49	3.083
Abril	160	54	3.402
Mayo	125	42	2.658
Junio	160	54	3.402
Julio	110	37	2.339
Agosto	120	40	2.552
Septiembre	110	37	2.339
Octubre	115	39	2.445
Noviembre	110	37	2.339
Diciembre	125	42	2.658
Total	1542	52	32.787

*Nota:* datos calculados a partir del uso del GHG Protocol y el uso de factores de emisión

#### 4.7.2. Emisiones por equipos móviles

Continuando la metodología anterior. Se presenta el cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente por consumo de gasolina anual:

$$\text{Emisiones: consumo (gal)} * 0.00379 \frac{m^3}{gal} * \text{densidad de gasolina} * \text{valor calorico de gasolina} \\ * \text{factor de emision para la gasolina}$$

$$\text{Emisiones en kg CO}_2 \text{ eq} = 1456.31 \text{ gal} * 0.00379 \frac{m^3}{gal} * 750 \frac{kg}{m^3} * 44.3 \frac{MJ}{kg} * 0.0693 \frac{kgCO_2}{MJ} \\ = 12708.411 \text{ kg CO}_2 \text{ eq}$$



#### 4.8. Cálculo de emisiones alcance 2

Respecto al alcance 2, se toman en cuenta los consumos totales de energía eléctrica en el hotel para calcular el total de las emisiones mensuales y anuales con respecto a esta fuente de emisión.

Ejemplo de cálculo para las emisiones respectivas a 1 mes:

*Emisiones: consumo (kWh) \* factor de emisión para la electricidad*

$$\text{Emisiones en kg CO}_2 \text{ eq} = 9719.64 \text{ kWh} * 0.6798 \frac{\text{kgCO}_2}{\text{kWh}} = 6607.411 \text{ kg CO}_2 \text{ eq}$$

De la misma manera para los 12 meses del año 2021, se presentan en la tabla 4.12

**Tabla 4.13 Emisiones mensuales por energía eléctrica**

Fuente de emisión: energía eléctrica			
Mes	Emisiones (kg CO <sub>2</sub> eq)	Mes	Emisiones (kg CO <sub>2</sub> eq)
Enero	6607.411	Julio	9450.199
Febrero	5497.896	Agosto	10752.913
Marzo	7280.848	Septiembre	9891.797
Abril	7363.648	Octubre	11774.109
Mayo	7683.807	Noviembre	11834.829
Junio	9571.638	Diciembre	10454.835
		Total	108163.930

*Nota:* datos calculados a partir del uso del GHG Protocol y el uso de factores de emisión.

#### 4.9. Cálculo de emisiones alcance 3

Al igual que en los alcances 1 y 2, para el respectivo alcance 3, se utilizará la misma metodología de aplicación del cálculo brindada por el GHG Protocol, mediante el uso de factores de emisión proporcionados por las bibliografías correspondientes.

#### 4.9.1. Emisiones por consumo de agua

A continuación, se presenta el ejemplo de cálculo de emisiones por consumo de agua respectivas a un mes, en la tabla 4.14 se presentan los resultados para el resto de los meses del 2021.

*Emisiones: consumo (m<sup>3</sup>) \* factor de emisión para el agua*

$$\text{Emisiones en kg CO}_2 \text{ eq} = 284 \text{ m}^3 * 0.344 \frac{\text{kgCO}_2}{\text{m}^3} = 97.696 \text{ kg CO}_2 \text{ eq}$$

**Tabla 4.14 Emisiones mensuales por agua**

Fuente de emisión: agua potable			
Mes	Emisiones (kg CO <sub>2</sub> eq)	Mes	Emisiones (kg CO <sub>2</sub> eq)
Enero	97.696	Julio	86
Febrero	73.616	Agosto	94.6
Marzo	86.344	Septiembre	60.2
Abril	116.96	Octubre	68.8
Mayo	93.912	Noviembre	93.912
Junio	94.6	Diciembre	63.64
		Total	1030.28

*Nota:* datos calculados a partir del uso del GHG Protocol y el uso de factores de emisión.

#### 4.9.2. Emisiones por consumo de papel

Seguidamente, las emisiones por el consumo de papel se realizarán para la cantidad total de la suma de papel de oficina y papel higiénico.

*Emisiones: consumo (kg) \* factor de emisión para el papel*

$$\text{Emisiones en kg CO}_2 \text{ eq} = 5792 \text{ kg} * 3.00 \frac{\text{kgCO}_2}{\text{kg}} = 5792 \text{ kg CO}_2 \text{ eq}$$

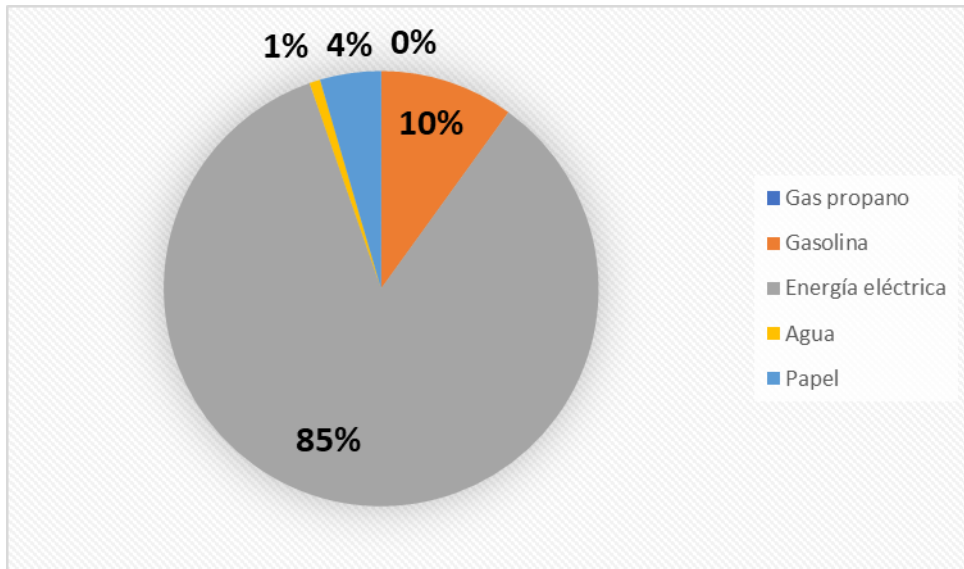
#### 4.10. Comparación de fuentes de emisión

En la tabla 4.15 se detallan el total de las emisiones generadas por cada una de las fuentes calculadas anteriormente, para su análisis y comparación, y su respectivo gráfico.

**Tabla 4.15 Comparación de emisiones por fuentes emisoras**

Fuentes emisoras	Total de emisiones (kg $CO_2$ eq)
Gas propano	32.787
Gasolina	12,693
Energía eléctrica	108,164.93
Agua	1030.28
Papel	5,792
Total	127,712.997

*Nota:* la tabla presenta el total de las emisiones calculadas por el método del GHG Protocol, utilizando factores de emisión.



**Figura 4.1 Comparativa del total de emisiones de CO<sub>2</sub> eq hotel Novo**

En la figura 4.1 se observa que, la principal fuente emisora del hotel pertenece al consumo de energía eléctrica, la cual registra el valor de 108.164 Ton CO<sub>2</sub> eq, lo que representa un 85% del total de emisiones del GEI, esto es representativo de la realidad, ya que se trata de una organización orientada al sector servicio.

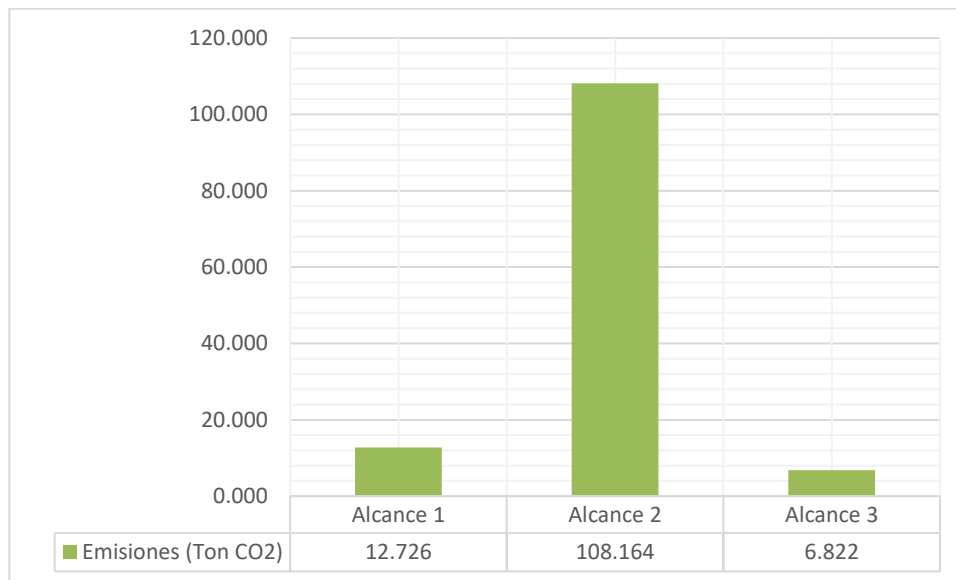
#### **4.11. Comparación entre alcances**

En la tabla 4.16, se detallan los kg de CO<sub>2</sub> eq, emitidos por el hotel, en esta ocasión clasificados según el alcance al que pertenecen, de igual manera que en la comparativa anterior, se ha realizado un gráfico ilustrativo de dicha comparación.

**Tabla 4.16 Comparación de emisiones por alcances**

Alcance	Emisiones de kg de CO <sub>2</sub> eq.
Alcance 1	12,725.787
Alcance 2	108,164.93
Alcance 3	6822.28
Total	127,712.997

*Nota:* la tabla presenta el total de las emisiones calculadas por el método del GHG Protocol, utilizando factores de emisión, mostradas según el alcance.



**Figura 4.2 Comparativa de emisiones de CO<sub>2</sub> eq según el alcance**

En la Figura se puede observar que, la principal fuente de emisión de GEI forma parte del alcance 2, esta corresponde al consumo de energía eléctrica; en segundo lugar, lo ocupa el alcance 1 donde se encuentran el consumo de gasolina y gas propano. Finalmente, en último lugar se ubica el alcance 3 donde se encuentra el consumo de agua y papel.

#### **4.12. Propuesta de reducción de emisiones**

Como propuesta de recomendación de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en el Novo hotel & suite se estudia la implementación de un sistema solar fotovoltaico en el techo de los dos edificios habitacionales del hotel, se utilizará el software libre “PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM” de la unión europea para

estimar la producción anual de energía eléctrica del sistema propuesto. (EUROPEA, s.f.). Los datos conocidos son:

$$\begin{aligned} \text{Área disponible} &= 148 \text{ m}^2 \\ \text{Área aprovechable} &= (148 * 0.8) \text{ m}^2 = 118.4 \text{ m}^2 \\ \text{Área del panel} &= 1.98 \frac{\text{m}^2}{\text{panel}} \\ \text{Potencia de cada panel} &= 300 \text{ Wp} \\ \text{Inversión inicial} &= 1000 \frac{\$}{\text{kWp}} \\ \text{Vida útil del equipo} &= 30 \text{ años} \end{aligned}$$

#### A. Cálculo de la potencia pico a instalar

Para el cálculo de la potencia pico se toma en cuenta el área aprovechable del techo del hotel y se divide entre el área de cada panel, posteriormente se multiplica el resultado por la potencia pico de cada panel y se obtiene la potencia pico a instalar.

$$\text{Total de paneles} = \frac{\text{área aprovechable}}{\text{área del panel}} = \frac{118.4 \text{ m}^2}{1.98 \text{ m}^2} = 59.798 \text{ paneles} \approx 60 \text{ paneles}$$

$$\text{Potencia pico a instalar} = \text{cantidad de paneles} * \text{potencia de cada panel}$$

$$\text{Potencia pico a instalar} = 60 \text{ paneles} * 300 \frac{\text{Wp}}{\text{paneles}} = 18 \text{ kWp}$$

#### B. Determinación del costo de producción de los kWh de energía eléctrica en el sistema solar fotovoltaico

El valor de la inversión inicial se obtiene multiplicando el costo de la instalación de la potencia pico a instalar (\$/kWp) por el valor de la potencia pico a instalar (kWp). Calculando el costo de inversión inicial:

$$\text{Inversión inicial} = 1000 \frac{\$}{\text{kWp}} * \text{potencia pico instalada}$$

$$\text{Inversión inicial} = 1000 \frac{\$}{\text{kWp}} * 18 \text{ kWp} = \$18,000$$

Utilizando el sitio web de la unión europea (EUROPEA, s.f.) para obtener el costo de producción de la energía en el sistema solar fotovoltaico:

$$\text{Coste de producción SSFV} = 0.07 \frac{\$}{\text{kWp}}$$

El costo de producción del kWh producido por el sistema solar fotovoltaico instalado es de \$0.07, muy inferior al precio de mercado, que ronda los \$0.16 por kWh. Lo cual genera un beneficio económico respecto a comprar la energía a la red.

A su vez, en dicho sitio web se puede obtener el dato de producción de energía eléctrica anual respecto a la potencia pico instalada, la producción de energía anual sería de 29,063.15 kWh, lo cual reduciría la necesidad de comprar energía eléctrica a la red en un 18.26%, un valor considerable que también tiene su influencia en las emisiones de gases de efecto invernadero emitidas a la atmosfera en 19.757 Ton CO<sub>2</sub> equivalente menos respecto a las emitidas en el año base. Reduciendo la huella de carbono del hotel en un 15.47%.

### C. Análisis económico

Los ahorros generados por la producción de la energía eléctrica mediante el sistema solar fotovoltaico son la diferencia entre el costo de producción de los 29,063.15 kWh producidos respecto al precio de compra de la red.

$$\text{Ahorro con SSFV} = 29063.15 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} * (\text{precio de compra} - \text{precio de producción})$$

$$\text{Ahorro con SSFV} = 29063.15 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} * (0.16 - 0.07)\$$$

$$\text{Ahorro con SSFV} = \$ 2,615 \text{ por año}$$

Cálculo del periodo de recuperación de la inversión (PSRI):

$$PSRI = \frac{\text{inversión inicial}}{\text{ahorros generados}}$$

$$PSRI = \frac{\$18,000}{2,615 \frac{\$}{\text{año}}} = 6.88 \text{ años} \approx 7 \text{ años}$$

El período de recuperación de la inversión en la implementación del sistema solar fotovoltaico es de 7 años, considerando el tiempo de vida útil de esta tecnología que ronda los 30 años, es una opción viable a implementar tanto del punto de vista ambiental como del económico, siendo una propuesta sustentable en ambos ámbitos.

## CONCLUSIONES

- 1- El Novo Hotel & Suit forma parte de la industria hotelera en El Salvador, y a su vez se incluye en el sector servicio, por lo tanto, sus fuentes de generación de emisiones se enfocan en el consumo de diferentes bienes y materiales para el desarrollo de sus labores.

Estos consumos se dividen en función de los 3 alcances operacionales descritos en la metodología del GHG Protocol.

En el alcance 1 se encuentran los consumos de gas propano y gasolina; las diversas fuentes emisoras identificadas en este alcance fueron: vehículos, cocinas de gas, lavadoras y secadoras. En el alcance 2 se encuentran el consumo de energía eléctrica; las diversas fuentes de emisión identificadas en este alcance fueron aires acondicionados del tipo ventana, mini Split y torres centrales de refrigeración, así como, las luminarias y diversos electrodomésticos de uso cotidiano como televisores, refrigeradores, entre otros. finalmente, en el alcance 3 se encuentran otras emisiones de GEI indirectas como lo son los consumos de agua y papel, dentro de estas se incluyen aquellas provenientes del consumo de agua en piscina, baños y cocina, y por consiguiente en el consumo de papel se incluyen papel de baño y de oficina.

- 2- El cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero en el Novo hotel & Suite se obtuvieron mediante la aplicación de la metodología del GHG protocol, con la cual se determinan los resultados de las emisiones específicas para cada alcance operacional, correspondientes en toneladas de dióxido de carbono equivalente.

En el alcance 1 se generaron 12.726 Ton CO<sub>2</sub> eq subdividas en: gas propano (0.032 Ton CO<sub>2</sub> eq) y gasolina (12.693 Ton CO<sub>2</sub> eq); en el alcance 2 se generaron 108.164 Ton CO<sub>2</sub> eq por consumo de energía eléctrica; mientras que en el alcance 3 se generaron 6.822 Ton CO<sub>2</sub> eq subdividas en: consumo de agua (1.03 Ton CO<sub>2</sub> eq) y consumo de papel (5.792 Ton CO<sub>2</sub> eq), obteniendo un total de 127.713 Ton CO<sub>2</sub> eq emitidas a la atmosfera por parte de las actividades tomadas en cuenta en los alcances operacionales en el hotel durante el año 2021.



Se puede observar, al analizar los datos, la existencia de un resultado destacable sobre los demás, el cual corresponde a la cantidad de toneladas de CO<sub>2</sub> eq emitidas por el alcance 2, dicha cantidad representa el 85% del total de emisiones.

- 3- El consumo de energía eléctrica corresponde a la principal fuente de emisiones de GEI producidas por las actividades desarrolladas en el hotel, debido a esto, las estrategias de reducción de emisiones de gases de GEI deberán ir enfocadas en la reducción del consumo de dicho recurso.

Se ha planteado como estrategia de reducción de emisiones de GEI, la instalación de un sistema de paneles solares fotovoltaicos en el área disponible correspondiente a los techos de los edificios propiedad del hotel, cuya área disponible es de 144 m<sup>2</sup>, al realizar el análisis correspondiente se determina que, se tendría una potencia pico de 18kWp, la cual genera un total de 29,063.15 kWh/año; tomando en cuenta que el consumo de energía eléctrica en el hotel durante el año de estudio es de 159,111.4 kWh.

Se concluye que, se reduciría el consumo en un 18.26%, lo que conlleva a reducir significativamente las emisiones de GEI en un total de 19.757 Ton CO<sub>2</sub> eq, esto corresponde al 15.47% de las emisiones totales del año de estudio.

## RECOMENDACIONES

- 1- Para futuros cálculos de la huella de carbono en el hotel, se recomienda contar con un registro de especificaciones técnicas de los diferentes equipos generadores de emisiones de GEI, con el propósito de evaluarlos de manera más específica, y obtener un resultado de huella de carbono más acertado.
- 2- Se recomienda que luego de la implantación del sistema solar fotovoltaico en el hotel, se realice un nuevo cálculo de la huella de carbono, con el propósito de compararse con el calculado en el año base, para poder concluir y cuantificar el impacto de dicha medida de reducción en las emisiones de GEI del hotel.
- 3- Se recomienda llevar un control adecuado del consumo de papel de baño, cocina y oficina, los cuales corresponden al alcance 3, para poder realizar el cálculo de la huella de carbono de manera más específica.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ademe, I. d. (2010). *Bilan Carbone®*, Entreprises et Collectivités. Guide méthodologique, version 6.1, objectifs et principes de comptabilisation.
- Barry, R., & Chorley, R. (2004). *Atmosphere, Weather and Climate* (8 ed.). London and New York: Routledge.
- Benavides Ballesteros, H., y León Aristizabal, G. (2007). *Información Técnica sobre Gases de Efecto Invernadero y El Cambio Climático*. Informe técnico, IDEAM.
- BSI, B. S. (2008). *PAS 2050: Specification for the assessment of the life cycle greenhouse emissions of goods and services*.
- Caballero, M., Lozano, S., y Ortega, B. (10 de octubre de 2007). Efecto Invernadero, Calentamiento Global y Cambio Climático: Una perspectiva desde las Ciencias de la Tierra. *Revista Digital Universitaria*, 8(10), 12. Recuperado el 29 de mayo de 2022, de <http://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/int78.htm>
- Catala Goyanes, J. (2014). *Diseño y Validación de un Procedimiento de Cálculo de la Huella de Carbono en una Administración local*. Universidad Miguel Hernández de Elche.
- CEPAL. (2011). *Metodologías de cálculo de la Huella de Carbono y sus potenciales implicaciones para América Latina*. República Francesa.
- CNPML. (2012). *Diagnóstico de Línea Base en Ecoeficiencia Energética para Hotel Novo Apart*.
- EUROPEA, U. (s.f.). *PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM*. Obtenido de [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/es/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/)
- Fanegada. (2018). *Cálculo de la huella de carbono y huella hídrica de explotaciones agrícolas ecológicas bajo el empleo del método sefel (sistema de elaboración de fertilizantes ecológicos líquidos)*.
- GHG Protocol, WBCSD, WRI México. (diciembre de 2005). *Protocolo de Gases de Efecto Invernadero, Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte*. México.
- IDEAM. (s.f.). *IDEAM*. Obtenido de Portales IDEAM: <http://www.ideam.gov.co/>
- IPCC. (2013). *Cambio Climático 2013, Bases físicas, Resumen Informe del Grupo de trabajo I del IPCC*.
- Isaza Delgado, J. F., y Campos Romero, D. (2007). *Cambio climático: glaciaciones y calentamiento global*.
- ISO14064. (2006). *Gases de efecto invernadero (Parte 1, 2 y 3)*.
- Márquez, D., y Zevallos, L. (2018). *DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO SEGÚN METODOLOGÍA GREENHOUSE GAS PROTOCOL APLICADO AL ÁREA DE INGENIERÍA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA, AÑO 2016-2017*.

- Martínez, J., y Fernández Bremauntz, A. (2004). *Cambio climático: una visión desde México*. México.
- NASA. (2022). *Global Climate Change, Vital Signs of the Planet*. Obtenido de <https://climate.nasa.gov/causas/>
- National Geographic. (30 de agosto de 2021). *National Geographic España*. Obtenido de [https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/8-argumentos-ante-negacionistas-cambio-climatico\\_14979](https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/8-argumentos-ante-negacionistas-cambio-climatico_14979)
- NOAA. (septiembre de 2022). *NOAA National Centers for Environmental information, Climate at a Glance: Global Time Series*. Obtenido de <https://www.ncdc.noaa.gov/cag/>
- Pandey, D. (2010). Carbon footprint: current methods of estimation. *Springer Science+Business Media B.V.*
- Schneider, H., y Samaniego, J. (2010). *La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios*. CEPAL.
- Trespalacios, J., y Blanquicett, C. (2018). *Gases y efecto invernadero*. Universidad del Norte, Escuela Internacional de Doctorado, Basilea-Suiza.
- Valderrama, J. O. (2011). *Huella de Carbono, un Concepto que no puede estar Ausente en Cursos de Ingeniería y Ciencias*. Formación universitaria, 4 (3), 3-12.
- Velázquez de Castro González, F. (marzo-abril de 2005). Cambio Climático y Protocolo de Kioto. Ciencia y Estrategias. Compromisos para España. *Revista Española de Salud Pública*.

# ANEXOS

## Anexo 1 Cronograma de actividades

Tabla A-1 Cronograma de actividades

Fecha	Entregas	Observaciones
21/03/22	Perfil del proyecto	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Nombre del trabajo de aplicación: Se recomienda ampliar en el nombre de la tesina cual metodología van a seguir para el cálculo de la huella de carbono, deben colocarla así mismo el cálculo de la huella debe ser anual, por lo que hace falta definir el año de cálculo</li><li>2. Área temática trabajo de aplicación: sugiero eliminar del área la corrección mediante el tratamiento de las aguas residuales ya que esto se considera el ultimo nivel de la eco-eficiencia.</li><li>3. Descripción del trabajo de aplicación: sugiero siempre describir que será el cálculo de la huella de carbono de la organización, sin embargo, no solo debe ser limitado a la planta de tratamiento, pueden incluirse otros recursos, por ejemplo, energía eléctrica y combustibles para dar un mayor alcance al cálculo de la huella.</li><li>4. Objetivos específicos del trabajo de aplicación: sugiero incluir otras fuentes de generación de emisiones no solo planta de tratamiento porque no representan las mayores emisiones en las empresas, generalmente las mayores fuentes de emisiones están en energía eléctrica y térmica.</li></ol>

Continúa.

Tabla A-1 Cronograma de actividades (continuación)

Fecha	Entregas	Observaciones
06/06/22	Primer avance tesina	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mejorar la redacción de la problemática comenzar de lo general a lo más específico.</li> <li>2. Ampliar el marco teórico.</li> <li>3. Ampliar la información sobre las normas ISO 14000.</li> <li>4. Hacer descripción de todas las tablas.</li> <li>5. Agregar diagrama de flujo al final donde ese explique la metodología del GHG Protocol.</li> <li>6. Solo poner los factores de emisión que se usaran.</li> <li>7. Agregar referencias bibliográficas.</li> <li>8. Mejorar el formato.</li> </ol>
13/06/22	Primer avance tesina (Mejorado)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mejorar el planteamiento del problema.</li> <li>2. Agregar datos estadísticos</li> <li>3. Investigar la ISO 14064-2015</li> <li>4. Agregar columna con fuente de información en los factores de emisión.</li> <li>5. Investigar más sobre el dato de emisión de papel.</li> <li>6. Mejorará el formato del documento</li> </ol>
31/08/22	Segundo avance tesina	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. En el capítulo 4 dar una descripción de las fuentes de generaciones de emisiones como, por ejemplo: tipo de transporte, su uso para huéspedes o personal, descripción de equipos etc.</li> <li>2. Para el caso de las fugas de refrigerante, preguntar por el dato de la empresa que da mantenimiento del refrigerante y preguntar si ellos poseen un registro</li> <li>3. Colocar la fuente de los datos en las tablas</li> </ol>

Continúa.

Tabla A-1 Cronograma de actividades (continuación)

Fecha	Entregas	Observaciones
		<ol style="list-style-type: none"> <li>4. En el capítulo 4 dar una descripción de las fuentes de generaciones de emisiones como, por ejemplo: tipo de transporte, su uso para huéspedes o personal, descripción de equipos etc.</li> <li>5. Para el caso de las fugas de refrigerante, preguntar por el dato de la empresa que da mantenimiento del refrigerante y preguntar si ellos poseen un registro</li> <li>6. Colocar la fuente de los datos en las tablas</li> <li>7. Poner un ejemplo de cálculo por cada emisión y en los datos no usar muchas cifras significativas (máximo 3) De la comparación sacar al final una tabla de porcentajes y elaborar un gráfico pastel con esos datos</li> <li>8. También hacer graficas de pastel por cada uno de los alcances</li> <li>9. Para establecer propuestas de solución</li> <li>10. paneles solares (como en el caso de estudio), (preguntar por el área efectiva)</li> <li>11. proyectos de compensación</li> </ol>

## Anexo 2 Cronograma de visitas al hotel Novo

Tabla A-2 Cronograma de visitas al hotel

Visitas	Observaciones
20/04/22	Presentación del proyecto: mediante el uso de una presentación se especificaron los objetivos, recursos necesarios y se dio una breve explicación del proyecto.
24/06/22	Identificación de las fuentes y obtención de los primeros datos: mediante un breve recorrido de las instalaciones se pudieron identificar las principales fuentes de emisiones de GEI y se obtuvieron los datos de consumo de electricidad, gasolina y agua.
28/06/22	Recorrido completo por todas las instalaciones del hotel. Se recorrió el hotel para la identificación y cuantificación de todos los electrodomésticos (aires acondicionados, televisores, lavadoras, secadoras, cocinas, etc.) del hotel y los datos del uso de papel higiénico y de oficina.
21/09/22	Recolección de datos finales de consumo y de especificación de los equipos. Se obtuvieron los datos técnicos de algunos de los aires acondicionados, lavadoras y secadoras. A si como los datos de la ocupación de los paneles solares y el espacio libre en el techo del hotel.



## Anexo 3 Análisis de sistema fotovoltaico

Rendimiento de un sistema solar fotovoltaico instalado en Novo hotel & Suite; según Photovoltaic geographical information system de la Comisión Europea.

Obtenido de [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/es/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/)



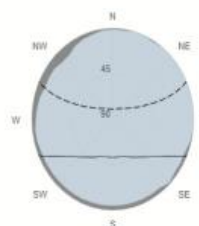
#### Datos proporcionados:

Latitud/Longitud: 13.704,-89.221  
 Horizonte: Calculado  
 Base de datos: PVGIS-NSRDB  
 Tecnología FV: Silicio cristalino  
 FV instalado: 18 kWp  
 Pérdidas sistema: 14 %

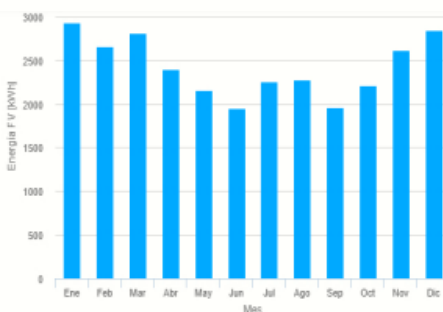
#### Resultados de la simulación

Ángulo de inclinación: 18 (opt) °  
 Ángulo de azimut: -4 (opt) °  
 Producción anual FV: 29063.15 kWh  
 Irradiación anual: 2169.4 kWh/m<sup>2</sup>  
 Variación interanual: 710.89 kWh  
 Cambios en la producción debido a:  
 Ángulo de incidencia: -2.75 %  
 Efectos espectrales: NaN %  
 Temperatura y baja irradiancia: -11.01 %  
 Pérdidas totales: -25.57 %  
 Coste electricidad FV [por kWh]: 0.070 por kWh

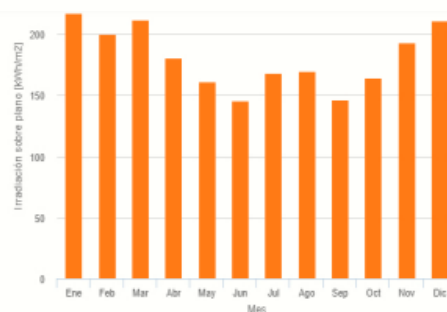
#### Perfil del horizonte en la localización seleccionada



#### Producción de energía mensual del sistema FV fijo:



#### Irradiación mensual sobre plano fijo:



#### Energía FV y radiación solar mensual

Mes	E_m	H(i)_m	SD_m
Enero	2928.3	217.2	115.6
Febrero	2665.1	200.1	136.1
Marzo	2810.8	211.9	175.6
Abril	2398.3	180.7	113.6
Mayo	2155.1	161.2	153.7
Junio	1946.9	145.3	108.3
Julio	2252.4	168.6	197.6
Agosto	2273.7	169.9	223.5
Septiembre	1965.3	146.6	264.5
Octubre	2210.2	164.4	237.6
Noviembre	2615.1	192.9	151.0
Diciembre	2841.9	210.7	122.7

E\_m: Producción eléctrica media mensual del sistema definido [kWh].

H(i)\_m: Suma media mensual de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado [kWh/m<sup>2</sup>].

SD\_m: Desviación estándar de la producción eléctrica mensual debida a la variación interanual [kWh].

La Comisión Europea mantiene esta web para facilitar el acceso público a la información sobre sus iniciativas y las políticas de la Unión Europea en general. Nuestro propósito es mantener la información precisa y al día. Tráenoslo de corregir los errores que se nos señalen. No obstante, la Comisión declina toda responsabilidad en relación con la información incluida en esta web.

Aunque hacemos lo posible por reducir al mínimo los errores técnicos, algunos datos o informaciones contenidas en nuestra web pueden haberse creado o estructurado en archivos o formatos no exentos de dichos errores, y no podemos garantizar que este no interrumpa o afecte de alguna manera al servicio. La Comisión no asume ninguna responsabilidad por los problemas que puedan surgir al utilizar este sitio o sitios externos con enlaces al mismo.

Para obtener más información, por favor visite [https://ec.europa.eu/info/legal-notice\\_es](https://ec.europa.eu/info/legal-notice_es)

PVGIS ©Unión Europea, 2001-2022.

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.

Informe creado el 2022/10/14

