



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DETERMINACIÓN DE LA HUELLA CARBONO DEL AGUA, ELECTRICIDAD
Y DESECHOS SÓLIDOS PARA GENERAR UN MODELO DE
COMPENSACIÓN DE CARBONO EN INTECAP CENTRO UNO GUATEMALA**

Boris Pablo José Méndez Chacón

Asesorado por el Ing. José Manuel Tobar Reyes

Guatemala, septiembre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DETERMINACIÓN DE LA HUELLA CARBONO DEL AGUA, ELECTRICIDAD
Y DESECHOS SÓLIDOS PARA GENERAR UN MODELO DE
COMPENSACIÓN DE CARBONO EN INTECAP CENTRO UNO GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

BORIS PABLO JOSÉ MÉNDEZ CHACÓN
ASESORADO POR EL ING. JOSÉ MANUEL TOBAR REYES

AL CONFERIRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton De León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADORA	Inga. Nora Leonor García Tobar
EXAMINADOR	Ing. Juan Carlos Jerez Juarez
EXAMINADOR	Ing. Selvin Estuardo Joachin Juarez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DETERMINACIÓN DE LA HUELLA CARBONO DEL AGUA, ELECTRICIDAD Y DESECHOS SÓLIDOS PARA GENERAR UN MODELO DE COMPENSACIÓN DE CARBONO EN INTECAP CENTRO UNO GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha abril de 2020.

Boris Pablo José Méndez Chacón

Guatemala, Octubre de 2020

Ingeniero Cesar Ernesto Urquizú Rodas
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable Ingeniero:

Por medio de la presente le informo que he procedido a la revisión del trabajo de graduación elaborado por el estudiante: Boris Pablo José Méndez Chacón, con carné: 2015-03896 y CUI 3000 66988 0101 de la carrera de Ingeniería Industrial. El título del trabajo es:

DETERMINACIÓN, DE LA HUELLA CARBONO DEL AGUA, ELECTRICIDAD Y DESECHOS SÓLIDOS PARA GENERAR UN MODELO DE COMPENSACIÓN DE CARBONO EN INTECAP CENTRO UNO GUATEMALA.

Considero que el trabajo presentado por el estudiante Méndez Chacón ha sido desarrollado de manera satisfactoria, cumpliendo con la normativa vigente y siguiendo las recomendaciones de asesoría, por lo que doy mi aval para que continúe con el proceso correspondiente.

Sin otro particular me suscribo de usted.



José Manuel Tobar Reyes

Ingeniero Industrial Colegiado 12,396

Asesor de la investigación



JOSÉ MANUEL TOBAR REYES
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO 12396



ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REF.REV.EMI.057.021

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DEL AGUA, ELECTRICIDAD Y DESECHOS SOLIDOS PARA GENERAR UN MODELO DE COMPENSACIÓN DE CARBONO EN INTECAP CENTRO UNO GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Boris Pablo José Méndez Chacón**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Byron Chocooj Barrientos
Ingeniero Industrial
Colegiado No. 4509

Ing. Byron Gerardo Chocooj Barrientos
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, mayo de 2021.

/mgp



ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REF.DIR.EMI.093.021

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DEL AGUA, ELECTRICIDAD Y DESECHOS SOLIDOS PARA GENERAR UN MODELO DE COMPENSACIÓN DE CARBONO EN INTECAP CENTRO UNO GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Boris Pablo José Méndez Chacón**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Firmada digitalmente por Cesar Ernesto Urquizu Rodas
Motivo: Ingeniero Industrial
Ubicación: Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería
Mecánica Industrial, USAC
Colegiado 4,272

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, septiembre de 2021.

/mgp

DTG. 448.2021

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DETERMINACIÓN DE LA HUELLA CARBONO DEL AGUA, ELECTRICIDAD Y DESECHOS SÓLIDOS PARA GENERAR UN MODELO DE COMPENSACIÓN DE CARBONO EN INTECAP CENTRO UNO GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Boris Pablo José Méndez Chacón**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



ing. Arábel Cordova Estrada
Decana

Guatemala, septiembre de 2021

AACE/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser la energía presente en todo lo que hago y la idea a la que me aferro de un bien mayor, por lo que vale la pena el paso por la experiencia terrenal.
- El planeta** Por ser mi mayor motivación encontrar una forma de dejar el mundo en mejores condiciones de cómo lo encontré y servirme como inspiración para mi tema de investigación.
- Mis padres** Boris Méndez y Violeta Chacón, que son mis guías en la vida y los que siempre me apoyan en todos mis proyectos e ideas poco convencionales.
- Mi hermano** Marcelo Méndez por el hecho de saber que hay alguien siguiendo mis pasos y hacer que me esfuerce por ser un modelo en su vida.
- Familia Méndez Chacón** Por su amor incondicional y apoyo que son la base de mi vida.

Mis amigos

Rodolfo Alfaro, Melissa Solares, Julio Muñoz, Sara de León y Veylin Herrera por siempre escucharme, alegrarme y compartir momentos especiales en mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por la oportunidad de tener acceso a educación superior de calidad.
Facultad de Ingeniería	Por darme las herramientas y conocimientos necesarios para poder desarrollar mi investigación.
Mis padres y hermano	Boris Méndez, Violeta Chacón y Marcelo Méndez por escuchar mis largas explicaciones y pensamientos relacionados con mi investigación durante las comidas.
INTECAP Centro Uno Guatemala	Por permitirme realizar mi investigación en sus instalaciones y brindarme todo lo necesario para poder realizarla con éxito.
Irma Batres	Por ayudarme con las gestiones necesarios para ser aceptado y aprobar mi investigación.
Mi asesor	José Tobar, por aconsejarme, guiarme y facilitarme todas las gestiones necesarias a lo largo del proceso.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. GENERALIDADES.....	1
1.1. Reseña Histórica	1
1.1.1. Antecedentes del INTECAP	1
1.1.2. Inicios de la formación técnica.....	3
1.2. INTECAP.....	3
1.2.1. Misión	4
1.2.2. Visión.....	4
1.2.3. Valores institucionales	4
1.2.4. Política de calidad	5
1.2.5. Estructura Orgánica.....	6
1.2.6. Modalidades de capacitación.....	7
1.2.7. Actualidad.....	8
1.3. Centro de Capacitación Guatemala 1.....	9
1.3.1. Características.....	10
2. MARCO TEÓRICO.....	13
2.1. La atmósfera.....	13
2.2. Efecto invernadero	14

2.2.1.	Gases efecto invernadero	15
2.2.1.1.	Vapor de agua.....	15
2.2.1.2.	Dióxido de carbono	15
2.2.1.3.	Metano	16
2.2.1.4.	Óxidos de nitrógeno	17
2.2.1.5.	Ozono.....	17
2.3.	Calentamiento global.....	17
2.3.1.	Cambio climático	18
2.4.	Huella ecológica	19
2.4.1.	Déficit ecológico	20
2.4.2.	Reserva Ecológica	20
2.5.	Protocolo de Kyoto 1997	22
2.5.1.	Objetivos del protocolo de Kyoto.....	22
2.5.2.	Mecanismos de flexibilidad.....	24
2.5.2.1.	Mecanismos de aplicación conjunta	24
2.5.2.2.	Comercio de los derechos de emisión.....	25
2.5.2.3.	Mecanismos de desarrollo limpio	26
2.5.3.	Ratificación del Protocolo de Kioto en Guatemala ..	26
2.6.	Huella de carbono	27
2.6.1.	Métodos de análisis.....	28
2.6.1.1.	La norma PAS 2060:2010.	29
2.6.1.2.	La norma PAS 2050:2008	29
2.6.1.3.	ISO 14067:2018	30
2.6.1.4.	ISO 14064-1:2018	30
2.6.1.5.	Bilan Carbone TM	30
2.6.1.6.	Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol).....	30
2.7.	Impacto ambiental.....	32

2.8.	Compensación de carbono.....	32
2.8.1.	Fijación de carbono	33
2.8.2.	Proyectos de energías limpias.....	34
2.8.3.	Incentivos.....	34
2.9.	Reducción de emisiones.....	34
2.10.	Ciclo de reducción y compensación	35
3.	SITUACIÓN ACTUAL.....	37
3.1.	Factores seleccionados	37
3.1.1.	Agua	38
3.1.1.1.	Definición	39
3.1.1.2.	Enfoque en el estudio	40
3.1.1.3.	Descripción de su uso en el centro.....	41
3.1.1.4.	Tabla de consumo	41
3.1.2.	Electricidad	44
3.1.2.1.	Definición.....	44
3.1.2.2.	Enfoque en el estudio	46
3.1.2.3.	Descripción de su uso en el centro.....	46
3.1.2.4.	Tabla de consumo	46
3.1.3.	Desechos Solidos	49
3.1.3.1.	Definición.....	50
3.1.3.2.	Enfoque en el estudio	52
3.1.3.3.	Descripción de su uso en el centro.....	52
3.1.3.4.	Tabla de consumo	52
3.2.	Planteamiento del Problema.....	53
3.2.1.	Importancia.....	53
3.2.2.	Responsabilidad Social	55
3.3.	Diagrama Ishikawa	55

4.	CÁLCULO	57
4.1.	Delimitación de la información	57
4.1.1.	Significancia	57
4.2.	Recopilación de datos	58
4.2.1.	Agua	58
4.2.1.1.	Conversión de variable recopilada a variable a utilizar.	58
4.2.2.	Electricidad	58
4.2.2.1.	Conversión de variable recopilada a variable a utilizar.	59
4.2.3.	Desechos solidos	59
4.2.3.1.	Conversión de variable recopilada a variable a utilizar.	59
4.3.	Cálculo de huella de carbono de la electricidad	59
4.3.1.	Fórmula a utilizar	63
4.3.2.	Sustitución de valores	63
4.4.	Cálculo de huella de carbono del agua	63
4.4.1.	Fórmula a utilizar	64
4.4.2.	Sustitución de valores	65
4.5.	Cálculo de huella de carbono de los desechos sólidos	65
4.5.1.	Fórmula a utilizar	65
4.5.2.	Sustitución de valores	66
4.6.	Huella de carbono total	66
4.7.	Tabla de resultados	66
4.8.	Huella de carbono por usuario	67
4.8.1.	Cálculo huella por usuario	67
5.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	69
5.1.	Presentación de emisiones	69

5.2.	Análisis de resultados.....	70
5.2.1.	Comparación de huellas de carbono	70
5.2.1.1.	Establecimiento de huella con mayor impacto	71
5.2.1.2.	Análisis de enfoque de recursos para la reducción	71
5.2.2.	Huella de carbono asociada al usuario.....	72
5.2.2.1.	Aporte de la huella del Centro a la huella personal de los usuarios	73
6.	ACCIONES DE SEGUIMIENTO.....	75
6.1.	Propuestas de reducción de emisiones	75
6.1.1.	Propuesta para reducción de consumo de agua	75
6.1.1.1.	Propuestas y medidas correctivas	76
6.1.1.2.	Política de consumo responsable del agua.....	83
6.1.2.	Propuesta para reducción de consumo de energía eléctrica	85
6.1.2.1.	Medidas ahorrativas	85
6.1.2.2.	Política de consumo responsable de la energía eléctrica	88
6.1.3.	Propuesta para reducción de generación de desechos sólidos	89
6.1.3.1.	Medidas correctivas.....	89
6.1.3.2.	Manejo y separación de residuos sólidos	90
6.2.	Modelos de compensación	93
6.2.1.	Energías limpias	94
6.2.1.1.	Solar	95

6.2.2.	Fijación de carbono	96
6.2.2.1.	Compra de bonos de carbono	96
6.2.2.2.	Reforestación	97
6.2.2.3.	Mixto.....	98
CONCLUSIONES.....		99
RECOMENDACIONES		101
BIBLIOGRAFÍA.....		103

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama INTECAP.....	6
2.	Mapa de localización INTECAP Centro Uno Guatemala.....	11
3.	Ciclo de reducción y compensación	35
4.	Pareto consumo de agua en metros cúbicos por fuente	44
5.	Pareto consumo de electricidad en kW/h por fuente	49
6.	Diagrama Ishikawa de generación de la huella de carbono	56
7.	Matriz de generación de energía eléctrica del 14/06/2020 al 25/07/2020	60
8.	Pareto emisiones de carbono equivalente por fuente de origen en INTECAP Centro Uno Guatemala.....	69
9.	Funcionamiento de un reductor de caudal	77
10.	Funcionamiento de un tanque de doble descarga	78
11.	Inodoro con botella de un litro en el tanque	80
12.	Recorrido del agua en un sistema de dos tiempos para baño	81

TABLAS

I.	Huella ecológica por país	21
II.	Comparación de cuatro metodologías para la medición de la huella de carbono	31
III.	Aulas y laboratorios por área en INTECAP Centro Uno Guatemala	38
IV.	Estimación de consumo mensual de agua en INTECAP Centro Uno Guatemala.....	43

V.	Consumo mensual de energía eléctrica en INTECAP Centro Uno Guatemala	48
VI.	Generación de desechos sólidos en INTECAP Centro Uno Guatemala	53
VII.	Porcentajes de generación en base al tipo de combustible utilizado	61
VIII.	Porcentaje promedio por fuente de generación	61
IX.	Coeficiente de emisión de CO ₂ de la generación eléctrica por tipo de combustible.....	62
X.	Factores de emisión para tratamiento de aguas residuales.....	64
XI.	Factores de emisión para tratamiento de residuos sólidos urbanos	65
XII.	Resultados de la huella de carbono del INTECAP Centro Uno Guatemala	67
XIII.	Características estándar de paneles solares	95
XIV.	Fijación de dióxido de carbono por especie	97

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
C	Centígrados
C.A.	Centroamérica
CO₂	Dióxido de carbono
CO₂e	Dióxido de carbono equivalente
GEI	Gases efecto invernadero
°	Grados de temperatura
SF₆	Hexafluoruro de azufre
HFCS	Hidrofluorocarbonos
h	Hora
HdC	Huella de carbono
kg	Kilogramos
Km	Kilómetros
kW	Kilowatts
CH₄	Metano
N₂O	Óxido nitroso
O₃	Ozono
PFCS	Perfluorocarbonos
%	Porcentaje
CERs	Reducciones certificadas de emisiones
-	Valor negativo o resta
+	Valor positivo o suma

GLOSARIO

Bonos de carbono	Mecanismo internacional de descontaminación para reducir las emisiones de carbono por medio de la compra equivalente de compensación a un tercero.
CDPI	Centro De Desarrollo y Productividad Industrial.
CENDAP	Centro Nacional De Desarrollo, Adiestramiento y Productividad.
CFPI	Centro De Fomento De Productividad Industrial.
Compensación de carbono	Es la acción de neutralizar la cantidad de emisiones de dióxido de carbono.
Efecto invernadero	Subida en la temperatura de la tierra como resultado de la acumulación de gases efecto invernadero en la atmósfera.
FAD	Unidad de formación a distancia.
Huella de carbono	Indicador ambiental que refleja la cantidad de toneladas de CO2 equivalentes que se emiten como consecuencia de las actividades de un individuo, organización o producto.

Huella ecológica	Es una metodología utilizada para calcular los requerimientos del hombre sobre la naturaleza, que equivalen al área biológicamente productiva requerida para poder producir los recursos que se utilizan y absorber los residuos que se generan.
INAB	Instituto Nacional De Bosques.
INTECAP	Instituto Técnico De Capacitación y Productividad.
ISO	International Organization for Standardization. Organización Internacional para la Estandarización.
Led	Light Emitting Diode, Diodo Emisor de Luz.
Pitón	Accesorio para mangueras que regula el flujo de agua.
Ratificación	Confirmación de la validez.
Residuos sólidos	Materiales desechados tras su vida útil.

RESUMEN

Las emisiones de gases efecto invernadero en las elevadas cantidades que son emitidas cada año, tienen como consecuencia el calentamiento gradual del planeta, siendo el calentamiento, el mayor problema a mediano plazo al que se enfrenta la humanidad en la actualidad.

El INTECAP Centro Uno Guatemala como parte de una institución pública de desarrollo técnico debe contribuir de todas las maneras posibles a dar valor a la sociedad guatemalteca por medio de sus programas de enseñanza a nivel de institución y a su comunidad de forma positiva a un nivel de centro. Por medio de la huella de carbono puede medir su impacto al ambiente y buscar formas de reducirlo.

Este trabajo busca medir la huella de carbono del INTECAP, Centro Uno Guatemala con el objetivo de conocer su impacto y así mismo buscar formas de reducir y compensar el equivalente de emisiones de CO₂ resultantes.

Para obtener la huella de carbono del centro, se seleccionaron los factores de impacto directo relevantes, siendo estos: el consumo de agua y electricidad, así como la generación de desechos sólidos, con los que se hicieron proyecciones de consumo por año con base en sus instalaciones y usuarios.

Se identificó a los desechos sólidos como la fuente con mayor impacto en la huella de carbono del Centro, representando más del 75 % de la misma. También se presentaron diversas propuestas para reducir las emisiones del centro y una serie de opciones para compensar por completo su impacto.

OBJETIVOS

General:

Obtener una ventaja competitiva para el INTECAP Centro Uno Guatemala, como centro de capacitación técnico público con conciencia ambiental que cuantifica su huella de carbono y busca maneras de reducir y compensar.

Específicos:

1. Determinar la huella de carbono del agua por medio del volumen diario promedio en litros de agua que se utiliza en el INTECAP Centro Uno Guatemala.
2. Estimar la huella de carbono de la electricidad a través del total KW/h de energía eléctrica que se consume por año en INTECAP Centro Uno Guatemala.
3. Calcular la huella de carbono de los desechos sólidos mediante el total de kilogramos de desechos sólidos generados por año en el INTECAP Centro Uno Guatemala.
4. Comparar la magnitud de la huella de carbono del agua, desechos sólidos y electricidad.
5. Obtener la magnitud de la huella de carbono promedio asociada a cada miembro de la institución.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad una de las principales problemáticas a nivel mundial es el cambio climático, siendo su principal causante los gases de efecto invernadero. Se denomina gases efecto invernadero a los que hacen posible el efecto invernadero, responsables de la vida en la tierra, pero cuando la concentración de estos gases es muy alta, hace este efecto más pronunciado, aumentando la temperatura de la tierra y causando un desequilibrio que trae consigo una amplia gama de problemas para la vida en la tierra.

Tomando en cuenta esta información se puede identificar que una solución directa al problema sería la reducción de emisiones de GEIs, pero para proceder a la reducción primero es necesario medir y es aquí donde entra la huella de carbono.

El INTECAP centro uno Guatemala busca ser un centro más limpio y con conciencia ambiental que toma acciones en favor de apoyar en la problemática del cambio climático. Pero la forma de poder alcanzar estos objetivos es por medio de la generación de indicadores que les permitan ver su progreso y aporte al país.

El problema es que actualmente el centro no cuenta con ningún indicador ni métodos que le permitan alcanzar sus objetivos, por lo que en este trabajo de graduación pretende calcular la huella de carbono del centro por medio de métodos aprobados internacionalmente para poder determinar su magnitud, factores que la componen y poder evidenciar que recurso tiene un mayor impacto en la misma.

Este trabajo de graduación presenta diferentes capítulos que se estructuran de la siguiente manera:

En el primer capítulo se abordan las generalidades del INTECAP Centro Unos Guatemala como antecedentes, misión, visión o ubicación. En el capítulo dos se crea un marco teórico con toda la información y conceptos relacionados con la huella de carbono, metodologías y temas relacionados.

El tercer capítulo recopila información del estado actual del centro y sus consumos con respecto a las variables seleccionadas para determinar la huella de carbono. Pasando al cuarto capítulo se desarrollan todos los cálculos para determinar la huella de carbono de cada uno de los tres aspectos seleccionados: agua, electricidad y desechos sólidos.

Los resultados y análisis de estos se desarrollan en el quinto capítulo, donde se establece una relación 80-20 siendo la huella de carbono asociada a los desechos sólidos la que tiene un mayor impacto.

Finalmente, en el último capítulo se proponen acciones de seguimiento para poder reducir la huella de carbono del centro por medio de una reducción en el consumo de recursos, también se proponen distintos modelos de compensación con energías renovables y fijación de carbono.

1. GENERALIDADES

En este capítulo se presentan las características del Instituto técnico de capacitación y productividad INTECAP, institución dentro de la cual se desarrolla el presente trabajo, utilizando para el mismo las instalaciones del Centro Uno Guatemala.

1.1. Reseña Histórica

Para poder comprender la naturaleza de la institución es necesario conocer su origen.

El antecesor más antiguo data desde 1888 cuando se crea la Escuela Nacional de Agronomía, pero la labor del INTECAP inicia en 1972, cuando se crea el Centro Nacional de Desarrollo, Adiestramiento y Productividad (CENDAP) y se convierte en el responsable de la formación técnica profesional del país, que responde a la necesidad del sector empresarial guatemalteco y se crea a través del Decreto No. 17-72 del Congreso de la República de Guatemala, el cual lo constituye como el órgano técnico especializado que actuará por delegación del Estado como una entidad descentralizada, técnica, no lucrativa, con patrimonio propio, fondos privativos y plena capacidad para adquirir derechos y contraer obligaciones.¹

1.1.1. Antecedentes del INTECAP

A continuación, se presentan los antecedentes del INTECAP en Guatemala:

- 1888 Escuela Nacional Agronómica
- 1928 Instituto Técnico Industrial para Varones
- 1955 Centro Guatemalteco para el Desarrollo Industrial (CGDI).

¹ INTECAP. *Historia del INTECAP*, <https://intecap.edu.gt/quienes-somos/historia-del-intecap/>.

En Guatemala se empezó a trabajar en los años 1950 a 1952, en el desarrollo de ideas y en algunas experiencias pioneras que incrementaron el conocimiento del factor humano y sus implicaciones en el campo de las actitudes, intereses y comportamiento ante el trabajo. Estas experiencias e ideas deben ser consideradas precursoras y las que paulatinamente condujeron al surgimiento en 1955 del “CENTRO GUATEMALTECO PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL”. Ubicado en la 8.^a Avenida 10-43, zona 1, ciudad de Guatemala. Posteriormente, en mayo – junio de 1956 se trasladó a la 6.^a avenida 5-34, zona 1 (a un costado del Palacio Nacional).

- 1960 Centro de Fomento de Productividad Industrial (CFPI).

En junio de 1960, por medio de un convenio de Cooperación entre el Estado de Guatemala y el de los Estados Unidos de América, se crea el CENTRO DE FOMENTO DE PRODUCTIVIDAD INDUSTRIAL (CFPI) mediante el financiamiento de la Agencia Internacional de Desarrollo (AID), de los Estados Unidos de América y el Ministerio de Economía del Estado de Guatemala. El propósito fundamental de esta entidad fue estimular el desarrollo industrial del país, a través de la elevación de la productividad y el fomento de la inversión.

- 1964 Centro de Desarrollo y Productividad Industrial (CDPI).

En mayo de 1964, se crea el CDPI que sustituye al CFPI, como una entidad estatal descentralizada con autonomía funcional, patrimonio propio, fondos privativos y capacidad para operar por el logro de sus fines. El financiamiento del CDPI se da a través de: una asignación del Estado, un impuesto privativo, pagos y cuotas de la iniciativa privada, por servicios prestados y donaciones o aportes de la iniciativa privada y de instituciones nacionales o internacionales. Sus funciones principales se orientaron a cooperar con el Estado y la iniciativa privada para el estímulo de la economía, actuando como nexo entre ambos sectores para fomentar la productividad.

- 1969 Centro Nacional de Desarrollo, Adiestramiento y Productividad (CENDAP)

En octubre de 1969 se crea el CENDAP que sustituye al CDPI, el CENDAP se integra como una unidad descentralizada con una Junta Directiva formada por: el ministro de trabajo y previsión social, ministro de economía, representantes de la Coordinadora de Asociaciones Comerciales, Industriales y Financieras – CACIF –, La Secretaría General de Planificación Económica – SEGEPLAN- y representantes del sector laboral. El CENDAP se crea para prestar atención, no solo al campo de la productividad empresarial, sino también a la formación acelerada y masiva en el nivel primario laboral, a través de la formación profesional o vocacional.²

² INTECAP. *Historia del INTECAP*. Disponible en: <https://intecap.edu.gt/quienes-somos/historia-del-intecap/>.

1.1.2. Inicios de la formación técnica

La enseñanza técnica tiene su razón de existir y se diferencia claramente de la educación profesional, esto lo podemos observar en sus inicios:

En la antigüedad, tanto en Europa como en América, la enseñanza no fue la misma para niños y niñas, del mismo modo que tampoco lo fue para niños y niñas de diferentes grupos sociales. A pesar de las muchas heterogeneidades, tanto entre las diferentes sociedades como al interior de éstas, un hecho ha sido permanente desde los principios de los sistemas formales de enseñanza: siempre se ha ofrecido una educación de corte humanista y científica, y, paralelamente, una vertiente que inicialmente se denominó “vocacional” y que hoy día se designa como “técnica” y “profesional”.

La enseñanza técnica es una modalidad estrechamente vinculada con el espacio laboral, antes ligada a la elaboración de productos específicos y hoy a productos y servicios. Por ello, en lo que se refiere a los contenidos de su enseñanza, está unida y supeditada a los requerimientos del mundo del trabajo.³

Se puede establecer que la formación técnica se basa en las necesidades del mercado de personas que posean conocimientos y habilidades que les permitan realizar tareas específicas para desarrollar un bien o un servicio, dando esto origen a la creación de centros o institutos en los que se pueda dotar a las personas con estas habilidades por medio de laboratorios o talleres donde se puedan aprender y practicar los conocimientos y habilidades respectivos a su técnico.

1.2. INTECAP

El INTECAP es una Institución guatemalteca líder en capacitación técnica para jóvenes y adultos que deseen transformar sus vidas, ser competitivos en una empresa, emprender e iniciar su propio negocio o simplemente actualizar sus conocimientos y certificarlos y así lograr sus sueños propios y construir una mejor vida. Desde hace más de 47 años, promueve por delegación del Estado y con la contribución del sector privado, el desarrollo del talento humano y la productividad nacional.

³ CORDUA, Paulina Dittborn. *Historia y perspectivas acerca de la educación técnica de nivel superior*. p. 27.

El INTECAP tiene como propósito contribuir a desarrollar la producción de las empresas con un mínimo de tiempo, bajo costo, con los mismos recursos y superando la calidad de los productos que ofrecen. También ofrece los servicios de Asesorías Técnicas en las que cualquier empresa puede contactarlos y pedir su asistencia en diversas áreas con el objetivo de mejorar la productividad.

INTECAP CUENTA con un Sistema de Gestión de la Calidad certificado con la norma ISO 9001:2015, que lo fortalece como un ente de calidad, muy propio para la globalización y los requerimientos internacionales, porque sus acciones y productos de capacitación y asistencia técnica son reconocidos mundialmente.

Con 28 centros de Capacitación, 5 Delegaciones Departamentales, 5 Departamentos de Servicios Empresariales, más de 70 especialidades y la Unidad de Formación a Distancia (FAD), desarrolla con calidad la capacitación en los tres sectores productivos del país: agropecuario, industria, comercio y servicios, utilizando las herramientas del siglo XXI, y contando con infraestructura, equipo, maquinaria, tecnología y metodologías adecuadas.⁴

1.2.1. Misión

“Formar y certificar trabajadores y personas por incorporarse al mercado laboral, así como brindar asistencia técnica y tecnológica en todas las actividades económicas, para contribuir a la competitividad y al desarrollo del país”.⁵

1.2.2. Visión

“Ser reconocidos como la institución líder y modelo en la efectividad de nuestros servicios, que busca constantemente la excelencia”.⁶

1.2.3. Valores institucionales

Son los fundamentos que guían la forma de actuar de los integrantes del INTECAP. Para alcanzar su visión y misión, estos valores se interpretarán así:

⁴ INTECAP. *Quiénes somos*. <https://intecap.edu.gt/quienes-somos/que-es-el-intecap/>.

⁵ INTECAP. *Misión y visión*. <https://intecap.edu.gt/quienes-somos/mision-y-vision/>.

⁶ *Ibíd.*

- Identidad Nacional: con orgullo por nuestro país, en INTECAP trabajamos con fe y por convicción de engrandecer y desarrollar a Guatemala y a sus habitantes. En forma personal y social defendemos y exaltamos nuestra identidad nacional.
- Innovación: valorizamos el talento humano que genera soluciones originales, creativas y exitosas. Superamos lo cotidiano y somos modelo marcando diferencia positiva de calidad. Somos satisfactores permanentes y estamos adelante de cualquier necesidad.
- Compromiso: un compromiso en el INTECAP es una misión a cumplir con resultados superiores a los esperados. Aplicando los valores institucionales y los satisfactores de calidad, puntualidad, responsabilidad, ética, comunicación, trabajo en equipo y productividad, brindamos bienestar a las personas, a las empresas y a nuestra patria Guatemala.
- Integridad: actuamos justa y correctamente haciendo el bien. Todo servicio, atención y trabajo es de respeto a las personas, leyes y normas. Con ética y autenticidad realizamos nuestras labores de forma honesta y ejemplar.⁷

1.2.4. Política de calidad

El INTECAP tiene una política que busca la mejora continua de sus procesos y servicios, que denominan su política de calidad, siendo la siguiente:

“Mejorar día a día nuestros servicios de capacitación, asistencia técnica y certificación laboral, para incrementar la productividad, aplicando los valores institucionales, marco legal vigente, gestión de riesgos, políticas y objetivos estratégicos, para cumplir los requerimientos de las partes interesadas pertinentes”.⁸

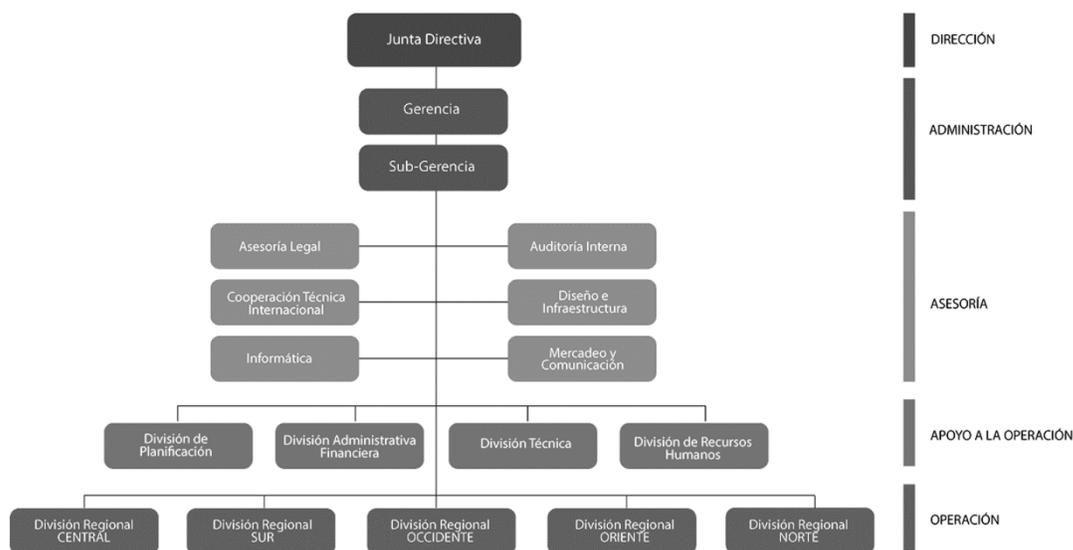
⁷ INTECAP. *Misión y visión*. <https://intecap.edu.gt/quienes-somos/mision-y-vision/>.

⁸ *Ibíd*

1.2.5. Estructura Orgánica

Dentro de la institución del INTECAP como cabe esperar dentro de cualquier organización que busque cumplir con sus objetivos de forma ordenada, sigue una estructura organizacional.

Figura 1. Organigrama INTECAP



Fuente: MALDONADO, Fredy. *Estructura orgánica INTECAP*. <https://intecap.edu.gt/quienes-somos/organigrama/>. Consulta: marzo 2020.

La estructura del INTECAP se divide en 5 partes siendo estas: Dirección, Administración, Asesoría, Apoyo a la operación y Operación. Cada una con funciones en específico que se relacionan entre sí para el correcto desarrollo de las funciones de la institución.

- Dirección: conformado por la junta directiva. Se encarga de tomar todas las decisiones, coordinar el funcionamiento y dirigir la institución la institución.
- Administración: conformado por la gerencia y subgerencia. Se encarga de planear el rumbo de la institución estratégicamente para alcanzar los objetivos establecidos por la junta directiva, tomar decisiones en cuanto al uso de recursos de la institución y organizar aspectos legales, laborales y fiscales.
- Asesoría: está conformado por departamentos de asesoría legal, auditoría, diseño, informática, mercadeo y cooperación técnica internacional. Se encarga de brindar información de cada tema en específico con gran detalle y respaldo, que permita y oriente la toma de decisiones en cada área.
- Apoyo a la operación: está conformada por la división de planificación, administración financiera, técnica y recursos humanos. Se encarga de realizar todo lo necesario para que el área operativa pueda desarrollar sus funciones de forma fluida.
- Operación: conformada por las 5 divisiones: central, sur, occidente, oriente y norte. Es donde se desarrollan todas las actividades de dotación y adiestramiento para los usuarios y beneficiarios de la institución.

1.2.6. Modalidades de capacitación

A continuación, se describen las 4 modalidades actuales de capacitación que ofrece el INTECAP:

- **FORMACIÓN PRESENCIAL**

Modalidad en la que el participante asiste a un Centro de Capacitación o Delegación del INTECAP a recibir la capacitación completa, es decir, que recibe la formación tanto teórica como práctica en las instalaciones y talleres del INTECAP.

- **FORMACIÓN DUAL (EMPRESA-CENTRO)**

Modalidad en la que el participante asiste parte de su tiempo de formación a un Centro de Capacitación o Delegación del INTECAP a recibir la formación teórica y a desarrollar algunas prácticas, y el resto del tiempo, a trabajar en una empresa como complemento de su formación. Generalmente, el participante asiste uno o dos días por semana al INTECAP (o algunos días de semana en horario nocturno), y el resto de la semana asiste a la empresa.

- **FORMACIÓN MÓVIL**

Modalidad en la que el participante recibe la capacitación en su propia empresa o comunidad; para ello, el INTECAP asigna un instructor móvil que se traslada al lugar de la capacitación o una unidad móvil (vehículo o carretón con equipamiento móvil).

- **FORMACIÓN A DISTANCIA**

Modalidad en la que el participante no asiste a las instalaciones del INTECAP, sino que se capacita en su hogar u oficina. En esta modalidad se encuentran los programas de formación vía “e-learning” (totalmente a distancia a través de Internet) y blended-learning (formación mixta Internet presencial).⁹

1.2.7. Actualidad

El INTECAP cree en la identidad nacional, su respeto y fortalecimiento a través de servicios innovadores brindados con integridad y compromiso. Fue fundado con la misión de incrementar la productividad laboral y empresarial de Guatemala mediante el desarrollo y perfeccionamiento de su recurso humano. Atiende las diversas actividades económicas y en todos los niveles ocupacionales, además de colaborar directamente con entidades que promueven el desarrollo social y económico del país.

⁹ INTECAP. *Modalidades de desarrollo de capacitación*. <https://intecap.edu.gt/modalidadescapacitacion/>.

Hoy el INTECAP hace uso de las herramientas del siglo XXI, contando con infraestructura, equipo, maquinaria, tecnología y metodología para desarrollar con calidad la capacitación en los tres sectores productivos del país: agropecuario, industria, comercio y servicios. El INTECAP está presente en los 22 departamentos de Guatemala con Centros de Capacitación o Delegaciones Departamentales.¹⁰

1.3. Centro de Capacitación Guatemala 1

El Centro de Capacitación Guatemala 1, perteneciente a la división regional central será utilizado como sitio de estudio para la realización de esta investigación del trabajo de graduación presente, habiéndose elegido el mismo por los siguientes factores:

- No cuenta con información actualizada sobre huella de carbono o inventarios de gases de efecto invernadero que emiten.
- Es uno de los centros del INTECAP con mayor afluencia de personas y tamaño de las instalaciones.
- Es un centro con autoridades con conciencia ambiental que buscan maneras de contribuir a reducir su huella ambiental en el desarrollo de sus labores.
- Tiene condiciones y factores medibles y observables como lo son la energía eléctrica que consumen, agua que utilizan en sus instalaciones, desechos sólidos generados entre otros.

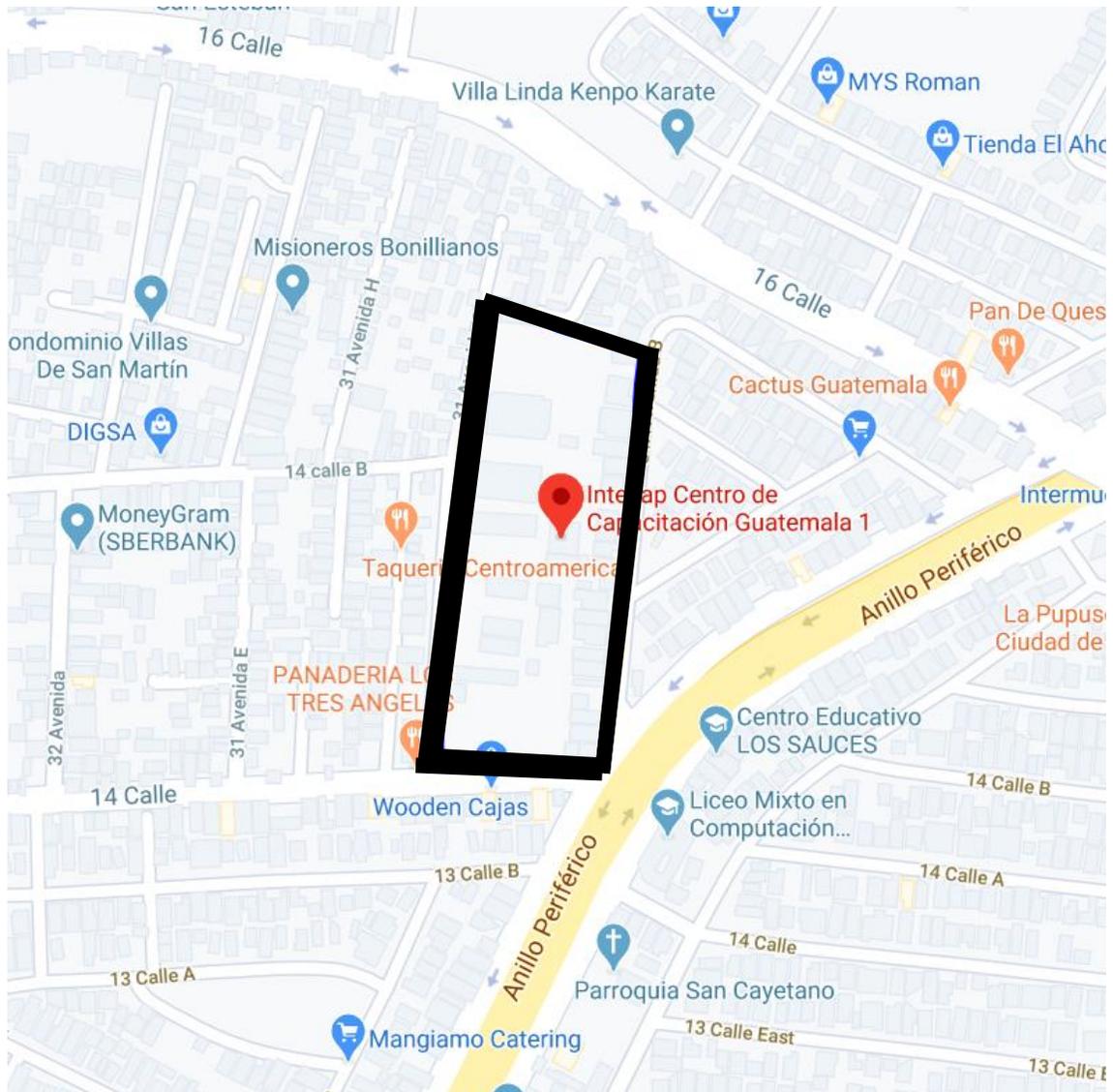
¹⁰ INTECAP. *Historia*. <https://intecap.edu.gt/quienes-somos/historia-del-intecap/>.

1.3.1. Características

La siguiente es una lista de características y especificaciones del Centro de Capacitación Guatemala 1:

- Inició sus operaciones el 28 de noviembre de 1980.
- Cuenta con estacionamiento para 103 vehículos.
- Cuenta con pasos techados, plazas, encaminamientos, pozo de agua, planta de tratamiento de aguas residuales, agencia bancaria, biblioteca, salón de usos múltiples y clínica médica.
- Horario de atención es de lunes a sábado de 8:00 a 16:00 h.
- Dirección: 14 calle 31-30, Colonia Ciudad de Plata II, zona 7, Guatemala, C.A.
- Teléfonos temporales: (502) 4558-3263 y 4558-2413 a la fecha 11 de marzo de 2020.
- Pertenece a la división regional central.

Figura 2. Mapa de localización INTECAP Centro Uno Guatemala



Fuente: Google Maps, *Ubicación del INTECAP centro uno Guatemala*

<https://www.google.com.gt/maps/place/Intecap+Centro+de+Capacitaci%C3%B3n+Guatemala+1/@14.6403264,90.5529016,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x8589a1c699333e47:0xd5659287f255f15f!8m2!3d14.6403264!4d-90.5507129>. Consulta: 11 marzo 2020.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. La atmósfera

Para poder entender y dimensionar la atmósfera, Larios afirma lo siguiente:

La Tierra está envuelta en una delgada capa formada por una mezcla de gases que denominamos atmósfera. El grosor de esta capa con respecto a la Tierra es el equivalente al de la piel de una manzana, con respecto a la manzana.

En la formación de la atmósfera han intervenido fenómenos geológicos y fenómenos biológicos hasta llegar a una composición que permite la existencia de la vida tanto en el agua como sobre la tierra firme.

Protege la vida de la Tierra, absorbiendo en la capa de ozono parte de la radiación solar ultravioleta, reduciendo las diferencias de temperatura entre el día y la noche, y actuando como escudo protector contra los meteoritos. El 75 % de la atmósfera se encuentra en los primeros 11 km. de altura desde la superficie planetaria.¹¹

La atmósfera es la capa más externa y menos densa que rodea la tierra, que está compuesta por una serie de gases que es conocida genéricamente como aire. Los gases que componen la atmósfera con sus respectivos porcentajes son:

- Nitrógeno (78,1 %)
- Oxígeno (20,94 %)
- Argón (0,93 %)
- Una mezcla de Dióxido de carbono, vapor de agua, neón, helio, criptón, hidrógeno y ozono (0,03 %).

¹¹ LARIOS MARTÓN, José. *Calentamiento global, al borde del límite*. p 10.

2.2. Efecto invernadero

El efecto invernadero puede entenderse fácilmente haciendo alusión a su propio nombre, ya que un invernadero es un lugar cerrado y estático que se destina para el cultivo de plantas con la función de protegerlas de las inclemencias del tiempo y enfermedades. Aislando las plantas y creando un ambiente artificial o microclima que también busca la entrada de la mayor cantidad de luz posible, pero de la misma forma no permite la salida de los gases que se encuentran dentro del mismo.

Así mismo el efecto invernadero es como si pusiéramos un gran invernadero sobre toda la tierra que permite la mayor cantidad de entrada de luz posible pero que no permite que salgan los gases que se encuentran dentro, la diferencia es que el clima que se crea no podemos controlarlo como se haría en un invernadero convencional.

Expresado de forma técnica, Larios dice lo siguiente:

La Tierra, como todo cuerpo caliente, emite radiación, pero al ser su temperatura mucho menor que la solar, emite radiación infrarroja de una longitud de onda mucho más larga que la que recibe. Sin embargo, no toda esta radiación vuelve al espacio, ya que los gases de efecto invernadero absorben la mayor parte. La atmósfera transfiere la energía así recibida tanto hacia el espacio (37,5 %) como hacia la superficie de la Tierra (62,5 %). [...] De este modo, el equilibrio térmico se produce a una temperatura superior a la que se obtendría sin este efecto. La importancia de los efectos de absorción y emisión de radiación en la atmósfera son fundamentales para el desarrollo de la vida tal y como se conoce. De hecho, si no existiera el efecto invernadero, la temperatura media global de la superficie de la Tierra sería de unos 22 °C bajo cero y gracias a él ha sido de 14 °C para el período 1961-90. En nuestro Sistema solar podemos observar cómo Mercurio, el planeta más cercano al Sol, que carece de atmósfera tiene una temperatura media de 167 °C mientras el siguiente, Venus con una densa atmósfera formada por CO₂ alcanza una temperatura media de 457 °C, poniendo de relieve la importancia del efecto invernadero.¹²

¹² LARIOS MARTÓN, José. *Calentamiento global, al borde del límite*. p 11.

El efecto invernadero siempre ha existido y no solo es bueno para la tierra, sino que permite la vida en el planeta, pero este efecto ha aumentado la temperatura al existir una saturación de gases mayor al promedio histórico, especialmente de carbono. Siendo el carbono el principal responsable del aumento de temperatura causado por el efecto invernadero.

2.2.1. Gases efecto invernadero

Los gases de efecto invernadero GEI son gases que se encuentran dentro de la atmósfera que absorben y emiten radiación, siendo este proceso la fundamental causa del efecto invernadero, cabe resaltar que este proceso es necesario para mantener una temperatura que permita la vida en la tierra, ya que sino no tuviera lugar este mismo la temperatura promedio en la superficie de la tierra sería de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ en lugar de la media actual de alrededor de $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Así mismo el exceso de este tipo de gases causa el efecto contrario, que se traduce en un aumento de la temperatura promedio de la superficie de la tierra.

2.2.1.1. Vapor de agua

Es un gas que se obtiene por evaporación o ebullición del agua líquida o por sublimación del hielo. Es el que más contribuye al efecto invernadero debido a la absorción de los rayos infrarrojos. Es inodoro e incoloro.

2.2.1.2. Dióxido de carbono

Es un gas incoloro, denso y poco reactivo; también llamado óxido de carbono (IV) y anhídrido carbónico. Sus moléculas están compuestas por dos átomos de oxígeno y uno de carbono y su fórmula química es CO_2 . Forma

parte de la composición de la tropósfera (capa de la atmósfera más próxima a la Tierra). Su ciclo en la naturaleza está vinculado al del oxígeno.

La tala de los bosques, la expansión de la frontera agrícola y ganadera, la destrucción de las zonas húmedas y uso de combustibles fósiles aceleran el incremento de CO₂ que se emite a la atmósfera. Las tierras agrícolas no almacenan tanto carbono como los bosques a los que sustituyen; sin embargo, el suelo emite grandes cantidades de dióxido de carbono cuando se cultiva. Cada vez que se revuelve el suelo, más materia orgánica queda expuesta a la atmósfera.

2.2.1.3. Metano

Es el hidrocarburo alcano más sencillo, cuya fórmula química es CH₄. Cada uno de los átomos de hidrógeno está unido al carbono por medio de un enlace covalente. Es una sustancia no polar que se presenta en forma de gas a temperaturas y presiones ordinarias. Es incoloro e inodoro y apenas soluble en agua en su fase líquida. En la naturaleza se produce como producto final de la putrefacción anaeróbica de las plantas. Este proceso natural se puede aprovechar para producir biogás. Constituye hasta el 97 % del gas natural. El metano es un gas de efecto invernadero, relativamente potente que tiene un potencial de calentamiento global de 23; pero su concentración es bajísima. Esto significa que cada kilogramo de metano calienta la Tierra 23 veces más que la misma masa de CO₂, sin embargo, hay aproximadamente 220 veces más dióxido de carbono en la atmósfera de la Tierra que metano, por lo que el metano contribuye en menor manera al efecto invernadero.

2.2.1.4. Óxidos de nitrógeno

Es el único óxido de nitrógeno que actúa como gas de efecto invernadero, es emitido por las bacterias del suelo, la agricultura, el uso de fertilizantes con base de nitrógeno, el tratamiento de los residuos animales. Algunas industrias, como la del nailon y la quema de combustible en motores de combustión interna, también liberan óxido nitroso a la atmósfera.

2.2.1.5. Ozono

Es una sustancia cuya molécula está compuesta por tres átomos de oxígeno, formada al disociarse los dos átomos que componen el gas de oxígeno. Cada átomo de oxígeno liberado se une a otra molécula de oxígeno (O₂), formando moléculas de Ozono (O₃). El ozono, que es un contaminante secundario, se crea a partir de las reacciones de la luz solar y radiación ultravioleta con los óxidos de nitrógeno y dióxido de azufre que contaminan la atmósfera. Estos contaminantes primarios provienen del tráfico, las instalaciones de combustión o la industria química.

2.3. Calentamiento global

El calentamiento global es una consecuencia del efecto invernadero que consiste como su nombre lo indica en el aumento de la temperatura promedio de la superficie de la tierra. Para entender la relación directa entre los GEI y el calentamiento global Barros establece:

El agua, el dióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso son componentes naturales de la atmósfera. Estos gases tienen la propiedad de absorber parte de la radiación que sale por la ventana de radiación. De modo que,

cuando su concentración aumenta, la radiación saliente al espacio exterior es menor y, por lo tanto, la temperatura que adquiere el planeta aumenta.¹³

2.3.1. Cambio climático

A lo largo de la historia han ocurrido diversos cambios climatológicos y en el futuro seguirán sucediendo, pero en la actualidad cuando se habla de cambio climático se da a entender como el fenómeno que causa en el calentamiento global y que afecta el clima y modifica condiciones tales como lluvias, sequías, derretimiento de los polos, concentración de carbono en el mar, entre otros. Barros (2006) lo explica de la siguiente manera:

La prolongada permanencia de los GEI en la atmósfera hace que las emisiones tengan un efecto acumulativo. Esto, combinado con el retardo con que las temperaturas del sistema climático se acomodan a las nuevas concentraciones de los GEI, hace que los mayores efectos de las emisiones de GEI se sientan después de varias décadas. En cierta forma, la manifestación de este proceso se parece a la de las enfermedades de desarrollo lento y solapado, que cuando se hacen notorias resultan difíciles de controlar. Esto explica, en parte, por qué no hay consenso para asumir los costos de reducción de las emisiones, en beneficio de las futuras generaciones y de la conservación de las otras especies vivas.

A esta problemática se le ha dado en llamar impropriamente “Cambio Climático”. Cambios climáticos han ocurrido en el pasado y seguramente ocurrirán en el futuro, por diversas causas y no sólo por cambios en la concentración de los GEI. En rigor, se trata de un Calentamiento Global que ciertamente entraña un importante cambio climático, no sólo en la temperatura sino también en otras variables climáticas importantes para la vida y las actividades productivas como la precipitación, los vientos y la humedad.¹⁴

Algunas de las consecuencias que ya se pueden observar de este fenómeno son:

- El aumento de la temperatura promedio global en la superficie de la Tierra en 0,6 °C en los últimos 150 años.

¹³ BARROS, Vicente. *Cambio climático global*. p.14.

¹⁴ *Ibíd.*

- Retirada general de los glaciares y un aumento en la temperatura de la superficie del mar de al menos en 0,6 °C.
- Desde 1950, la temperatura nocturna aumentó más rápidamente que la diurna, hecho que revela un incremento del efecto invernadero.
- Aceleración del ciclo hidrológico.
- Enfriamiento de la estratosfera desde 1979 en más de 0,5 °C.

Todos estos y otros muchos indicios coinciden en que hubo un calentamiento global, sobre todo en los últimos 30 años, que son ocasionados por el aumento de las concentraciones de los GEI.

2.4. Huella ecológica

Es una metodología utilizada para calcular los requerimientos del hombre sobre la naturaleza, que equivalen al área biológicamente productiva requerida para poder producir los recursos que se utilizan y absorber los residuos que se generan. Esta metodología no indica la cantidad de personas que la tierra puede mantener con sus recursos, en su lugar dice la porción de tierra que se necesita para mantener a una cierta cantidad de personas, que en algunos casos puede ser que se necesite más tierra de la que hay disponible.

La huella ecológica se relaciona directamente con el concepto de capital natural:

Se refiere a todos los recursos de la biosfera que proveen los servicios ecológicos esenciales como los recursos renovables y no renovables, absorción de los residuos y las condiciones climáticas estables.¹⁵

¹⁵ BADII, Mohammad. *La huella ecológica y sustentabilidad*. p. 673.

De esta cuenta se puede observar la importancia de un indicador como la huella ecológica que nos puede dar cifras que representan la realidad de las condiciones en que diferentes grupos de personas o poblaciones viven, así como establecer si es o no sostenible un modelo de vida, justo como expresa BADII en su artículo de revista:

Cualquier análisis de la sustentabilidad requiere alguna manera de medir esta carga, ya que “si no puede medirla, no se puede manejarla.” Este concepto se aplica tanto al estudio de los recursos naturales como al análisis económico de las finanzas. En muchas formas, el análisis de la huella ecológica se puede ver como una forma del conteo ambiental que respeta los límites ecológicos, en una manera que la economía convencional con sus estimaciones monetarias, no lo hace. En otras palabras, los precios son aglomerados extraños que no tiene un mensaje objetivo a decir acerca del valor de las cosas tanto del punto de vista de un lado como de otro lado.¹⁶

2.4.1. Déficit ecológico

Se define como el sobrepaso del consumo del hombre sobre la capacidad de la tierra para generar recursos y absorber los residuos, agotando de esta forma el capital natural para soportar la utilización de los recursos. En otras palabras, es cuando el consumo asociado a un modelo de vida es más alto la capacidad de la tierra para proveer estos recursos.

2.4.2. Reserva Ecológica

El caso contrario al déficit ecológico sería la reserva ecológica que indica que una población es sostenible o autosuficiente ya que puede producir y absorber los residuos generados por ellos mismos sin agotar su propio capital natural.

Como un ejemplo podemos plantear el siguiente caso.

¹⁶ BADII, Mohammad. *La huella ecológica y sustentabilidad*. p. 673.

Tabla I. **Huella ecológica por país**

País	Huella Ecológica Total	Biocapacidad Total (Capital Natural)	Reserva / Déficit	Países requeridos
Zambia	0,99	2,23	+1,24	0,44
Guatemala	1,89	0,99	-0,9	1,91
Canadá	8,17	16,01	+7,83	0,51
Rusia	5,69	6,79	+1,1	0,84
China	3,39	0,94	-2,44	3,59
UK	4,94	1,32	-3,69	3,76

Fuente: LÓPEZ, Mario. *La huella ecológica mundial: por país*.

<https://www.lavanguardia.com/vida/20170408/421527311147/sabado-de-mapas-huella-ecologica-mundial.html>. Consulta: 9 de mayo de 2020.

En la tabla I podemos observar una lista de países con sus respectivas huellas ecológicas y Biocapacidad total. Con una substracción de la huella ecológica a la Biocapacidad total obtenemos la reserva (+) o déficit (-) dependiendo del signo y finalmente la cifra de los países requeridos se obtiene de división de la huella ecológica partido la Biocapacidad total. Con esta información se puede explicar de forma práctica lo anteriormente enunciado, concluyendo que, para un país como el nuestro, Guatemala, la Biocapacidad de 0,99 contrastado con nuestra huella ecológica de 1,89 nos indica que para poder mantener nuestro estilo de vida actual de una forma sostenible requeriríamos 1,91 el capital natural que reamente tiene nuestro país lo cual es imposible ya que los recursos son finitos y esto hace que poco a poco acabemos con nuestro capital natural. De la misma forma podemos ver que países como Canadá o Rusia a pesar de tener una huella ecológica elevada pueden mantener su estilo de vida de manera sostenible por el altísimo índice

de biocapacidad con que cuentan, o países como Zambia que a pesar de no tener una biocapacidad tan grande como las de los anteriores, tienen una vida sostenible por su baja huella ecológica.

2.5. Protocolo de Kyoto 1997

El día 10 de diciembre de 1997 en la Ciudad de Kyoto, Japón, se llevó a cabo la Tercera Conferencia de las Partes de la Convención sobre Cambio Climático, con el compromiso formal de los países participantes de reducir sus emisiones de GEI en 5,2 % para el año 2012 —dióxido de carbono (CO), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O)-, teniendo como base el año 1990, y el año 1995 para los hidrofluorocarbonos (HFCs), los perfluorocarbonos (PFCS) y el hexafluoruro de azufre (SF₆), ya que en 1990 prácticamente no se producían. Cabe resaltar que cada país tenía sus metas y compromisos específicos.

2.5.1. Objetivos del protocolo de Kyoto

El objetivo principal del protocolo de Kyoto es el de promover el desarrollo sostenible, implícitamente es un objetivo a su vez estabilizar las emisiones GEI, ya que ayudará a cumplir el primero. La tarea de disminuir la emisión de los GEI es de todos los países pero el principio de "Responsabilidad común pero diferenciada" establece que los países: (Alemania, Australia, Austria, Bélgica, Bulgaria, Canadá, Comunidad Europea (hoy Unión Europea), Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España (hoy miembro de la Unión Europea), Estados Unidos de América, Estonia, Federación de Rusia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Japón, Letonia, Liechtenstein, Lituania, Luxemburgo, Mónaco, Noruega, Nueva Zelandia, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido de la Gran Bretaña e Irlanda del Norte, República Checa,

Rumania, Suecia, Suiza, Ucrania) serán los que deban alcanzar el objetivo primordialmente en el periodo del año 2008 al 2010.

El artículo 2 establece que, para lograr la reducción de los GEI, cada uno de los países anteriormente mencionados se verá en la obligación de elaborar planes nacionales y poner en marcha medidas para fomentar la eficiencia energética y promover el uso de nuevas formas de energías alternativas o renovables.

El artículo 3 del protocolo plantea que los países anteriormente mencionados se comprometieron a reducir la emisión de GEI como mínimo un 5% respecto a sus niveles de 1990 en el periodo del 2008 al 2012 para así poder minimizar las repercusiones ambientales, sociales y económicas del cambio climático.

El Protocolo de Kyoto cuenta con 3 principios:

- Principio de precaución: esto porque el tratado pide la realización de acciones y toma de medidas, aunque las consecuencias del problema aún no se han presentado en su totalidad.
- Principio de responsabilidad común pero diferenciada: se fundamenta en el hecho de que todos los países han contribuido al cambio climático en diferentes escalas, por lo que a todos se les puede exigir, pero no con la misma intensidad, ya que por ejemplo los países desarrollados cuentan con una deuda histórica aparte de la que generan actualmente.

- Principio de cooperación internacional: el protocolo establece que nada de lo que plantea se puede desarrollar sin cooperación, haciendo por tanto la colaboración un principio de este.

2.5.2. Mecanismos de flexibilidad

Para entender la razón de ser de los mecanismos de flexibilidad es necesario remontarse a la conferencia: Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático en Kyoto, Japón 1997 en donde se pensaba que la misma sería un rotundo fracaso ya que las conferencias precursoras siempre terminaban en largos debates de la importancia de tomar o no acciones. En vista de lo imprescindible que era llegar a un acuerdo para así poder empezar a contrarrestar el efecto los GEI se decidió crear estos mecanismos, que principalmente buscan favorecer a los países que se han mencionado con anterioridad para que estos se comprometieran a cumplir los compromisos adquiridos con el protocolo.

Los mecanismos de flexibilidad son los siguientes:

- Mecanismos de aplicación conjunta.
- Comercio de los derechos de emisiones.
- Mecanismo para el desarrollo limpio.

2.5.2.1. Mecanismos de aplicación conjunta

Este mecanismo implica que un país del anexo B¹⁷, desarrollará proyectos de mitigación o compensación de carbono para cumplir su obligación de

¹⁷ Naciones Unidas. *Protocolo de Kyoto de la convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático*. Enlace: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>.

reducción, a pesar de que parezca sencillo para poder ponerlo en marcha el artículo 6 del protocolo de Kyoto, establece lo siguiente:

- a) Todo proyecto de ese tipo deberá ser aprobado por las partes participantes;
- b) Todo proyecto de ese tipo permitirá una reducción de las emisiones por las fuentes, o un incremento en la absorción por los sumideros, que sea adicional a cualquier otra reducción y otro incremento que se produciría de no realizar el proyecto [...]
- c) La parte interesada no podrá adquirir ninguna unidad de reducción de emisiones si no ha dado cumplimiento a sus obligaciones dimanantes de los artículos 5 y 7; y
- d) La adquisición de unidades de reducción de emisiones será suplementaria a las medidas nacionales adoptadas a los efectos de cumplir los compromisos contraídos en virtud del artículo.¹⁸

Por lo que el mecanismo de Aplicación Conjunta será llevado a cabo por países desarrollados y será aprobado por ellos y para ellos. Esto significa que ambos países se benefician ya que uno obtiene certificados de reducción de emisiones a un precio menor que en su país y el otro país obtiene inversión.

Este mecanismo permite exceder el volumen de emisiones que se tienen asignadas si el emisor adquiere unidades de reducción de emisiones en otro país.

2.5.2.2. Comercio de los derechos de emisión

De acuerdo con los artículos 3 y 17 del Protocolo de Kyoto en el Comercio de los derechos de emisión podrán participar tanto países desarrollados como los países en desarrollo incluidos en el anexo B.

Este mecanismo se refiere a que los países que emitan menos emisiones de los niveles establecidos para ellos pueden vender sus derechos de emisión a

¹⁸ Naciones Unidas. *Protocolo de Kyoto de la convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático*. Enlace: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>.

otros países o empresas en otros países que excedan éstas mismas o no puedan reducirlas a los niveles establecidos.

2.5.2.3. Mecanismos de desarrollo limpio

Según el artículo 12 del protocolo de Kyoto, un mecanismo de desarrollo limpio será implementado para poder ayudar los países no contemplados en el anexo B, es decir a los países en vías de desarrollo mediante la transferencia de tecnologías limpias que les ayude a dar cumplimiento a la convención y a la vez los países desarrollados cumplirán con sus propios compromisos.

El mecanismo consiste en realizar una transferencia de tecnología limpia, para reducir las emisiones de GEI. De esta forma la disminución de la contaminación emanada de la inversión se demostrará en un certificado que el país o la compañía —del país que recibe la transferencia- podrá intercambiar por derechos de emisión en su país de origen o en otro de los países en los que opere —si es que hablamos de empresas- en el caso de país a país es más fácil. País A —recibe la transferencia- país B recibe el certificado. El artículo 12 menciona que este mecanismo estará bajo la autoridad y dirección de la Conferencia y la supervisión de la junta ejecutiva.

Entonces se entiende que el país desarrollado usará las Reducciones Certificadas de Emisiones (CER's) para lograr la limitación y reducción de emisiones, así como el menor costo de inversión; mientras la economía en transición logrará un desarrollo sostenible y el beneficio de la transferencia tecnológica.¹⁹

2.5.3. Ratificación del Protocolo de Kioto en Guatemala

La ratificación del Protocolo de Kioto por parte de la República de Guatemala fue hecha el 3 de junio de 1999, a partir del Decreto del Congreso No.23-99.

¹⁹ MENDOZA, Laura Ivonne. *El cambio climático en américa del norte y la conducción de la cooperación ambiental en el marco vinculatorio del protocolo de Kyoto*. p. 43

En Guatemala, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), fue designado como la autoridad nacional, el 12 de agosto del 2005, a partir del Acuerdo Gubernativo No. 388-2005.

De acuerdo con los compromisos que Guatemala ha hecho en el Protocolo de Kioto, debe cumplir con los siguientes:

- Desarrollar y actualizar inventarios de emisiones y remoción de GEI: incluye deforestación, plantaciones y regeneración de bosques, quema o descomposición de madera.
- Desarrollar programas para mitigar los efectos del cambio climático, incluyendo medidas sobre emisiones y sumideros.
- Promover tecnologías para reducir emisiones.
- Promover manejo sostenible de sumideros y reservas.
- Prepararse para la adaptación a los impactos del cambio climático y desarrollar planes apropiados para áreas que podrían ser afectadas por inundaciones, sequías o procesos de desertificación.

2.6. Huella de carbono

Se define como el total de gases de efecto invernadero que se producen directa o indirectamente para el desarrollo de las actividades humanas; se expresa en el equivalente de toneladas de dióxido de carbono (CO₂), lo definen como:

La Huella de Carbono (HdC), definida en forma muy general, representa la cantidad de gases efecto invernadero (GEI) emitidos a la atmósfera derivados de las actividades de producción o consumo de bienes y servicios.²⁰

²⁰ PANDEY, Divya. *Carbon footprint: current methods of estimation*. p. 178.

Es considerada una de las herramientas más importantes para la cuantificación de emisiones de GEI en la actualidad.

2.6.1. Métodos de análisis

Existe una amplia variedad de metodologías para poder analizar y calcular la huella de carbono hdc y no se ha llegado a ningún convenio internacional para hacer uso oficial de una sola metodología, por lo que hay muchas herramientas aceptadas, pero ninguna es definitiva, ya que varían en complejidad, profundidad, tiempo, costo, validez, entre otras cosas. El método que se seleccione para la medición de huella de carbono quede a discreción de la institución o empresa que la requiera, ya que dependerá el uso que se le pretende dar, pudiendo ser estos usos: análisis y mejora continua, certificación, legal, conformidad o cualquier otro que se necesite.

A continuación, una lista de las metodologías más importantes actualmente, seguido de una descripción de cada una, están separadas ya que unas se enfocan en productos y otras en organizaciones.

Productos

- PAS 2050
- PAS 2060
- ISO 14067
- Bilan Carbone TM

Organización

- GHG Protocol
- ISO 14064
- ISO 14069

- Bilan Carbone TM

2.6.1.1. La norma PAS 2060:2010.

Es un estándar publicado por British Standards Institution en 2010 que permite a las organizaciones asegurar que sus declaraciones sobre neutralización de las emisiones de CO2 son correctas y aumentar la confianza de los clientes.

La norma PAS 2060 proporciona orientación sobre la manera de cuantificar, reducir y compensar las emisiones de GEI sobre una materia específica, incluidas las actividades, productos, servicios, edificios, proyectos, pueblos y ciudades y eventos.

PAS 2060 se aplica a todas las entidades que puedan demostrar que no producen un aumento neto en la emisión de gases de efecto invernadero como consecuencia del desarrollo de ciertas actividades.²¹

2.6.1.2. La norma PAS 2050:2008

Verificación de la Huella de Carbono, es una especificación publicada por British Standards Institution en 2008 y en su elaboración han participado diversos expertos de la administración pública británica, de organizaciones empresariales, así como expertos procedentes de la universidad y de organizaciones internacionales.

Se trata de un documento de aplicación voluntaria y aunque en este caso pueda utilizarse para gestionar requisitos reglamentarios,

hay que tener en cuenta que su cumplimiento no confiere inmunidad a las organizaciones frente al cumplimiento de sus obligaciones legales.

Las organizaciones que reclamen la conformidad del cálculo de la huella de carbono de sus productos conforme a PAS 2050 deben garantizar que el análisis del ciclo de vida de sus productos sea completo.

PAS 2050 diferencia 2 tipos de ciclos de vida, en función del tipo de producto:

1. *Business to Business* (De negocio a negocio), cuando el ciclo de vida considerado del producto finaliza con la entrega de este a otra organización para que lo utilice en la elaboración de otro producto.

2. *Business to Customer* (Del negocio al cliente), cuando se considera el ciclo de vida completo del producto, incluidas las actividades posteriores a la entrega del producto al cliente/usuario.²²

²¹ Asociación española de empresas de consultoría. *Norma PAS 2050:2008*.
<https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/norma-pas-2060>.

²² Ibid.

2.6.1.3. ISO 14067:2018

Mide la huella de carbono de los productos, estableciendo sus requisitos y directrices para su correcta cuantificación.

2.6.1.4. ISO 14064-1:2018

Establece las especificaciones para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases efecto invernadero con orientación a nivel de las organizaciones.

2.6.1.5. Bilan Carbone TM

Se caracteriza por una visión generalista muy completa, por lo que, a través de sus distintos módulos, permite trabajar a nivel de empresas y eventos, pero también de territorios y productos. Esta metodología está basada en un programa en formato Excel, acompañado de guías de utilización. Se caracteriza por disponibilidad de los factores de emisión (en muchos casos determinados por numerosos países en el mundo) y de las fórmulas utilizadas, garantizando transparencia. Si bien la ADEME no vende licencias del Bilan Carbone TM, los utilizadores deben seguir una capacitación, cuyo costo es cercano a los 2 000 Euros. Así consiguen el conjunto de herramientas Bilan Carbone TM y pueden realizar análisis bajo este sello.²³

2.6.1.6. Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol)

Es la herramienta internacional más utilizada para el cálculo y comunicación del Inventario de emisiones.

Fue la primera iniciativa orientada a la contabilización de emisiones, propuesta por los líderes gubernamentales y empresariales para entender, cuantificar y gestionar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

²³ ELEL ASTURIAS, Julio. *Determinación de huella de carbono del agua y los residuos sólidos como indicador ambiental en la facultad de ingeniería de la* http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3828_IN.pdf.

El GHG Protocol ha sido desarrollado entre el *World Resources Institute* (WRI) y el *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD), junto con empresas, gobiernos y grupos ambientalistas de todo el mundo, con el fin de construir una nueva generación de programas efectivos y creíbles para abordar el cambio climático.

La utilidad de esta herramienta se resume en los siguientes puntos:

- Permite preparar inventarios de los GE.
- Simplifica y reduce costos de inventariar los GEI.
- Ofrece información para planear estrategias de gestión y reducción.
- Facilita la transparencia en el sistema de contabilización.²⁴
-

Tabla II. **Comparación de cuatro metodologías para la medición de la huella de carbono**

Método	Enfoque	Perímetro	Referencia/ País	Escala	Unidad	Información	Actividades
Protocolo de Gases Efecto Invernadero (GEI Protocol)	CORPORATIVO	Alcance 1: Emisiones Directas provenientes del uso de combustible bajo control de la empresa	Protocolo GEI (2001) (Multinacional)	Empresa: SI	Ton CO ₂ eq/año	Documentación o medición de consumos directos e indirectos de actividades operacionales u organizacionales	Todas las actividades de una organización
		Alcance 2: Emisiones Indirectas por consumo de electricidad		Territorio: NO			
Balance de Carbono (<i>Bilan Carbone</i>)		Alcance 3: Emisiones Subsidiarias o indirectas fuera del control de la empresa	BC (2002) (Francia)	Empresa: SI	Ton CO ₂ eq/año		
				Territorio: SI	kg CO ₂ eq/Unidad funcional		
				Producto: SI			
Especificaciones Públicamente Disponibles (PAS 2050)	PRODUCTO	Emisiones generadas a lo largo del ciclo de vida del producto en base a dos opciones alternativas: B2B o B2C	Grupo BSI (2008) (UK)	Producto: SI	kg CO ₂ eq/Unidad funcional	Mapas de procesos e inventarios. El Análisis del Ciclo de Vida permite relacionar aspectos operacionales y ambientales	Todas las actividades esencialmente productivas
Método Compuesto de las Cuentas Contables (MC3)	CORPORATIVO + PRODUCTO	Emisiones generadas en una organización sin exceder sus límites, no se incluirán ni clientes, ni proveedores, consorcios o plantas de tratamiento de desechos.	Doménech (2004) (España)	Empresa: SI	Ton CO ₂ eq/año	Básicamente cuentas contables de la organización permitiendo relacionar el aspecto económico al ambiental	Todas las actividades de una organización
				Producto: SI	Ton CO ₂ eq/ton producto		
					Hectáreas Globales (Gha)		

Fuente: ESPÍNDOLA, César; VALDERRAMA, José O. *Huella del carbono. Parte 1: conceptos, métodos de estimación y complejidades metodológicas*. p.171.

²⁴ ECOINTELIGENCIA. *¿Conoces en qué consiste el GHG Protocol?*
<https://www.ecointeligencia.com/2013/05/ghg-protocol/>.

2.7. Impacto ambiental

Es el efecto que producen las actividades humanas en el ambiente, impactando directamente en el orden natural de su entorno y ocasionando desbalances e incluso catástrofes naturales.

Para evaluar el impacto ambiental existen estudios conocidos como estudios de impacto ambiental EIA y la mayoría de los países cuentan con normativos y leyes que pretenden regular las actividades y consecuencias de las actividades humanas por medio de EIA que pueden determinar los efectos de la realización de proyectos de todo tipo.

Define los EIA de la siguiente forma:

Es un proceso de advertencia temprana que verifica el cumplimiento de las políticas ambientales.

Es la herramienta preventiva mediante la cual se evalúan los impactos negativos y positivos que las políticas, planes, programas y proyectos generan sobre el medio ambiente, y se proponen las medidas para ajustarlos a niveles de aceptabilidad.

2.8. Compensación de carbono

La compensación es la acción de neutralizar la cantidad de emisiones de CO₂ (Huella de Carbono) que emite una persona, empresa u organización cuando se desarrolla una actividad, invirtiendo económicamente en un proyecto para la mejora del medio ambiente y el entorno social en el que se desarrolla.²⁵

²⁵ Clean CO₂. *Qué es compensación de carbono*. <https://cleanco2.com/es/compensacion-de-carbono/>.

Lo que significa que para poder ser carbono neutral como individuo o institución se debe compensar cada tonelada de dióxido de carbono que emiten nuestras actividades con reducción de las emisiones primero y seguido de esto con 1. La realización o patrocinio de algún proyecto que compense nuestra huella de carbono por medio de casos como plantación de árboles que fije la misma cantidad de carbono que se emite o una granja de energía limpia que genere el de equivalente de energía que se consume. (Ambos casos se explican a continuación).

2.8.1. Fijación de carbono

El principal medio de fijación de carbono, en términos de compensación de la huella de carbono, es el de plantación y mantenimiento de bosque expresado en el total de hectáreas de bosque que fija dióxido de carbono.

En otras palabras, cuando se conoce la magnitud de la huella de carbono del individuo o institución y este busca compensarla por medio de fijación de carbono, lo que debería hacer sería plantar y mantener un bosque del tamaño necesario para contrarrestar el total de CO₂ que emite, o pagar alguien más para que lo haga.

Para calcular el total de toneladas de CO₂ que puede fijar una hectárea de bosque se requiere hacer una serie de cálculos en la que los valores involucrados van a variar dependiendo de factores como la especie de árboles, madures, región del planeta, suelo, entre muchos otros, pero en promedio se puede establecer que la fijación es de 2,6 ton de CO₂ por año por hectárea.

2.8.2. Proyectos de energías limpias

Son los proyectos que se usan como compensación de carbono a través del apoyo financiero para el desarrollo de fuentes de energías renovables como lo pueden ser parques eólicos, granjas de biomasa, digestores de biogás, represas de energía hidroeléctrica, granjas de paneles solares, desarrollo de yacimientos geotérmicos, entre otros.

2.8.3. Incentivos

Existe en Guatemala un programa por parte del Instituto nacional de bosques INAB, llamado “Probosque” que consiste en una serie de incentivos forestales que buscan incentivar las plantaciones forestales, aumentando las áreas boscosas del país, beneficiando indirectamente en la fijación de carbono del país. La funcionalidad y eficiencia de este programa podría ser objetivo de un trabajo completo de investigación, pero con motivos de no desviarnos del tema y evaluando la incidencia directa de este con el tema de la investigación actual cabe dentro del marco mencionarlo como una opción a considerar para el cálculo de compensación que se hará más adelante en esta investigación.

2.9. Reducción de emisiones

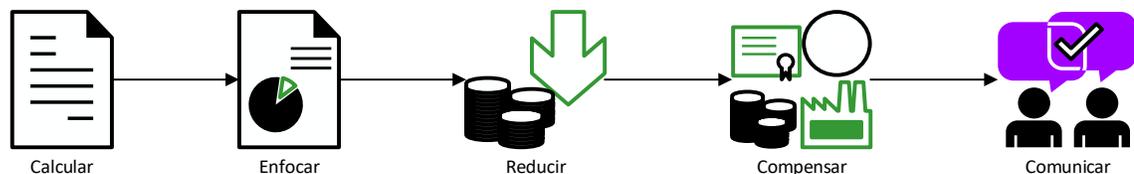
Consiste en disminuir el total de emisiones de GEI que se genera en las actividades de un individuo o institución por medio de utilización de energías limpias, eficiencia en consumo de energía, reducción de consumo de agua y generación de desechos sólidos, tratamiento y separación de basura, reutilización de materiales u otras dependiendo del giro de actividades que realice la misma.

Para poder disminuir la huella de carbono es imprescindible primero conocer su magnitud para luego poder reducir y a la vez medir el progreso.

2.10. Ciclo de reducción y compensación

Este ciclo se enfoca en el proceso completo de buscar una neutralidad de carbono, consta de 5 pasos que son calcular, enfocar, reducir, compensar y comunicar.

Figura 3. **Ciclo de reducción y compensación**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

Calcular: en esta etapa se debe cuantificar la huella de carbono tomando en cuenta todos los aspectos y variables que puedan afectar su magnitud.

Enfocar: con el cálculo de todos los factores realizados se deberá analizar los posibles focos de carbono, procesos o recursos que generan la mayor cantidad de huella de carbono y los puntos que tienen mayor rango de mejora.

Reducir: conociendo los puntos de críticos de emisión y posible reducción se procede a tomar acciones correctivas, mejora de procesos, o cualquier acción que ayude a disminuir la huella de carbono en los puntos críticos.

Compensar: después de reducir se obtiene una nueva hdc que debería ser menor a la inicial si se realizaron correctamente los pasos 2 y 3, acorde a la magnitud de esta nueva huella de carbono se crea un proyecto de compensación o se compran certificados equivalentes a su magnitud.

Comunicar: se comparten los resultados con la comunidad para dar a conocer la responsabilidad social de la persona u organización y de la misma forma motivar a más personas a buscar medir y compensar su huella de carbono.

3. SITUACIÓN ACTUAL

3.1. Factores seleccionados

Cuando se habla de la huella de carbono queda abarcado un rango muy amplio de posibilidades en donde se puede medir, porque todas las actividades y productos que se consumen tienen una huella asociada.

La huella de carbono que interesa es la asociada al centro uno del INTECAP de forma directa. Para establecer esto es importante entender que la huella se puede calcular de forma directa e indirecta.

Huella de carbono directa para este caso es la que se genera estrictamente dentro del centro asociado a sus actividades, mientras que la indirecta es todo aquella que se genera por consecuencia de las actividades en el centro como podría ser el transporte de los usuarios al centro, la comida ingerida por los usuarios al momento de estar en el mismo o la huella emitida para construir las máquinas y equipos que usan.

El trabajo solo busca establecer la huella directa de los tres factores principales asociados al funcionamiento del centro, siendo estos agua, electricidad y desechos sólidos.

Tomando como base las necesidades de las instalaciones y sus funciones, en la tabla III se puede ver la cantidad de laboratorios y aulas con los que cuenta el centro, partiendo de su función se puede obtener un estimado de consumo agua, energía eléctrica y generación de desechos sólidos.

Tabla III. **Aulas y laboratorios por área en INTECAP Centro Uno Guatemala**

Nombre del área	Laboratorio	Aula
Informática	6	0
Belleza	0	7
Carpintería	0	1
Peritos	1	7
Gastronomía	0	3
Electricidad	0	3
Electrónica	4	1
Textiles	1	5
Panadería	0	3
Radio y televisión	1	1
Total	13	31

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

3.1.1. Agua

El agua como uno de los recursos más valiosos para la vida dentro del planeta tierra, resulta ser también uno de los componentes esenciales que servirán para medir la huella de carbono total del centro de estudio en este trabajo.

3.1.1.1. Definición

El agua es el componente con mayor presencia en la superficie terrestre, conformando casi tres cuartas partes de esta. Esta sustancia está compuesta por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, en su composición básica no tiene color ni sabor en otras palabras en estado puro es inodora e insípido.²⁶

El agua puede encontrarse en tres estados, sólido líquido y gaseoso, para usos del estudio el agua considerada será en estado líquido. La utilizada para mantenimiento de las instalaciones, uso en baños y en talleres.

Se puede encontrar agua de varios tipos en función de sus características químicas, físicas o biológicas, siendo las principales:

- Dura: este tipo contiene un alto nivel de minerales como metales disueltos.
- Blanda: contiene una mínima cantidad de sales.
- Residuales: agua con calidad modificada en forma negativa por el uso previo del ser humano en procesos u actividades.
- Cruda: es la que no ha recibido ningún proceso de purificación ni ha sido afectada previamente por el humano.
- Dulce: se encuentra en la superficie natural, así como de forma subterránea en cuerpos de agua como ríos o lagos.
- Salada: la que tiene una concentración de por lo menos 35 % de sales minerales.
- Potable: es el agua destinada para el consumo humano.

²⁶ AQUAE FUNDACIÓN. *Qué es el agua*. <https://www.fundacionaquae.org/que-es-el-agua/>.

El agua tiene muchas funciones, siendo un componente indispensable en la vida diaria del ser humano. Sin agua no se podría vivir ni hacer un sinnúmero de actividades que van desde limpieza hasta generación de energía.

Algunas de las funciones del agua a nivel biológico del ser humano son: eliminación de toxinas del cuerpo, hidratación, nivelar la temperatura corporal o ayudar en la digestión.

3.1.1.2. Enfoque en el estudio

Dentro del estudio se medirá la huella de carbono que se genera por el uso directo del agua específicamente para el funcionamiento del centro y el desarrollo de las actividades dentro del mismo.

No se considerarán los usos indirectos siguientes:

- Consumo de agua potable de los usuarios dentro del centro (agua para beber).
- Cualquier uso asociado al usuario que no relacione una actividad dentro del centro.

En el caso del agua potable para beber no se incluye debido a que se asume lo siguiente: el agua utilizada para hidratación se lleva desde casa o se compra embotellada.

Respecto al segundo punto se refiere a que solo se tomará en cuenta el consumo de agua de actividades relacionadas directamente y no a lo que el usuario haga fuera del centro, aunque se relacionen con el mismo. Por ejemplo:

bañarse como consecuencia de haberse ensuciado en un taller de pintura es un consumo indirecto causado por el centro, pero en el estudio solo se incluyen las fuentes directas de consumo.

La huella de carbono asociada al agua en este estudio se deriva de dos procesos: la electricidad utilizada para bombear agua del sistema a las instalaciones y el total de óxido nitroso producido como parte del proceso de tratamiento de agua luego de que sea utilizada.

3.1.1.3. Descripción de su uso en el centro

En el siguiente listado se enuncian las actividades que consumen agua de forma directa dentro del centro.

- Mantenimiento de las instalaciones incluyendo: jardinería, limpieza de aulas, corredores, laboratorios y parqueo.
- Uso de baños incluyendo: lavamanos, inodoros, mingitorios.
- Uso en laboratorios o aulas incluyendo: aulas de belleza, carpintería, gastronomía, panadería y textiles.

3.1.1.4. Tabla de consumo

El consumo de agua mostrado en la tabla IV se calculó de la siguiente manera:

- Para aulas que utilizan agua dentro de sus actividades el consumo promedio es de 0,25 m³ por día.
- Para un laboratorio el consumo de agua promedio es de 0,5 m³ por día.

- Los inodoros dentro de las instalaciones consumen en promedio 0,005 m³ por uso y un lavado de manos 0,004 m³. (el promedio de usuarios por mes es de 2 080 y cada uno lo usa alrededor de 20 veces por mes).
- En jardinería se consume un promedio de entre 0,015 – 0,02 m³ por metro cuadrado de jardín por día.
- Para la limpieza de un aula el consumo promedio es de 0,03 m³ por día y el doble para un laboratorio. La limpieza de corredores es un factor de 0,8 con relación al total de salones en el centro.
- La limpieza de parqueo recae en los lavados de carro que se hacen de 0,05 m³ por lavado con un promedio de 6 diarios.

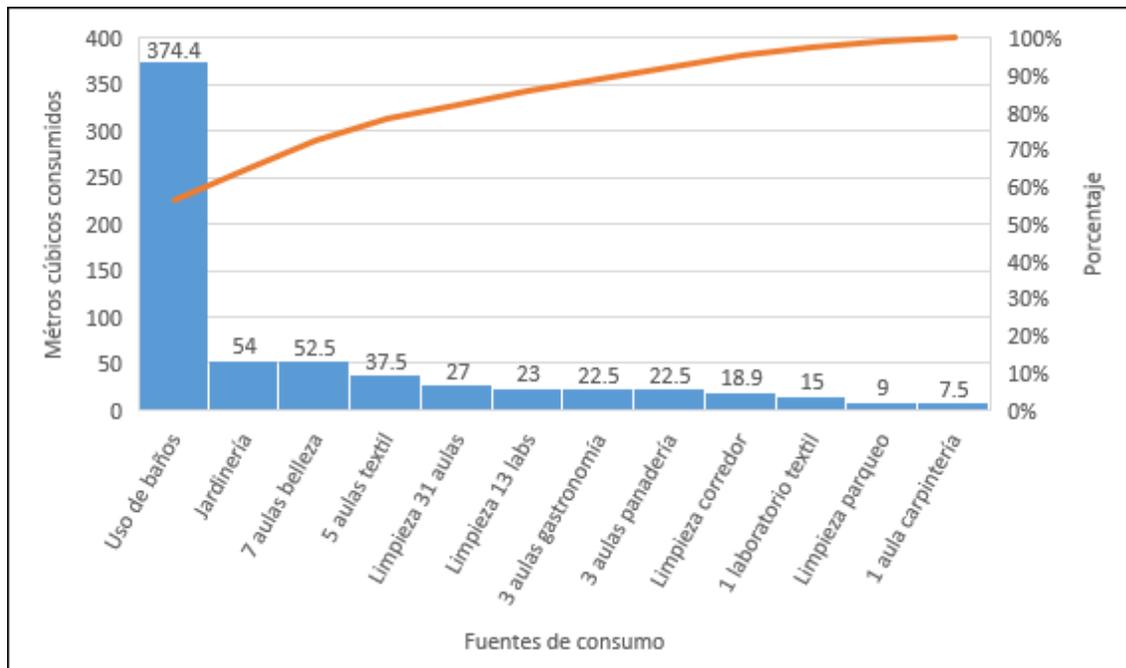
Los datos de la tabla IV se recopilaron por medio de observación directa e información solicitada a personal administrativo del centro.

Tabla IV. **Estimación de consumo mensual de agua en INTECAP Centro
Uno Guatemala**

Fuente de consumo	Metros cúbicos de agua por mes
Uso de 7 aulas de belleza	52,5
Uso de aula de carpintería	7,5
Uso de 3 aulas de gastronomía	22,5
Uso de 5 aulas de textil	37,5
Uso de 1 laboratorio de textil	15,0
Uso de 3 aulas de panadería	22,5
Jardinería	54,0
Limpieza 31 aulas	27,0
Limpieza 13 laboratorios	23,0
Limpieza corredores	18,9
Limpieza parqueo	9,0
Uso de baños	374,4
Total de m³ por mes	663,8

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

Figura 4. Pareto consumo de agua en metros cúbicos por fuente



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

3.1.2. Electricidad

Es importante mencionar a el concepto de la electricidad para poder comprender la forma en la que afecta en forma parcial el problema principal de este trabajo de investigación.

3.1.2.1. Definición

La energía eléctrica se define como el resultado del movimiento de electrones debido a la diferencia de potencial entre dos puntos, cuando esos

dos puntos entran en contacto mediante un conductor eléctrico se genera una corriente eléctrica.²⁷

Estas cargas se mueven a través de un conductor que regularmente es de material metálico por sus altas cantidades de electrones libres, la corriente es continua cuando las cargas se mueven de forma lineal y alterna cuando sus electrones generan ondulaciones.

La energía eléctrica se genera de diversas formas, dependiendo la fuente puede ser renovable o no renovable. La diferencia entre ambas es la fuente o combustible que utilicen, si es inagotable se considera renovable, mientras que si la fuente tiene un límite o no puede usarse repetidamente se le considera no renovable. Por lo general el termino renovable se relaciona con nula contaminación o nulo impacto ambiental, lo cual es cierto hasta cierto punto, ya que siempre se genera un impacto sin importar la fuente y si, es menos contaminante que las fuentes no renovables, pero también genera cierto tipo de contaminación.

Energías renovables:

- Geotérmica: usa como combustible el calor interno de la tierra.
- Eólica: su fuente es la fuerza del viento.
- Hidroeléctrica: aprovecha la energía potencial y cinética del agua.
- Solar: también conocida como fotovoltaica, utiliza la energía luminosa del sol.

Energías no renovables:

²⁷ ENERGÍA NUCLEAR. *Energía eléctrica*. <https://energia-nuclear.net/energia/energia-electrica>.

- Térmica: generada por el poder calorífico en la combustión de combustibles fósiles tales como carbón, petróleo o gas natural.
- Nuclear: se genera por medio uranio, elemento que no puede reutilizarse.

Finalmente, la energía eléctrica debe ser transportada de su lugar de generación al usuario final, utilizando redes eléctricas de transmisión y distribución que funcionan a nivel nacional e internacional.

3.1.2.2. Enfoque en el estudio

Dentro de este trabajo se tomará en cuenta el consumo directo de energía eléctrica asociado a las actividades y funcionamiento del centro, tomando en cuenta las fuentes de generación de la red nacional energética.

No se tomarán en cuenta emisiones indirectas como podría ser la huella asociada a la construcción una hidroeléctrica o la tala de árboles para instalar una granja eólica. Tampoco se incluirá la huella asociada a las pérdidas en transmisión de la red eléctrica.

3.1.2.3. Descripción de su uso en el centro

Dentro del centro se utiliza la energía eléctrica para el funcionamiento de equipos, máquinas e instrumentos. Tanto en los laboratorios como en las aulas se utiliza alumbrado artificial.

3.1.2.4. Tabla de consumo

El consumo de energía eléctrica de la tabla V se calculó tomando en cuenta lo siguiente:

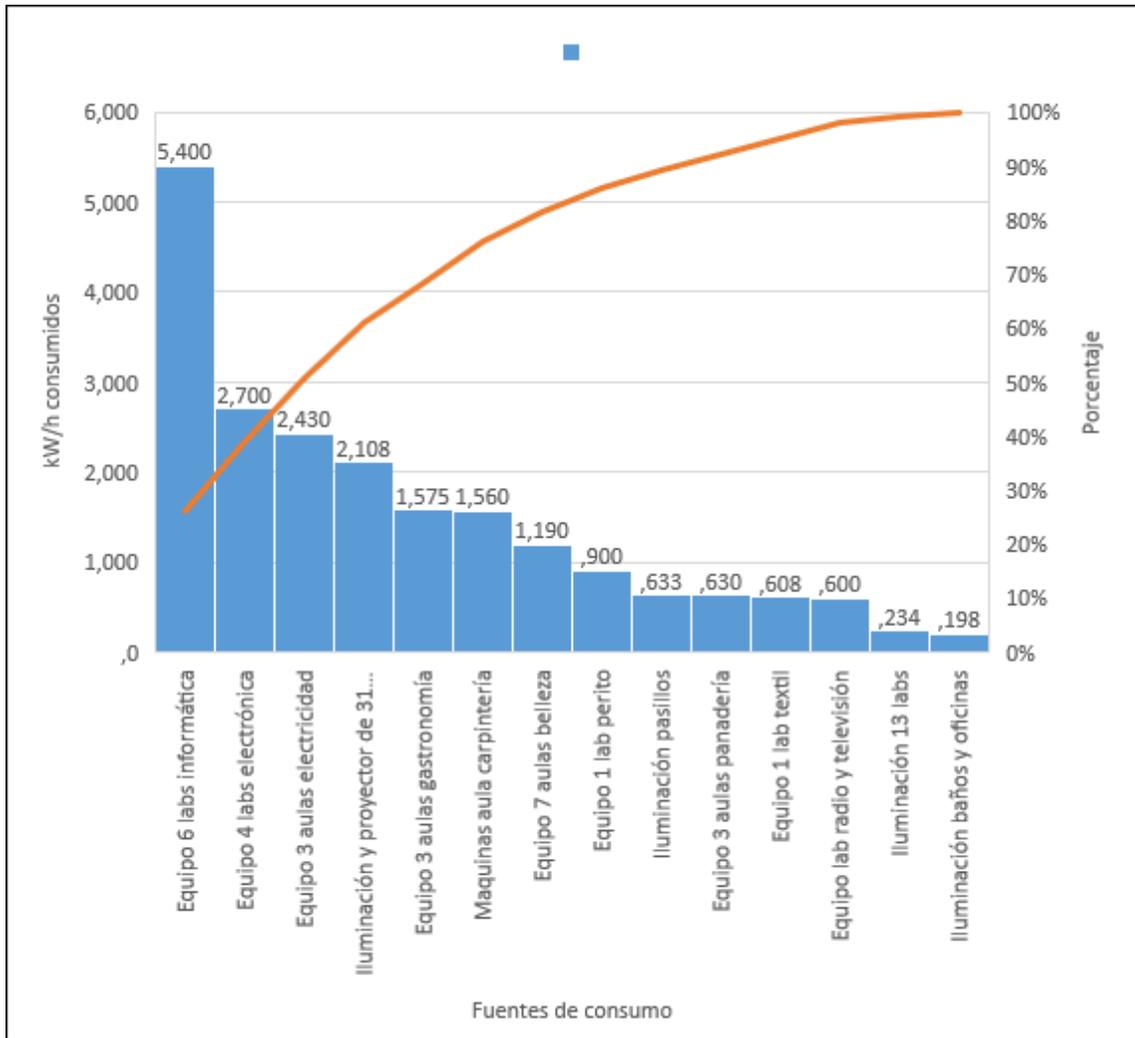
- Una bombilla consume de 15-60 watts.
- Un proyector de 300-500 watts.
- Una computadora de 65 – 250 watts.
- Equipos textiles (máquina de coser 90 watt, multiprocesadora 500 watt, plancha 1 kW).
- Radio 60 watts.
- Televisión 100 watts.
- Equipos belleza (máquina pelo 15 watts, secadora 825 watts, plancha 900 watts).
- Equipo carpintería (taladro 750 watts, sierra 500 watts).
- Equipo cocina (batidora 250 watts, licuadora 450 watts).

Tabla V. **Consumo mensual de energía eléctrica en INTECAP Centro Uno Guatemala**

Fuente de consumo	Kilo watts-hora consumidos/mes
Iluminación y proyector de 31 aulas	2 108
Iluminación de 13 laboratorios	234
Iluminación de pasillos	633
Iluminación de baños y oficinas	198
Equipo de 6 laboratorios de informática	5 400
Equipo 1 laboratorio de perito	900
Equipo 4 laboratorios de electrónica	2 700
Equipo 1 laboratorio textil	608
Equipo laboratorio radio y televisión	600
Equipo 7 aulas de belleza	1 190
Máquinas aula de carpintería	1 560
Equipo 3 aulas gastronomía	1 575
Equipo 3 aulas panadería	630
Equipo 3 aulas electricidad	2 430
Total de kWh/mes consumidos	20 766

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

Figura 5. Pareto consumo de electricidad en kW/h por fuente



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

3.1.3. Desechos Solidos

Los desechos sólidos son uno de los tres pilares en los que se basa el problema principal planteado en este trabajo, por lo que es importante entender su concepto y la forma en la que influyen en el mismo.

3.1.3.1. Definición

Son los residuos que produce el ser humano en su vida diaria, caracterizándose por encontrarse en esta sólido, diferenciándolos de otros desechos como lo son los líquidos y gaseosos.

Este tipo de desecho es que el ser humano genera con mayor frecuencia y en mayor cantidad, debido a que la mayor parte de las actividades que realiza el ser humano involucran la creación de este tipo desechos, agregado al hecho que son el desecho que más espacio ocupa.

Un ejemplo de esto es ver la rutina diaria de una persona: por la mañana come una barra de granola y una leche en la caja, en el transcurso del día compra algún tipo de botana en la calle y algún producto que tenía un envoltorio, para ir al baño usa papel higiénico y en la noche antes de dormir se acaba su pasta de dientes y desecha el empaque. Durante todo el día con cada actividad generó basura que, a pesar de parecer poca, cuando se junta resultan grandes cantidades más rápido de lo que se piensa.

Actualmente en Guatemala el estilo de vida de la mayoría de las personas es consumista, generando aún más residuos de los estrictamente necesarios. Los residuos son de distintos materiales y mezclas de materiales, algunos como el plástico, cartón, vidrio o papel son reciclables, pero si no se separan y tratan correctamente son igual o más contaminantes que algunos otros materiales no reciclables.

El proceso de separación y tratamiento es responsabilidad de todos. Los consumidores exigiendo materiales reciclables y separándolos al momento de

desecharlos, las municipalidades tratando la basura separada y las empresas reutilizando estos materiales.

“La gestión inadecuada de los desechos está produciendo la contaminación de los océanos del mundo, obstruyendo los drenajes y causando inundaciones, transmitiendo enfermedades, aumentando las afecciones respiratorias por causa de la quema, perjudicando a los animales que consumen desperdicios, y afectando el desarrollo económico, por ejemplo, al perjudicar el turismo”, afirmó Sameh Wahba, director de Desarrollo Urbano y Territorial, Gestión de Riesgos de Desastres, y Resiliencia del Banco Mundial.”²⁸

Guatemala es el país de América Latina que genera menor cantidad de kilogramos / per cápita / por día de basura según el banco mundial. A simple vista esto puede parecer un buen indicador, pero al analizar esta cifra se debe al gran porcentaje de la población que vive en pobreza o pobreza extrema y no generan prácticamente basura. En realidad, no es que generemos poca basura, sino que parece que es poca porque hay mucha gente sin recursos viviendo en condiciones inhumanas que “equilibran la balanza” de la basura generada por persona.²⁹

También es importante saber que América Latina es la región del mundo que menos recicla, solo un 4,5 % de los desechos se reciclan. Dejando para América Latina, en especial para Guatemala un gran camino por recorrer, pero también una gran oportunidad de mejora que impactaría positivamente en la reducción de la huella de carbono del país.

²⁸ Banco Mundial. Los desechos: *un análisis actualizado del futuro de la gestión de los desechos sólidos*. <https://www.bancomundial.org/es/news/immersive-story/2018/09/20/what-a-waste-an-updated-look-into-the-future-of-solid-waste-management>.

²⁹ BBC NEWS, Mundo. *Los 10 países que más y menos basura generan en América Latina*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-45755145>.

3.1.3.2. Enfoque en el estudio

Para efectos del estudio presente se tomará como referencia para el cálculo el aproximado de kilogramos de desechos sólidos que se generan por mes en las instalaciones del INTECAP centro uno, como consecuencia de las actividades desarrolladas dentro del mismo.

Las emisiones producidas como resultado del proceso de descomposición de estos desechos son principalmente de metano, este gas es producido tanto en los basureros como por el proceso de transportar la basura hasta el mismo.

3.1.3.3. Descripción de su uso en el centro

La generación desechos sólidos en el centro se dan como el resultado de todas las actividades llevadas a cabo en los laboratorios, aulas y consumo de los usuarios dentro del centro.

3.1.3.4. Tabla de consumo

Los datos de la tabla VI se basan en cálculos hechos con relación a la cantidad de horas promedio que permanece un usuario dentro del centro, para determinar el porcentaje de basura que generan dentro del mismo. La cantidad toma en cuenta los desechos por consumo de productos como alimentos, papel de baño o materiales usados en laboratorios y aulas. La generación en kilogramos para Guatemala según el banco mundial es de 0,47 kg al día por persona.³⁰

³⁰ BBC NEWS, Mundo. *Los 10 países que más y menos basura generan en América Latina.* <https://www.bbc.com/mundo/noticias-45755145>.

Tabla VI. **Generación de desechos sólidos en INTECAP Centro Uno Guatemala**

Fuente de creación	Kilogramos generados
Una persona en un día	0,47 kg/día
Promedio de tiempo de usuario en el centro	4 horas
Un usuario en el centro	0,12 kg/día
2,080 usuarios por día en el centro	250 kg/día
Total generado en el centro por mes	6 250 kg/mes

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

3.2. Planteamiento del Problema

A continuación, se explica la importancia del problema, de la mano con el planteamiento de este trabajo como una posible solución o aporte a la solución final del mismo.

3.2.1. Importancia

Dentro de una sociedad de consumo como lo es la sociedad de la ciudad capital de Guatemala, donde la mayoría de la basura no se recicla y se usa el agua y la energía eléctrica sin ningún tipo de conciencia.

No se cuantifica de ninguna forma el impacto de las actividades y hábitos de los ciudadanos, haciendo que el país se mueva a ciegas en un contexto ambiental en el que se sigue viviendo no por un buen manejo, sino por la riqueza del país que ha sido capaz de sostener tan malas prácticas ambientales.

La necesidad es conocida como la madre de la invención y es en parte por esto que algunos de los países con menos recursos naturales han creado las prácticas con mayor eficiencia para el uso de los recursos, reduciendo así al mínimo el desperdicio y su impacto ambiental.

Ejemplos prácticos de esto:

- Israel tiene algunos de los sistemas más eficientes de agricultura en lo que respecta al uso del agua, siendo un país con un recurso hídrico muy limitado. Guatemala tiene recurso hídrico muy abundante y se usa y contamina sin control, no existen leyes ni políticas que lo regulen.
- Islandia produce el 100 % de su energía con fuentes renovables reduciendo su huella de carbono en gran medida. Guatemala tiene un potencial parecido de fuentes renovables de energía renovable y ni siquiera el 60 % de la energía del país es renovable.

Entonces se puede establecer que Guatemala teniendo abundantes recursos y condiciones para mejorar exponencialmente el aprovechamiento de estos, reducir el desperdicio y disminuir su huella de carbono no se hace por desinterés, desinformación o el hecho que el medio ambiente no es una prioridad para el país.

Es en este punto donde toman un rol protagónico las instituciones públicas, iniciativa privada y la sociedad en general para exigir e implementar acciones que beneficien al país en materia de medio ambiente y sostenibilidad.

3.2.2. Responsabilidad Social

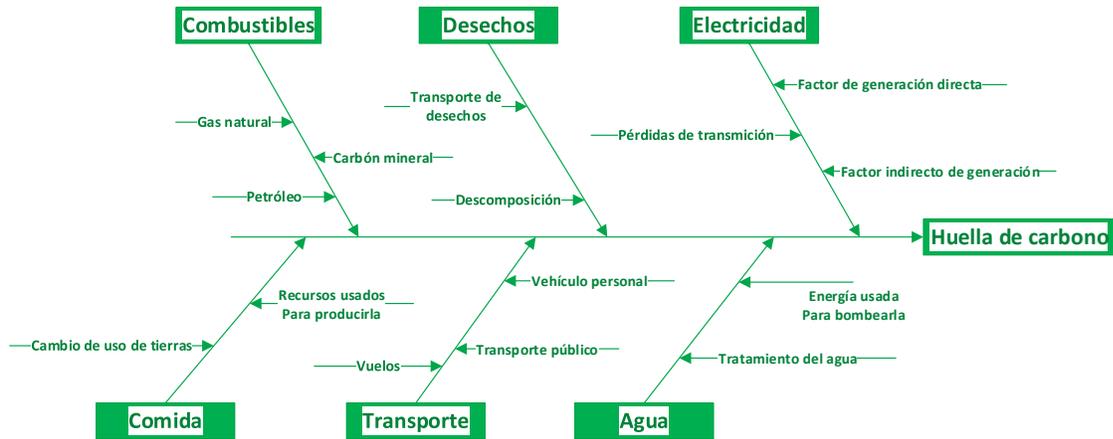
Es parte de la responsabilidad social del INTECAP centro uno Guatemala aportar a la problemática nacional y mundial del cambio climático por medio de sensibilizar a sus usuarios, midiendo y reduciendo sus emisiones carbono y utilizando los recursos asignados a su institución de la forma más eficiente y amigable con el medio ambiente.

En la figura 4 se pueden observar todas las fuentes de generación de huella de carbono en el centro, siendo algunas directas y otras indirectas, dentro de las fuentes las más destacadas por su impacto en la huella de carbono directa del centro tenemos: desechos sólidos, electricidad y agua. Dentro de las indirectas están: combustibles, comida y transporte.

3.3. Diagrama Ishikawa

En el siguiente diagrama se puede observar las contribuciones respectivas a cada factor que alimenta la huella de carbono total dentro del centro.

Figura 6. Diagrama Ishikawa de generación de la huella de carbono



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

4. CÁLCULO

4.1. Delimitación de la información

Se usaron patrones de consumo de recursos estándar para el país, en los distintos cálculos de demanda del centro para agua y energía eléctrica. Con los desechos sólidos se utilizaron valores de generación acordes al país tomando como referencia el promedio de tiempo que el usuario permanece en el centro.

Los cálculos se realizarán en base a la metodología propuesta en el libro: "Reduce Your Carbon Footprint", donde se define el concepto de huella de carbono, se especifican metodología de medición y se dan algunas propuestas para su reducción.

4.1.1. Significancia

Los cálculos que se realizan a continuación dan como resultado valores aproximados a lo que sería la magnitud exacta de la huella de carbono directa y real del centro. Para poder tener valores exactos, se deberían usar los valores de consumo directos de fuentes de medición específicos como serían los siguientes:

- Para el agua se puede utilizar el recibo de pago mensual donde especifica la cantidad exacta de metros cúbicos consumidos.
- Para la electricidad se debería utilizar la cantidad de kW/h que indica la factura de consumo por mes.

- Para los desechos sólidos es un poco más complicado porque se necesitaría pesar la basura, lo cual no es muy trabajoso, pero si representa hacer un trabajo extra que actualmente no se hace en el centro e implica la necesidad de adquirir un instrumento de medición para el mismo.

4.2. Recopilación de datos

En el capítulo 3 (Situación actual) se obtuvieron los valores aproximados de consumo de agua, energía eléctrica y generación de desechos sólidos. A continuación, se convertirán las magnitudes obtenidas a valores de las dimensionales que se utilizarán en las ecuaciones de cálculo.

4.2.1. Agua

El total aproximado de m^3 por mes consumidos en el INTECAP centro uno es de 663,88, se convierten a litros para trabajar con la ecuación.

4.2.1.1. Conversión de variable recopilada a variable a utilizar

$$663\,800 \frac{\text{litros}}{\text{mes}} * 12 = 7\,965\,600 \frac{\text{litros}}{\text{año}} \div 365 = 21\,823,56 \frac{\text{litros}}{\text{día}}$$

4.2.2. Electricidad

El total aproximado de kWh/mes, consumidos en el INTECAP centro uno es de 20 766.

4.2.2.1. Conversión de variable recopilada a variable a utilizar

$$20\,766 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}} * 12 = 249\,192 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$$

4.2.3. Desechos solidos

El total aproximado de desechos sólidos generados en el INTECAP centro uno es de unos 6 250 kg/mes.

4.2.3.1. Conversión de variable recopilada a variable a utilizar

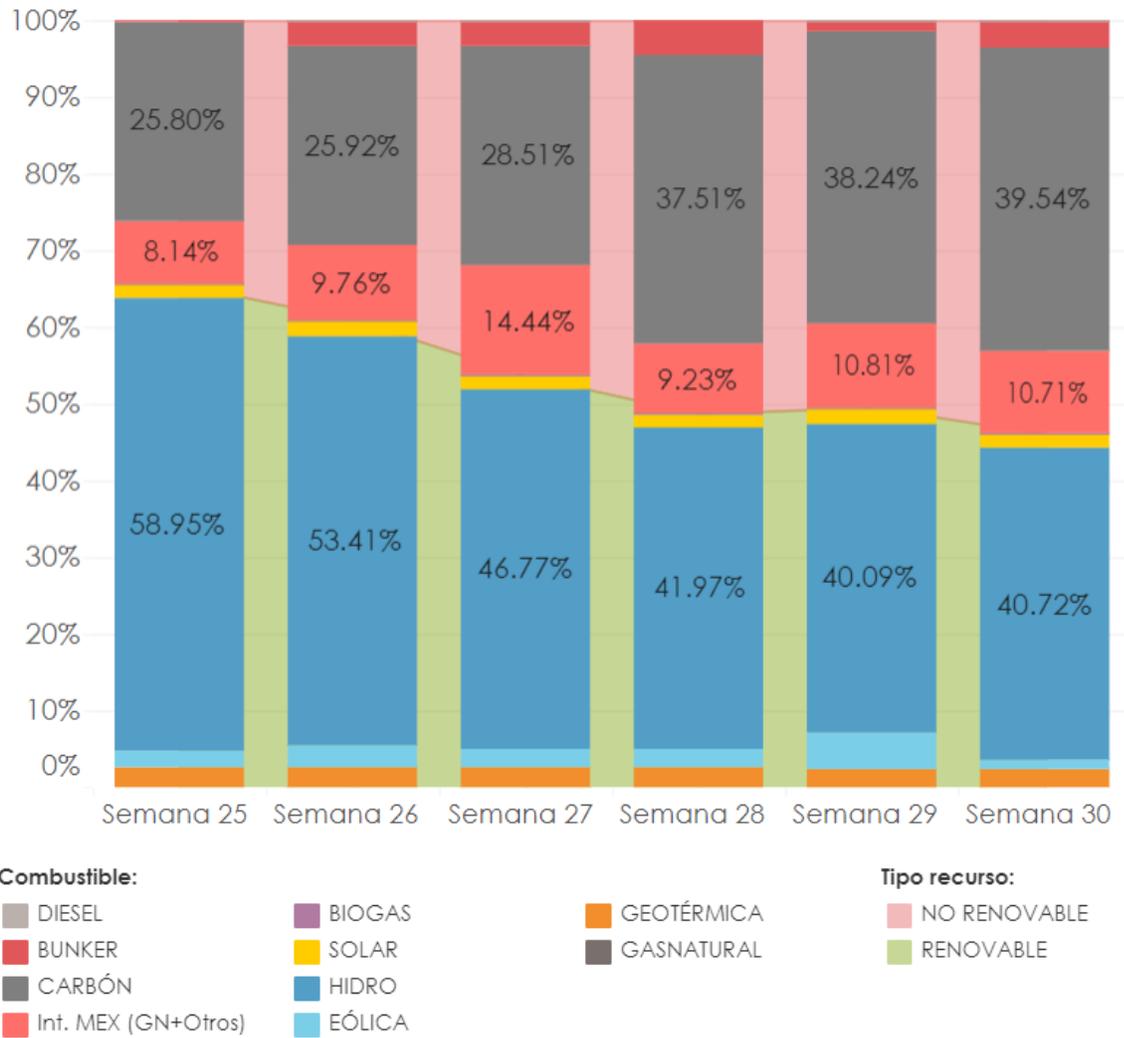
$$6\,250 \frac{\text{kg}}{\text{mes}} * 12 = 75\,000 \frac{\text{kg}}{\text{año}} \div 52 = 1\,442,31 \frac{\text{kg}}{\text{semana}}$$

4.3. Cálculo de huella de carbono de la electricidad

Antes de poder sustituir los valores en la ecuación correspondiente es necesario calcular los factores de emisión asociados a cada actividad, esto se realizará de forma diferente con cada una de las fuentes directas de emisión.

Para calcular la huella de carbono de la electricidad se necesita un factor de emisión, que en este caso se calcula de la siguiente forma: primero se debe conocer la fuente de generación de la energía, que en el caso de Guatemala es un conjunto de fuentes dado que el sistema nacional es alimentado por diferentes proveedores que generan con diferentes metodologías como se puede observar en la figura 5. El segundo paso es hacer un promedio ponderado de las fuentes de generación con su factor asociado.

Figura 7. **Matriz de generación de energía eléctrica del 14/06/2020 al 25/07/2020**



Fuente: Comisión nacional de energía eléctrica. *Matriz histórica de generación*, http://www.cnee.gob.gt/wp/?page_id=3293. Consulta: 30 de julio de 2020.

Tabla VII. **Porcentajes de generación en base al tipo de combustible utilizado**

Semana	Búnker	Carbón	México	Solar	Hidro	Eólica	Geotérmica	Diésel	Total
1	0,35	25,8	8,14	1,88	58,95	2,13	2,67	0,08	100,00
2	3,25	25,92	9,76	2,06	53,41	2,96	2,55	0,09	100,00
3	3,22	28,51	14,44	1,84	46,77	2,38	2,63	0,21	100,00
4	4,51	37,51	9,23	1,77	41,97	2,25	2,56	0,2	100,00
5	1,34	38,24	10,81	2,2	40,09	4,84	2,42	0,06	100,00
6	3,55	39,54	10,71	1,76	40,72	1,11	2,47	0,14	100,00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

En la tabla VII se pueden observar las fuentes de generación con el porcentaje que representan en la red nacional para las semanas tomadas en cuenta en la figura 5 con la finalidad de encontrar un promedio atribuible a cada fuente de generación.

En la tabla VIII se encontró el promedio asociado al porcentaje de cada fuente del sistema nacional de energía eléctrica.

Tabla VIII. **Porcentaje promedio por fuente de generación**

	Bunker	Carbón	México	Solar	Hidro	Eólica	Geotérmica	Diesel	Total
Suma	16,22	195,52	63,09	11,51	281,91	15,67	15,3	0,78	600
Promedio	2,7	32,59	10,52	1,92	46,99	2,61	2,55	0,13	100
Porcentaje	0,03	0,33	0,11	0,02	0,47	0,03	0,023	0,00	1

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Conociendo las fuentes de generación de energía del sistema nacional y el porcentaje promedio que representan al sistema, solo queda multiplicar esto por el factor de emisión para Guatemala con cada uno de los tipos de generación, en la tabla IX se presentan los valores de los factores de emisión.

Tabla IX. **Coefficiente de emisión de CO2 de la generación eléctrica por tipo de combustible**

Generación por tipo de combustible	Coefficiente de emisión
	kg CO2 / kWh
Carbón mineral	1,2617
Búnker	0,7458
Bagazo de caño	0,0406
Bio gas	0,0007
Diesel	0,7960
Leña	0,1165
Hidroenergía	0,0000
Geoenergía	0,0000
Solar fotovoltaica	0,0000
Eólica	0,0000
México	0,4490

Fuente: BARDALES, Jaime. *Balance energético 2017*. p. 9.

Por medio de una suma ponderada tomando como factor de ponderación el porcentaje promedio de generación y como valor el coeficiente de emisión por factor se obtuvo el factor real de emisión para la energía eléctrica en Guatemala.

FE de energía eléctrica para Guatemala es de 0,4796 kg CO₂/kWh

4.3.1. Fórmula a utilizar

$$\text{Uso} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{año}} \right) * \text{FE} \left(\frac{\text{kg CO}_2\text{e}}{\text{kWh}} \right) = \text{emisiones} \left(\frac{\text{kg CO}_2\text{e}}{\text{año}} \right)$$

Dónde:

- Uso es el total de energía eléctrica usada en un año en kWh.
- FE es el factor de emisión en kilogramos de CO₂ equivalente por cada kWh.

4.3.2. Sustitución de valores

$$249\,192 \left(\frac{\text{kWh}}{\text{año}} \right) * 0,4796 \left(\frac{\text{kg CO}_2\text{e}}{\text{kWh}} \right) = 119\,512,48 \left(\frac{\text{kg CO}_2\text{e}}{\text{año}} \right)$$

4.4. Cálculo de huella de carbono del agua

Para calcular la huella de carbono del agua se necesita realizar dos estimaciones, la primera es la cantidad de energía eléctrica que se utiliza para bombear el agua. Esta energía se tomó en cuenta en el cálculo de la huella de la energía eléctrica del centro por lo que no se realizará ese cálculo con el agua dado que eso inflaría el valor real.

El segundo es la cantidad de dióxido de carbono equivalente que se utiliza para el proceso de tratamiento del agua. Para este cálculo el factor de emisión se tomará de la tabla X.³¹

³¹ CARRASCO LEAL, Juan Bernardo. *Factores de emisión considerados en la herramienta de cálculo de la huella de carbono corporativa*. p. 13

Tabla X. **Factores de emisión para tratamiento de aguas residuales**

PRECESO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	FACTOR DE EMISIÓN (kgCO ₂ /persona)		
	1995	2007	2020
Tratamiento de aguas residuales domésticas	61,32	73	85,56

Fuente: CARRASCO, Juan. *Factores de emisión considerados en la herramienta de cálculo de la huella de carbono corporativa.* p. 13.

El factor de emisión de la tabla VII toma en cuenta lo siguiente:

- Componente orgánico degradable de las aguas residuales domésticas.
- Capacidad máxima de producción de metano en las aguas residuales domésticas.
- Factor de corrección para el metano.
- Potencial de calentamiento global del metano.

4.4.1. Fórmula a utilizar

$$Uso * FE \left(\frac{kg \ CO_2e}{persona} \right) = emisiones \left(\frac{kg \ CO_2e}{año} \right)$$

Donde:

- FE es el factor de emisión de la tabla VII.
- Uso es el estimado de personas que usan las instalaciones por día en base a la cantidad de litros por día empleados en el centro. (21 823,56 litros/día).

4.4.2. Sustitución de valores

$$2\,080(\text{personas}) * 85,56 \left(\frac{\text{kg CO}_2\text{e}}{\text{persona}} \right) = 177\,964,8 \left(\frac{\text{kg CO}_2\text{e}}{\text{año}} \right)$$

4.5. Cálculo de huella de carbono de los desechos sólidos

En la tabla XI se muestra el factor de emisión para el tratamiento de residuos sólidos que será indispensable para realizar el cálculo de la huella de carbono de los desechos sólidos.

Tabla XI. Factores de emisión para tratamiento de residuos sólidos urbanos

PROCESOS DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS		FACTOR DE EMISIÓN (kg CO ₂ / kg residuo sólido)		
		1995	2007	2019
Disposición de residuos sólidos	Vertedero controlado	10,78	12,83	14,98
	No controlado profundo mayor a 5 metros	8,62	10,27	12,06
	No controlado poco profundo menor a 5 metros	4,31	5,13	5,95

Fuente: CARRASCO, Juan. *Factores de emisión considerados en la herramienta de cálculo de la huella de carbono corporativa*. p. 13

4.5.1. Fórmula a utilizar

$$\text{uso} \left(\frac{\text{kg}}{\text{semana}} \right) * 52 * \text{FE} \left(\frac{\text{kg CO}_2\text{e}}{\text{kg}} \right) = \text{emisiones} \left(\frac{\text{kg CO}_2\text{e}}{\text{año}} \right)$$

4.5.2. Sustitución de valores

$$1\,442,31 \frac{\text{kg}}{\text{semana}} * 52 * 12,06 \left(\frac{\text{kg CO}_2\text{e}}{\text{kg}} \right) = 904\,501,44 \left(\frac{\text{kg CO}_2\text{e}}{\text{año}} \right)$$

4.6. Huella de carbono total

La huella de carbón total será la suma de huella de carbono de la energía eléctrica, el agua y los desechos sólidos. Se puede observar esta información de manera ordenada en la tabla XII.

$$\begin{aligned} 119\,512,48 \left(\frac{\text{kg CO}_2\text{e}}{\text{año}} \right) + 177\,964,8 \left(\frac{\text{kg CO}_2\text{e}}{\text{año}} \right) + 904\,501,44 \left(\frac{\text{kg CO}_2\text{e}}{\text{año}} \right) \\ = 1\,201\,978,72 \left(\frac{\text{kg CO}_2\text{e}}{\text{año}} \right) \end{aligned}$$

4.7. Tabla de resultados

A continuación, se presenta una tabla con los resultados de la huella de carbono que aportan cada uno de los factores a la huella total del centro.

Tabla XII. **Resultados de la huella de carbono del INTECAP Centro Uno Guatemala**

Fuente de emisión	Huella de carbono (kg CO₂e/año)
Energía eléctrica	119 512,48
Agua	177 964,80
Desechos sólidos	904 501,44
Total	1 201 978,72

Fuente: elaboración propia, empleando: Microsoft Excel.

4.8. Huella de carbono por usuario

Cada usuario del INTECAP Centro uno Guatemala tiene una cuota de aportación a la huella total del centro, a continuación, se explica a profundidad esto y se da una constante que se podría aplicar bajo las condiciones descritas en este trabajo.

4.8.1. Cálculo huella por usuario

Según información brindada por el INTECAP centro uno Guatemala la afluencia promedio de usuarios al centro tomando en cuenta: estudiantes, personal operativo y administrativo es de unas 2 080 personas por mes. Algunas personas van todos los días otras 3 veces por semana o solo sábado, este depende de sus funciones o clases dentro del centro.

El cálculo de la huella de carbono asociado al centro debe tener 2 partes, una variable que dependerá de la cantidad de personas que llegan al centro por

mes y otra parte constante que sin importar la afluencia en el centro siempre estará. Poder realizar este cálculo con esta separación requiere poder analizar el centro tanto con afluencia como sin usuarios por lo que no resulta viable para efectos de este trabajo. Entonces el valor se tomará como huella asociada por usuario sin distinción de variable o constante.

$$\frac{\text{Huella de carbono promedio mensual}}{\text{promedio de usuarios por mes}} = \text{huella asociada por usuario}$$

$$\frac{100\,164,89 \left(\frac{kg\ CO_2e}{mes}\right)}{2\,080 \left(\frac{usuarios}{mes}\right)} = 48,16 \left(\frac{kg\ CO_2e}{usuario}\right)$$

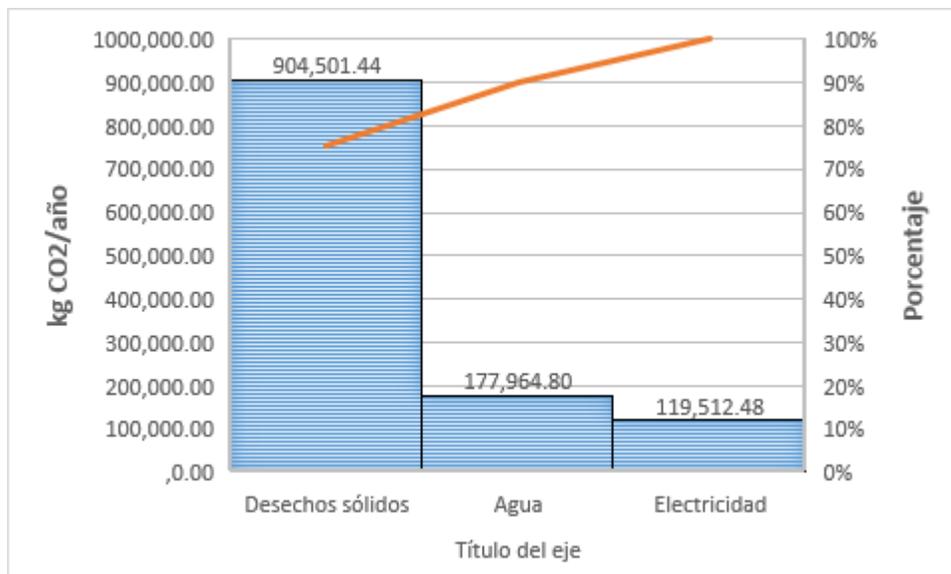
Lo que implica que cada usuario mensualmente por sus actividades dentro del centro genera el equivalente a 48,16 kg de CO₂.

5. RESULTADOS Y ANÁLISIS

5.1. Presentación de emisiones

En este capítulo se realizará un detallado análisis de los resultados previamente obtenidos, así como la identificación de las mejores oportunidades para reducir la huella de carbono del centro. Los tres factores medidos con respecto a la huella de carbono del INTECAP centro uno Guatemala (derivado del uso del agua, electricidad y residuos sólidos), muestran diferentes valores, que se pueden observar en la tabla XII, siendo estos valores muy diferentes entre sí, evidenciando diversos puntos críticos y oportunidades de mejora.

Figura 8. **Pareto emisiones de carbono equivalente por fuente de origen en INTECAP Centro Uno Guatemala**



Fuente: elaboración propia, empleando: Microsoft Excel.

5.2. Análisis de resultados

Para poder comprender a profundidad los resultados obtenidos en este trabajo, es importante dar una adecuada interpretación a los resultados obtenidos de la recopilación de datos y procesamiento de los mismos.

5.2.1. Comparación de huellas de carbono

Las huellas de los factores seleccionados presentan valores diferentes entre sí, siendo los respectivos porcentajes sobre la huella total del centro los siguientes: el agua con un 14,81 %, la electricidad con un 9,94 % y los desechos sólidos con un 75,25 %.

Tanto el agua como la electricidad presentan un porcentaje relativamente bajo para la huella del centro, lo cual no significa que no se pueda mejorar, de tal forma que los tres factores pueden reducir su huella de carbono por medio de medidas de reducción de consumo o estrategias enfocadas en la reducción directa de la huella por medio de cambios en el ciclo de vida de los factores.

El agua y la electricidad generan en conjunto el 24,75 % siendo el resto más del 75 % generado por los desechos sólidos, pudiendo establecer así una relación 33-75 (el 33 % de las fuentes genera el 75 % de la huella de carbono del centro).

5.2.1.1. Establecimiento de huella con mayor impacto

La huella de carbono del centro con base en los factores analizados es de 1 201 978,72 kilogramos equivalentes de CO₂ por año, siendo el factor con mayor generación de huella de carbono el de los desechos sólidos, con una huella de 904 501,44 kilogramos equivalentes de CO₂ por año, representando más del 75 % de la huella del centro.

5.2.1.2. Análisis de enfoque de recursos para la reducción

El Centro puede considerarse como un sistema abierto en el aspecto que tiene entradas y genera salidas: Las entradas son los recursos que requiere para su funcionamiento, como lo son agua, electricidad o el conocimiento de los instructores, y salidas como los desechos sólidos, aguas residuales o los estudiantes con conocimientos nuevos. Dentro de estas entradas y salidas, se estudiaron solo los aspectos que generan una huella de carbono significativa y directa por parte del Centro.

Es en este contexto que se introduce el enfoque de los recursos para la reducción, los recursos son entradas que generan una huella directa como las fuentes seleccionadas (agua y electricidad) mientras que la otra fuente seleccionada (desechos sólidos) no se considera como un recurso sino la consecuencia del uso de otros recursos.

El enfoque busca reducir la huella de carbono por medio de la reducción de la utilización de recursos, sin que esto afecte de forma negativa las actividades del centro o entorpezca el desarrollo de estas.

Surge un nuevo reto cuando se busca implementar este enfoque en la fuente de desechos sólidos, dado que no son un recurso sino una consecuencia y en su mayoría los recursos de los que se derivan no provienen del Centro sino de los usuarios, pero siguen siendo parte de la huella directa del Centro porque se generan dentro de sus instalaciones como consecuencia directa de sus actividades.

Los desechos sólidos han sido identificados como el factor con mayor impacto en la huella de carbono del Centro y no se puede reducir su generación porque no depende de la institución limitar los recursos que los generan. Sin embargo, es posible reducir esta huella al disminuir la cantidad de desechos que van al vertedero municipal; la metodología para reducir cada una de las fuentes y consecuencias se tratará en el último capítulo.

5.2.2. Huella de carbono asociada al usuario

La huella de carbono como ya se definió en el segundo capítulo, es la cantidad equivalente de dióxido de carbono que se emite como consecuencia de las actividades de una persona, empresa o institución, pudiendo ser esta total, parcial, directa, indirecta o de cualquier otra forma en que se busque medir, dependiendo del enfoque que se busque aplicar.

Si se habla de realmente buscar un impacto positivo a nivel personal con la huella de carbono, lo más importante sería conocer la huella total real que se genera como individuo y para esto se necesitaría medir la huella que se genera como consecuencia de todas y cada una de las actividades que se realizan.

Para los usuarios del centro, la huella que generan al ir al Centro no es la excepción. Por esta razón se tendrá una huella asociada por usuario que

representa la cantidad de dióxido de carbono equivalente que se emite proporcional por cada usuario del este.

5.2.2.1. Aporte de la huella del Centro a la huella personal de los usuarios

Con 1 201 978,72 kg equivalentes de CO₂ por año, el equivalente mensual de la huella de carbono del centro es de 100 164,89 kg equivalentes de CO₂ y tomando en cuenta que el promedio de usuarios que permanecen en el Centro (estudiantes, y personal operativo y administrativo) es de 2 080 personas por mes, entonces la huella asociada a cada usuario es de 48,16 kg equivalentes de CO₂ por mes.

Esta huella de carbono es la que corresponde a cada usuario y será de especial utilidad cuando alguno de los usuarios busque calcular su huella total personal.

6. ACCIONES DE SEGUIMIENTO

6.1. Propuestas de reducción de emisiones

Lograr una reducción en las emisiones equivalentes de dióxido de carbono no es una tarea sencilla o que pueda tomarse a la ligera, será un proceso estructurado con un plan definido y objetivos establecidos.

Para reducir la huella de carbono se usará un enfoque basado en consumo, buscando con esto reducir el consumo o bien compensar la creación de cada uno de los aspectos generadores de kilogramos equivalentes de dióxido de carbono que fueron tomados en cuenta para la medición. Reducir el consumo impacta de forma directa en la huella de carbono del centro, reflejándose a su vez como una reducción en la misma.

La forma de reducir será mediante la implementación de propuestas enfocadas en tres aspectos: personas (concientización y capacitación), instalaciones (cambios o mejoras físicas) y políticas (directrices con normas y procedimientos a seguir). A continuación, se detallan las propuestas para la reducción de consumo de agua, electricidad y generación de desechos sólidos.

6.1.1. Propuesta para reducción de consumo de agua

Reducir el consumo de agua dentro de las instalaciones contribuirá a la reducción de la huella de carbono total del centro; esto a su vez incidiría en una disminución de costos por el consumo de agua; aun cuando el enfoque principal no se dirige a reducir los costos, con la implementación de las propuestas se

podrá observar la forma en que el trabajo dirigido a lograr un uso más consiente y eficiente de los recursos se traducirá en reducción de costos en algunos aspectos.

Dicho lo anterior, es importante mencionar que solo se establecerán propuestas que reduzcan específicamente el consumo.

Un ejemplo de una propuesta que puede reducir la lectura de un contador, pero no reduce el consumo real de agua sería la implementación de una válvula de expulsión de aire en la entrada del sistema; esta válvula logra expulsar el aire que viene en la tubería antes de que este pase por el contador, logrando así reducir la lectura del contador de una forma legal al solo contabilizar el agua que pasa.

El problema de esta propuesta es que en teoría se reduce el agua que se utiliza, pero realmente lo único que hace es que la lectura sea más cercana a la realidad, entonces el consumo real sigue siendo el mismo, aunque se paga menos. Se puede deducir entonces que esta medida no reduce el consumo de agua ni la generación de la huella de carbono asociada, solamente el costo.

6.1.1.1. Propuestas y medidas correctivas

Primera propuesta: consiste en la utilización de reductores de agua, también conocidos como reductores de caudal, colocándolos en las boquillas de los grifos de los lavamanos en los baños, aulas y laboratorios. En si lo que hace es incorporar aire al flujo del agua a la vez que reduce el flujo de agua, haciendo que el usuario no perciba la disminución en la cantidad de agua al hacer que el chorro que sale sea grueso y uniforme.

Estos componentes son de fácil instalación y bajo costo que puede justificarse fácilmente con el equivalente de agua que se ahorrará con su uso. Con el dispositivo instalado se utilizará menos agua con cada grifo con el mismo tiempo de uso, la reducción de consumo suele ser de entre un 40-60 % por grifo.

Figura 9. **Funcionamiento de un reductor de caudal**



Fuente: elaboración propia, empleando Paint 3D.

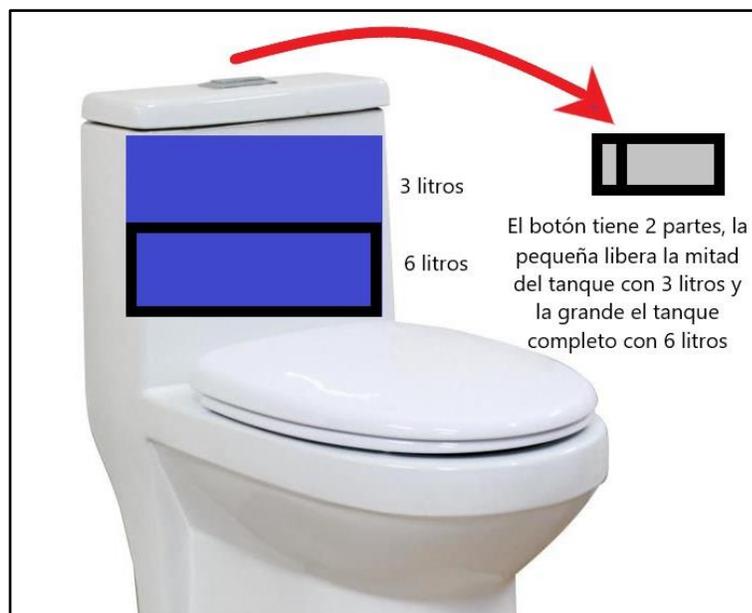
Segunda propuesta: es la de inodoros con doble descarga, estos son sistemas que cuentan con dos botones que liberan diferentes cantidades de agua, el botón pequeño descarga medio tanque que por lo regular es de tres litros y el botón grande la descarga completa que suele ser de seis litros.

La forma en la que se ahorra agua con estos sistemas es evitando usar siempre la descarga completa del tanque, cuando por lo general puede bastar con medio tanque como por ejemplo cuando solamente se orina o cuando la cantidad total de heces fecales es poca.

Acompañado de la instalación, es necesario dentro de la inducción al Centro, explicar a los usuarios el funcionamiento de este dispositivo, ya que suele suceder que se instalan este tipo de equipos, pero los usuarios desconocen su uso y por tanto no utilizan el botón adecuado para cada situación, induciendo a que el usuario descargue dos veces luego que la primera descarga no fue suficiente o bien que usen el tanque completo para algo que no lo amerita.

Finalmente, ayudar a reforzar el uso correcto con la instalación de letreros que presenten las instrucciones sintetizadas y fáciles de comprender en sitios visibles en los puntos de uso.

Figura 10. **Funcionamiento de un tanque de doble descarga**



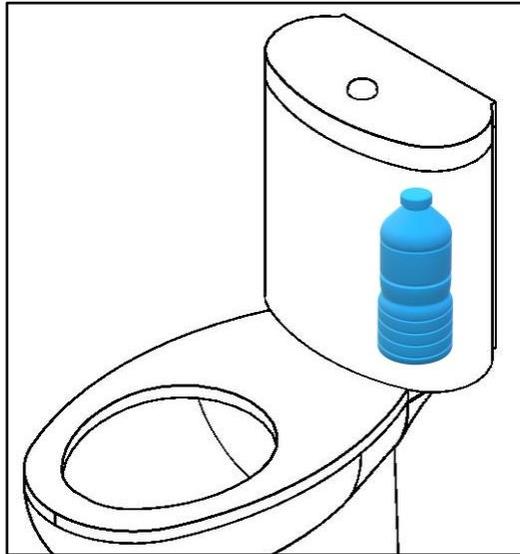
Fuente: elaboración propia, empleando: Paint 3D.

La tercera propuesta: es mutuamente excluyente o complementaria con la anterior, consistiendo en reducir la capacidad del tanque de los inodoros existentes por medio de colocar una botella de un litro de capacidad llena con tierra, piedras o agua dentro del tanque; el propósito es que la botella permanezca en el fondo del tanque y reduzca su capacidad de llenado, con lo cual se reduce la cantidad de agua utilizada con cada descarga.

La reducción de un litro de agua por cada vez que se utiliza el inodoro representa alrededor del 15 % de toda el agua utilizada en inodoros dentro del centro.

Estas dos opciones son contrastantes en cuanto al costo de implementación, dado que una tiene un costo casi nulo, mientras la otra presenta una inversión elevada. Sin embargo, el uso de ambas opciones puede también ser complementario desde el punto de vista ahorro de agua, pudiendo implementarlas en conjunto, dando como resultado un vaciado de medio tanque de tres litros y uno de tanque completo de cinco litros o con una implementación parcial en la que cada vez que se requiera cambiar un inodoro se priorice la compra de uno de doble descarga para ir sustituyendo los tradicionales gradualmente, al tiempo que los remanentes modelos tradicionales que tengan la reducción de un litro en sus tanques.

Figura 11. **Inodoro con botella de un litro en el tanque**

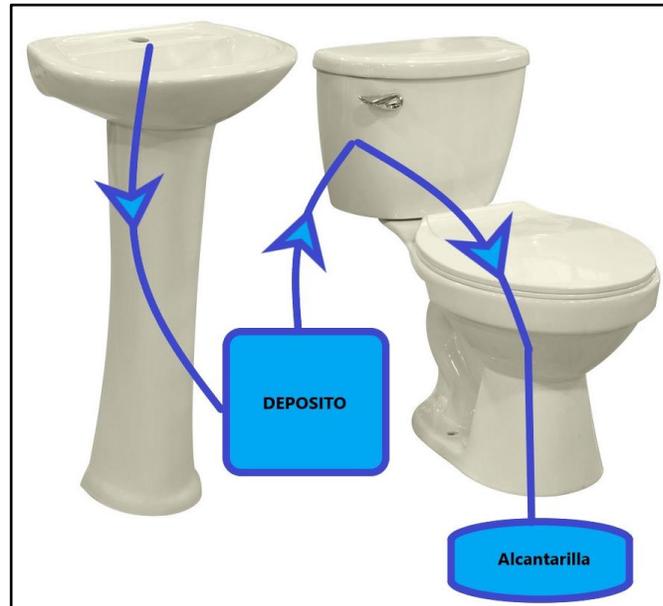


Fuente: elaboración propia, empleando: Paint 3D.

Cuarta propuesta: agua en dos tiempos en baños y jardinería, esta metodología consiste en utilizar la misma agua dos veces antes de devolverla al sistema de alcantarillado.

En los baños primero se utiliza en los lavamanos para luego pasar a un depósito y darle un segundo uso en inodoros.

Figura 12. **Recorrido del agua en un sistema de dos tiempos para baño**



Fuente: elaboración propia, empleando: Paint 3D.

La otra forma es darle un segundo uso al agua utilizada en laboratorios y aulas para después utilizarla en jardinería. Con la condicionante que se debe realizar un análisis previo del uso que se le da al agua en cada uno de estas aulas y laboratorios para verificar que el agua no cuente con algún componente nocivo para las plantas.

Quinta propuesta: Implementación de un sistema de captación de agua pluvial, por medio de canaletas colocadas en los techos, que lleven el agua a un depósito final y que esta a su vez lo distribuya a los puntos de uso.

Un sistema de esta índole no reduce el consumo en sí del agua, sino que utiliza el agua de una fuente diferente, generando así un ahorro económico con relación al agua que se pagará mes con mes. Pero en materia de la huella de

carbono también ayuda en la reducción de esta, dado que esta agua no será tratada previa a su uso (el proceso del tratamiento del agua es el mayor contribuyente al impacto de la huella de carbono de la misma).

Por ser agua no tratada no es apta para cualquier propósito, pero si puede usarse directamente en inodoros, jardinería, lavado de vehículos, limpieza y algunas aulas.

Cabe mencionar que este tipo de sistemas dependen totalmente del estado del tiempo, por lo que algunos meses contribuirá en mayor manera que en otros y requiere de mantenimiento y limpieza constante previo y durante la época lluviosa para evitar estancamientos.

Sexta propuesta: revisión y corrección de fugas, aunque parece ser algo obvio, las fugas suelen ser uno de los mayores consumidores de agua en las casas, empresas e instituciones.

El primer paso es determinar si existen fugas dentro del sistema. Para esto lo más sencillo es al finalizar un día cerrar todas las llaves y no realizar durante la noche ninguna actividad que consuma agua y verificar el contador; luego, por la mañana se revisa nuevamente el contador, si hubo cambio en el medidor ello significa que existen una o más fugas dentro del sistema. Un detalle positivo de este método de medición es que permite ver la cantidad de agua que consumen estas fugas por hora al dividir el consumo durante la noche dentro de la cantidad de horas.

Ya identificada la existencia de una o más fugas, el siguiente paso es localizar su ubicación; este paso es un poco más complicado, pero con una búsqueda estructurada y ordenada eventualmente se encontrarán todas las

fugas. Finalmente se deben eliminar por medio de los arreglos necesarios al sistema, como cambio de empaques, válvulas, tuberías, entre otros.

Séptima propuesta: va relacionada con la jardinería, con la implementación de un sistema de riego por goteo en lugar de aspersores para las plantas, así como añadir pitón de agua para las mangueras.

La jardinería es otro punto donde se suele desperdiciar agua sin que se note, porque mucha de esta agua eventualmente es absorbida por la tierra o evaporada por el sol. Una forma de reducir el consumo en este punto es la incorporación de compost al sustrato donde crecen plantas en jardines y áreas verdes; el compost está constituido por materia orgánica descompuesta y tiene la capacidad de retener agua y liberarla lentamente, lo que reduce la frecuencia e intensidad del riego a las plantas.

Con un sistema de goteo se dará a cada planta el agua justa acorde a las condiciones específicas a las que esté expuesta y con una pitón se puede moderar la cantidad de agua que sale de la manguera y el momento en el que se quiere que salga, muchas veces al regar solo con la manguera se desperdicia agua desde que se abre la llave, se camina al sitio de uso, si se distrae el usuario y hace algo más el agua sigue saliendo y seguramente se desperdicie hasta que se cierre la llave.

6.1.1.2. Política de consumo responsable del agua

La implementación de una política de uso responsable del agua es indispensable para ayudar al esfuerzo organizacional de reducción en su consumo.

Esta política debe enfocarse en tres puntos: concientizar, capacitar y fomentar la adopción de buenas prácticas tanto a usuarios como con personal operativo y administrativo. Concientizar significa sensibilizar sobre la importancia y valor del agua para la vida humana, capacitar en el uso de los equipos y formas correctas de usar el recurso dentro del Centro en las distintas áreas; finalmente, se debe fomentar y dar seguimiento por medio de material audiovisual en los puntos de utilización sobre el uso correcto del recurso y los equipos asociados.

Para cumplir los objetivos de la política se debe programar una campaña de concientización a continuación, se propone una campaña con duración de seis meses, que puede renovarse continuamente al terminarla evaluando el impacto y planteando nuevos objetivos.

Campaña de concientización sobre el uso del agua, objetivo: capacitar a los usuarios del INTECAP Centro Uno Guatemala en el correcto uso de los equipos instalados y crear una cultura de cuidado del agua.

- Mes 1: charlas informativas sobre el uso correcto de los equipos instalados e instalación de rótulos con instrucciones del uso correcto de los equipos en los puntos de uso de estos.
- Mes 2: taller Demostración del Uso correcto de los Equipos.
- Mes 3: concurso de videos por clase en el que se deben grabar de forma creativa haciendo uso correcto del agua dentro del centro.
- Mes 4: charlas sobre la importancia del cuidado del agua como recurso imprescindible para la sociedad.
- Mes 5: seguimiento de charlas con un taller del cuidado del agua.
- Mes 6: taller en equipos con escenarios ficticios en los que se pueden implementar soluciones para ahorrar agua.

6.1.2. Propuesta para reducción de consumo de energía eléctrica

Las propuestas para el ahorro de energía eléctrica se plantean con el mismo enfoque usado para el agua, es decir un enfoque basado en reducción de consumo, que incida directamente sobre la huella de carbono del Centro. Menor consumo es igual a menor huella de carbono.

6.1.2.1. Medidas ahorrativas

- Primera medida: uso de variadores de potencia con bombillas incandescentes. Estos variadores sirven para aumentar o disminuir la potencia que llega a una bombilla incandescente para que este ilumine según la necesidad.

Este equipo eléctrico debe utilizarse en áreas donde la iluminación sea localizada, en otras palabras, solo resulta eficiente en términos de consumo en zonas donde la iluminación se usa para desarrollar una tarea específica, de esta forma dependiendo la necesidad de iluminación según la hora del día o el tipo de tarea, en algunos momentos será necesaria utilizar toda la potencia, mientras en otras bastará solo una porción de esta, permitiendo así usar solo lo estrictamente necesario en cada momento.

- Segunda medida: uso de bombillas led, sustituyendo a los ahorradores, incandescentes, alógenas y fluorescentes. Estas bombillas ofrecen ventajas sobre todos los otros tipos de bombillas como: vida útil mucho más larga, son direccionales por lo que su luz no se concentra en un único punto y no se calientan.

Las razones para usar este tipo de bombilla desde el punto de vista de reducción en consumo y un menor impacto ambiental son los dos siguientes: primero el consumo de energía eléctrica, el cual se reduce ocho veces con relación a un alógeno y a la mitad comparado con una bombilla ahorradora; segundo punto es que reducen las emisiones de dióxido de carbono y no contienen plomo ni mercurio, haciéndolas más fáciles de tratar y reciclar al final de su vida útil.

El único punto negativo de estas bombillas es el precio, siendo más costosas. Sin embargo, esta inversión se recupera al 25 % de su vida útil, ya que ahorran como mínimo el 50 % del gasto en iluminación en comparación con los otros modelos.

- Tercera medida: instalación de sensores de presencia en corredores para la iluminación. En los corredores que tienen alumbrado instalar, sensores de movimiento que enciendan automáticamente las bombillas a partir de las 17 horas y combinarlos con sensores de regulación automática en función de la luz natural. De esta, forma la iluminación en los corredores solo se usará cuando alguna persona transite por el lugar y la iluminación natural no sea suficiente, eliminando cualquier posible consumo innecesario en el alumbrado de corredores.
- Cuarta medida: desconectar y apagar el equipo cuando no está en uso. Es importante mantener apagado y no en reposo todo el equipo de cómputo (ordenadores, proyectores e impresoras) ya que cuando se dejan en reposos siguen consumiendo energía, además de desconectar todos los equipos y maquinaria cuando no se usan, ya que la mayoría de los equipos, aunque estén apagados solo con el hecho de seguir conectados siguen consumiendo energía.

- Quinta medida: apagar todas las luces que no estén en uso. Puede parecer obvio, pero aun así es muy común que se queden luces en salones, laboratorios, bodegas u oficinas encendidas cuando no hay nadie en el ambiente iluminado. Para evitar esto, se pueden aplicar también sensores de presencia y de regulación, o se puede reforzar el comportamiento deseado por medio de rótulos en puertas y puntos visibles al abandonar un ambiente, que refuerce y recuerde las acciones deseadas de apagar las luces y desconectar equipos.
- Sexta medida: mantenimiento de equipo. Los equipos sucios o que trabajan bajo condiciones forzadas consumen más energía de la necesaria, por ejemplo, una computadora con polvo en el ventilador o un motor eléctrico sin lubricantes tienden a consumir más recursos que uno limpio y bien lubricado, por lo que es importante una buena planeación de mantenimiento periódico para todos los equipos del centro.
- Séptima medida: aprovechamiento de iluminación natural. En la medida de lo posible, utilizar iluminación natural siempre antes que la artificial, evitando así usar bombillas en áreas bien iluminadas en momentos que no sea necesario. Esto puede incluir abrir nuevas ventanas en puntos estratégicos o instalar tragaluces en los techos de los edificios cuya estructura lo permita.
- Octava medida: uso de energías limpias. Finalmente, como objetivo principal en el tema de consumo de energía eléctrica lo ideal es cambiar la fuente de energía.

El primer paso es reducir al mínimo el consumo de energía de todas las formas que sea posible y una vez conseguido esto, cambiar la fuente de

energía por una renovable como lo pueden ser hidráulica, eólica o solar. Esto se puede hacer directamente en el centro con instalación de paneles solares en los techos o con la compra de energías limpias (tema que se tratará en el apartado 6.2)

6.1.2.2. Política de consumo responsable de la energía eléctrica

La política del INTECAP Centro Guatemala Uno en materia de energía eléctrica con el objetivo de reducir el consumo debe tener tres ejes: instalaciones, consumo responsable y cambio de fuente.

Las instalaciones abarcan todo lo que tiene que ver con instalación de nuevos equipos como sensores, cambio de equipo como las bombillas, mantenimiento al equipo y cambios en la infraestructura, como instalación de tragaluces o adaptación de nuevas ventanas.

El consumo responsable conlleva capacitación y concientización, capacitación de la forma correcta de usar equipos, recursos e instalaciones en temas de consumo de energía eléctrica y concientización del impacto que generan las acciones que se realizarán. Finalmente, todo acompañado de un seguimiento con material audiovisual en los puntos críticos.

El cambio de fuente debe buscar a medio-largo plazo el cambio de la fuente de energía que se consume por una de origen renovable.

6.1.3. Propuesta para reducción de generación de desechos sólidos

Disminuir la cantidad de desechos sólidos que se generan es parte de la solución para lograr reducir la cantidad de emisiones, tomando en cuenta que las emisiones del centro por desechos sólidos están dadas por la cantidad de kilogramos de desechos que llegan a los vertederos municipales. Pero disminuir la cantidad de desechos que llegan al vertedero no es la única forma de bajar la cantidad de emisiones de esta fuente, ya que evitando que lleguen estos desechos al vertedero municipal se puede tener un mayor impacto, para esto es necesario que los desechos sólidos tengan un plan de manejo.

También es indispensable tener una política de cero tolerancias con materiales no reutilizables para que estos no puedan utilizarse dentro de las instalaciones del centro. Esta política incluye: separación de residuos sólidos, disposición correcta de cada tipo de residuo, cero tolerancias con materiales no reutilizables que incluye sustituirlos por otros reutilizables, concientización a los usuarios sobre el impacto de sus residuos sólidos y capacitación sobre el correcto uso de los distintos contenedores de residuos sólidos.

6.1.3.1. Medidas correctivas

- Primera medida: uso de recipientes reutilizables para la comida y bebida. Si en lugar de llevar alimentos en bandejas desechables o envuelta en papel aluminio se utilizan recipientes reutilizables como paneras o loncheras, se evita la generación de todos los contenedores de un solo uso como lo son bandejas, platos, vasos y cubiertos. También se evita el uso de pачones desechables con el uso de pачones reutilizables que llevan desde casa los usuarios.

Esta medida también debe aplicar para las ventas que se encuentran dentro o en las inmediaciones del centro, no se puede obligar a terceros adoptar estas medidas, pero si se les instruye a los usuarios en el impacto de estas acciones, además de las reglas dentro del centro, se promueve que incluso si compran su comida afuera; estos lleven sus platos, vasos y cubiertos reutilizables para consumir.

- Segunda medida: sustitución de bolsas plásticas por bolsas de tela o mochilas. Todo lo que se puede transportar en bolsas desechables, también puede llevarse en bolsas de tela reutilizables, loncheras y mochilas.
- Tercera medida: composteras de residuos orgánicos. Para todos los residuos orgánicos que se obtengan luego de la separación de los residuos sólidos, se puede descomponer en una compostera para su posterior uso como abono orgánico en los jardines del Centro, donación a vecinos, municipalidad o venta a terceros.

6.1.3.2. Manejo y separación de residuos sólidos

La correcta separación de los residuos sólidos urbanos tiene beneficios como el ahorro de recursos naturales, se necesita menos energía y agua para producir nuevos productos a partir de un material reciclado y el fomento de consumo responsable.

Para la separación, se implementarán en cada punto de residuos varios recipientes de distintos colores y con un rótulo donde se especifica el tipo de desechos que debe ir en cada uno, en algunos salones o laboratorios que

generen algún tipo de residuo especial se podrá colocar un recipiente especial para ese residuo, los colores serán los siguientes:

- **Amarillo:** envases metálicos como envases de conservas y bebidas, bandejas de aluminio, aerosoles, tapas metálicas, cartones de jugos, envases de plástico como refrescos, bolsas de congelados, envases de yogurt, quesos, envoltorios de golosinas y bolsas de plástico. Envases en general de metal, cartón y plástico.
- **Azul:** envases de cartón secos, papel, revistas.
- **Verde:** envases de vidrio como de refrescos, mermeladas, lociones, las tapas de los anteriores van en el amarillo, no se pueden colocar bombillas, cristales rotos o restos de vajilla.
- **Café:** todo lo biodegradable, restos de carnes, verduras, frutas, restos de café, té, flores, papeles y cartón con grasa o aceite.
- **Blanco:** residuos sanitarios como curitas, hisopos, cepillo de dientes, hilo dental, mascarillas, toallas sanitarias o tampones.
- **Negro:** residuos especiales como lo pueden ser aserrín, bombillas o baterías.

Posterior a la separación, el único residuo que debe ir al relleno sanitario serían los residuos sanitarios. Los residuos biodegradables del café van a las composteras y los de clasificación amarillo, azul y verde irán a recicladoras. Finalmente, los del negro dependiendo su naturaleza, deben manejarse independientemente.

Es importante que los residuos que irán a recicladoras estén tan secos y limpios como sea posible previamente a ser depositados en los distintos recipientes.

Para la correcta separación de residuos sólidos es importante crear una campaña de concientización. En este caso será una campaña de cinco meses que se puede relanzar al final del tiempo establecido con nuevos objetivos con base en lo que logre la primera.

Campaña de residuos sólidos, objetivo: concientizar sobre el impacto de los residuos sólidos urbanos al ambiente y capacitar para la correcta separación y disposición de los mismos.

- Mes 1: conferencias sobre el impacto de los residuos sólidos personales y del centro con el ambiente.
- Mes 2: instalación de contenedores con los colores preestablecidos en la sección de manejo y separación de residuos sólidos, identificados con el tipo de residuo que se puede depositar en cada uno.
- Mes 3: capacitación sobre la correcta separación y disposición de los residuos sólidos en los distintos contenedores.
- Mes 4: charla informativa del funcionamiento del semáforo de alertas con indicadores por área.
- Mes 5 inicio de recompensas y castigos del semáforo.

Conjunto con la campaña se utilizará permanentemente un semáforo con indicadores por área para felicitar a las áreas que clasifiquen bien y castigar a quienes lo hagan mal. Se evaluará por porcentaje de reproceso, siendo reproceso lo que esté mal clasificado o dispuesto de forma errónea.

Para catalogar en un color del semáforo todos los días por la mañana se medirá el % de reproceso (residuos sólidos mal dispuestos) de cada área y así se les dará un color que conlleva una consecuencia.

- Rojo: 15-20 % de reproceso, consecuencia los que conformen parte del área con indicador rojo del semáforo deberán realizar todo el reproceso de separación y disposición de los residuos que se hicieren de forma incorrecta.
- Naranja: 10-15 % de reproceso, consecuencia si hay una o más áreas en rojo, el naranja solo debe auditar el % de reproceso de todas las áreas, si no hay áreas en rojo entonces el naranja debe realizar lo que haría el rojo.
- Amarillo: 5-10 % de reproceso, consecuencia si hay áreas en rojo y naranja, el amarillo queda exento de recompensa y castigo, si no hay áreas en rojo ni naranja, el amarillo debe hacer lo que haría el naranja.
- Verde: 0-5 % de reproceso, consecuencia no debe realizar ninguna labor con los residuos sólidos, y si además tiene un mes completo en verde se le dará una recompensa, pudiendo ser puntos, comida, o alguna otra que el centro considere conveniente.

6.2. Modelos de compensación

Siguiendo los pasos de la metodología propuesta, después de medir y reducir, solo queda pendiente compensar. La compensación como ya se definió en el capítulo dos, consiste en realizar acciones o proyectos que sirvan de contrapeso de la huella de carbono que se genera para poder tener un Centro carbono neutral.

Para lograr la neutralidad de carbono se proponen dos formas de compensación: energías limpias y fijación de carbono que pueden desarrollarse como propuestas complementarias o bien como una sola que tenga la magnitud completa de la huella de carbono generada por el centro.

6.2.1. Energías limpias

Para poder realizar compensación con energías renovables se pueden utilizar dos enfoques, el primero consiste en producir una cantidad equivalente de energía a la magnitud de la huella de carbono con el factor de emisión correspondiente. El segundo enfoque no se puede considerar una compensación porque busca directamente mitigar la huella de la energía eléctrica por medio de utilizar energías renovables, 100 % de la energía del centro debería provenir de fuentes renovables, siendo esta producida por el mismo o por terceros.

En esta sección se usará el primer enfoque, calculando el equivalente que se requiere producir para compensar la huella de carbono total con cada una de ambas fuentes.

En el capítulo 4 se definió un factor de emisión de 0,4796 kg de CO₂/kWh para la energía eléctrica en Guatemala con los parámetros establecidos.

Para poder compensar por completo la huella de carbono del centro se necesitaría producir la siguiente:

$$\frac{\text{Huella de carbono total}}{\text{Factor de emisión}} = \text{Total de energía a producir}$$

$$\frac{1\ 201\ 978,72\ \text{kg CO}_2/\text{año}}{0,4796\ \text{kg CO}_2/\text{kWh}} = 2\ 506\ 210,84\ \text{kWh/año}$$

6.2.1.1. Solar

Con una exposición promedio de 7 horas pico de sol y con un rendimiento de trabajo del 85 % dado que no será una exposición perpendicular al sol las 7 horas, cada panel puede producir los valores expresados en la siguiente tabla.

Tabla XIII. **Características estándar de paneles solares**

Potencia (w)	Dimensiones del panel	Área del panel m ²	Watts-hora/mes
320	0,99 x 1,95 m	1,93	57 120
275	0,99 x 1,64 m	1,62	49 087
200	0,99 x 1,24 m	1,23	35 700
130	0,67 x 1,20 m	0,80	23 205

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

Utilizando el primer panel que se presenta en la tabla, se obtiene que puede generar un total de 685 kWh/año entonces se puede calcular con cuantos paneles se puede compensar por completo la huella de carbono del centro.

$$\frac{2\ 506\ 210,84\ \text{kWh/año}}{685\ \text{kWh/año}} = 3\ 658,70\ \text{paneles}$$

El dato anterior significa que sería una cantidad incosteable e impráctica de paneles, pero si antes de compensar se implementan todas las

recomendaciones es posible reducir drásticamente la huella carbono total del centro, aparte de esto lo ideal sería utilizar energías limpias solo para sustituir el consumo de energía del centro y compensar con fijación de carbono la huella restante.

6.2.2. Fijación de carbono

Como se definió en el capítulo dos, la fijación de carbono consiste en compensar la huella de carbono por medio de plantar y mantener un bosque que pueda contrarrestar el total de dióxido de carbono equivalente que es emitido como consecuencia de las actividades del centro.

Para tal propósito podemos optar por varias opciones, incluyendo establecer una plantación forestal, compra bonos de carbono o una mezcla entre ambos.

6.2.2.1. Compra de bonos de carbono

Los bonos de carbono pueden comprarse en mercados de carbono en el ámbito internacional o nacional, siendo Guatemala un país con potencial para generación de proyectos de esta índole.

Los precios de los bonos de carbono pueden variar, pero se establecen en el mercado internacional con un precio en dólares por cada tonelada de dióxido de carbono fijado por un bosque.

Para tener una idea de precios y hacer un cálculo se utilizará como referencia un precio establecido para un proyecto masivo en Guatemala que se

plantea en el año 2020 con un precio de \$ 5,00 por tonelada de dióxido de carbono fijada.³²

$$\begin{aligned} & \text{(Huella de carbono total) x (Precio por tonelada)} \\ & = \text{Costo del bono de carbono} \end{aligned}$$

$$\left(1\,201,98 \frac{\text{Toneladas CO}_2}{\text{año}} \right) \times \left(5\$ \text{ cada } \frac{\text{Tonelada CO}_2}{\text{año}} \right) = 6\,009,9\$$$

El bono de carbono que se debería de comprar sería de aproximadamente \$ 6 000,00 dólares al año para poder compensar la huella de carbono actual.

6.2.2.2. Reforestación

Para poder compensar con reforestación se necesita conocer la capacidad de fijación de carbono en distintas especies de árboles, conociendo las toneladas de dióxido de carbono que puede fijar una hectárea de una especie se puede calcular la cantidad de hectáreas necesarias para lograr la compensación.

Tabla XIV. **Fijación de dióxido de carbono por especie**

Especie	Fijación de toneladas de CO2 / hectárea / año
Eucalipto	43,58
Pino	25,23
Álamo	41,28

Fuente: NORBERTO, Carlos. *La fijación de CO2 en plantaciones forestales y en productos de madera en Argentina*. p.6.

³² GONZÁLEZ, Ana Lucía. *Bonos de carbono, el oro verde*. <https://elperiodico.com.gt/domingo/2020/02/09/bonos-de-carbono-el-oro-verde/>.

$$\frac{\text{Huella de carbono del centro}}{\text{Toneladas fijadas por ha. por año}} = \text{Total de hectáreas para compensar}$$

Aplicando la ecuación anterior se obtiene que son necesarias 27,58 hectáreas de bosque Eucalipto o 47,64 hectáreas de Pino o 29,11 hectáreas de Álamo por año para compensar la totalidad de la huella de carbono del Centro.

6.2.2.3. Mixto

Por último, se puede optar por un modelo de compensación mixto, en el que se pueden mezclar las distintas alternativas buscando encontrar la que mejor se adapte a las necesidades y posibilidades del centro.

Este modelo puede incluir compensación por medio de bonos de carbono, reforestación y energías limpias, mezclándolos en las proporciones que se decida conveniente.

Como ya se ha mencionado anteriormente, aunque no está demás hacer énfasis es que lo más importante será concientizar y capacitar a los usuarios en el correcto uso de los recursos y la forma de disponerlos, esto de la mano con las recomendaciones y correcciones propuestas se reflejarían en una disminución drástica de la magnitud total de la huella de carbono del centro. Reduciendo así la cantidad de toneladas de dióxido de carbono que se necesitan compensar año con año.

CONCLUSIONES

1. Con un volumen promedio diario de unos 22,12 m³ de agua consumida en el INTECAP Centro Uno Guatemala. Se genera una huella de carbono de 117 964,80 kg equivalentes de CO₂ por año.
2. El consumo anual de energía eléctrica en kilo watts hora del INTECAP Centro Uno Guatemala es de 249 192. Generando así una huella de carbono de 195 512,48 kg equivalentes de CO₂ por año.
3. En promedio anualmente en el INTECAP Centro uno Guatemala se generan 75 000 kg de desechos sólidos. Generando como resultado una huella de carbono de 904 501,44 kg equivalentes de CO₂ por año.
4. La huella de carbono de los desechos sólidos representa más del 75 % de la huella de carbono total del centro, mientras que el agua y electricidad en conjunto representan menos del 25 %. En el momento de aplicar un plan de reducción de la huella de carbono se deberá priorizar los factores en función de su porcentaje sobre el total del centro: el agua con un 14,81 %, la electricidad con un 9,94 % y los desechos sólidos con un 75,25 %.
5. La huella de carbono asociada a cada miembro de la institución (personal administrativo, operativo y usuarios), por sus actividades dentro del centro genera mensualmente el equivalente a 48,16 kg de CO₂.

RECOMENDACIONES

1. Obtener valores de consumo exactos. Lo ideal es tomar los valores del contador central cada mes. Es indispensable realizar revisiones periódicas al mismo para verificar que las lecturas que muestra son verídicas. Así mismo verificar la lectura con históricos de consumo de meses anteriores.
2. Reducir el margen de error al momento de calcular la huella de carbono de la energía eléctrica, tomando el valor exacto de consumo directo del contador cada mes. Esta lectura puede verificarse con históricos de consumo que tengan una utilización parecida.
3. Implementar el programa de separación de residuos, luego calcular la huella asociada a la generación de estos. Se podrá realizar de una forma muy precisa al pesar solamente los desechos que irán al basurero municipal, ya que los demás al ser reciclados o reutilizados no tendrán un impacto negativo como residuos sólidos.
4. Enfocar los esfuerzos de reducción y mitigación en el factor con mayor impacto siendo en este caso los residuos sólidos, esto hará que los recursos utilizados sean más eficientes, al reducir en mayor medida con un menor consumo de recursos asociados.
5. Ayudar a los usuarios del centro a calcular su huella de carbono personal tomando en cuenta el impacto de su participación dentro del centro con el valor obtenido asociado a cada usuario.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aquea Fundación. *Que es el agua*. [en línea]. <<https://www.fundacionaquea.org/que-es-el-agua/>>. [Consulta: 12 de abril de 2020].
2. Asociación española de empresas de consultoría. *Norma PAS 2060*. [en línea]. <<https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/norma-pas-2060>>. [Consulta: 12 de abril de 2020].
3. ASTURIAS, Eliel. *Determinación de huella de carbono del agua y los residuos sólidos como indicador ambiental en la facultad de ingeniería de la USAC*. [en línea]. <http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3828_IN.pdf>. [Consulta: 16 de abril del 2020].
4. BADDI, Mohammad. *La huella ecológica y sostenibilidad*. [en línea]. <[http://www.spentamexico.org/v3-n1/3\(1\)%20672-678.pdf](http://www.spentamexico.org/v3-n1/3(1)%20672-678.pdf)>. [Consulta: 4 de abril de 2020].
5. Banco Mundial. *Los desechos: un análisis actualizado del futuro de la gestión de los desechos sólidos*. [en línea]. <<https://www.bancomundial.org/es/news/immersivestory/2018/09/20/what-a-waste-an-updated-look-into-the-future-of-solid-waste-management>>. [Consulta: 13 de mayo de 2020].

6. BARDALES OLIVA, Jaime Vinicio. *Balance energético 2017*. Guatemala: Ministerio de energía y minas. 2017. 11 p.
7. BARROS, Vicente. *Cambio climático global*. Argentina: Libros del zorzal. 2006. 169 p.
8. BBC News, Mundo. *Los 10 países que más y menos basura generan en América Latina*. [en línea]. < <https://www.bbc.com/mundo/noticias-45755145>>. [Consulta: 16 de mayo de 2020].
9. CARRASCO LEAL, Juan Bernardo. *Factores de emisión considerados en la herramienta de cálculo de la huella de carbono corporativa*. [en línea]. <https://www.acueducto.com.co/wps/html/resources/2018ag/huella_carbono/informe_gei/6_anexo_3Factores_Emission_Herramienta_Inventario_GEI_EAB_2014.pdf>. [Consulta: 29 de julio de 2020].
10. COLSON, Ann. *Reduce your carbon foot print*. País: CreateSpace Independent Publishing Platform. Estados Unidos. 2015. 46 p.
11. Comisión nacional de energía eléctrica Guatemala. *Matriz histórica de generación*. [en línea]. <http://www.cnee.gob.gt/wp/?page_id=3293>. [Consulta: 30 de julio de 2020].
12. DITTBORN CORDUA, Paulina. *Historia y perspectivas de la educación técnica de nivel superior*. Chile: Revista calidad en la educación. 2007. 33 p.

13. Ecointeligencia. *¿Conoces en qué consiste el GHG Protocol?*. [en línea]. <<https://www.ecointeligencia.com/2013/05/ghg-protocol/>>. [Consulta: 16 de abril del 2020].
14. Energía Nuclear. *Energía eléctrica*. [en línea]. <<https://energia-nuclear.net/energia/energia-electrica.>>. [Consulta: 21 de junio de 2020].
15. ESPÍNDOLA, César. *Huella del carbono parte 1: conceptos, métodos de estimación y complejidades metodológicas*. Chile: Información tecnológica. 2012. 176 p.
16. ESPINOZA, Guillermo. *Fundamentos de evaluación de impacto ambiental*. Santiago, Chile : Banco Interamericano De Desarrollo Bid, 2001. 171 p.
17. GONZÁLEZ, Ana Lucia. *Bonos de carbono, el oro verde*. [en línea]. <<https://elperiodico.com.gt/domingo/2020/02/09/bonos-de-carbono-el-oro-verde/>>. [Consulta: 2 de octubre de 2020].
18. INTECAP. *Historia del INTECAP*. [en línea]. <<https://intecap.edu.gt/quienes-somos/historia-del-intecap/>>. [Consulta: 10 de marzo de 2020].
19. LARIOS MARTÓN, José. *Calentamiento global, al borde del límite*. España: INET. 2008. 118 p.
20. LÓPEZ, Mario. *La huella ecológica mundial*. [en línea]. <<https://www.lavanguardia.com/vida/20170408/421527311147/sab>>

ado-de-mapas-huella-ecologica-mundial.html >. [Consulta: 9 de mayo de 2020].

21. MENDOZA, Laura. *El cambio climático en América del norte con la conducción de la operación ambiental en el marco vinculatorio del protocolo de Kyouto*. México: UNAM. 2010. 220 p.
22. NORBERTO, Carlos. *La fijación de CO2 en plantaciones forestales y en productos de madera en Argentina*. Buenos Aires, Argentina: Editorial GRAM. 2004. 15 p.
23. PANDEY, Divya. *Carbon footprint: current methods of estimation*. India: Environ Monit Assess. 2010. 178 p.
24. SCHMIDT, Charles. *Las compensaciones de carbono, los dolores de un mercado creciente*. [en línea]. <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S003636342009000300018>. [18 de abril de 2020].