

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



**ESTUDIO DE LA HUELLA DE CARBONO EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

PRESENTADO POR:
**FLAMENCO QUIJADA, CLARISA LISET
LUNA CEDILLOS, HUGO ORLANDO**

PARA OPTAR AL GRADO DE:

INGENIERO QUÍMICO

CIUDAD UNIVERSITARIA, ENERO DE 2022

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

MSC. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL:

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO:

PhD. EDGAR ARMANDO PEÑA FIGUEROA

SECRETARIO:

ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA E INGENIERÍA DE ALIMENTOS

DIRECTORA:

INGRA. SARA ELISABETH ORELLANA BERRIOS

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



Trabajo de Graduación previo a la opción al grado de:

INGENIERO QUÍMICO

Título:

**ESTUDIO DE LA HUELLA DE CARBONO EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

Presentado por:

**FLAMENCO QUIJADA, CLARISA LISET
LUNA CEDILLOS, HUGO ORLANDO**

Trabajo de Graduación Aprobado por:

INGENIERO NELSON MAURICIO VAQUERO ANDRADE

CIUDAD UNIVERSITARIA, ENERO DE 2022

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor:

ING. NELSON MAURICIO VAQUERO ANDRADE

DEDICATORIAS CLARISA LISET FLAMENCO QUIJADA

Este trabajo está especialmente dedicado a mi familia, sobre todo a mi madre Carmen por su paciencia, sabiduría y apoyo incondicional y a mi hermana Alexia por su comprensión y apoyo moral durante todo el proceso de mi carrera y que me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más.

A mis amigos y compañeros Alexander y Bernabé por estar siempre presentes, por sus palabras de ánimo y consejos brindados en todos los retos de la carrera.

Por último, a mi compañero de Tesina, Hugo, por acompañarme en esta etapa final y brindarme sus conocimientos.

AGRADECIMIENTOS CLARISA LISET FLAMENCO QUIJADA

Primeramente, a mis docentes y en especial a mis asesores que me han guiado en el proceso para obtener mi título universitario.

A mis padres y hermanos por confiar y tener paciencia.

A mis amigos por apoyarme y darme fuerzas.

DEDICATORIAS HUGO ORLANDO LUNA CEDILLOS

Dedico este trabajo primeramente a Dios todo poderoso, ya que estuvo conmigo a lo largo de mi formación académica y profesional, en segundo lugar, se lo dedico a mi familia ya que en todo momento estuvieron brindando a mi persona apoyo y animándome a continuar pese a las dificultades que se me presentaron a lo largo de mi carrera.

A mis amigos por brindarme su apoyo y estar conmigo siempre en mis triunfos y en mis derrotas, ya que nada en la vida es legendario si tu familia y amigos no está contigo en esos momentos. Para finalizar le dedico esta investigación a Clarisa Flamenco, mi compañera de carrera y tesina, que estuvo en todo momento brindándome su apoyo y conocimientos adquiridos que me fortalecieron como persona y profesional.

AGRADECIMIENTOS HUGO ORLANDO LUNA CEDILLOS

Primeramente, a Dios por estar conmigo en todo momento de mi vida y formación profesional.

A mis maestros que con su sabiduría y enseñanza me han dado el conocimiento necesario para ejercer de la mejor manera mi carrera universitaria.

A mis padres, hermanos y familia por brindarme su apoyo emocional y económico para completar mi formación académica y poder superarme profesionalmente en mi vida.

A mis amigos y compañeros por su paciencia y apoyo en cada trabajo en grupo que realizamos a lo largo de la carrera

RESUMEN

El presente trabajo establece la metodología para elaborar y llevar a cabo un inventario de gases de efecto invernadero. El objetivo es cuantificar la huella de carbono producida por la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador para el año 2019, así como conocer los recursos que la facultad utiliza mayormente y los que generan mayor carga de dióxido de carbono (CO_2).

Para el desarrollo del inventario de gases de efecto invernadero se utiliza la propuesta en el protocolo de gases de efecto invernadero, elaborado por el comité medioambiental de World Resources Institute y World Business Council for Sustainable Development. Para realizar el inventario se deben seguir 6 fases en las cuales se consolida la información necesaria para realizar los cálculos de CO_2 generados por la facultad. La primera fase consiste en identificar los procesos y actividades que se realizan dentro la facultad. Seguido de esto, se comienza la segunda fase en la cual se determinan los alcances por actividad. En la tercera fase se define el periodo de tiempo del inventario, debido a la pandemia el estudio y base lineal se define el año 2019 con el fin de contabilizar los consumos de recursos en paralelo a la cantidad total de estudiantes presentes ese año antes de la pandemia COVID-19. En la fase número cuatro, se lleva a cabo la recolección de información. Junto con las autoridades de la universidad y trabajos de grados bibliográficos se pueden estimar los consumos por año de cada facultad. Seguido de esto, se hace uso de indicadores y factores de medición para llevar a cabo, en la última fase, los cálculos y redacción del informe de inventario.

Los recursos utilizados que se utilizan dentro de la facultad son los siguientes: Energía eléctrica, Agua, Refrigerantes R-410 y R-22 para sistemas de aires acondicionados, Combustibles fósiles para maquinaria y automóviles, Gas propano para prácticas de laboratorio y papel para uso varios dentro de oficinas de la facultad. Luego de realizados los cálculos del inventario se observó que el recurso de energía eléctrica es el que genera en su mayoría el dióxido de carbono en la facultad. Se realizaron propuesta de mejoras para lograr reducir un porcentaje de gases de efecto invernadero, así como estudios de cambios de luminarias y propuestas de instalación de un sistema solar fotovoltaico para reducción de GEI.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
1. MARCO CONTEXTUAL REFERENCIAL	2
1.1. Definición del problema	2
1.2. Objetivos	3
1.3. Justificación	4
1.4. Beneficios esperados	4
1.5. Alcances	5
1.6. Limitaciones	5
1.7. Antecedentes	5
CAPÍTULO II	6
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes	6
2.2. Gases de efecto invernadero y cambio climático	7
2.3. Huella de carbono	10
2.4. Cálculo de la huella de carbono	11
2.5. Protocolo GEI	12
CAPÍTULO III	14
3. METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN DE HUELLA DE CARBONO	14
3.1. Guía para la elaboración de un informe de huella de carbono	15
3.2. Identificación de procesos y actividades	16
3.3. Determinar el alcance de cada actividad	18
3.4. Definir el periodo de inventario de GEI	19
3.5. Recolección de información	19
3.6. Identificación de los indicadores de emisión	20
3.7. Cálculo de CO_2 y redacción del informe	23
CAPÍTULO IV	25
4. ANÁLISIS Y RESULTADOS	25
4.1. Cálculo de CO_2 generado por el uso de combustibles y gas propano.	25
4.2. Cálculo de CO_2 generado por uso de energía eléctrica	30
4.3. Cálculo de CO_2 generado por el uso de papel	33
4.4. Cálculo de CO_2 generado por el uso de refrigerantes	34

4.5.	Cálculo de CO_2 generado por el consumo de agua.....	36
4.6	Tabla y gráficos resumen de cálculo de huella de carbono.....	36
4.7	Propuesta de plan de reducción de GEI	38
CONCLUSIONES		44
ANEXOS.....		47
BIBLIOGRAFÍA		48

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Gases de efecto invernadero y sus fuentes.	7
Tabla 2.2	Normas para calcular la huella de carbono	11
Tabla 3.1	Metodologías para el cálculo de la huella de carbono	14
Tabla 3.2	Clasificación de procesos, recursos y límites de la metodología ..	17
Tabla 3.3	Clasificación de áreas de estudio, actividades y emisiones.....	18
Tabla 3.4	Fuentes de emisión de GEI	20
Tabla 3.5	Factores de emisión.	21
Tabla 3.6	Cálculo del factor de emisión del consumo eléctrico.....	23
Tabla 3.7	Cálculo del factor de emisión de combustibles	24
Tabla 3.8	Cálculo del factor de emisión de otros	25
Tabla 4.1	Uso de vehiculos	26
Tabla 4.2	Cosumo de vales de combustible	26
Tabla 4.3	Cálculo de CO_2 eq generado por el uso de combustible.....	27
Tabla 4.4	Cálculo de CO_2 eq generados por CH_4	28
Tabla 4.5	Cálculo de CO_2 eq por N_2O	29
Tabla 4.6	Datos de cosumo kWh.....	30
Tabla 4.7	Cálculo de CO_2 eq generado por el uso de electricidad	33
Tabla 4.8	Consumo anual de papel.....	33
Tabla 4.9	Cálculo de CO_2 eq generado por el uso de papel	34
Tabla 4.10	Consumo anual de refrigerantes	34
Tabla 4.11	Cálculo de CO_2 eq generado por el uso de refrigerante	35
Tabla 4.12	Cálculo de CO_2 generado por el consumo de agua	36
Tabla 4.13	Resultados obtenidos.....	37
Tabla 4.14	Estrategias para refrigerantes	38
Tabla 4.15	Estrategias para energía eléctrica.....	39

Tabla 4.16 Estrategias para papel.....	42
Tabla 4.17 Estrategias para agua potable.....	43
Tabla 4.18 Estrategias para combustibles.....	44

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2.1	Cambio de la temperatura media terrestre	9
Ilustración 3.1	Pasos para elaboración de informe de huella de carbono ...	15
Ilustración 4.1	Regresión lineal kWh vs Año	32
Ilustración 4.2	Gráfico de huella de carbono en FIA, UES, año 2019	37
Ilustración A.1	Ubicación SSFV FIA, UES	47
Ilustración A.2	Ficha técnica de propuesta de paneles solares.....	48

INTRODUCCIÓN

La Huella de Carbono resulta como una medida para cuantificar y generar un indicador del impacto que conllevan las actividades o un proceso respecto al cambio climático, donde se lleva un control sobre el conjunto de emisiones de gases de efecto invernadero que se producen de forma directa o indirecta por personas, organizaciones, eventos, empresas, entre otros; en términos de CO_2 equivalentes y se utiliza como una herramienta de gestión ambiental para poder reducir las emisiones de dichos gases.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo el cuantificar la huella de carbono producida por la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador para el año 2019 donde se realizará un inventario de GEI de emisiones reales, se identificarán los diferentes consumos de recursos, se proporcionará información que pueda utilizar la Facultad de Ingeniería y Arquitectura para gestionar y reducir las emisiones de GEI y se propondrá sugerencias de ecoeficiencia industrial con el fin de reducir la huella de carbono.

El trabajo de investigación se basará en el Protocolo GEI el cual propone metodologías para llevar a cabo una evaluación de la Huella de Carbono, se hará una recolección de datos con las autoridades competentes dentro de la Universidad y se calculará la huella de carbono para la Facultad de Ingeniería y Arquitectura para luego realizar un plan estratégico de reducción de la Huella de Carbono.

La medición de la Huella de Carbono es de vital importancia como indicador de sostenibilidad en el medio ambiente y de impacto hacia el cambio climático, aporta valiosa información acerca de las emisiones de GEI dentro de la organización. Al ser el cambio climático una problemática mundial y que sigue en constante crecimiento, como estudiantes y sociedad es nuestro deber involucrarnos para crear un desarrollo humano que asegure las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de futuras generaciones.

CAPÍTULO I

1. MARCO CONTEXTUAL REFERENCIAL

1.1. Definición del problema

Las actividades antropogénicas como la combustión de petróleo, carbón y gas, la deforestación, la ganadería, el uso de fertilizantes con alto contenido de nitrógeno, entre otros, están causando un aumento en las emisiones de GEI¹. Este aumento en las emisiones está incrementando en la temperatura global que a su vez provoca desertificación de zonas fértiles, inundaciones en islas y ciudades costeras, impacto en la agricultura y ganadería, huracanes devastadores y deshielo de glaciares. Debido a los aumentos considerables de impactos negativos al medio ambiente por parte de los gases de efecto invernadero diferentes gobiernos y organizaciones internacionales han demostrado la iniciativa de profundizar aún más en el conocimiento de las diferentes causas de estos impactos ambientales.

La huella de carbono surge como un indicador que permite medir y comprender las diferentes causas e impactos de dichos gases. De manera que para un gobierno, industria o empresa el conocer la huella de carbón les permitirá identificar, controlar, reducir y mitigar las emisiones pertenecientes a sus diferentes procesos y actividades. En diciembre de 2015 se llevó a cabo la cumbre de París sobre el cambio climático (COP21), en la cual cabe destacar que los objetivos principales contra el calentamiento global son: Reducir y equilibrar las emisiones de gases de efecto invernadero y contener la temperatura de la tierra muy por debajo de los 2°C respecto a la era preindustrial.

El estudio de huella de carbono en la facultad de ingeniería y arquitectura nos permitirá conocer y entender el impacto ambiental que como institución pública y educativa genera al medio ambiente. El estudio incluirá todas las emisiones de CO_2 y otros gases de efecto invernadero producidos por actividades que se lleven a cabo

¹ GEI: Gases de Efecto Invernadero, Gases integrantes de la atmósfera, de origen natural y antropogénico, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de ondas del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera, y las nubes.

dentro de la facultad. El realizar un estudio e inventario de huella de carbono no solo nos permitirá medir y contabilizar las emisiones, sino también, permitirá diseñar una metodología para que año con año se realicen estudios con tal de comparar y visualizar la tendencia de generación de estos gases. Finalmente, el propósito de esta investigación será identificar, cuantificar y analizar la huella de carbono dentro de la facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador; con el fin de brindar una contabilidad de los gases de efecto invernadero producidos y las posibles soluciones para su reducción y mitigación.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Cuantificar la huella de carbono producida por la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador para el año 2019.

1.2.2 Objetivos específicos

- A. Utilizar la metodología de “GHG Protocol” para cuantificar y reportar las emisiones de GEI dentro de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura
- B. Realizar un inventario de GEI de emisiones reales dentro de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.
- C. Identificar los diferentes consumos de recursos dentro de la facultad de ingeniería y arquitectura.
- D. Proporcionar información que pueda utilizar la Facultad de Ingeniería y Arquitectura para gestionar y reducir las emisiones de GEI.
- E. Proponer planes estratégicos para cada apartado y recurso cuantificado en el inventario de huella de carbono con el fin de reducir la cantidad de CO_2 generado hacia la atmósfera.

1.3 Justificación

Estudiar la huella de carbono en la facultad de ingeniería y arquitectura permitirá conocer y evaluar el impacto como institución educativa aporta al medio ambiente. De igual manera, realizar el estudio permitirá crear conciencia medioambiental con la generación de gases de efecto invernadero y conocer la manera en que las diferentes actividades que se realizan dentro de la facultad contribuyen de cierta manera en la generación de dichos gases hacia la atmósfera.

Se tomará la información y los datos para realizar la investigación el año 2019, siendo un año en el cual se podrá contar con la información de consumos de energía eléctrica, servicios de agua potable, materiales adquiridos y manejo de desechos generados en la facultad, entre otros aspectos a contabilizar. Al tener información de un año se podrá generar un año base y una metodología de medición con los cuales de acá en adelante poder comparar la información año con año y de esta manera adquirir una base de datos de huella de carbono a manera de registrar incrementos o disminución de la misma con futuras soluciones para reducir la generación de GEI.

1.4 Beneficios esperados

Los beneficios esperados al realizar el inventario de gases de efecto invernadero serán:

- a. Establecer una metodología base para el cálculo de gases de efecto invernadero en la facultad de ingeniería y arquitectura.
- b. Visualizar las tendencias de incremento o decrecimiento de generación de GEI con respecto al año base 2019.
- c. Conocer el impacto generado al medio ambiente y la atmósfera terrestre por el desarrollo de actividades académicas en la facultad de ingeniería y arquitectura.
- d. Fomentar el pensamiento verde dentro de las autoridades, profesionales y estudiantes pertenecientes a la facultad.

1.5 Alcances

Para el campo de investigación de gases de efecto invernadero será necesario la colaboración de parte de las entidades encargadas de la facultad de ingeniería y arquitectura de la Universidad de El Salvador. Dichas entidades nos brindarán los datos necesarios para llevar a cabo los cálculos necesarios para la contabilización de la huella de carbono.

De igual manera dentro de la investigación se facilitará el estudio seccionando los datos necesarios en alcances organizacionales de 3 categorías, los cuales incluyen servicios de energía eléctrica, recurso hídrico, vehículos o medios de transporte, consumo de gasolina entre otros aspectos necesarios para la contabilización de gases de efecto invernadero.

1.6 Limitaciones

Debido a la pandemia de COVID-19 el estudio de huella de carbono se deberá realizar de manera remota o a distancia. Para ellos se definirá el año 2019 como año base para realizar la contabilización de GEI debido a que el año 2020 no es un buen indicador de huella de carbono.

Así mismo la información a utilizar para los cálculos estará sujeta a la que las entidades y jefaturas de la Universidad de El Salvador puedan brindar para llevar a cabo la investigación. Mediante la marcha se gestionará la información proporcionada y contabilizada con el fin de mostrar datos representativos que nos permitan elaborar un año base de mediciones de GEI y posteriormente comparar el año actual y los futuros años.

1.7 Antecedentes

El año 2015 se realizó una investigación por parte de los estudiantes TITO AUDIEL ALVARENGA ORTIZ, OSCAR ANTONIO AYALA BENAVIDES Y RAMÓN ERNESTO PORTILLO CASTRO. En la cual se estudió la huella ecológica en la Facultad de ingeniería y arquitectura. La huella ecológica calculada por los

estudiantes difiere en concepto y metodología de cálculo comparado a un inventario de huella de carbono. Pero es muy importante mencionar que en esta investigación los estudiantes realizaron el cálculo de huella ecológica por habitante de la facultad midiendo los consumos de los diferentes años universitarios y sectores la facultad.

Los consumos reflejados por parte de la investigación demostraron que las áreas que generan mayor impacto al medio ambiente están relacionados a alimentos, agua, energía eléctrica y combustibles.

En su investigación los estudiantes dieron como conclusión “Dado que los estudiantes representan más del 90% de la población total de la FIA, es importante orientar esfuerzos hacia este sector, enfocados en generar conciencia en las repercusiones de nuestras actividades diarias en el medio ambiente” (Alvarenga, Ayala, Y Portillo, 2015)

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Los seres humanos y el conjunto de actividades que realizan han provocado daños en la naturaleza, aumento en la temperatura global, precipitaciones, entre otras. Esto ha generado una preocupación por el calentamiento global que se ha generado y agravado debido a las emisiones de GEI consecuente de actividades como producción, transporte, almacenamiento, uso y disposición final de un producto o servicio.

Debido a la preocupación de las emisiones de GEI, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) ha implantado objetivos para estabilizar las concentraciones de GEI en la atmósfera, a su vez han establecido el compromiso de las partes para elaborar, actualizar y publicar inventarios nacionales

de emisiones antropogénicas por las fuentes y absorción de sumideros²; todo esto reforzándose con el Protocolo de Kioto el cual pone en funcionamiento la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático comprometiéndolo a los países industrializados a limitar y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de conformidad con las metas individuales acordadas. (United Nations Framework Convention on Climate Change, 1992)

2.2. Gases de efecto invernadero y cambio climático

Los gases de efecto invernadero son compuestos gaseosos que se encuentran en la atmósfera los cuales retienen parte de la radiación térmica que es emitida por la superficie terrestre, es por ello que se mantiene la temperatura del planeta a un nivel que es adecuado para la vida.

Sin embargo, las actividades humanas aumentan la concentración de los GEI en la atmósfera y de esa manera se retiene más calor y se incrementa la temperatura del planeta.

Los gases de efecto se describen a continuación en la Tabla 2.1:

Tabla 2.1 Gases de efecto invernadero y sus fuentes

GEI	Fuentes
<p>Dióxido de carbono <i>CO₂</i></p>	<p>Este gas se produce por la quema de combustibles fósiles, así como el petróleo, gas, carbón, automóviles, industrias, etc. A su vez, la deforestación contribuye debido a que las hojas son un regulador importante y natural de este gas. Sin embargo, la fuente más grande de <i>CO₂</i> se debe a las actividades humanas.</p>
<p>Metano <i>CH₄</i></p>	<p>Este gas se crea principalmente de la descomposición de la materia orgánica procedente de los vertederos, ganado bovino y el sector ganadero.</p>

Continúa

² Convención Marco de las Naciones Unidas para el cambio climático (CMNUCC, 1992)

Tabla 2.1 Gases de efecto invernadero y sus fuentes (Continuación)

GEI	Fuentes
Óxido Nitroso	Este gas se emite por el sector agricultura y el uso de fertilizantes con base de nitrógeno y del tratamiento de residuos de animales. También algunas industrias como la del nailon y la quema de combustible en motores de combustión interna.
Gases fluorados	Fuentes
HFCs	Se utiliza como refrigerante para aires acondicionados, en aerosoles.
PFCs	Se generan como derivado de la producción de aluminio, incineración de plásticos y cerámicas.
SF₆	Se utiliza como gas aislante en equipos de distribución de energía eléctrica. También se derivan como contaminantes de procesos industriales de desgasificación de aluminio, fusión de magnesio y sus aleaciones, entre otros.

Nota. En esta tabla se describen los gases de efecto invernadero. (Arias, 2020)

A partir de esta información, se puede concluir que, sin duda las altas concentraciones de GEI en la atmósfera son debido principalmente a actividades humanas y que acarrea grandes consecuencias para el medio ambiente.

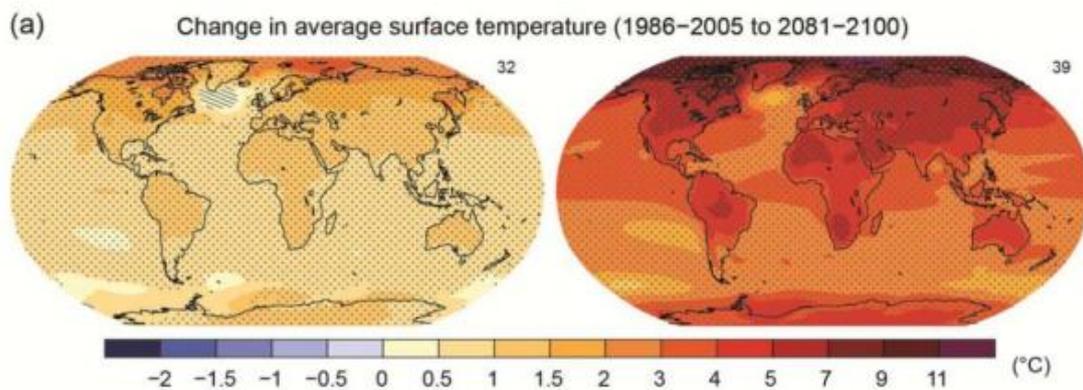
De acuerdo al Banco Mundial³, las emisiones de GEI totales (kt de equivalente de CO₂) de El Salvador fueron de 12.350 para el año 2018 y de 13.820 en el 2007 la cual ha sido la emisión más alta registrada desde 1970. Mientras que, a nivel mundial, las emisiones de GEI totales han sido de 45.873.850 kt de equivalente de CO₂ para el año 2018, siendo China el principal con una emisión de 12.355.240 kt de eq de CO₂. Lo cual significa que, las concentraciones de GEI que

³ Grupo Banco Mundial, Datos de emisiones de GEI totales en El Salvador (2021)

han sido registradas actualmente son muchísimo mayor que las registradas décadas anteriores y en el periodo previo a la industrialización. (Banco Mundial, 2021)

Estas altas concentraciones de GEI han provocado calentamiento global lo cual ha generado como consecuencia el cambio climático que es la variación del clima en la tierra y que no solo afecta al medio ambiente, sino que también, afecta a la economía y a la población, sobre todo de países pobres que no se encuentran preparados para su impacto.

A continuación, se muestra en la ilustración 2.1 el cambio de la temperatura media terrestre y sus proyecciones para el año 2100⁴.



Nota. La figura representa el cambio del promedio de la temperatura terrestre desde 1986 hasta 2005 y las futuras proyecciones desde 2081 hasta 2100. (Instituto Español de Estudios Estratégicos, 2013)

Ilustración 2.1 Cambio de la temperatura media terrestre

Se puede observar que a finales del siglo se estima un calentamiento global de 4°C, siendo la región Ártica la más afectada teniendo un calentamiento por encima de la media.

⁴ 5º Informe del IPCC. La Certeza de una Herencia, el Calentamiento Global (2013)

2.3. Huella de carbono

Según CEPAL, la huella de carbono es la medida del impacto de todos los gases de efecto invernadero producidos por nuestras actividades (individuales, colectivas, eventuales y de los productos) en el medio ambiente. Es decir, la cantidad de dióxido de carbono (en toneladas o kilogramos) equivalente (CO_2 eq)⁵ de gases de efecto invernadero que es producida diariamente y que se debe a la quema de combustibles fósiles para la producción de energía, calefacción y transporte entre otros procesos.

La huella de carbono es conocida como una de las principales medidas para actuar frente al cambio climático, ya que permite iniciar acciones de reducción de emisiones y reducir el impacto, en función de los datos históricos llamados “línea base⁶”.

La aplicación de la HC es importante para cuantificar la eficiencia energética y su impacto en los costos operacionales de la empresa, al mismo tiempo que se cuantifican los beneficios contribuyendo no sólo a la sustentabilidad ambiental sino también a la rentabilidad económica.

El uso de la huella de carbono podría ayudar en los siguientes aspectos:

- i. Crear conciencia de las emisiones de GEI.
- ii. Identificar procesos o áreas de mejora potencial para reducir las emisiones de GEI y optimizar costos.
- iii. Obtener una base de datos para futuras regulaciones.
- iv. Crear transparencia en la cadena de valor
- v. Posicionarse adecuadamente en el mercado mediante el uso de etiquetas o informes de sustentabilidad, etc.

⁵ El dióxido de carbono equivalente es una medida universal utilizada para indicar en términos de CO_2 , el equivalente de cada uno de los gases de efecto invernadero con respecto a su potencial de calentamiento global.

⁶ Línea base es el escenario de línea base representa lo que hubiera sucedido en ausencia del proyecto. Las emisiones de línea base son las emisiones hipotéticas asociadas a este escenario.

2.4. Cálculo de la huella de carbono

El cálculo de la huella de carbono es específico para cada tipo de huella y para cada una existen normas según el fin que se desea. El cálculo se basa en los principios de diferentes metodologías y su uso depende de su objetivo de estudio o alcance, el cual se puede clasificar en tres enfoques:

A continuación, se muestra en la Tabla 2.2 las normas para calcular la huella de carbono según sea el caso.

Tabla 2.2 Normas para calcular la huella de carbono

Tipo	Normas
Organizaciones	<ul style="list-style-type: none">i. Por aplicación del Protocolo de GEI directamenteii. Por aplicación de ISO 14064-1iii. Por ayuda de la guía ISO 14069
Productos	<ul style="list-style-type: none">i. Por Huella de Carbono según PAS 2050ii. Por Huella de carbono según ISO 14067iii. Por aplicación del Protocolo GEI directamente
Eventos	<ul style="list-style-type: none">i. Por Huella de Carbono según PAS 2050ii. Por Huella de Carbono según ISO 14064-1iii. Por aplicación del Protocolo GEI directamente

Nota. En esta tabla se describen las normas para calcular la huella de carbono según su objeto de estudio (Arias, 2020).

Para muchas empresas e instituciones, el incorporar una metodología para calcular su huella de carbono puede ser desconocido, pero necesario para poder reflejar de forma adecuada las emisiones de GEI a través de un inventario de emisiones⁷, abarcando todas las fuentes de emisión de GEI de manera íntegra, siendo consistentes, transparentes y precisos en el uso de la metodología. (Este trabajo de investigación se basará en la metodología del Protocolo GEI).

2.5. Protocolo GEI

La implementación del Protocolo GEI se basa en establecer límites organizacionales los cuales incluyen operaciones que son de su propiedad, alianzas incorporadas y no incorporadas, subsidiarias y otras modalidades. Para fines de contabilidad financiera, estas operaciones son tratadas de acuerdo a reglas establecidas, que dependen de la estructura de la organización o empresa y de las relaciones entre las diferentes partes involucradas. A su vez, se deben establecer límites operacionales lo que involucra identificar emisiones asociadas a sus operaciones clasificándolas como emisiones directas o indirectas, y seleccionar el alcance de contabilidad y reporte para las emisiones indirectas.

Siendo las emisiones directas de GEI aquellas que son emitidas desde fuentes que son propiedad o se encuentran controladas por la empresa; en cambio las emisiones indirectas aquellas que son consecuentes de las actividades de la empresa, pero ocurren en fuentes que son propiedad o controladas por otra empresa. (SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES, 2005)

A su vez, se pueden clasificar las emisiones según la fuente de emisión como:

- i. **Combustión fija** como aquella proveniente de hornos, generadores o calderas.
- ii. **Combustión móvil** como aquella proveniente del transporte de empleados, sistemas de logística y mensajería.

⁷ Lista de cuantificación de emisiones de GEI y de las fuentes de emisión correspondientes a una organización determinada.

- iii. **Emisiones fugitivas** como aquellas provenientes de la liberación de gases de refrigeración, tratamiento de aguas residuales, fertilizantes, entre otros.
- iv. **Emisiones de procesos** como aquellas provenientes de calcinación, bebidas carbonatadas, materiales ferrosos, entre otros.

De acuerdo a *Protocolo GEI* se definen tres tipos de alcances con el objetivo de reconocer las fuentes de emisiones, mejorar la transparencia y que sea útil para que las empresas y organizaciones, para sus políticas de cambio climático y sus metas empresariales. Estos alcances se enfocan a propósitos de reporte y contabilidad de GEI.

Alcance 1: Emisiones directas de GEI que pueden provenir de combustión en calderas, hornos, vehículos, etc., emisiones de producción química en equipos de procesos propios o controlados.

Alcance 2: Emisiones indirectas de GEI asociadas a la electricidad adquirida⁸ y consumida por la empresa. Estas emisiones ocurren físicamente en la planta donde la electricidad es generada.

Alcance 3: Otras emisiones indirectas. Esta categoría es opcional y estas emisiones son consecuencia de las actividades de la empresa que ocurren en fuentes que no son propiedad ni están controladas por la empresa. Por ejemplo, los viajes, la gestión y disposición de residuos, la producción de insumos, etc.

Es aquí donde la Huella de Carbono toma importancia en el medio ambiente ya que es un indicador de sostenibilidad y de impacto del cambio climático. De esta manera se puede cuantificar información acerca de la cantidad de GEI que se emite a la atmósfera con el desarrollo de las actividades de la empresa. Está relacionado con el consumo de combustibles fósiles, uso y manejo de fertilizantes, manejo y disposición final de residuos, etc., es por ello que al calcular la huella de carbono se podrían gestionar estrategias para reducir las fuentes de emisión de GEI una vez identificadas y de esa forma crear planes y estrategias para minimizarlas, al mismo

⁸ Electricidad adquirida es la electricidad que es comprada o traída dentro del límite organizacional de la empresa.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN DE HUELLA DE CARBONO

Las normativas ISO, debido a su alto nivel de aceptación en la comunidad internacional y por organizaciones mundiales, permiten la creación de diseños de medición de huella de carbono. En la actualidad las metodologías más utilizadas para la medición de carbono en productos son la PAS 2050 desarrollada por Carbon Trust (Reino Unido) la cual tiene un enfoque de ciclo de vida tanto a la producción de bienes como de servicios; y el GHG Protocol desarrollado por el World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) y el World Resources Institute (WRI). (Bautista, 2015). En la tabla 3.1 se muestran las metodologías para el cálculo de la huella de carbono:

Tabla 3.1 Metodologías para el cálculo de la huella de carbono

NOMBRE DE LA HERRAMIENTA	DESARROLLO	OBJETIVO	ESCALA	ALCANCE	URL
GHG PROTOCOL	WBCSD - WRI	Establecer lineamientos y herramientas para la contabilización de emisiones de GEI	Sitio / Territorio / Producto	Directas e indirectas	http://www.ghgprotocol.org/
CARBONE IMPACT	INOTTI	Huella de carbono de Importación/Exportación	Transporte	Directas e Indirectas	http://www.grip.org.uk/grip_overview.pdf
HOUSEHOLD EMISSIONS CALCULATOR	EPA	Considera emisiones asociadas a electricidad, transporte y calefacción.	Personal	Directa e Indirectas	http://www.epa.gov/climatechange/emissions/ind_calculator.html
BILLAN CARBONEL	ADEME	Proveer herramientas de medición de la huella de carbono	Sitio / Territorio / Producto	Directas e indirectas	http://www.climateregistry.org
PAS 2050	Carbon Trust - British Standard Institute	Proveer herramientas de medición de la huella de carbono	Producto	Directas e indirectas	http://www.bsigroup.com/pas2050
PAS 2060	Carbon Trust - British Standard Institute	Proveer herramientas de medición de la huella de carbono y de compensación de emisiones no reducidas	Sitio / Territorio	Directas e indirectas	http://www.bsigroup.com/pas2060
CARBON MANAGMENT	Carbon Trust	Inventario y reducción	Sitio / Territorio / Producto	Directas e indirectas	http://www.carbontrust.co.uk/carbon/
GHG INDICATOR	PNUE	Inventario emisiones GEI	Sitio	Directas e indirectas	http://www.unep.fr/energy/tools/ghgin/index.htm
GRIP	UK Environment Agency y Tyndall Center	Inventario en territorios	Territorio	Directas	http://www.grip.org.uk/grip_overview.pdf

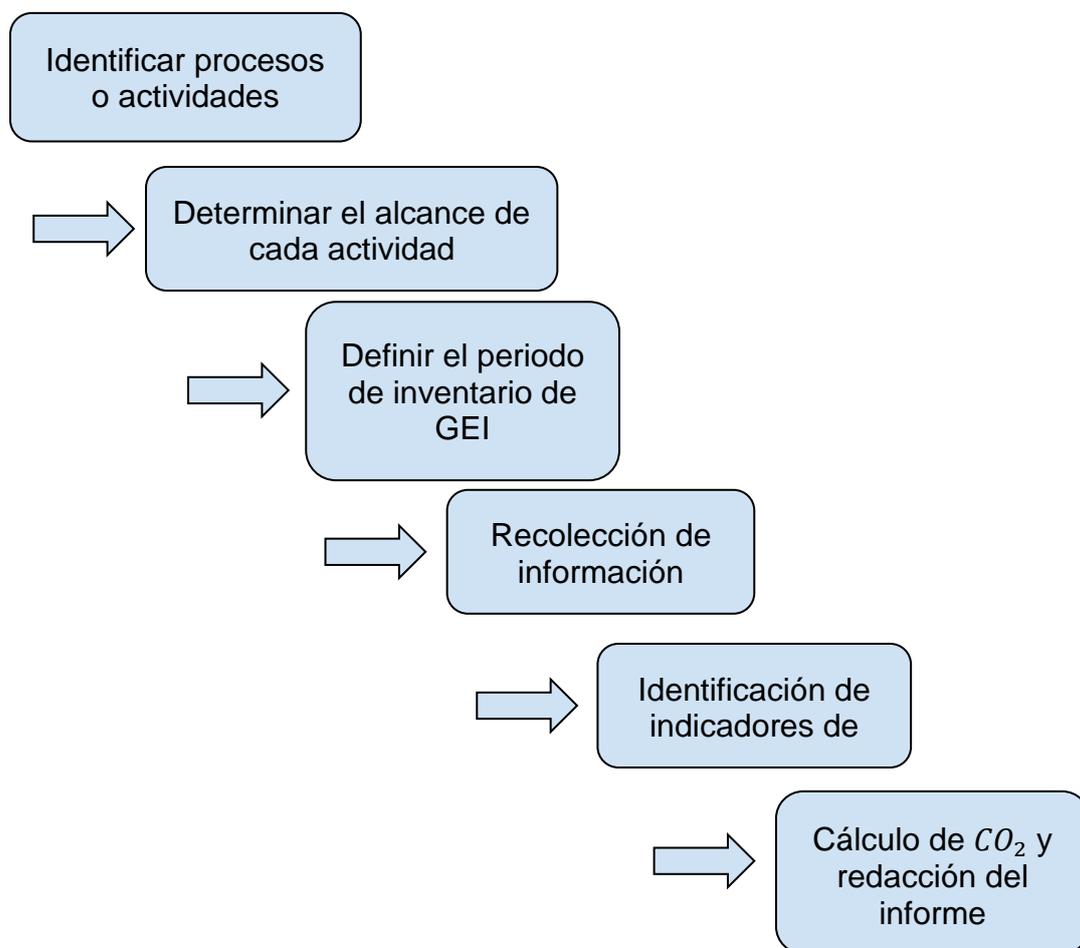
Nota. En esta tabla se indican los dominios en la red de las diversas herramientas para desarrollar el inventario de GEI y cálculo de huella de carbono. (Bautista Roa, Sanchez Villamizar, & Vega Vallejo, 2015)

La metodología que se utilizará para llevar a cabo los análisis de huella de carbono se basará ampliamente en la propuesta por World Business Council for

Sustainable Development (WBCSD) y el World Resources Institute (WRI). Al ser una institución que ofrece el servicio de educación y formación profesional universitaria la organización no produce un bien de consumo para la población. De esta manera se diseñará una metodología donde se contemple gastos de recursos y actividades educacionales que sumen o contabilicen GEI.

3.1. Guía para la elaboración de un informe de huella de carbono

Para realizar un informe y estudio de huella de carbono se deberá de detallar paso a paso las actividades necesarias para su consolidación. A continuación, se detalla en la ilustración 3.1 una guía propuesta por el Green House Protocol.



Nota. Esta figura representa los pasos a seguir para la aplicación de la metodología según lo propone el Protocolo GEI

Ilustración 3.1 Pasos para elaboración de informe de huella de carbono

3.2. Identificación de procesos y actividades

En la redacción del informe y cálculo de huella de carbono emitida por las actividades realizadas en la facultad de ingeniería y arquitectura será necesario determinar el tipo de emisiones que serán incluidas en el inventario, de la misma manera será necesario definir y delimitar los alcances, antecedentes y beneficios de estas mediciones.

Se necesita del conocimiento sobre el cual se cuantifican y reportan las mediciones de gases de efecto invernadero. Por lo que se utilizarán dos formas de delimitar el alcance del inventario. Consistirá en decidir qué áreas de la facultad se incluirán en la recolección de información y los cálculos. Para ello se ocupará el uso de límites organizacionales y límites operacionales. Los cuales consisten en lo siguiente.

- i. **Límites organizacionales**, un límite organizacional incluye operaciones que son de su propiedad, alianzas incorporadas y no incorporadas, subsidiarias y otras modalidades. Para fines de contabilidad financiera, estas operaciones son tratadas de acuerdo a reglas establecidas, que dependen de la estructura de la organización o empresa y de las relaciones entre las diferentes partes involucradas. (SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES, 2005)
- ii. **Límites operacionales**, un límite operacional define el alcance de las emisiones directas e indirectas para operaciones que caen dentro del límite organizacional establecido de la empresa. El límite operacional es decidido a nivel corporativo una vez establecido el límite organizacional. El límite operacional seleccionado es entonces aplicado de manera uniforme para identificar y categorizar emisiones directas e indirectas en cada nivel de operación. (SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES, 2005)

La Universidad de El Salvador es una entidad que brinda sus servicios académicos al servicio de la sociedad salvadoreña, formando profesionales en

diversas áreas de las ciencias sociales y naturales. La facultad de ingeniería y arquitectura tiene la finalidad de formar e instruir a los estudiantes que optan por el título de Ingeniero/a; por esta finalidad la facultad lleva a cabo procesos administrativos y académicos los cuales generaran cierta carga de GEI a la atmosfera, que van desde el uso de instalaciones y recursos como la electricidad, agua, gas propano y objetos de papelería. A continuación, en la tabla 3.2 se listan los diversos procesos identificados dentro de la facultad y el tipo de límite.

Tabla 3.2 Clasificación de procesos, recursos y límites de la metodología

Proceso	Recursos utilizados	Límite
Cátedras y evaluaciones parciales	Electricidad, Papel	Operacional
Uso de mingitorios y sanitarios	Agua, Electricidad	Operacional
Bebedores comunes	Agua, Electricidad	Operacional
Prácticas de laboratorio	Electricidad, Agua, Gas, Papelería	Operacional
Servicios de Oficina	Electricidad, Agua, Refrigerantes, Papelería	Operacional
Viajes de Campo	Combustible	Operacional

Nota. Esta tabla menciona los límites según los recursos utilizados en los procesos de la facultad.

3.3. Determinar el alcance de cada actividad

Se deben determinar las emisiones de las áreas que han sido seleccionadas para luego clasificarlas como emisiones directas o indirectas y fijar los alcances de la contabilidad para el informe.

La clasificación de las actividades y procesos realizados en la facultad de ingeniería y arquitectura se detallan a continuación en la Tabla 3.3:

Tabla 3.3 Clasificación de áreas de estudio, actividades y emisiones

Áreas de estudio	Actividades	Alcance	Clasificación de emisión
Oficinas	Reuniones	Alcance 3	Emisión Directa
Laboratorios	Prácticas experimentales	Alcance 1	Emisión Directa
Salones de clases	Cátedras y evaluaciones	Alcance 2	Emisión Directa
Transporte de personal y estudiantes	Viajes de Campo	Alcance 1	Emisión Directa
Orden y aseo de espacios	Limpieza y cuidado de zonas verdes	Alcance 3	Emisión Directa

Nota: Esta tabla menciona la clasificación de las emisiones de las actividades dentro de la facultad.

3.4. Definir el periodo de inventario de GEI

Se debe elegir el periodo en el cual se calculará la huella de carbono. Generalmente este periodo coincide con el mes, trimestre o año inmediatamente anterior al periodo que se desea realizar el cálculo de la HC. A fin de establecer un año que se pueda comparar en el tiempo para visualizar la tendencia de reducción de GEI generados a la atmosfera o el incremento de los mismo. (Bautista Roa, Sanchez Villamizar, Y Vega Vallejo, 2015)

El tiempo de estudio que se realizará en la facultad de ingeniería y arquitectura será anual, en el cual se contemplaran todos los consumos totales en el año universitario 2019. A partir de dicha información se realizará la base de datos para futuras comparaciones.

3.5. Recolección de información

Para recolectar la información existen dos enfoques:

- i. **Centralizado.** Las áreas o instalaciones reportan de forma individual los datos sobre sus actividades y/o cantidad de combustible utilizado al nivel corporativo donde se calculan las emisiones de GEI. (Bautista Roa, Sanchez Villamizar, & Vega Vallejo, 2015)
- ii. **Descentralizado.** Las áreas o instalaciones recolectan de forma individual los datos sobre sus actividades y/o uso de combustible, calculan directamente sus emisiones de GEI utilizando métodos aprobados y esta información se presenta al nivel corporativo. (Bautista Roa, Sanchez Villamizar, & Vega Vallejo, 2015)

Existen fuentes de información para obtener datos y esto depende de la fuente de emisión. A continuación, en la Tabla 3.4 se detallan algunos ejemplos:

Tabla 3.4 Fuentes de emisión de GEI

Fuente de emisión	Fuente de información
Uso de electricidad	Trabajo de grado “ <i>CÁLCULO DE HUELLA ECOLÓGICA EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR, AÑO 2015</i> ”
Uso de Gas natural	Registro de recarga y abastecimiento de tanques de GPL en planta piloto y laboratorio de química orgánica.
Uso de agua	Trabajo de grado “ <i>CALCULO DE HUELLA ECOLOGICA EN LA FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR, AÑO 2015</i> ”
Combustible de vehículos	Registro financiero de vales de combustible utilizados por la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.
Uso de Refrigerantes	Registro de recargas de refrigerantes en equipos de aires acondicionados
Uso de Papel	Registro de uso de papelería por parte de bodega de insumos de oficina de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

3.6. Identificación de los indicadores de emisión

El dato de actividad es el parámetro que define el grado o nivel de la actividad generadora de las emisiones de GEI. Por ejemplo, la cantidad de gas natural utilizado

en la calefacción (kWh de gas natural).⁹ (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020)

Para calcular las emisiones de GEI se debe conocer los factores de emisión (FE) para cada elemento. Los FE suponen la cantidad de GEI emitidos por cada unidad del parámetro “dato de actividad”. Estos factores varían en función de la actividad que se trate. 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.

En una primera aproximación puede decirse que el cálculo de la huella de carbono consiste en aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{Huella de carbono} = \text{Dato Actividad} \times \text{Factor Emisión}$$

Como resultado de esta fórmula obtendremos una cantidad (g, kg, t, etc.) determinada de dióxido de carbono equivalente (CO_2 eq).

A continuación, en la Tabla 3.5 se detallan los factores de emisión que se utilizarán en el inventario de emisiones de huella de carbono.

Tabla 3.5 Factores de emisión.

Factores de emisión	Unidades
Electricidad	0.6798 Ton CO_2 /MWh ¹⁰
Papel	3.000 kg de CO_2 eq/Kg
Agua	0.3440 kg de CO_2 /m ³ de agua

Continúa.

⁹ Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización. Ministerio para la Transición Ecológica, Gobierno de España.

¹⁰ Único factor de emisión tomado del MARN (MARN, 2018), los demás son tomados del IPCC (IPCC, 2021)

Tabla 3.5 Factores de emisión (Continuación)

Factores de emisión	Unidades
Refrigerante R-22	1810 kg de CO_2 eq/kg
Gas propano (LPG)	1.522 kg CO_2 e/l
	1.520 kg CO_2 /l
	0.0001 kg CH_4 /l
	0.0010 kg N_2O /l
Combustible Diesel	2.594 kg CO_2 e/l
	2.559 kg CO_2 /l
	0.0003 kg CH_4 /l
	0.0340 kg N_2O /l
Combustible Gasolina	2.758 kg CO_2 e/l
	2.724 kg CO_2 /l
	0.0030 kg CH_4 /l
	0.0310 kg N_2O /l
Refrigerante R-410	1725 kg de CO_2 e/kg

Nota. Factores de Emisión de CO_2 , NO_2 y CH_4 emitidos por el panel intergubernamental del cambio climático o conocido por sus siglas IPCC. (IPCC, 2021)

Los datos de factores de emisión para el cálculo de gases de efecto invernadero fueron tomados de la bibliografía de Greenhouse gas reporting: Conversión factores 2019, publicados por el gobierno del Reino Unido.

3.7. Cálculo de CO_2 y redacción del informe

Para el cálculo de la huella de carbono pueden utilizarse los softwares Microsoft Excel y Minitab, haciendo uso de las fórmulas de emisiones de la huella de carbono o el uso de softwares que contiene la información correspondiente para su cálculo. Con Minitab se podrán identificar estadísticamente las actividades dentro de la facultad que causan mayor impacto en la generación de GEI con la herramienta de calidad el gráfico de Pareto.

A continuación, en la Tabla 3.6, 3.7 y 3.8 se muestran algunos ejemplos de tablas para utilizar en el cálculo según su factor de emisión.

Tabla 3.6 Cálculo del factor de emisión del consumo eléctrico

Recurso	Consumo anual	Unidades de medida	Factor de emisión	Kg de CO_2 eq
Electricidad			kg de CO_2 eq/kWh	

Tabla 3.7 Cálculo del factor de emisión de combustibles

Recurso	Consumo Anual	Unidades de medida	Factor de emisión (Kg de CO ₂ /unidad)	Kg de CO ₂ eq	Factor de emisión (kg de CH ₄ /unidad)	Kg de CO ₂ eq	Factor de emisión (kg de N ₂ O/unidad)	Kg de CO ₂ eq
Gas propano			kg de CO ₂ eq/l		kg CH ₄ /L		kg N ₂ O/L	
Gasolina			kg de CO ₂ eq/l		kg CH ₄ /L		kg N ₂ O/L	
Diesel			kg de CO ₂ eq/l		kg CH ₄ /L		kg N ₂ O/L	

Tabla 3.8 Cálculo del factor de emisión de otros

Recurso	Consumo Anual	Unidades de medida	Factor de emisión (kg CO_2 eq/unidad)	Unidades	Kg de CO_2 eq
Papel				kg de CO_2 eq/kWh	
Agua				kg de CO_2 eq/kWh	
Refrigerante				kg de CO_2 eq/kWh	

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1. Cálculo de CO_2 generado por el uso de combustibles y gas propano.

La facultad de ingeniería y arquitectura, en la realización de actividades dentro y fuera del campus de la universidad se ve en la necesidad de utilizar combustibles fósiles. La unidad de activo fijo de la facultad lleva el inventario de los vales de combustibles utilizados a lo largo del año universitario para la movilización del personal docente y visitas de campo.

Para el cálculo de GEI generados de esta actividad y uso de combustibles fósiles se usará la información sobre consumos de vales de combustible por el valor de \$10 USD, a lo largo del año la facultad reporta consumos de vales de combustible Diesel y gasolina. Dentro de la Facultad se hace uso de los siguientes vehículos, así se describe en la Tabla 4.1:

Tabla 4.1 Uso de vehículos

Uso del CIAN	Uso interno
2 coaster	2 pick up
	2 coaster
	1 moto
	1 microbús

Así como se menciona, se hace uso de vales de \$10 para los vehículos, para fines de cálculo se utilizará un precio promedio anual de Diesel y gasolina respectivamente¹¹. A continuación, en la Tabla 4.2 se detalla la información proporcionada por las autoridades de la facultad en cuanto a uso de combustibles a lo largo del año 2019. (Dirección de Hidrocarburos y Minas. El Salvador, 2019)

Tabla 4.2 Consumo de vales de combustible

Recurso	Cantidad de vales utilizados	Precio de combustible
Diesel	898	2.67 USD/gal
Gasolina	268	3.42 USD/gal

Nota. Precios de combustible del año 2019 según datos obtenidos de la fuente del Ministerio de Economía, Dirección de Hidrocarburos y Minas.

¹¹ Fuente: Ministerio de Economía, Dirección de Hidrocarburos y Minas, Precio de referencia al público de Diesel y gasolinas por zonas en estación de servicio (USD \$/Galón); (Dirección de Hidrocarburos y Minas. El Salvador, 2019)

El cálculo de toneladas de CO_2 producidos se presenta en la Tabla 4.3:

Tabla 4.3 Cálculo de CO_2 eq generado por el uso de combustible

Recurso	Consumo Anual	Unidades de medida	Factor de emisión (kg CO_2 eq/unidad)		Kg de CO_2 eq
Gas propano	184.17	Litros	1.522	kg de CO_2 eq/L	280.41
Gasolina	2,962.10	Litros	2.758	kg de CO_2 eq/L	8,170.069
Diesel	12,713	Litros	2.594	kg de CO_2 eq/L	32,978.92

También se calcula la cantidad de CO₂ eq proveniente de CH₄ presentado en la Tabla 4.4:

Tabla 4.4 Cálculo de CO₂ eq generados por CH₄

Recurso	Consumo Anual	Unidades de medida	Factor de emisión (kg de CH ₄ /unidad)		Poder de calentamiento global CH ₄	Kg de CO ₂ eq
Gas propano	184.17	Litros	0.00101	kg CH ₄ /L	25	4.65
Gasolina	2,962.10	Litros	0.00293	kg CH ₄ /L	25	216.97
Diesel	12,713	Litros	0.00030	kg CH ₄ /L	25	95.34

Así mismo, se calcula la cantidad de CO₂ equivalente proveniente del N₂O, presentado en la Tabla 4.5:

Tabla 4.5 Cálculo de CO_2 eq por N_2O

Recurso	Consumo Anual	Unidades de medida	Factor de emisión (kg N_2O//unidad)		Poder de calentamiento global N_2O	Kg de CO_2 eq	Ton de CO_2
Gas propano	184.17	Litros	0.00099	kg N_2O /L	298	54.33	0.054
Gasolina	2,962.10	Litros	0.03111	kg N_2O /L	298	27,460.97	27.46
Diesel	12,713	Litros	0.03425	kg N_2O /L	298	129,755.23	129.75

4.2. Cálculo de CO_2 generado por uso de energía eléctrica

Para el cálculo de los GEI producidos por la facultad de ingeniería y arquitectura, se utilizarán datos históricos desde el año 1998-2015 para obtener una correlación y proyectar el dato de consumo en el año 2019. Para ello se utilizará el software Minitab en donde se evaluará que los datos tengan una tendencia normal y sean representativos para obtener datos confiables, esto se observa en la Ilustración. 4.1.

En cuanto a la recolección de información para el cálculo de GEI generados por el consumo de energía eléctrica dentro de la facultad. La unidad financiera de la Universidad de El Salvador no posee un dato exacto de consumos por facultades, puesto que los medidores ubicados a lo largo de todo el campus abarcan diversas facultades en cuanto a la contabilización de kWh utilizados. Posterior a eso se comentó que en el año 2019 se realizó el traspaso de cargos administrativos dentro de las organizaciones de la universidad generando un mal manejo de información; las autoridades actuales no poseen registro de facturas del año 2020 hacia atrás. Para fines didácticos y de implementación a continuación se describen los datos extraídos del trabajo de grado “Análisis del consumo de energía eléctrica en el Campus Central de la Universidad de El Salvador periodo 1998-2015”. (López, 2017). Estos datos se describen en la Tabla 4.6:

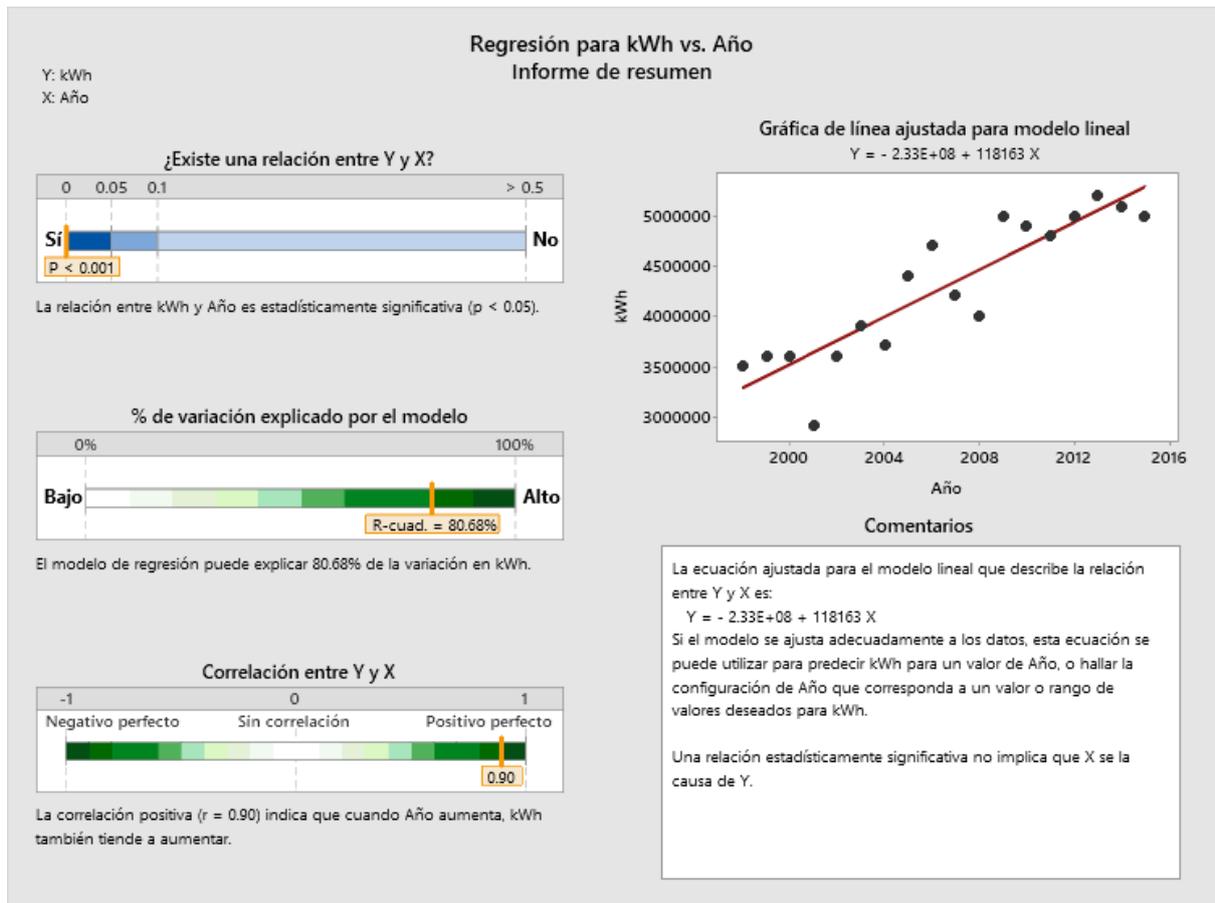
Tabla 4.6 Datos de consumo kWh

Año	kWh
1998	3,500,000
1999	3,600,000
2000	3,600,000
2001	2,900,000
2002	3,600,000

Continúa.

Tabla 4.6 Datos de consumo kWh (Continuación)

Año	kWh
2003	3,900,000
2004	3,700,000
2005	4,400,000
2006	4,700,000
2007	4,200,000
2008	4,000,000
2009	5,000,000
2010	4,900,000
2011	4,800,000
2012	5,000,000
2013	5,200,000
2014	5,100,000
2015	5,000,000



Nota. Correlación generada haciendo uso del software estadístico Minitab19, tomando como estudio los datos históricos de consumo de energía eléctrica en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador.

Ilustración 4.1 Regresión lineal kWh vs Año

Luego de realizar el estudio de regresión lineal, se observa una correlación entre los años y el consumo de kWh, la cual se obtiene un R^2 de 80.68%. La correlación utilizada para encontrar los kWh utilizados por la facultad de ingeniería será la siguiente:

$$\frac{kWh}{año} = -2.33 \times 10^8 + 118,163 (Año)$$

En la Tabla 4.7 se observa el cálculo de CO₂ generado por el uso de electricidad donde se ha utilizado la correlación generada.

Tabla 4.7 Cálculo de CO_2 eq generado por el uso de electricidad

Recurso	Consumo anual	Unidades de medida	Factor de emisión		Kg de CO_2 eq
Electricidad	5,571,097	kWh	0.68	kg de CO_2 eq/kWh	3,788,346

4.3. Cálculo de CO_2 generado por el uso de papel

Diariamente se utilizan resmas de papel bond dentro de Facultad de Ingeniería y Arquitectura para diferentes actividades de oficina, evaluaciones, entre otros. Para el cálculo de los GEI producidos por el papel se cuenta con la siguiente información presentada en la Tabla 4.8:

Tabla 4.8 Consumo anual de papel

	Fuente de emisión	Consumo anual	Unidades de medida	Peso por resma (kg)
Papel	Papel tamaño carta	1321	Resmas tamaño carta	2.3
	Papel tamaño oficio	506	Resmas tamaño oficio	2.8

Conociendo el factor de emisión de papel y aplicando la fórmula se obtiene el siguiente resultado presentado en la Tabla 4.9:

Tabla 4.9 Cálculo de CO_2 eq generado por el uso de papel

Fuente de emisión	Consumo anual	Unidades de medida	Peso por resma (kg)	Factor de emisión	Unidades	Kg de CO_2 eq	Ton de CO_2 eq	
Papel	Papel tamaño carta	1321	Resmas tamaño carta	2.3	3	kg de CO_2 eq/kg de papel	9,114.9	9.1149
	Papel tamaño oficio	506	Resmas tamaño oficio	2.8	3	kg de CO_2 eq/kg de papel	4,250.4	4.2504

4.4. Cálculo de CO_2 generado por el uso de refrigerantes

Dentro de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura se utilizan dos tipos de refrigerante, el R-410 y el R-22 con los cuales se hacen las recargas en los aires acondicionados. No se cuenta con una bitácora donde se registren la cantidad de cargas a cada aire acondicionado y el tipo de refrigerante, sino que solamente se sabe que se consumen 6 cilindros de refrigerante anual, utilizando el 65% del refrigerante R-22 y el 35% del refrigerante R-410.

A continuación, en la Tabla 4.10 se muestran los datos obtenidos de consumo anual de refrigerantes:

Tabla 4.10 Consumo anual de refrigerantes

Fuente de emisión	Total de cilindros	Consumo anual %	Capacidad de cada cilindro (kg)	Consumo anual (kg de refrigerante)
Refrigerante	R-22	0.65	13.61	53.08
	R-410	0.35	11.4	23.94

Conociendo el factor de emisión de cada refrigerante y aplicando la fórmula se obtiene el siguiente resultado presentado en la Tabla 4.11:

Tabla 4.11 Cálculo de CO₂ eq generado por el uso de refrigerante

Fuente de emisión	Total de cilindros	Consumo anual %	Capacidad de cada cilindro (kg)	Consumo anual (kg de refrigerante)	Factor de emisión	Unidades	Kg de CO ₂ eq	Ton de CO ₂ eq
Refrigerante	R-22	0.65	13.61	53.08	1,810	kg de CO ₂ eq/kg de refrigerante	96,072.99	96.07299
	R-410	0.35	11.4	23.94	1,725	kg de CO ₂ eq/kg de refrigerante	41,296.5	41.2965

4.5. Cálculo de CO₂ generado por el consumo de agua

Para el cálculo de CO₂ generado por el consumo de agua, la Unidad Financiera de la Universidad de El Salvador, al igual que con el dato de consumo de energía eléctrica, no contaba con información del año 2019 debido al traspaso de cargos administrativos. Según la investigación presentada por Alvarenga et al. (2015) el consumo de agua en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura en el año 2013 fue de 851.61 m³ y para fines didácticos se utilizará este valor para calcular el CO₂ generado en la FIA el cual se presenta en la Tabla 4.12:

Tabla 4.12 Cálculo de CO₂ generado por el consumo de agua

Recurso	Consumo Anual	Unidades de medida	Factor de emisión (kg CO ₂ eq/unidad)	Unidades	Kg de CO ₂ eq	Ton de CO ₂ eq
Agua	851.61	m ³	0.788	kg de CO ₂ eq/m ³ de agua	671.1	0.6711

4.6 Tabla y gráficos resumen de cálculo de huella de carbono en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura

En la Tabla 4.13 se presentan los resultados obtenidos de CO₂ generado por la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de El Salvador, año 2019.

Tabla 4.13 Resultados obtenidos

Recurso	$kg \frac{CO_2}{año}$	$Ton \frac{CO_2}{año}$
Electricidad	3,788,346	3,788.34
Agua	671.1	0.6711
Gas propano	54.33	0.054
Refrigerante (R-22 y R-410)	137,369.49	137.36
Combustible	157,216.2	157.21
Papel	13,365.3	13.36
Total	4,097,022.42	4,096.9951

Así mismo, en la Ilustración 4.2 se muestra un gráfico de pastel de la huella de carbono a partir del resultado obtenido en la tabla 4.13.

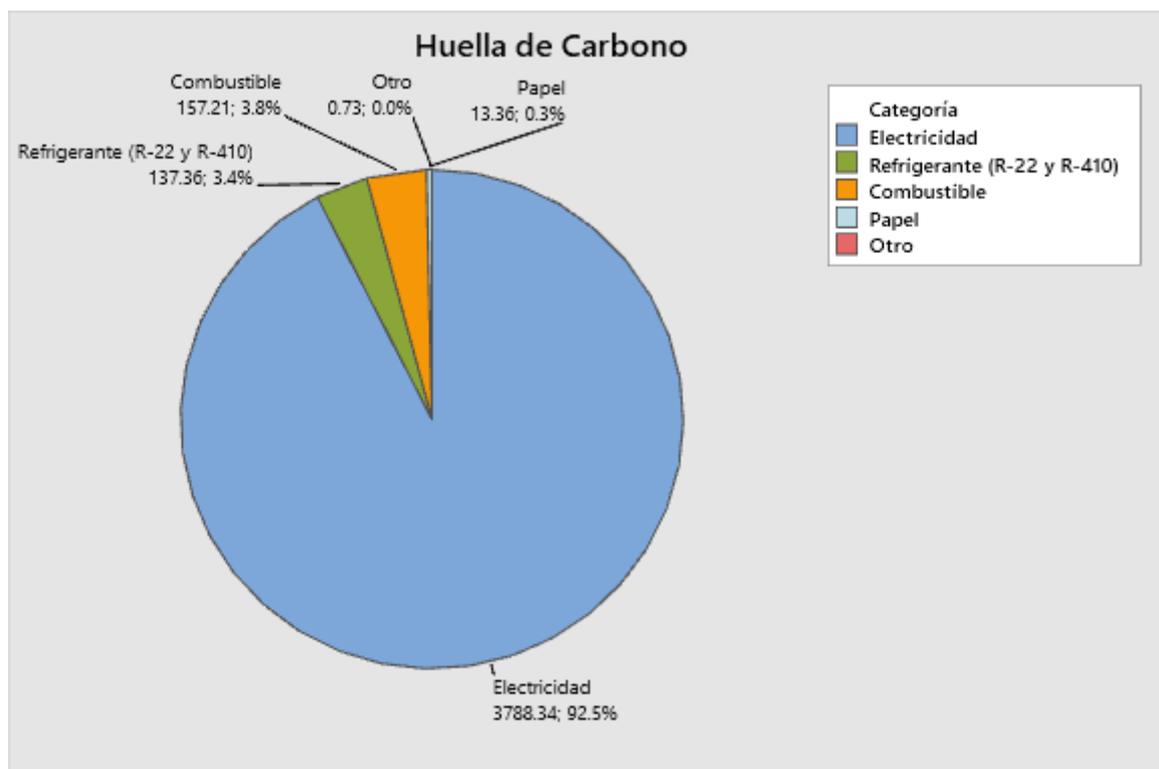


Ilustración 4.2 Gráfico de huella de carbono en FIA, UES, año 2019

Luego de realizados los cálculos de contabilización se visualiza que el recurso que genera un mayor porcentaje de CO_2 , será por el uso de la electricidad, el cual se contabilizan un 92.5%, lo que representa un aproximado de 3,788 Ton de CO_2 del total de emisiones de GEI hacia la atmosfera en el año 2019.

4.7 Propuesta de plan de reducción de GEI dentro de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura

4.7.1 Objetivo

Establecer estrategias para reducir la huella de carbono dentro de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

4.7.2 Alcance

El presente procedimiento será aplicado a las áreas de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura donde se identifiquen oportunidades de reducción o control de las fuentes de emisión de los GEI.

4.7.3 Procedimiento

A continuación, se detalla el procedimiento con estrategias de gestión para la reducción de GEI.

Tabla 4.14 Estrategias para refrigerantes

Estrategias de reducción de la Huella de Carbono Gases refrigerantes	
Fuente de emisión	Uso de refrigerantes
Estrategias	
Cambio de aires acondicionados. El 65% de recargas en aires acondicionados se hacen con el refrigerante R-22 teniendo este un potencial de calentamiento mayor que el R-410. Por lo cual, se sugiere el cambio de estos equipos que utilicen refrigerante R-410 y que sean más eficientes. Los beneficios del gas refrigerante R-410 es que no daña la capa de ozono, son más eficientes energéticamente en su operación, tiene bajo efecto invernadero y son estables en condiciones normales de presión y temperatura.	
Actividades para la implementación de estrategia dentro de la Universidad	
1. El jefe de mantenimiento y servicios generales debe establecer un programa de seguimiento de las implementaciones a desarrollar.	

Continúa.

Tabla 4.14 Estrategias para refrigerantes (Continuación)

Estrategias de reducción de la Huella de Carbono Gases refrigerantes	
Fuente de emisión	Uso de refrigerantes
Actividades para la implementación de estrategia dentro de la Universidad	
2. Realizar bitácoras para llevar un control de las recargas y cantidad de refrigerante utilizado mensualmente.	
3. Llevar un control de mantenimiento de equipos que presenten fallas con el fin de generar menores cargas y consumo de energía.	
Recursos	
1. Profesional con conocimiento y/o experiencia en temas relacionados con eficiencia energética.	
2. Inversión económica	
3. Programas de mantenimiento	
Indicador	
$(\text{Consumo del año actual} - \text{Consumo del año anterior}) / \text{Consumo del año anterior} * 100$	
Meta	
Reducir el 20% de consumo de refrigerante R-22 con respecto al año anterior	

Tabla 4.15 Estrategias para energía eléctrica

Estrategias de reducción de la Huella de Carbono Consumo de energía	
Fuente de emisión	Consumo de energía
Estrategias	
<p>Cambio de bombillas tradicionales por bombillas con tecnología eficiente. El uso de bombillas LED reduce significativamente el consumo energía lo que implicaría un ahorro energético y ahorro en la factura de luz. Poseen mayor duración que las bombillas tradicionales y al no poseer mercurio implica un daño menor en el medio ambiente.</p> <p>Implementación de paneles solares. A pesar de que es una estrategia a largo plazo, es bastante efectiva, pues al incorporar paneles solares dentro de la facultad se reduciría el consumo de energía al mínimo a la vez que se utiliza una energía renovable, se reducen los gases de efecto invernadero, contaminación del agua y aire.</p>	
Actividades para la implementación de estrategia dentro de la Universidad	
1. Establecer metas desde el nivel directivo para llevar a cabo las acciones	
2. Las personas responsables del sistema integrado de gestión deben establecer un programa de seguimiento de las implementaciones a desarrollar.	
3. Realizar el diagnóstico inicial de uso y consumo de energía eléctrica en iluminación, específicamente inventario de número y tipo de lámparas y bombillas empleadas.	
4. Realizar bitácoras para llevar un control del consumo de energía mensualmente	
5. Llevar un control de mantenimiento de equipos para lograr mayor optimización.	

Continúa.

Tabla 4.15 Estrategias para energía eléctrica (Continuación)

Estrategias de reducción de la Huella de Carbono	
Consumo de energía	
Fuente de emisión	Consumo de energía
Recursos	
1. Profesional con conocimiento y/o experiencia en temas relacionados con eficiencia energética	
2. Inversión económica	
3. Estudio de factibilidad económica para la implementación de paneles solares dentro de la facultad de ingeniería y arquitectura	
Instalación de Bombillas led	
Inversión	Para cambiar 1020 tubos fluorescentes ¹² de 32 W por tubos LED T8 18W se tiene una inversión de: $1020 * \$9.95 = \$USD 10,149$
Ahorro	$32 W * 0.001kW * \frac{10h}{día} * 30 \frac{día}{mes} * 10 \frac{meses}{año} * 0.17 \frac{\$USD}{kWh} * 1020 = 16,646.4 \frac{\$USD}{año}$ $18 W * 0.001kW * \frac{10h}{día} * 30 \frac{día}{mes} * 10 \frac{meses}{año} * 0.17 \frac{\$USD}{kWh} * 1020 = 9,363.6 \frac{\$USD}{año}$ $Ahorro = 16,646.4 \frac{\$USD}{año} - 9,363.6 \frac{\$USD}{año}$ $Ahorro = 7,282.8 \frac{\$USD}{año}$
PSRI	1.39 años \approx 1 año y 5 meses
Reducción potencial de emisiones de CO ₂	29,041.24 Kg de CO ₂ /año

Continúa.

¹² Estudio de iluminación natural y artificial en los edificios de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, de la Universidad de El Salvador.

Tabla 4.15 Estrategias para energía eléctrica (Continuación)

Estrategias de reducción de la Huella de Carbono	
Consumo de energía	
Fuente de emisión	Consumo de energía
Instalación de sistema solar fotovoltaico	
Inversión	<p>Para la instalación de un sistema solar fotovoltaico en la facultad de ingeniería y arquitectura será necesario destinar $3,510 m^2$ los cuales en su mayoría serán los techos de los edificios administrativos y académicos de la facultad.</p> <p>El número de paneles solares a utilizará para el SFV será de 1211 según el área efectiva y tendrán un costo de instalación de \$1,000 USD/kWp. (Inverlec, 2021)</p> <p>Inversión= $\\$1,000 \frac{USD}{kWp} * 399 kWp$ Inversión = \$399,525.76 USD</p>
Ahorro	<p>Energía producida SFV= $638,844.01 kWh$</p> <p>Costo de energía año 2019¹³= $\\$0.17 USD/kWh$</p> <p>Ahorro = \$108,603.48 USD/año</p>
PSRI	$\frac{\$399,525.76 USD}{\$108,603.48 USD/año} = 3.67 \text{ años}$
Reducción potencial de emisiones CO_2 anual	$434,413.92 kg \frac{CO_2}{año} \approx 11\% CO_2 \text{ total.}$
Indicador	
(Consumo del año actual - Consumo del año anterior) / Consumo del año anterior *100	
Meta	
Reducir el 12% de consumo de energía eléctrica con respecto al año anterior	

¹³ Fuente: Taffira de precios de energía eléctrica para el año 2019, (SIGET, 2019)

Tabla 4.16 Estrategias para papel

Estrategias de reducción de la Huella de Carbono	
Consumo de papel	
Fuente de emisión	Consumo de papel
Estrategias	
<p>Gestión documental digital. La gestión documental digital es una manera eficiente de gestionar la información de la compañía. De este modo las soluciones de gestión documental no sólo consisten en sustituir los documentos en papel por archivos digitales. Sino de un completo sistema que mediante un software y unos procesos de trabajo consiguen convertir los documentos de la empresa en recursos y conocimientos empresariales valiosos.</p> <p>Digitalizar la información. Usar el correo electrónico para el envío de comunicados, informes y documentos que no sean de estricto envío físico y digitalizar los documentos y archivar de manera electrónica, lo cual reducirá el consumo de papel y ahorrará espacio físico.</p> <p>Programas de reciclaje de papel. Establecer un programa de reciclaje de papel dentro de la facultad a la vez que se capacita y concientiza a los estudiantes, docentes y personal.</p>	
Actividades para la implementación de estrategia dentro de la Universidad	
1. Establecer metas desde el nivel directivo para llevar a cabo las acciones	
2. Las personas responsables del sistema integrado de gestión deben establecer un programa de seguimiento de las implementaciones a desarrollar.	
3. Realizar el diagnóstico inicial de uso y consumo de resmas de papel	
4. Realizar bitácoras para llevar un control del consumo de resmas de papel mensualmente	
Recursos	
1. Profesional con conocimiento y/o experiencia en temas relacionados con ecoeficiencia.	
2. Inversión económica	
3. Capacitaciones a estudiantes, docentes y personal	
Indicador	
$\frac{(\text{Consumo del año actual} - \text{Consumo del año anterior})}{\text{Consumo del año anterior}} * 100$	
Meta	
Reducir 20% del consumo de resmas respecto al año anterior Reciclar 90% del papel utilizado siempre que sea posible	

Tabla 4.17 Estrategias para agua potable

Estrategias de reducción de la Huella de Carbono	
Consumo de agua	
Fuente de emisión	Consumo de agua
Estrategias	
<p>Sistema de riego automático. El riego automático es un sistema para distribuir agua a las plantas de manera controlada, por medio de sistemas de aspersión o goteo. Este sistema permite distribuir el agua en la ubicación, cantidad, frecuencia y horario que se desee, disminuyendo costos de mantenimiento y ahorro significativo de agua.</p> <p>Cambio de inodoros y llave de lava manos por sistemas de ahorradores de agua. En el mercado existen diferentes inodoros y llave de lava manos con sistemas modernos que permiten ahorrar hasta un 70% de agua. También existen sistemas economizadores de agua que prácticamente son bolsas de plástico resistente y de alta durabilidad que se llena de agua y se cuelga en el interior de su tanque del inodoro. Se tarda sólo unos segundos para instalar. Este producto desplaza 2 litros de agua en el tanque del inodoro: tiene grandes beneficios como el ahorro de agua y dinero con cada descarga.</p>	
Actividades para la implementación de estrategia dentro de la Universidad	
1. Establecer metas desde el nivel directivo para llevar a cabo las acciones	
2. Las personas responsables del sistema integrado de gestión deben establecer un programa de seguimiento de las implementaciones a desarrollar.	
3. Realizar el diagnóstico inicial de uso y consumo de agua dentro de la facultad	
4. Realizar bitácoras para llevar un control del consumo de agua mensualmente	
5. Instalar contadores de agua para control de riego y fugas	
Recursos	
1. Profesional con conocimiento y/o experiencia en temas relacionados con ecoeficiencia.	
2. Inversión económica	
3. Programas de mantenimiento	
Indicador	
$\frac{(\text{Consumo del año actual} - \text{Consumo del año anterior})}{\text{Consumo del año anterior}} * 100$	
Meta	
Reducir 30% del consumo de agua respecto al año anterior	

Tabla 4.18 Estrategias para combustibles

Estrategias de reducción de la Huella de Carbono	
Consumo de combustible	
Fuente de emisión	Consumo de combustible
Estrategias	
<p>Gestión de control de combustible digital. Es indispensable contar con un sistema de pago y control de combustible que ayude a los administradores a tener una gestión óptima del control de consumo de combustible. Los gerentes, administradores o gestores de los gastos de la empresa requieren tener visibilidad y control de los recursos de la empresa, teniendo la certeza de que se gastan de manera correcta y que no existen fugas de dinero. Esta es una gran ventaja ya que es algo que no se puede conseguir con otros métodos, como los tradicionales vales de papel, tarjetas de crédito, débito o de servicios, efectivo y/o cheque nominativo.</p> <p>Economizador de combustible. Es un equipo diseñado con la finalidad de incrementar la eficiencia en los vehículos para lograr un óptimo consumo. Se trata de una forma sencilla de disminuir la cantidad de uso de la gasolina al incrementar el kilometraje recorrido por litro.</p> <p>Con esto, es posible cubrir un mayor kilometraje con el uso de un tanque de gasolina, lo que permite bajos costos a través del tiempo. Según el vehículo, el tipo de economizador y el uso, se estima que pueden llegar a ahorrar entre 30 % y 70 % de gasolina.</p>	
Actividades para la implementación de estrategia dentro de la Universidad	
1. Establecer metas desde el nivel directivo para llevar a cabo las acciones	
2. Las personas responsables del sistema integrado de gestión deben establecer un programa de seguimiento de las implementaciones a desarrollar.	
3. Realizar el diagnóstico inicial de consumo de combustible por vehículos de la facultad	
4. Realizar bitácoras para llevar un control del consumo de combustible y por tipo de combustible mensualmente	
Recursos	
1. Profesional con conocimiento y/o experiencia en temas relacionados con ecoeficiencia.	
2. Inversión económica	
3. Programas de mantenimiento	
Indicador	
$\frac{(\text{Consumo del año actual} - \text{Consumo del año anterior})}{\text{Consumo del año anterior}} * 100$	
Meta	
Reducir 20% del consumo de combustible respecto al año anterior	

CONCLUSIONES

- A. Con la aplicación de la metodología de “GHG Protocol” se logró cuantificar y reportar las emisiones de los gases de efecto invernadero dentro de la Facultad y así contabilizar la cantidad de CO_2 equivalente que se emiten desde distintos tipos de fuentes siendo la más significativa la proveniente del uso de la energía eléctrica representando un 92% del total de las emisiones de CO_2 que a la vez se traduce en un total de 3,788 toneladas de CO_2 . Le sigue a continuación el consumo de refrigerantes en el abastecimiento y recarga de los diversos equipos instalados a lo largo de la facultad. Al ser equipos que ya rindieron más años de lo que establecen sus fichas técnicas en cuanto a los años de vida, su rendimiento ha bajado considerablemente y necesitan grandes cantidades de refrigerantes para lograr cumplir con la demanda de uso de los sistemas de aire acondicionado. Finalmente, los recursos que le siguen son: uso de papel con un 0.3% y combustibles fósiles con un 3.8%.
- B. Las instituciones de carácter educativo o que brindan servicios a la sociedad, no están exentas de la generación de gases de efecto invernadero en sus actividades y procesos, en su día a día las organizaciones generan gases hacia la atmosfera. Dentro de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura se hace consumo de recursos tales como energía eléctrica, el agua potable, refrigerantes de aires acondicionados, combustibles y resmas de papel. El realizar un inventario de gases de efecto invernadero generados por la Facultad trajo beneficios como la contabilización de estos recursos utilizados, aplicación de metodologías de contabilización de la Huella de Carbono que dio un resultado de 4,096.9951 de CO_2 al año. A partir de esta información se puede generar una propuesta de plan de reducción de GEI dentro de la Facultad que permitirá a las autoridades identificar oportunidades de reducción o control de las fuentes de emisión de los GEI.
- C. Las propuestas planteadas será la instalación de un sistema solar fotovoltaico y el cambio de luminarias por un equipo led que requieran menos consumo de energía eléctrica. Lo que representara un 12% en reducción de energía eléctrica y un total de 463 toneladas menos de CO_2 por la facultad de ingeniería y arquitectura.

RECOMENDACIONES

- i. La Facultad de Ingeniería y Arquitectura debe llevar control y registro de consumo y usos de papel, agua, combustible, refrigerantes y electricidad de forma mensual y anual. Esto con el fin de tener un mejor manejo de los datos y fomentar la transparencia en todos los procesos administrativos, a su vez que facilita futuras investigaciones.
- ii. La Facultad de Ingeniería y Arquitectura debe contabilizar el consumo de estos productos y servicios de forma autónoma, de esa forma la obtención de información es más práctica y facilitará futuras investigaciones que se deseen realizar únicamente dentro de la Facultad sin que los resultados se vean afectados.
- iii. Instalar contadores de electricidad y agua dentro de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura para obtener y registrar consumos reales mensualmente y así obtener un base de datos dentro de la Facultad.
- iv. Se deberá facilitar la información de registros de consumo de energía eléctrica y consumo de agua dentro de las facultades y oficinas centrales al momento del traspaso de cargos administrativos realizados por la asamblea general universitaria.
- v. Realizar un inventario de huella de carbono estableciendo un periodo de evaluación por las autoridades universitaria, para cuantificar y visualizar la generación de gases de efecto invernadero y de esta manera proponer nuevas acciones de mejora para cumplir con las metas en disminución de dichos gases.

ANEXOS

Anexo 1.



Ilustración A.1 Ubicación SSFV FIA, UES

ELECTRICAL DATA | STC*

CS6U	315P	320P	325P	330P
Nominal Max. Power (Pmax)	315 W	320 W	325 W	330 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	36.6 V	36.8 V	37.0 V	37.2 V
Opt. Operating Current (Imp)	8.61 A	8.69 A	8.78 A	8.88 A
Open Circuit Voltage (Voc)	45.1 V	45.3 V	45.5 V	45.6 V
Short Circuit Current (Isc)	9.18 A	9.26 A	9.34 A	9.45 A
Module Efficiency	16.20%	16.46%	16.72%	16.97%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C			
Max. System Voltage	1000 V (IEC) or 1000 V (UL)			
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)			
Max. Series Fuse Rating	15 A			
Application Classification	Class A			
Power Tolerance	0 ~ + 5 W			

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

ELECTRICAL DATA | NOCT*

CS6U	315P	320P	325P	330P
Nominal Max. Power (Pmax)	228 W	232 W	236 W	239 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	33.4 V	33.6 V	33.7 V	33.9 V
Opt. Operating Current (Imp)	6.84 A	6.91 A	6.98 A	7.05 A
Open Circuit Voltage (Voc)	41.5 V	41.6 V	41.8 V	41.9 V
Short Circuit Current (Isc)	7.44 A	7.50 A	7.57 A	7.66 A

* Under Nominal Operating Cell Temperature (NOCT), irradiance of 800 W/m², spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

PERFORMANCE AT LOW IRRADIANCE

Outstanding performance at low irradiance, with an average relative efficiency of 96.0 % from irradiances, between 1000 W/m² and 200 W/m² (AM 1.5, 25°C).

The specification and key features described in this datasheet may deviate slightly and are not guaranteed. Due to on-going innovation, research and product enhancement, Canadian Solar Inc. reserves the right to make any adjustment to the information described herein at any time without notice. Please always obtain the most recent version of the datasheet which shall be duly incorporated into the binding contract made by the parties governing all transactions related to the purchase and sale of the products described herein.

Caution: For professional use only. The installation and handling of PV modules requires professional skills and should only be performed by qualified professionals. Please read the safety and installation instructions before using the modules.

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Poly-crystalline, 6 inch
Cell Arrangement	72 (6×12)
Dimensions	1960×992×40 mm (77.2×39.1×1.57 in)
Weight	22.4 kg (49.4 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame Material	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP67, 3 diodes
Cable	4 mm ² (IEC) or 4 mm ² & 12 AWG 1000V (UL), 1160 mm (45.7 in)
Connector	T4 series or PV2 series
Per Pallet	26 pieces, 635 kg (1400 lbs)
Per container (40' HQ)	624 pieces

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.41 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.31 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.053 % / °C
Nominal Operating Cell Temperature	45±2 °C

PARTNER SECTION



Fuente: (Inverlec, 2021)

Ilustración A.2 Ficha técnica de propuesta de paneles solares

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarenga, T., Ayala, O., Y Portillo, R. (2015). *Calculo de la huella ecologica de la Facultad de Ingenieria y Arquitectura. Tesis de Ingenieria . Universidad de El Salvador. San Salvador, El Salvador.*
- Antury, L., Y Lara, L. (2016). Propuesta para la reducción de la huella de carbono en las instalaciones de la dirección regional del magdalena centrocar. Tesis de ingenieria, Universidad Libre, Bogota, Colombia
- Aponte, H. (2017). Propuesta de estrategias de mitigación a partir del cálculo de la huella de carbono de los campus norte y sur de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A en los años 2014 – 2015. Tesis de Ciencias Ambientales, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Bogota, Colombia.
- Arias, D. (2020). Determinación de la huella de carbono en las actividades administrativas correspondiente a la municipalidad distrital de Carhuamayo – Provincia de Junín, para controlar la emisión de gases de efecto invernadero. Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Perú
- Banco Mundial. (2021). *Datos de emisiones de gei totales en El Salvador*. Recuperado el 10 de octubre de 2021 de <https://datos.bancomundial.org/indicador/en.atm.ghgt.kt.ce?locations=sv>
- Bautista Roa, J. C., Sanchez Villamizar, D. C., Y Vega Vallejo, R. E. (2015). Guia para el calculo de huella de carbono y sus implicaciones en la industria colombiana. Tesis de Posgrados, Universidad Sergio Arboleda. Bogotá, Colombia.
- Cornejo, C., Escobar, G., Y Ramírez, C. (2015). Estudio de iluminación natural y artificial en los edificios de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador. Tesis de Ingeniería, Universidad de El Salvador. San Salvador, El salvador.
- Dirección de Hidrocarburos y Minas. El salvador. (2019, diciembre 1). *Precio de referencia al publico de diesel y gasolinas por zonas en estación de servició*. Recuperado el 12 de octubre de 2021 de: <https://www.edrhym.gob.sv/drhm/estadisticas.aspx?uid=3>
- Instituto español de estudios estratégicos. (2013). 5º informe del ipcc. La certeza de una herencia, el calentamiento global. Recuperado el 13 de octubre de 2021. España.
- Inverlec. (2021). *Inverlec solar. Ficha tecnica de paneles solares*. Recuperado el 1 de noviembre de 2021 de: <https://www.inverlec.solar>
- IPCC. (2019). *Intergovernmental panel on climate change (IPCC)*. Recuperado el 1 de noviembre de 2021.de: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/efdb/main.php>. Suiza.

López, M. (2017). *Análisis del consumo de energía eléctrica en el campus central de la Universidad de El Salvador periodo 1998-2015*. Tesis de Ingeniería, Universidad de El Salvador. San Salvador, El Salvador.

Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. (2020). *Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización*. Gobierno de España. Recuperado el 20 de octubre de 2021 de: <http://miteco.gob.es>. España.

Secretaria de medio ambiente y recursos naturales. (2005). *Protocolo de gases de efecto invernadero: estandar corporativo de contabilidad y reporte*. Recuperado el 27 de octubre de 2021 de: https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/protocolo_spanish.pdf. Distrito Federal, Mexico.

Siget. (2019). *Tarifa de precios de energía eléctrica para el año 2019*. El salvador. Recuperado el 10 de octubre de 2021 de: <https://www.siget.gob.sv/siget-anuncia-ajuste-trimestral-en-los-precios-de-la-tarifa-de-energia-electrica/>., San Salvador, El Salvador.

United Kingdom Government. (2019). *Greenhouse gas reporting: conversión factors 2019*. Recuperado el 23 de octubre de 2021 de: <https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2019>, Reino Unido, Inglaterra.

United Nations Framework Convention on Climate Change. (1992). *Convención marco de las naciones unidas para el cambio climático*. Recuperado el 14 de octubre de 2021 de: <https://unfccc.int/es>. Alemania.