



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN PARA LA REDUCCIÓN Y MITIGACIÓN DE LA HUELLA
DE CARBONO DE LOS PROCESOS DE ADMISIÓN Y GRADUACIÓN DE LA FIUSAC**

Luis Daniel Arturo López

Asesorado por el Msc. Ing. Pedro Miguel Agreda Girón

Guatemala, febrero de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN PARA LA REDUCCIÓN Y MITIGACIÓN DE LA HUELLA
DE CARBONO DE LOS PROCESOS DE ADMISIÓN Y GRADUACIÓN DE LA FIUSAC**

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LUIS DANIEL ARTURO LÓPEZ

ASESORADO POR EL MSC. ING. PEDRO MIGUEL AGREDA GIRÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, FEBRERO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Jorge Rodolfo García Carrera
EXAMINADOR	Ing. Jorge Mario Estrada Asturias
EXAMINADOR	Ing. José Manuel Tay Oroxóm
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:

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN PARA LA REDUCCIÓN Y MITIGACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DE LOS PROCESOS DE ADMISIÓN Y GRADUACIÓN DE LA FIUSAC

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Posgrado, con fecha 22 de enero de 2013

Luis Daniel Arturo López

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Teléfono 2418-9142

ADSE-MEAPP-0001-2013

Guatemala, 22 de enero de 2013.

Director:
Víctor Manuel Monzón Valdez
Escuela de Ingeniería Química
Presente.

Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante **Luis Daniel Arturo López** con carné número **2004-1333**, quien opto la modalidad del **"PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO"**.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular, atentamente,

Ing. Juan C. Fuentes M.
M.Sc. Hidrología
Colegiado No. 2,504

"Id y enseñad a todos"



Ing. Pedro Miguel Agreda Gibrón
Ingeniero Mecánico
Msc. Ing. Pedro Miguel Agreda G.
Col. No. 9915
Asesor (a)

Msc. Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque
Coordinador de Área
Desarrollo social y energético

Dra. Mayra Virginia Castillo Montes
Directora
Escuela de Estudios de Postgrado



Cc: archivo
/la



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Ref.EIQ.TG.020.2013

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación del estudiante, **LUIS DANIEL ARTURO LÓPEZ** titulado: **"DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN PARA LA REDUCCIÓN Y MITIGACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DE LOS PROCESOS DE ADMISIÓN Y GRADUACIÓN DE LA FIUSAC"**. Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química

Guatemala, febrero 2013



Cc: Archivo
VMMV/ale



DTG. 042 .2013

El Decano 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 Química, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN PARA LA REDUCCIÓN Y MITIGACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DE LOS PROCESOS DE ADMISIÓN Y GRADUACIÓN DE LA FIUSAC**, presentado por el estudiante universitario: **Luis Daniel Arturo López**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 4 de febrero de 2013

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser el creador y dador de vida.
Guatemala	Por darme la oportunidad de realizarme profesionalmente y poder ser alguien de provecho para el país.
Mis madres	Rosalina Jiménez González, Silvia Esperanza López Jiménez y Rosario del Carmen López Jiménez de Villatoro por su amor, dedicación, apoyo y sostenimiento económico, en deuda eterna con ustedes.
Abuelo	Doroteo López Castañaza (q.e.p.d.) por su dedicación y ejemplo.
Mi esposa	María Alicia García Luna de López por ser la inspiración en mi vida cada día.
Mi hijo	Sergio Luis López García por ser mi motivación e inspiración en cada sol.
Mis tíos fallecidos	Sergio Fernando y Luis Eduardo López Jiménez por haber sido un gran ejemplo de padres, los extraño.

Mis tíos

Adolfo Alberto, Daniel Isidro López Jiménez y el resto por sus sabios consejos y apoyo.

Mis hermanos

Gabriela Alejandra Villatoro y Kevin Alberto López Oliva por haberme apoyado, un abrazo.

Mis primos

Vilma Zuleika Oliva López, Sergio Fernando y Diego Roberto López Laínez, Michelle López Valdez y el resto de primos por estar conmigo y apoyarme durante mi carrera universitaria.

Mis suegros

Filadelfo Estuardo García Alburez y Hilda Walesca Luna de García por el apoyo brindado en nuestra vida conyugal.

Mis amigos

Samuel Sandoval, Pedro Luna, Jorge Doradea, Jorge Chavarría, Jorge Santa Cruz, Aroldo Mazariegos, Adreana Hernández, Paola Mendía, Luz Figueroa, Abdiel Muralles, Erick Orellana, Adolfo de La Cruz, Renato Contreras y Héctor Méndez por compartir muchas experiencias en esta etapa universitaria.

AGRADECIMIENTOS A:

La Universidad de San Carlos de Guatemala	Por 337 años de crear profesionales y calidad de docencia en cada uno de mis años de vida universitaria.
Escuela de Estudios de Posgrado	Por la oportunidad de continuar el crecimiento de mi vida profesional.
Facultad de Ingeniería	Por haberme brindado los recursos y la oportunidad de crecer profesionalmente.
Ing. Pedro Agreda Girón	Por haber compartido su experiencia y asesoramiento en el presente informe.
Ing. Santiago Méndez	Por darle seguimiento a mis contratiempos académicos.
Ing. Víctor De León	Por los conocimientos compartidos en mi vida universitaria.
Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque	Por su colaboración en la metodología estadística del presente diseño de investigación y apoyo en los estudios de postgrado.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN.....	IX
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. OBJETIVOS	7
4. JUSTIFICACIÓN	9
5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
6. ALCANCES	13
7. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	15
7.1. Cambio climático	15
7.1.1. Gases de efecto invernadero.....	16
7.1.1.1. Dióxido de carbono.....	17
7.1.1.2. Metano.....	18
7.1.1.3. Óxido nitroso.....	18
7.1.1.4. Hidrofluorocarbonos	18
7.1.1.5. Perfluorocarbonos	19
7.1.1.6. Hexafluoruro de azufre	19

7.1.2.	Potencial de calentamiento global.....	19
7.1.3.	Dióxido de carbono equivalente	20
7.1.4.	Factores de emisión	20
7.1.5.	Emisiones fugitivas.....	21
7.2.	Mecanismos de Desarrollo más Limpio (MDL).....	21
7.3.	Huella ecológica	23
7.4.	Huella hídrica	23
7.4.1.	Componentes de la huella del agua	23
7.5.	Huella de carbono	24
7.5.1.	Definición.....	24
7.5.2.	Línea base.....	24
7.5.3.	Límites operacionales	24
7.5.4.	Límites organizacionales	25
7.5.5.	Carbono positivo y neutral.....	25
7.5.6.	Compensación de carbono.....	25
7.5.7.	Tipos de emisiones	26
7.5.7.1.	Emisiones de gases de efecto invernadero asociadas las principales fuentes de emisión	26
7.5.7.2.	Emisiones de gases de efecto invernadero por alcances	27
7.6.	Bonos de carbono	27
7.6.1.	Aspectos generales.....	27
7.6.2.	Tipos de transacciones.....	28
7.6.2.1.	Transferencia inmediata (<i>spot sales</i>)	28
7.6.2.2.	Contratos a futuro.....	28
7.6.2.3.	A cuerdos de Compra de Reducción de Emisiones.....	29
7.6.3.	Participantes.....	29
7.6.3.1.	Oferta (vendedores)	29

	7.6.3.2.	Demanda (compradores).....	29
	7.6.3.3.	Intermediarios (<i>brokers</i>).....	30
	7.6.4.	Tamaño del mercado.....	30
7.7.		Metodologías para cuantificar la huella de carbono	31
	7.7.1.	Normas ISO 14.064, 14.065 y 14.067	31
	7.7.2.	Protocolo GHG	32
	7.7.3.	Bilan Carbone	33
7.8.		Ciclo de vida	35
	7.8.1.	PAS 2050 y PAS 2060.....	35
	7.8.2.	Otras herramientas metodológicas	37
8.		HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	39
	8.1.	Hipótesis científica.....	39
	8.2.	Hipótesis estadística.....	39
9.		CONTENIDO.....	41
10.		MÉTODOS Y TÉCNICAS.....	45
	10.1.	Determinación de los límites organizacionales y operacionales del presente estudio	45
	10.2.	Cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero	46
	10.2.1.	Obtención de datos para el cálculo de emisiones.....	46
	10.2.1.1.	Base de datos de la FIUSAC	46
	10.2.1.2.	Entrevista.....	47
	10.2.1.2.1.	Tipo de entrevista	47
	10.2.1.2.2.	Estructura	47
	10.2.1.3.	Inventario de equipos que utilicen alguna forma de energía que produzca emisiones de gases de efecto invernadero.....	48

10.2.1.4.	Factores de emisión propios de la República de Guatemala.....	48
10.2.2.	Emisiones de Alcance I	49
10.2.2.1.	Emisiones de combustión (Generación de calor o vapor)	49
10.2.2.2.	Emisiones por transporte de personas..	50
10.2.2.3.	Emisiones por el transporte de materiales, productos y residuos.....	50
10.2.2.4.	Emisiones fugitivas.....	50
10.2.3.	Emisiones de Alcance II	52
10.2.4.	Emisiones de Alcance III	52
10.3.	Reducción de la incertidumbre en las mediciones	52
10.3.1.	Muestreo simple al azar sin reemplazo	53
10.3.2.	Estadística descriptiva de los datos recopilados	53
10.3.3.	Establecimiento del modelo determinístico	53
10.3.4.	Análisis de independencia de errores	53
11.	RESULTADOS ESPERADOS	55
12.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	57
13.	RECURSOS.....	59
13.1.	Recurso humano	59
13.2.	Recurso material	59
13.3.	Presupuesto preliminar	60
14.	BIBLIOGRAFÍA.....	63

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	El mundo frente a la vulnerabilidad por el cambio climático.....	16
2.	Relación de los gases de efecto invernadero en la atmosfera	17
3.	Calidad de vida sustentable	22
4.	Resumen de los alcances y emisiones a través de la cadena valor.....	33
5.	Análisis de ciclo de vida	36
6.	Límites organizacionales y operacionales del estudio.....	45
7.	Factores de emisión de dióxido de carbono por combustible.....	51
8.	Determinación de la línea base de emisiones	54
9.	Inversión en recursos humanos	60
10.	Inversión en materiales	60
11.	Inversión en transporte.....	61

TABLAS

I.	Factores de emisión de generación eléctrica para Guatemala	49
II.	Cronograma de actividades para el proyecto.....	57
III.	Inversión Total.....	61

GLOSARIO

ADEME	Agencia de Medio Ambiente y Gestión de la Energía
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CCNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
EPA	Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos
EPS	Ejercicio Profesional Supervisado
EU-ETS	Sistema de Intercambio de Emisiones de la Unión Europea
FIUSAC	Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Campus Central
GEI	Gases de Efecto Invernadero
IPCC	Panel Intergubernamental del Cambio Climático
ISO	Organización Internacional de Normalización

MDL	Mecanismos de Desarrollo Limpio
Países Anexo I	Países desarrollados de la Cooperación y Desarrollo Económicos y países en economías de transición.
PAS 2050	Metodología desarrollada por la Institución Británica de Normalización para la cuantificación de huella de carbono.
Protocolo GHG	Protocolo de Gases de Efecto Invernadero
UNFCCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
USAID	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional

RESUMEN

Dentro de la FIUSAC, los procesos de admisión y graduación generan gran consumo de recursos físicos y tiempo, porque estos procesos fueron establecidos en años donde el impacto ambiental de las actividades humanas no era cuantificado; razón por la cual el presente diseño de investigación propone reducir y mitigar la huella de carbono de los procesos de admisión y graduación, tomando como punto de partida el establecimiento de una línea de base de emisiones de los procesos antes mencionados.

El primer paso para reducir y mitigar las emisiones de dióxido de carbono equivalente es identificar el origen de las emisiones según su Alcance, además reducir las incertidumbres y los márgenes de error en los datos, para lo cual se utilizarán técnicas aplicadas por otras instituciones educativas y gubernamentales para la cuantificación de emisiones de dióxido de carbono equivalente, como lo son el Protocolo GHG y las Normas ISO 14.000 en conjunto con metodologías creadas por la UNFCCC para actividades específicas de cada proceso.

El diseño de investigación generará indicadores ambientales y productivos de cada uno de los procesos de admisión y graduación, además propondrá planes y estudios para darle seguimiento y continuidad a la reducción de emisiones dentro de la FIUSAC, planes que podrán ser aplicados por otras facultades y escuelas en el Campus Central y diversos Centros Universitarios, presentando un balance humano, ambiental, económico y eficiencia administrativa en la educación superior

1. INTRODUCCIÓN

Desde los inicios de la Revolución Industrial a mediados del siglo XVIII las emisiones de gases de efecto invernadero han aumentado a tal punto que se ha hecho sentir la huella del hombre en el cambio climático, (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007), organismos como la Organización de las Naciones Unidas, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos y el Banco Mundial han creado y financiado organizaciones que han cuantificado las emisiones derivadas de los procesos que se desenvuelven durante la vida cotidiana, a dicha medida se le conoce como huella de carbono (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007), la cual consiste en cuantificar el dióxido de carbono equivalente liberado y con esta medición poder determinar estrategias de reducción debido a que el deterioro ambiental ha ocasionado una variabilidad climática anormal.

La investigación propone establecer una línea base para el período 2011-2012, la cual además de identificar la cantidad de emisiones de dióxido de carbono equivalente liberado al ambiente sirve como punto de partida para la reducción de emisiones de los procesos de admisión y graduación de la Facultad de Ingeniería, además la línea base se utilizará para comparar las emisiones a lo largo del tiempo de estos mismos procesos con el fin de evaluar su evolución.

Se presentará un informe que describe los fundamentos en cinco capítulos que a su vez estarán divididos en dos partes: una conceptual y una técnica. Los primeros dos capítulos se enfocan en la parte conceptual describiendo generalidades relacionadas a la huella de carbono tales como el

cambio climático, ciclo de vida de productos de consumo y metodologías para su determinación, además el segundo capítulo describirá los procesos de admisión a la facultad, aprobación de examen técnico profesional, trabajo de graduación y examen público.

Los tres capítulos finales cubren la parte técnica en donde el tercer capítulo mostrará el establecimiento de la línea base de la huella de carbono en base a las emisiones de Alcance I, II y III de cada uno de los procesos. Es en este capítulo donde se establecen las emisiones de dióxido de carbono equivalente iniciales es decir el punto de partida. Con el punto de partida establecido se procede al cuarto capítulo el cual propondrá planes de acción que involucren a la autoridades para crear estrategias y políticas sustentables de reducción de emisiones de los procesos para la reducción y mitigación de la huella de carbono de cada uno de los procesos, finalmente el quinto capítulo recomendará estudios y acciones que complementarán y le darán seguimiento a la investigación.

Los procesos de graduación y admisión de la FIUSAC fueron establecidos en tiempos donde el impacto ambiental no era cuantificado y carecía de importancia a las autoridades. El gran beneficio de cuantificar la huella de carbono y luego establecer una línea base de emisiones es crear procesos más eficientes y que utilicen de forma adecuada los recursos, y así lograr una gestión administrativa universitaria responsable al crear el balance entre el medio y las personas que lo habitan.

2. ANTECEDENTES

La necesidad de la cuantificación de las emisiones de carbono surgió con la finalidad de analizar el daño ocasionado al ambiente por las actividades humanas a través de la historia, desde el establecimiento del protocolo de Kioto en el año de mil novecientos noventa y siete, diversas organizaciones tales como el IPCC, UNFCCC, EPA y otras educativas (Universidades de Estados Unidos, Europa, Japón y Sudáfrica) han realizado análisis y desarrollado técnicas para cuantificar la huella de carbono.

La línea base de la huella de carbono se puede calcular a cualquier tipo de proceso productivo como los industriales, comerciales, educativos y también se puede determinar para productos de consumo como electrónicos, ropa y alimentos procesados, a continuación se presentan diversos estudios de la huella de carbono realizados por entidades educativas y gubernamentales.

En el 2010 la FIUSAC instaló una ciclo vía dentro del campus central para conectar al edificio T3 con los edificios de EPS y S12, plan que fracasó por falta de dirección en el proyecto, en cambio la ciclo vía realizada por la Municipalidad de Guatemala en el 2012, la cual conecta a la Universidad de San Carlos con la estación Las Charcas ubicada sobre la Calzada Raúl Aguilar Batres, la mencionada ciclo vía es un éxito debido a que es parte del proyecto de mitigación de la huella de carbono por parte del Transmetro Capitalino, proyecto impulsado por la Comuna Capitalina. (UNFCCC/CCNUCC, 2011)

El Centro para la Investigación Ambiental Integrada (Center for Integrative Environmental Research, 2009), elaboró un informe sobre las

emisiones de gases de efecto invernadero del sistema universitario de Maryland en el cual plantean metas para la reducción de emisiones en base a técnicas sugeridas por el protocolo GHG e ISO 14001-1.

Ferraro, A. (2009), impulso la creación de un reporte para conocer el impacto de la Universidad de Miami Ohio, donde calcularon una línea base para los años 2007-2008 y donde determinaron que las mayores fuentes de emisiones era el excesivo consumo energético del campus y el transporte hacia el campus.

Petkova, S. (2009), realizó un análisis de la huella de carbono del Instituto Californiano de Tecnología donde encontró una reducción de la huella de carbono en el año 2008 luego de establecer una línea base para los años 2005-2007, esto al reducir los viajes de los estudiantes al campus.

Letete, T. (2010), y su grupo de trabajo de la Universidad Cape Town de Sudáfrica, realizaron un estudio para determinar el impacto de sus actividades (cátedras, procesos universitarios, actividades deportivas, transporte, entre otras) tomando al año 2007 como línea base, y plantearon metas para la disminución de consumo eléctrico y viajes al campus universitario.

Universidad de Georgetown (2011), realizó su comunicación de resultados sobre emisiones luego de crear su línea base de emisiones en el año 2006, año en el que plantearon reducir sus emisiones en 50% de gases de efecto invernadero por pie cuadrado para el año 2020, tomando como base la metodologías planteadas por el Protocolo GHG y UNFCCC, donde para el año 2010 lograron reducir el 19.8% de las emisiones de gases de efecto invernadero. Creando una conversión tecnológica de sus equipos para hacer más productivos sus procesos.

Spranger, S. (2011), desarrolló su tesis de maestría en base a la variedad de técnicas que existen para determinar la línea base de un campus universitario, en la cual establece que la línea base debe de ser determinada aplicando varias técnicas para tener un mayor alcance por la variedad de actividades que realizan dentro de un campus universitario, al realizar un análisis de varios estudios a nivel mundial especialmente el caso propio de la Universidad Erasmus de Rotterdam.

3. OBJETIVOS

General

Diseñar un proceso de reducción y mitigación de la huella de carbono de los procesos de admisión y graduación de los estudiantes a la FIUSAC durante el período 2011-2012.

Específicos

1. Identificar la cantidad de emisiones a la huella de carbono según su alcance.
2. Definir los márgenes de error de la huella de carbono y reducir las incertidumbres en los datos.
3. Generar indicadores ambientales de los procesos de admisión y graduación de la FIUSAC.
4. Analizar actividades impulsadas recientemente por parte de las autoridades para la mitigación de la huella de carbono.

4. JUSTIFICACIÓN

Existe una preocupación a nivel mundial por conocer la cantidad de emisiones de dióxido de carbono que es liberado al ambiente, tales emisiones son cuantificadas para establecer el impacto ambiental que ocasionan las diversas actividades humanas, adicionalmente para determinar índices de productividad laboral debido a que hace más eficientes los procesos.

El primer paso en la realización de un inventario de emisiones es la construcción de una línea base de emisiones que actualmente carece la Facultad de Ingeniería en los procesos de admisión y graduación de los estudiantes durante el período del 2011. La línea base se refiere a determinar un punto de partida para la reducción de emisiones, esta será la referencia para inventarios posteriores. La primera medición (línea base) es indispensable para fijar objetivos en cuanto a la reducción y mitigación de emisiones debido a que propone mejoras en los procesos.

En el país existe una infinidad de procesos administrativos que carecen de líneas bases similares al presente estudio. Procesos como la sustitución de la Cedula de Vecindad por el Documento Único de Identificación, inscripción de empresas en el Registro Mercantil, entre otros, los procesos pueden ser más eficientes y productivos si el punto de partida fuera la creación de una línea base para la cuantificación de emisiones.

En base a lo anterior, los procesos administrativos estudiantiles aplicarán técnicas, establecidas por organismos internacionales dedicados a los estudios de huella de carbono, que mejorarán el uso adecuado de insumos (energía

eléctrica, papel, tintas inorgánicas, manejo de desechos y combustible utilizado por los estudiantes, autoridades y catedráticos en el desplazamiento dentro del campus central). También permitirá ejecutar los procesos antes citados de una forma eficiente y productiva, presentando una visión ambiental, económica y social ligada a cada proceso a estudiar dentro de un marco investigativo experimental.

5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema a tratar es la falta de una línea base para establecer los parámetros de emisiones de dióxido de carbono y así poder plantear un plan de acción que reduzca, mitigue y compense la huella de carbono en los diversos procesos de admisión y graduación a la facultad de ingeniería.

Se busca analizar los procesos de admisión y graduación de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería requieren de viajes innecesarios al campus central, los cuales implican factores negativos que hacen crecer la huella de carbono. El primer factor a analizar es la cantidad excesiva de viajes al campus central, el cual es realizado en transporte público o particular convirtiendo a este factor en el mayor aportador de emisiones de dióxido de carbono equivalente debido a que muy pocas personas acceden al campus universitario caminando o en bicicleta.

El segundo factor negativo es el uso desmedido de papel en cada uno de los procesos, el que trae consigo el uso de tintas inorgánicas y otros consumibles de oficina, el consumo eléctrico asociado a cada uno de los equipos electrónicos de las instalaciones universitarias, equipos que en su mayoría son antiguos y por tal razón carecen de las últimas tecnologías en cuanto a eficiencia energética y bajo consumo de electricidad generando una degradación considerable al ambiente por haber sido fabricados con materiales no reciclables.

El tercer factor es el aumento de la cantidad de residuos sólidos derivado del consumo de productos como alimentos procesados, suministros de

oficina entre otros los cuales son generados por los estudiantes al permanecer dentro del Campus Central, residuos que deberían de ser tratados adecuadamente por las autoridades universitarias además de crear conciencia el aprovechamiento óptimo de los recursos.

Los factores mencionados representan un gran reto para la solución de este problema, pero la implementación de un plan de acción adecuado hará posible la reducción de la huella de carbono para los diversos procesos universitarios a plantear, con lo antes mencionado se puede concluir las siguientes preguntas investigativas:

¿Es necesaria la reducción de la huella de carbono de los procesos de admisión y graduación a la FIUSAC?

¿Cuál es el factor principal de generación de la huella de carbono dentro de los procesos admisión y graduación a la FIUSAC?

¿Es esta la metodología adecuada para poder cuantificar la huella de carbono dentro de los procesos admisión y graduación a la FIUSAC?

6. ALCANCES

El alcance está enfocado directamente a procesos educativos de la FIUSAC:

- Desarrollo de un plan de reducción de emisiones acorde a las posibilidades presupuestarias de la facultad.
- Definición de metas anuales para la reducción de la huella de carbono estableciendo períodos de compromiso.
- Análisis de los procesos de admisión y graduación tomando como referencia la medición de huella de carbono del período 2011-2012.

Los alcances anteriores se pueden replicar en los siguientes sectores educativos del país:

- Procesos de la escuelas que componen la Facultad de Ingeniería, Campus Central, no incluidos dentro del presente estudio y otras facultades dentro del mismo campus.
- Múltiples Centros Universitarios que pertenecen a la red de educación superior pública.
- Universidades privadas que no tengan implementado un plan de proyección de disminución de la huella de carbono.

7. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

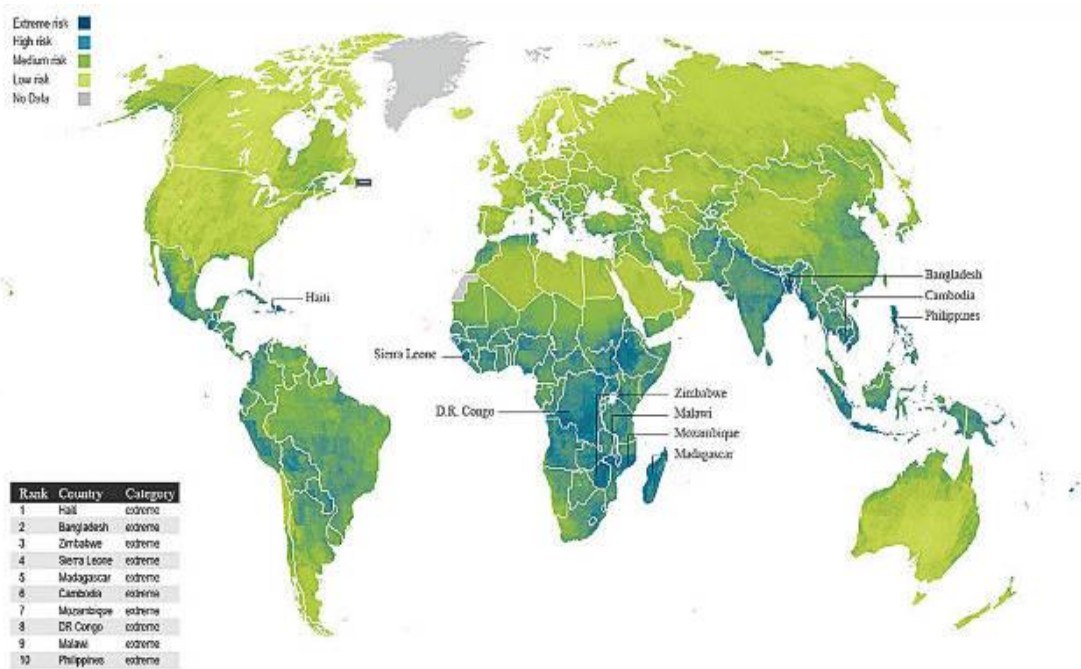
Son diversos los factores que han creado la variabilidad climática en años recientes, pero de todos los factores la actividad humana es la mayor responsable de esta variación en el clima.

7.1. Cambio climático

A partir de la Revolución Industrial, la actividad humana comenzó a tener efectos considerables en el ambiente debido al desmedido uso de los recursos naturales y las grandes cantidades de dióxido de carbono que han sido liberados a la atmósfera, estos factores han traído consigo una cantidad enorme de fenómenos como lluvia ácida, derretimiento de los polos, aumento de la temperatura entre otros los cuales establecen la variación climática en la tierra o también llamado cambio climático (CEPAL, 2011).

El cambio climático tiene un sinnúmero de definiciones donde la más difundida y acertada es la establecida por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático (CMCC) donde en su artículo número uno establece o define, un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables, adicionalmente se establece la diferencia entre los efectos o cambios ocasionados por el hombre y los cambios climáticos naturales (CEPAL, 2011).

Figura 1. El mundo frente a la vulnerabilidad por el cambio climático



Fuente: Maplecroft, 2011

7.1.1. Gases de efecto invernadero

Los gases de efecto invernadero son los gases integrantes de la atmósfera, de origen natural y antropogénico, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de ondas del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la tierra, la atmósfera, y las nubes. Esta propiedad causa el efecto invernadero. El vapor de agua (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄) y ozono (O₃) son los principales gases de efecto invernadero en la atmósfera terrestre.

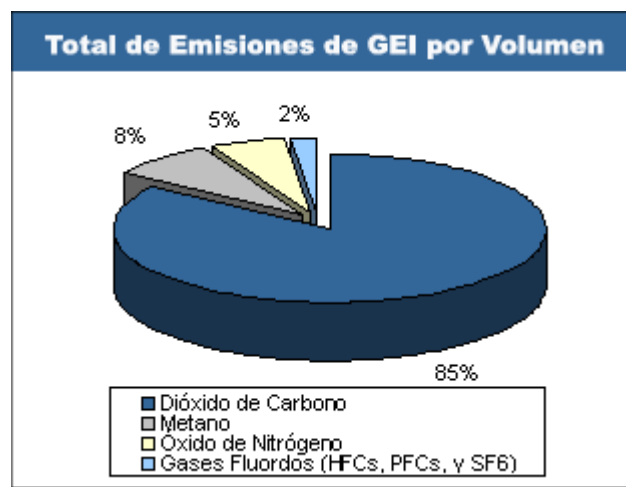
Además existe en la atmósfera una serie de gases de efecto invernadero totalmente producidos por el hombre, como los halo-carbonos y otras sustancias que contienen cloro y bromuro, de las que se ocupa el Protocolo de Montreal. Además del CO₂, N₂O, y CH₄, el Protocolo de Kioto aborda otros

gases de efecto invernadero, como el hexafluoruro de azufre (SF₆), los hidrofluorocarbonos (HFC), y los perfluorocarbonos (PFC). (World Business Council for Sustainable y World Resources Institute, 2005)

7.1.1.1. Dióxido de carbono

Gas que existe espontáneamente y también como subproducto el quemado de combustibles fósiles procedentes de depósitos de carbono de origen fósil, como el petróleo, el gas o el carbón, de la quema de biomasa, o de los cambios de uso de la tierra y otros procesos industriales. Es el gas de efecto invernadero antropógeno que más afecta al equilibrio radiativo de la Tierra. Es también el gas de referencia para la medición de otros gases de efecto invernadero y por consiguiente, su potencial de calentamiento mundial es igual a 1. (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007)

Figura 2. **Relación de los gases de efecto invernadero en la atmosfera**



Fuente: U.S. Environmental Protection Agency, 2012

7.1.1.2. Metano

El metano es uno de los seis gases de efecto invernadero que el Protocolo de Kioto se propone reducir. Es el componente principal del gas natural, y está asociado a todos los hidrocarburos utilizados como combustibles, a la ganadería y a la agricultura. El metano de estrato carbónico es el que se encuentra en las vetas de carbón. (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007)

7.1.1.3. Óxido nitroso

Es otro de los seis tipos de gases de efecto invernadero que el Protocolo de Kioto se propone reducir. La fuente antropógena principal de óxido nitroso es la agricultura (la gestión del suelo y del estiércol), pero hay también aportaciones importantes provenientes del tratamiento de aguas residuales, del quemado de combustibles fósílicos y de los procesos industriales químicos.

El óxido nitroso es también producido naturalmente por muy diversas fuentes biológicas presentes en el suelo y en el agua, y particularmente por la acción microbiana en los bosques tropicales pluviales. (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007)

7.1.1.4. Hidrofluorocarbonos

Uno de los seis gases o grupos de gases de efecto invernadero cuya presencia se propone reducir el Protocolo de Kioto. Son producidos comercialmente en sustitución de los clorofluorocarbonos. Los HFCs se utilizan ampliamente en refrigeración y en fabricación de semiconductores. (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007)

Dentro de este renglón se incluyen los halocarbonos el cual es el término que designa colectivamente un grupo de especies orgánicas parcialmente halogenadas que abarca los clorofluorocarbonos (CFC), los hidroclorofluorocarbonos (HCFC), los hidrofurocarbonos (HFC), los haluros, el cloruro de metilo, el bromuro de metilo, etc. Muchos de los halocarbonos tienen un potencial de calentamiento mundial elevado. Los halocarbonos que contienen cloro y bromo intervienen también en el agotamiento de la capa de ozono. (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007)

7.1.1.5. Perfluorocarbonos

Al igual que los anteriores es uno de los gases mencionados en el protocolo de Kioto que deben ser reducidos y estos son subproductos de la fundición del aluminio y del enriquecimiento del uranio. Sustituyen también a los clorofluorocarbonos en la fabricación de semiconductores. (Rauto Dessai, 2005)

7.1.1.6. Hexafluoruro de azufre

Se utiliza profusamente en la industria pesada para el aislamiento de equipos de alta tensión y como auxiliar en la fabricación de sistemas de refrigeración de cables y de semiconductores. (Rauto Dessai, 2005)

7.1.2. Potencial de calentamiento global

También llamado PCM, es el índice basado en las propiedades radiativas de una mezcla homogénea de gases de efecto invernadero, que mide el forzamiento radiativo producido por una unidad de masa de un gas de efecto invernadero homogéneamente mezclado en la atmósfera actual, integrado a lo

largo de determinado horizonte temporal, respecto del forzamiento por dióxido de carbono. (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007)

El PCM representa el efecto combinado de los diferentes períodos de permanencia de esos gases en la atmósfera, y su eficacia relativa de absorción de la radiación infrarroja saliente. El Protocolo de Kioto está basado en los PCM de los impulsos de emisión a lo largo de 100 años. (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007)

7.1.3. Dióxido de carbono equivalente

Es la cantidad de emisión de CO₂ que ocasionaría, durante un horizonte temporal dado, el mismo forzamiento radiativo integrado a lo largo del tiempo que una cantidad emitida de un GEI de larga permanencia o de una mezcla de GEI. Para un GEI, las emisiones de CO₂-equivalente se obtienen multiplicando la cantidad de GEI emitida por su potencial de calentamiento mundial (PCM) para un horizonte temporal dado.

Para una mezcla de GEI, se obtienen sumando las emisiones de CO₂-equivalente de cada uno de los gases. Las emisiones de CO₂-equivalente constituyen un valor de referencia y una métrica útil para comparar emisiones de GEI diferentes, pero no implican respuestas idénticas al cambio climático. (Guerra Alarcón, 2007)

7.1.4. Factores de emisión

Como definición un factor de emisión es un valor representativo que busca relacionar la cantidad de un contaminante liberado a la atmósfera, con la actividad asociada a la generación de este contaminante.

Estos factores se expresan generalmente como el peso del contaminante dividido por una unidad de peso, volumen, distancia, o duración de la actividad emisora (ejemplo kilogramos de material particulado emitidos por cada tonelada de material descargada). Tales factores facilitan la estimación de emisiones de variadas fuentes de contaminación atmosférica, a los factores de emisión de cada país se les denomina factores de emisión propios de cada país. (Servicio de Evaluación Ambiental, 2012)

7.1.5. Emisiones fugitivas

La liberación intencional o no intencional de los gases de efecto invernadero puede ocurrir durante la extracción, el procesamiento y la entrega de los combustibles fósiles al punto de utilización final. Se conocen estas emisiones como emisiones fugitivas.

7.2. Mecanismos de Desarrollo más Limpio (MDL)

El artículo 12 del Protocolo de Kyoto estipula que uno de los principales propósitos del MDL es ayudar a las Partes no incluidas en el Anexo I a lograr un desarrollo sostenible. Antes de estudiar más en detalle el MDL, parece necesario estudiar el desarrollo sostenible de manera crítica para poder definir sus límites teóricos y en consecuencia, los posibles problemas conceptuales del MDL. La pregunta central es la siguiente:

¿Cuáles son las bases teóricas del desarrollo sostenible?

Existen varias definiciones del desarrollo sostenible, pero poco a poco la comunidad científica internacional llegó a un acuerdo tácito sobre su definición más convincente: la del informe Brundtland, del nombre de la noruega Gro

Harlem Brundtland, que lideró la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. En 1987, después de 3 años de diversos estudios, debates y audiencias públicas, la Comisión Brundtland culminó con la publicación del documento llamado Nuestro Futuro Común o Reporte Brundtland.

En este documento se advertía que la humanidad debía cambiar las modalidades de vida y de interacción comercial si no deseaba el advenimiento de una era con niveles de sufrimiento humano y degradación ecológica inaceptables. Se definió así el concepto de Desarrollo Sostenible: El desarrollo sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad para que las futuras generaciones puedan satisfacer sus propias necesidades. (Landreau, 2006)

Figura 3. **Calidad de vida sustentable**



Fuente: Boutros-Ghali, 2003

7.3. Huella ecológica

La huella ecológica es un indicador ambiental de carácter integrador del impacto que ejerce una cierta comunidad humana, país, región o ciudad sobre su entorno. Es el área de terreno necesario para producir los recursos consumidos y para asimilar los residuos generados por una población determinada con un modo de vida específico, donde quiera que se encuentre esa área (Wackerangel, 1996).

7.4. Huella hídrica

La huella hídrica es un indicador que permite identificar las relaciones socioambientales respecto al agua; está orientado especialmente hacia las actividades socioeconómicas, razón por la cual se presenta como el más importante factor de presión e impacto sobre los recursos naturales. La conceptualización de la huella hídrica ayuda a visualizar el uso oculto del agua de diferentes productos y a comprender los efectos del consumo y el comercio frente al agua y su disponibilidad (Arévalo Uribe, 2012).

7.4.1. Componentes de la huella del agua

La huella hídrica de cualquier bien o servicio, es el volumen de agua utilizado directa e indirectamente para su producción, sumados los consumos de todas las etapas de la cadena productiva, de esta forma la huella hídrica no está únicamente relacionada con su consumo directo de agua sino con los hábitos de vida, donde los tres componentes básicos de esta son huella hídrica verde (consumo por vegetación), huella hídrica azul (consumo de volumen de agua dulce) y la huella hídrica gris (es el relacionado para lograr la dilución de un contaminante específico). (Arévalo Uribe, 2012)

7.5. Huella de carbono

El principal reto a nivel mundial es saber exactamente la cantidad de emisiones de dióxido de carbono equivalente que son liberadas cada segundo a la atmósfera para poder contrarrestar la variabilidad climática con planes efectivos a corto, mediano y largo plazo razón por la cual la huella de carbono es herramienta esencial.

7.5.1. Definición

La huella de carbono calcula todas las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) las cuales son originadas por producto, servicio, empresa son responsables a lo largo de su cadena de valor/abastecimiento permitiendo encontrar eficiencias internas y externas que permitan disminuir emisiones y mejorar procesos. (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007)

7.5.2. Línea base

La línea base representa un escenario hipotético sobre las emisiones que habría en ausencia de proyecto. Con la obtención de la línea base las reducciones pueden ser determinadas debido a que esta será la comparación de la huella de carbono de la organización a lo largo del tiempo, con el fin, por ejemplo, de evaluar su evolución. (Observatorio de la Sostenibilidad en España, 2011)

7.5.3. Límites operacionales

Los límites que determinan las emisiones directas e indirectas asociadas a operaciones que son propiedad o están bajo control de la empresa a cargo

del inventario y el reporte. Este concepto permite a una empresa establecer cuáles operaciones y fuentes generan emisiones directas o indirectas, y determinar cuáles fuentes indirectas de emisión que son consecuencia de sus operaciones deben ser incluidas en el inventario. (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007)

7.5.4. Límites organizacionales

Los límites que determinan las operaciones que son propiedad o están bajo control de la empresa que reporta, dependiendo del enfoque de consolidación que se asuma (participación accionaria o control). (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007)

7.5.5. Carbono positivo y neutral

El carbono positivo se refiere a tener un mayor índice de absorción de carbono respecto al que se produce es decir tener un saldo a favor de carbono mientras el carbono neutral hace énfasis en la práctica de balancear los equivalentes de emisiones de dióxido de carbono, incluyendo no solamente el CO₂ en sí, si no los otros gases de efecto invernadero (GEI) –tales como óxido nitroso, metano, fluoruros de carbono– medidos en términos de sus equivalentes de dióxido de carbono, a nivel de país. Ambos conceptos se basan en la homologación con estándares internacionales y en protocolos desarrollados en el país para su aplicación en sectores industriales específicos.

7.5.6. Compensación de carbono

Se define como el intercambio en la producción de carbono o proyectos salvadores de emisiones creados supuestamente para compensar la continua

contaminación en los países industrializados del Norte. Estos proyectos son llevados a cabo por compañías, instituciones financieras internacionales y gobiernos. Las compensaciones usualmente funcionan en paralelo a los sistemas de tope y trueque, en donde el tope debería poner un límite a la contaminación. Las compensaciones de carbono generan créditos que permiten aumentar la contaminación por encima de este límite.

7.5.7. Tipos de emisiones

Las emisiones se clasifican de dos formas por su fuente de emisión o por el tipo de Alcance a continuación se describe la clasificación.

7.5.7.1. Emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a las principales fuentes de emisión

Las principales fuentes de generación de GEI consideradas son las siguientes:

- **Materias Primas:** son las emisiones de carbono contabilizadas en la producción de materias primas para el consumo de productos.
- **Electricidad:** son las emisiones asociadas al consumo eléctrico generado.
- **Viajes:** son las emisiones asociadas a algún medio de transporte utilizado por el hombre, las cuales están basadas en factores de emisión internacionalmente aceptados y teniendo en cuenta la distancia recorrida. (Schneider & Samaniego, 2009)

7.5.7.2. Emisiones de gases de efecto invernadero por alcances

- Alcance I: son las emisiones incluidas en este alcance, es decir, las emisiones liberadas directamente a la atmosfera.
- Alcance II: son las emisiones generadas por el consumo eléctrico. El cálculo de los factores de emisión utilizados para conocer el consumo eléctrico.
- Alcance III: son las emisiones indirectas opcionales, están representadas por las emisiones asociadas a la adquisición de materias primas. (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007)

7.6. Bonos de carbono

Los bonos de carbono son las compensaciones económicas que proporcionan los países de Anexo I de acuerdo al protocolo de Kioto a los países no Anexo I por reducir y mitigar sus emisiones.

7.6.1. Aspectos generales

El mercado se encuentra en la fase inicial de desarrollo. Su propósito es establecer derechos de propiedad a un bien hasta ahora considerado un bien libre, tal como el aire. Sus características intrínsecas exigen la existencia de una entidad de regulación que a priori establezca y facilite las condiciones de su intercambio, también se conocen como créditos de carbono (CERS).

Así surge la Convención Básica para el Cambio Climático (UNFCCC).
Con las siguientes características:

- Muy dinámico.
- Fuerte demanda de CERS.
- Oferta limitada (reacción lenta en cantidad de proyectos).
- Costos de transacción altos.
- Tiempos prolongados para el proceso de aprobación.
- El mercado actual está basado en proyectos y no en CERS.
- Mercado secundario con riesgos importantes y posibilidad de grandes ganancias. (Landreau, 2006).

7.6.2. Tipos de transacciones

Existen tres tipos de transacciones las cuales son descritas a continuación:

7.6.2.1. Transferencia inmediata (*spot sales*)

Se realiza a través de un Acuerdo de Venta de CERS, este es un contrato de venta directa e inmediata de CERS que han sido generados por un proyecto en un tiempo determinado. (Aversano & Temperini, 2006)

7.6.2.2. Contratos a futuro

Implica la transferencia futura de CERS (aún no expedidos) en una fecha específica. En general este tipo de transacciones implica un Acuerdo de Compra de Reducción de Emisiones. (Aversano & Temperini, 2006)

7.6.2.3. A cuerdos de Compra de Reducción de Emisiones

El proponente del proyecto vende al comprador los derechos de la totalidad o parte de la reducción de emisiones a lograr por el proyecto. El acuerdo contiene información sobre el volumen estimado de reducción de emisiones anual, el volumen mínimo a ser comprado, el precio acordado y las condiciones de pago. En general, el pago se efectúa contra entrega de los CERS, pero en algunos casos es posible obtener un adelanto. (Aversano & Temperini, 2006)

7.6.3. Participantes

Los participantes se pueden definir como los clientes y vendedores en el mercado de carbono a continuación se describe el papel de cada participante:

7.6.3.1. Oferta (vendedores)

Países no desarrollados, pudiendo ser presentados los proyectos MDL por personas físicas, jurídicas u organismos estatales. (Aversano & Temperini, 2006)

7.6.3.2. Demanda (compradores)

Países Anexo I (Desarrollados), pudiendo ser gobiernos o empresas de estos que los utilizan para cumplir con parte de los compromisos. También están incluidos los intermediarios como por ejemplo fondos multilaterales (Fondo Prototipo de Carbono). (Aversano & Temperini, 2006)

7.6.3.3. Intermediarios (*brokers*)

Son intermediarios en el ciclo del proyecto que compran y venden CERS. Algunas veces pueden brindar servicios de consultoría. Entre estos podemos encontrar estudios jurídicos, bancos y entidades financieras, desarrolladores de proyectos (consultores), bolsas de comercio y banco mundial. (Aversano & Temperini, 2006)

7.6.4. Tamaño del mercado

Las dimensiones del tamaño del mercado dependen de los siguientes factores:

- Disparidad de los costos de reducción de las emisiones de GEIS entre las ramas industriales así como entre los países del mundo.
- Se estima que a medida que se aproxime el primer período de compromiso (2008-2012) irá creciendo el tamaño del mercado de bonos, ofreciendo así un estímulo de cada tonelada de dióxido de carbono equivalente.
- Las perspectivas del mercado estarían centradas en los acuerdos post-Kioto y en la magnitud de sus restricciones para el período siguiente.
- Cantidad, eficiencia y dinamismo de las bolsas que coticen los bonos a nivel mundial, así como también aquellas instituciones que breguen por la transparencia de este mercado (seguridad jurídica).
- Las condiciones del mercado mundial de petróleo (reservas limitadas y los conflictos en los países productores) llevan a continuas alzas en el precio del crudo, incentivando la búsqueda de energías alternativas a las provenientes de hidrocarburos, y por lo tanto a la utilización de bonos de carbono como una oportunidad para su financiamiento.

- Limitación de CERS que pueden utilizar los países Anexo I para el cumplimiento de sus obligaciones (1% del año base) según el Acuerdo de Marrakech (Aversano & Temperini, 2006).

7.7. Metodologías para cuantificar la huella de carbono

Existen una variedad de metodologías para establecer la huella de carbono, debido a que no existe un ente encargado de crear las metodologías, las más utilizadas se describen a continuación.

7.7.1. Normas ISO 14.064, 14.065 y 14.067

Las normas ISO 14.064 e ISO 14.065 tienen como objetivo dar credibilidad y confiabilidad a los reportes de emisión de GEI y a las declaraciones de reducción o eliminación de GEI. Las normas pueden ser usadas por organizaciones que participan en el comercio, en proyectos o mecanismos voluntarios de reducción de emisiones. Se pueden aplicar a todos los tipos de GEI, no estando limitadas al CO₂.

Mientras el ISO 14.064 se divide en tres partes y se enfoca en la contabilización, reducción y verificación de GEI de empresas y administraciones, el ISO 14.065 apunta a entregar confiabilidad en los procesos de verificación y validación, definiendo requisitos a las organizaciones que realizan validaciones o verificaciones de emisiones de GEI. (CEPAL, 2011)

Este estándar está actualmente en desarrollo por un equipo técnico liderado por Inglaterra, y apunta a la normalización de la huella de carbono de productos. Está inspirada en el PAS 2050 y pretendería reemplazarlo y constituir una referencia a nivel internacional (es una carencia del PAS 2050, ya

que en él se inspiran otros países, pero requieren adaptarlo por no ser posible replicarlo). La publicación de la ISO 14.067 fue en el año 2011 y cubrirá tanto la evaluación de emisiones de GEI, como la comunicación de los resultados. (CEPAL, 2011)

7.7.2. Protocolo GHG

El *GreenHouse Gas Protocol* fue implementado en el 2001 mediante la publicación del "*Corporate Standard*". Es una iniciativa del *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD³²) y del *World Resources Institutes* (WRI³³). Se plantea como una colaboración multilateral entre empresas, ONGs y gobiernos (el *GHG Protocol* está apoyado por el USAID y el USEPA) que tiene como meta el establecimiento de bases para la contabilización de emisiones de GEI³⁴. (8vo. Congreso Regional del Ambiente, 2012)

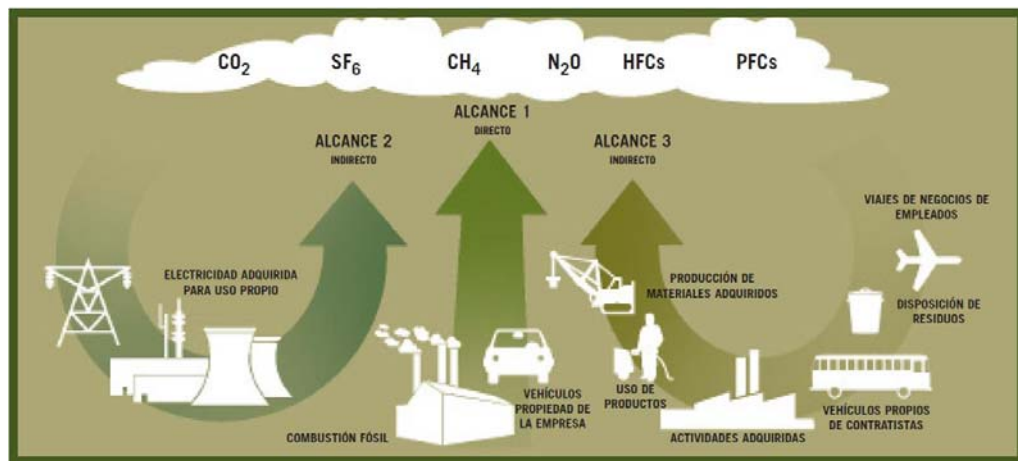
El *GHG Protocol* es un marco metodológico general que da pautas de trabajo para la determinación de herramientas (*software*) de cálculo de emisiones de GEI. En particular, los métodos Bilan Carbone y PAS 2050, descritos a continuación, y que son los más importantes desarrollados y comúnmente utilizados a la fecha, siguen las líneas de recomendación del *GHG Protocol*. Así también la norma ISO 14.064, desarrollada por el *International Organization for Standardisation* (ISO), que apunta de nuevo a la definición de líneas generales de cuantificación de emisiones de GEI, retoma los resultados del *GHG Protocol*. (8vo. Congreso Regional del Ambiente, 2012)

Gracias al fuerte apoyo de sus miembros y un gran trabajo de difusión, el *GHG Protocol* ha logrado un alto nivel de reconocimiento a escala mundial y aparece como la principal referencia, junto con los estándares ISO. Pero el

GHG Protocol, además de constituirse como referente en términos de lineamientos generales, también ha desarrollado un conjunto de herramientas (software) para el cálculo de la huella de carbono inicialmente de empresas y luego de productos.

La popularidad y el reconocimiento del *GHG Protocol*, y por supuesto el carácter de gratuidad de las aplicaciones, ha concretado el éxito y alta demanda de ellas. (CEPAL, 2011)

Figura 4. **Resumen de los alcances y emisiones a través de la cadena valor**



Fuente: CEPAL, 2011

7.7.3. Bilan Carbone

Bilan Carbone™ es el método³⁵ de cálculo de emisiones de GEI desarrollado por la ADEME, organismo público francés. Sus primeras versiones fueron implementadas en el 2004 y responde a los requisitos de los marcos metodológicos ISO 14.064 y GHG Protocol.

Con el apoyo de subvenciones estatales otorgadas a las entidades que utilizan este método para medir las emisiones de GEI (en Francia) y gracias a su seriedad y transparencia, el *Bilan CarboneTM* se transformó en la referencia metodológica en este país para las empresas, los particulares (existe una aplicación específica) y las colectividades territoriales. También se expandió, en grado menor, a los países limítrofes.

El *Bilan CarboneTM* 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 disponibilizar 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 CarboneTM*, los utilizadores deben seguir una capacitación, cuyo costo cercano a los 2.000 Euros. Así consiguen el conjunto de herramientas *Bilan CarboneTM* y pueden realizar análisis bajo el “sello” *Bilan CarboneTM*.

En Francia se registraron 220 *Bilan CarboneTM* en el 2007, 1.200 en el 2008 y 1.885 en el 2009, para distintos operadores como empresas, colectividades territoriales y administraciones públicas. Estas cifras demuestran la fuerte progresión y predominio de dicha metodología en este país.

7.8. Ciclo de vida

El análisis del ciclo de vida (ACV) de un producto es una metodología que intenta identificar, cuantificar y caracterizar los diferentes impactos ambientales potenciales, asociados a cada una de las etapas del ciclo de vida de un producto.

Básicamente, se enfoca al rediseño de productos bajo el criterio de que los recursos energéticos y materias primas no son ilimitados y que, normalmente, se utilizan más rápido de como se reemplazan o como surgen nuevas alternativas. Por tal motivo, la conservación de recursos privilegia la reducción de la cantidad de residuos generados (a través del producto), pero ya que éstos se seguirán produciendo, el ACV plantea manejar los residuos en una forma sustentable –desde el punto de vista ambiental– minimizando todos los impactos asociados con el sistema de manejo. (Romero Rodriguez, 2006)

7.8.1. PAS 2050 y PAS 2060

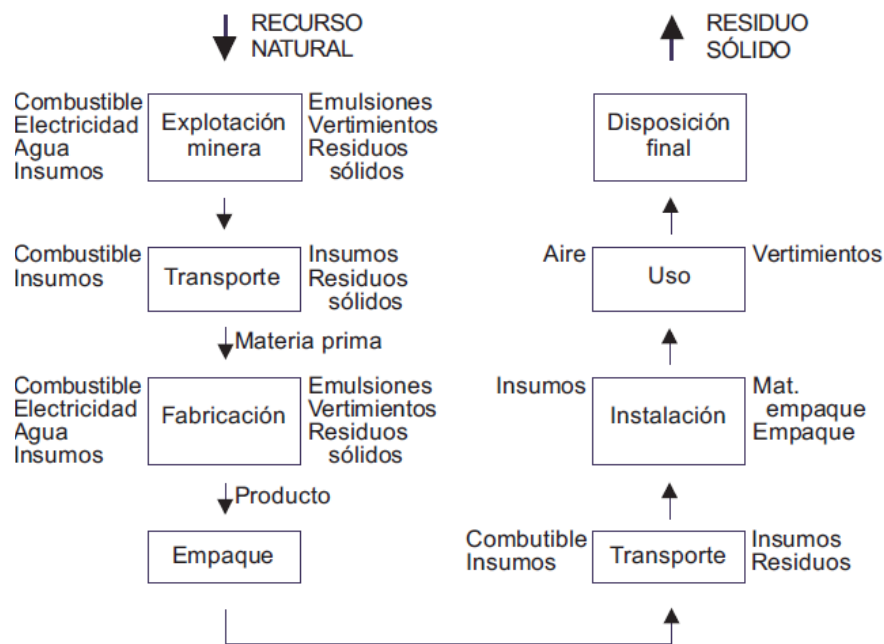
El método llamado PAS 2050 fue elaborado en el 2007 por el British Standard Institute (BSI) con el apoyo del Carbon Trust y DEFRA, ambos organismos del gobierno inglés. Está dedicado al cálculo de las emisiones de productos y servicios y responde a las normativas del ISO y del GHG Protocol.

Sirve de base de reflexión en otros países fuera de Inglaterra para la determinación de herramientas nacionales adaptadas (como son los casos de Alemania y de Japón). El PAS 2050 no consiste en un programa que incluye una base de datos de factores de emisión, como es el caso del Bilan CarboneTM, si no que se presenta como una guía metodológica que describe paso a paso los criterios a determinar y tomar en cuenta.

El PAS 2060 fue elaborado en 2009-2010 por los mismos organismos que el PAS 2050. Está dedicado al cálculo de las emisiones de organismos (administración, empresas, sitio de producción), colectividades territoriales y particulares. Responde a las normativas del ISO y del GHG Protocol.

El PAS 2060 se presenta como una guía metodológica que describe paso a paso los criterios a determinar y tomar en cuenta. Constituye una herramienta potente en lo que concierne las buenas prácticas de compensación de emisiones no reductibles de GEI, y está orientada a operadores que buscan ser neutros en carbono con un alto grado de reconocimiento. (CEPAL, 2011).

Figura 5. **Análisis de ciclo de vida**



Fuente: Romero Rodriguez, 2006

7.8.2. Otras herramientas metodológicas

Entre otras herramientas podemos encontrar, Carbone Impact, Emissions Logic, Carbon Managment, CarMan/CarMon, Emission Manager, Greenhouse Gas Suite, Indicator, Greenware's Greenhouse, Carbon View, Umberto, ISI Tool, Carbon Balance Sheet.

8. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

8.1. Hipótesis científica

El establecimiento de la línea base indica que la mayor fuente de emisiones de dióxido de carbono en los procesos de admisión y graduación de los estudiantes de la FIUSAC son las emisiones de Alcance I.

8.2. Hipótesis estadística

Hipótesis nula (H₀): Las emisiones de Alcance I (τ_1) son de menor cantidad en relación con las emisiones de Alcance II (τ_2) y Alcance III (τ_3).

Hipótesis alterna (H_a): Las emisiones de Alcance I (τ_1) no son de menor cantidad en relación con las emisiones de Alcance II (τ_2) y Alcance III (τ_3).

$$H_0: \tau_1 \geq \tau_2 + \tau_3$$

$$H_a: \tau_1 \leq \tau_2 + \tau_3$$

9. CONTENIDO

La presente investigación se centra en la cuantificación de los diversos factores que inciden en la determinación de la línea base de la huella de carbono, particularmente en los factores de Alcance I & Alcance II, así como medidas y técnicas para lograr una reducción de la huella de carbono.

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

OBJETIVOS

INTRODUCCIÓN

1. CAPÍTULO I: GENERALIDADES DE LA HUELLA DE CARBONO

Capítulo que enunciará el marco teórico, cubriendo con brevedad y sencillez los conceptos afines a la investigación.

1.1. Cambio Climático

1.1.1. Generalidades

1.1.2. Gases de efecto invernadero

1.1.3. Conceptos relacionados al cambio climático

1.2. Huella de Carbono

1.2.1. Definición

1.2.2. Carbono neutral y positivo

1.2.3. Compensación de carbono

1.2.4. Tipos de emisiones

1.2.5. Regulaciones de la huella de carbono

- 1.2.6. Metodologías para la determinación de la huella
 - 1.2.7. Casos de éxito
 - 1.3. Ciclo de Vida
 - 1.3.1. Concepto
 - 1.3.2. Metodologías para la determinación de la huella
 - 1.3.3. Casos de éxito
- 2. **CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN DE PROCESOS.** Capítulo que describirá detalladamente cada uno de los procesos y sub-procesos que serán analizados.
 - 2.1. Proceso de admisión a la FIUSAC
 - 2.1.1. Pruebas específicas
 - 2.1.2. Entrega de resultados de los estudiantes aprobados
 - 2.1.3. Inscripción de los estudiantes aprobados
 - 2.2. Proceso de aprobación de Examen Técnico Profesional
 - 2.2.1. Modalidad de EPS en 3 meses
 - 2.2.2. Modalidad convencional
 - 2.3. Proceso de aprobación de Trabajo de Graduación
 - 2.3.1. Modalidad de EPS en 3 meses
 - 2.3.2. Modalidad convencional
 - 2.3.3. Modalidad Pregrado-Postgrado
 - 2.4. Proceso de aprobación de Examen Público
- 3. **CAPÍTULO III: ESTABLECIMIENTO DE LÍNEA BASE DE LA HUELLA DE CARBONO.** Capítulo en el que presentará detalladamente los resultados de la cuantificación de emisiones de dióxido de carbono equivalente según su alcance y para cada proceso.
 - 3.1. Diagnóstico del período 2011
 - 3.1.1. Diagrama de causa y efecto

- 3.1.2. Análisis y descripción del problema
 - 3.2. Emisiones de Alcance I
 - 3.3. Emisiones de Alcance II
 - 3.4. Emisiones de Alcance III

- 4. **CAPÍTULO IV: PROPUESTA DE UN PLAN DE REDUCCIÓN Y MITIGACIÓN DE EMISIONES.** Capítulo que propondrá estrategias, técnicas y políticas para la reducción y mitigación de la huella de carbono por parte de autoridades, catedráticos y estudiantes.
 - 4.1. Comparación del uso de energía eléctrica
 - 4.2. Generación de indicadores
 - 4.3. Plan de acción de eficiencia energética
 - 4.3.1. Propuesta de Medidas
 - 4.3.2. Concientización

- 5. **CAPÍTULO V: VERIFICACIÓN Y SEGUIMIENTO.** Capítulo que recomendará posibles estudios a realizar por otros estudiantes para poder lograr una estimación de la huella de carbono de la Universidad de San Carlos.
 - 5.1. Comunicación de los resultados de la investigación
 - 5.2. Verificación de la calidad del inventario por una organización externa
 - 5.3. Propuestas de estudios para darle continuidad al tema

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

APÉNDICES

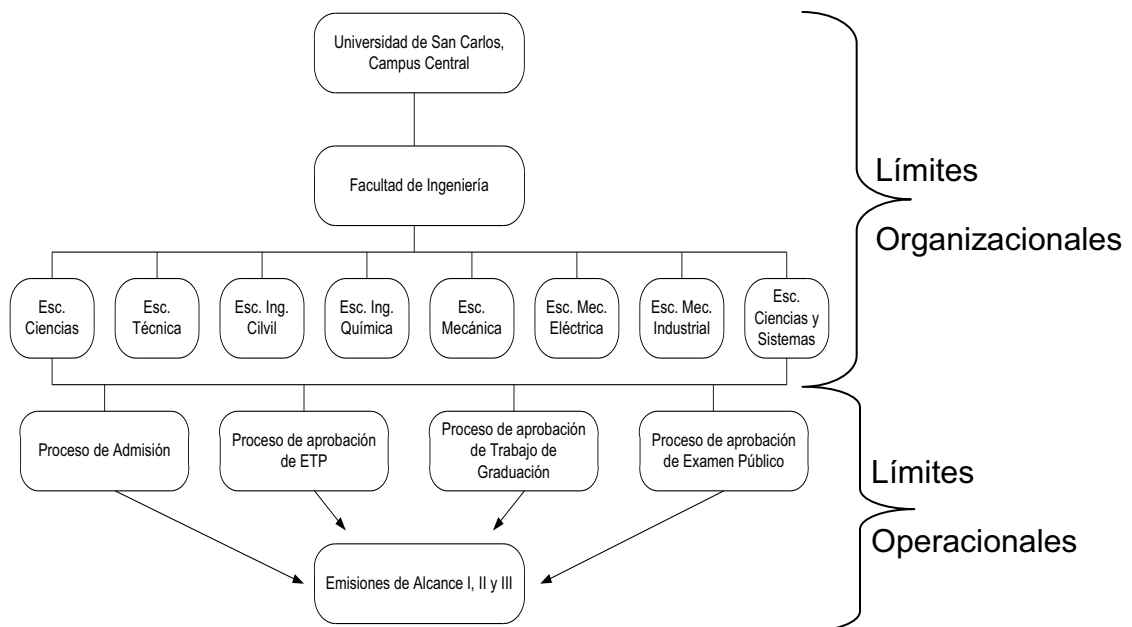
10. MÉTODOS Y TÉCNICAS

El procedimiento experimental estará dividido en tres etapas como lo establece (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007) e (International Organization for Standardization, 2006) para lograr cubrir las tres fuentes de emisiones según su tipo de alcance:

10.1. Determinación de los límites organizacionales y operacionales del presente estudio

Los límites operacionales y organizacionales están establecidos en la figura 6.

Figura 6. Límites organizacionales y operacionales del estudio



Fuente: Elaboración propia

10.2. Cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero

En esta sección se presentarán las metodologías para calcular las emisiones de dióxido de carbono equivalente de acuerdo a la clasificación del inciso 7.5.7.1 del marco teórico, las metodologías están fundamentadas en los documentos provistos por el Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático (UNFCCC/CCNUCC, 2011).

10.2.1. Obtención de datos para el cálculo de emisiones

Los datos serán obtenidos de cuatro fuentes, las cuales se describen a continuación:

10.2.1.1. Base de datos de la FIUSAC

La base de datos de los estudiantes que participaron en los procesos de admisión y graduación dentro de la FIUSAC durante el período 2011-2012 se utilizará para calcular el tamaño de la muestra definitiva se utilizará la siguiente ecuación, la presente ecuación será aplicada para cada uno de los procesos.

$$n = \frac{N \times Z_{(\alpha/2)}^2 \times p \times q}{(d^2 \times N) + Z_{(\alpha/2)}^2 \times p \times q} \text{ Ecuación No. 1, (Devore, 2005)}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra definitiva

N = Tamaño de la población por proceso

p = Proporción de éxito de la variable obtenida en un muestreo

q = Proporción de fracaso de la variable obtenida en un muestreo

d = Precisión del estimador de interés (en este caso, la proporción)

$Z_{(\alpha/2)}$ = Valor tal que $P(|Z| < Z_{(\alpha/2)}) = 1 - \alpha$ es una variable con distribución normal estandarizada.

Esta aplica únicamente para poblaciones que tengan menos de 500,000 elementos. La selección de la muestra definitiva será un muestreo simple al azar en el cual todos los elementos de la población tienen igual probabilidad de formar parte de la muestra (Quintana, 1996).

10.2.1.2. Entrevista

Será realizada a cada componente de la muestra definitiva para cada proceso, en esta caso los estudiantes que hayan realizado los procesos de admisión y graduación de la FIUSAC.

10.2.1.2.1. Tipo de entrevista

El tipo de entrevista a utilizar será el de tipo estructurada la cual está basada en un marco de preguntar predeterminadas. Las cuales serán establecidas antes de que inicie cada entrevista y estarán relacionadas a cada proceso en específico.

10.2.1.2.2. Estructura de la entrevista

La entrevista estará estructurada por dos tipos de recolección de datos, los cuales se complementarán para no realizar una entrevista tediosa o una incompleta, los tipos son los siguientes.

Cuestionario: Consiste en un conjunto de preguntas respecto a una o más variables a medir (Baptista Lucio, Fernández Collado, & Hernández Sampieri, 2006), el cual estará compuesto por preguntas abiertas y cerradas.

Escalamiento de Likert: Consiste en un conjunto de ítems presentados en forma de afirmaciones o juicios ante los cuales se pide la reacción de los sujetos a los que se les administra. Es decir, se presenta cada afirmación y se pide al sujeto que externé su reacción eligiendo uno de los cinco puntos de la escala (Baptista Lucio, Fernández Collado, & Hernández Sampieri, 2006).

10.2.1.3. Inventario de equipos que utilicen alguna forma de energía que produzca emisiones de gases de efecto invernadero.

Se realizará un inventario de equipos que produzcan emisiones de gases de efecto invernadero, que se corroborará con el inventario de la facultad, además se agregarán equipos temporales que utilicen los empleados y alumnos.

10.2.1.4. Factores de emisión propios de la República de Guatemala.

Son los factores de emisión determinados en la construcción del Transmetro Capitalino y que toman en cuenta los fenómenos naturales del país como presión, temperatura y no son interpolaciones de datos de otros países. (Municipalidad de Guatemala, 2011) y (WRI, 2012)

Tabla I. **Factores de emisión de generación eléctrica para Guatemala**

Tipo de Combustible	2005	2006	2007	2008	2009
Carbón	0.953483	0.953183	0.953343	0.953785	0.954148
Gas	0	0	0	0	0
Petróleo	0.813271	0.794103	0.792219	0.795493	0.786131
Total	0.299116	0.344972	0.369334	0.343499	0.349108

Fuente: Protocolo GHG. <http://www.ghgprotocol.org/calculation-tools/all-tools>. Consulta: 22 de Septiembre de 2013.

10.2.2. Emisiones de Alcance I

Emisiones directas controladas y dependientes de cada proceso de admisión y graduación de la FIUSAC. Estas emisiones se clasificarán en tres componentes principales de combustión, transporte de personas y transporte de materiales, productos y residuos. La metodología es la siguiente:

10.2.2.1. Emisiones de combustión

Son emisiones generadas por calor o vapor y que utilizan combustibles fósiles para su funcionamiento, para cada equipo en específico existe una metodología, las emisiones a calcular son las siguientes:

- Emisiones de la generación de calor durante el año. (UNFCCC/CCNUCC, 2010)
- Emisiones de la generación de aire acondicionado. (UNFCCC/CCNUCC, 2008)

10.2.2.2. Emisiones por transporte de personas

Las emisiones relacionadas al transporte de personas pueden ser cuantificadas en el siguiente esquema.

- Cálculo de emisiones por kilómetro de vehículos de diferentes categorías. (UNFCCC/CCNUCC, 2011)
- Cálculo de emisiones por pasajero si se transporta en autos, taxis o motocicletas. (UNFCCC/CCNUCC, 2011)
- Cálculo de emisiones por pasajero si se transporte en buses. (UNFCCC/CCNUCC, 2011)
- Factor de corrección por viaje de pasajeros en autos taxis o motocicletas. (UNFCCC/CCNUCC, 2011)

10.2.2.3. Emisiones por el transporte de materiales, productos y residuos

Las emisiones relacionadas al transporte de suministros. (UNFCCC/CCNUCC, 2011)

- Cálculo de emisiones por vehículo de transporte

10.2.2.4. Emisiones fugitivas

Son las emisiones trazas esto quiere emisiones muy pequeñas para ser cuantificadas. (UNFCCC/CCNUCC, 2011)

Figura 7. Factores de emisión de dióxido de carbono por combustible

Combustible		VBC	Base de Energía	Base de Masa
		TJ/Gg	kg/TJ	kg/tonne
Productos de Petróleo	Petróleo Crudo	42.3	73300	3100.59
	Orimulsion	27.5	77000	2117.5
	Líquidos de Gas Natural	44.2	64200	2837.64
	Gasolina para motores	44.3	69300	3069.99
	Gasolina para aviones	44.3	70000	3101
	Gasolina para jets	44.3	70000	3101
	Kerosene para jets	44.1	71500	3153.15
	Otros tipo de kerosene	43.8	71900	3149.22
	Petróleo esquisito	38.1	73300	2792.73
	Gas/Diesel Petróleo	43	74100	3186.3
	Combustible Diesel Residual	40.4	77400	3126.96
	Gases líquidos de petróleo	47.3	63100	2984.63
	Etano	46.4	61600	2858.24
	Nafta	44.5	73300	3261.85
	Bitumen	40.2	80700	3244.14
	Lubricantes	40.2	73300	2946.66
	Petroleum coke	32.5	97500	3168.75
	Materias primas de refinería	43	73300	3151.9
	Refinería de gas	49.5	57600	2851.2
	Ceras de parafina	40.2	73300	2946.66
Espiritu Blanco/SBP	40.2	73300	2946.66	
Otros productos de petróleo	40.2	73300	2946.66	

Fuente: Protocolo GHG. <http://www.ghgprotocol.org/calculation-tools/all-tools>. Consulta: 22 de septiembre de 2013.

10.2.3. Emisiones de Alcance II

Emisiones indirectas controladas y dependientes de cada proceso de admisión y graduación de la FIUSAC.

- Emisiones por generación eléctrica adquirida. (UNFCCC/CCNUCC, 2011)
- Emisiones por equipos eléctricos. (UNFCCC/CCNUCC, 2011)
- Emisiones por luminarias instaladas. (UNFCCC/CCNUCC, 2007)

10.2.4. Emisiones de Alcance III

Emisiones indirectas no controladas de cada proceso de admisión y graduación de la FIUSAC. (UNFCCC/CCNUCC, 2012)

- Emisiones por generación de residuos.
- Emisiones por extracción y producción de materiales y combustibles adquiridos.
- Emisiones por transporte de productos y residuos adquiridos.
- Emisiones por transporte de viajes de negocios de los empleados.
- Emisiones por transporte de empleados de ida y vuelta al campus.

10.3. Reducción de la incertidumbre en las mediciones

En esta etapa se establecerán las técnicas para el manejo adecuado de incertidumbres y errores. Con una precisión del 95% según lo establecido por la convención del cambio climático de la Naciones Unidas (UNFCCC/CCNUCC, 2011).

10.3.1. Muestreo simple al azar sin reemplazo

Es muestreo donde todos los elementos de la población se extraen al azar, estos elementos se toman de listas establecidas.

10.3.2. Estadística descriptiva de los datos recopilados

En esta sección se recolectarán, ordenarán, analizarán y se representarán el conjunto de datos seleccionados del muestro simple al azar, la metodología es la siguiente:

- Parámetros de tendencia central
- Parámetros de dispersión
- Parámetros de forma
- Análisis e interpretación

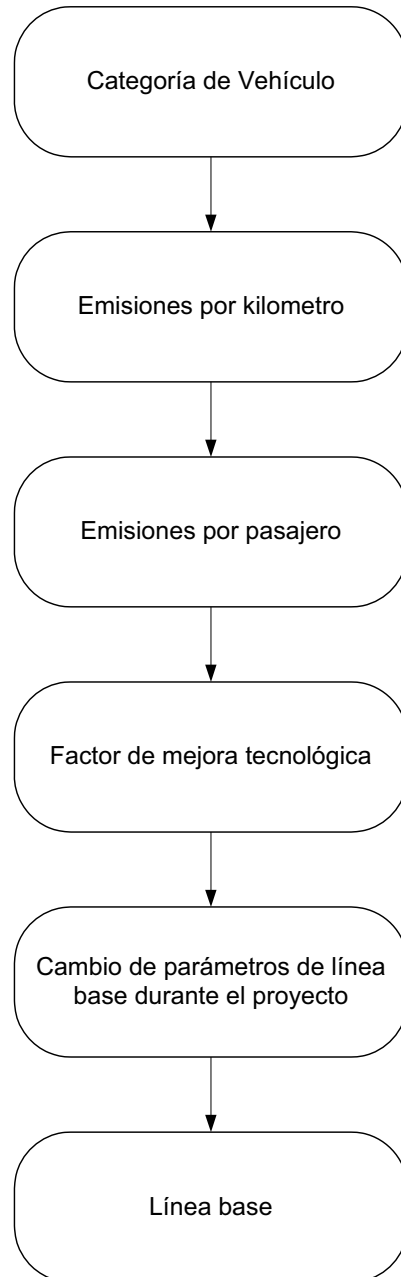
10.3.3. Establecimiento del modelo determinístico

En esta sección se establecerá el modelo determinístico a seguir donde se anulara el principio de azar y el de incertidumbre.

10.3.4. Análisis de independencia de errores

En esta sección se hará un análisis de independencia de errores para determinar la aleatorización de la muestra.

Figura 8. **Determinación de la línea base de emisiones**



Fuente: UNFCCC/CCNUCC, 2011

11. RESULTADOS ESPERADOS

En base a los diversos análisis metodológicos, bibliográficos y experimentales, los resultados esperados son los siguientes:

1. El establecimiento de una línea base para las emisiones de dióxido de carbono.
2. Las emisiones de dióxido de carbono por cada proceso a analizar.
3. Las emisiones de dióxido de carbono por tipo de alcance en los procesos.
4. Realización una proyección realista para que pueda ser adoptada por las diversas autoridades universitarias.
5. Planes para la mitigación de la huella de carbono dentro de los procesos con la menor inversión posible.
6. Desarrollo de herramientas para la creación de conciencia ambiental con el fin de reducir la huella de carbono.
7. Presentación de beneficios económicos para las autoridades y estudiantes.

12. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

A continuación se presenta el cronograma de actividades del proyecto.

Tabla II. **Cronograma de actividades para el proyecto**

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
A. Gestiones Administrativas	■						
B. Recolección de Datos		■					
C. Identificación de las emisiones			■				
D. Cálculo de las emisiones				■			
E. Plan de reducción y mitigación					■		
Informe Final						■	■

Fuente: elaboración propia

13. RECURSOS

A continuación se presentan los diversos recursos a utilizar en el proyecto.

13.1. Recurso Humano

- Estudiante que realizará el proyecto.
- Asesores.
- Supervisor.
- Personal calificado para el levantamiento de datos.
- Catedráticos involucrados en temas de procesos de admisión y graduación.
- Estudiantes involucrados en procesos de admisión y graduación.
- Empresa verificadora del establecimiento de la línea base.

13.2. Recurso Material

- Bibliografía relacionada con los temas en la presente investigación
- Equipo necesario para cuantificar:
 - Índice de ruido
 - Calidad del Aire
 - Iluminación
 - Humedad relativa
 - Potencia eléctrica de equipos
 - Desechos
 - Papel

- Medidor computarizado de lectura para automoviles
- Tablas para medir energía consumida por equipos en el inventario
- Computadora y software necesarios para la elaboración del proyecto
- Hojas, lapiceros, engrapadora, impresora, memoria usb y folders.
- Vehiculo para el transporte

13.3. Presupuesto preliminar

Figura 9. **Inversión en recursos humanos**

Recursos Humanos	Cantidad	Costo Mensual	Meses	Total
Estudiante	1	Q 2 500,00	10	Q 25 000,00
Asesor	1	Q 300,00	10	Q 3 000,00
Practicantes Licenciatura	3	Q 200,00	6	Q 3 600,00
Total				Q 31 600,00

Fuente: elaboración propia

Figura 10. **Inversión en materiales**

Materiales	Cantidad	Costo	Total
Encuestas para todos los procesos	1000	Q 0,25	Q 250,00
Caja de lapiceros	12	Q 15,00	Q 180,00
Folders	100	Q 0,75	Q 75,00
Impresión de materiales para difundir el plan de proyección y reducción	1000	Q 0,25	Q 250,00
Imprevistos (10%)			Q 435,50
Total			Q 4790,50

Fuente: elaboración propia

Figura 11. **Inversión en transporte**

Transporte	Km. Recorridos	No. Viajes	Km/Galón	Costo Galón	Total
Vehículo Particular Imprevistos (20%)	8	96	34	Q 35,00	Q 790,59 Q 79,06
Total					Q 869,65

Fuente: elaboración propia

Tabla III. **Inversión Total**

Tipo de Gasto	Costo
Recursos Humanos	Q 31 000,00
Materiales	Q 1 002,00
Transporte	Q 869,65
Total	Q 33 472,00

Fuente: elaboración propia

14. BIBLIOGRAFÍA

1. 8vo. Congreso Regional del Ambiente. (Octubre de 2012). Feria del Ambiente. Obtenido de <http://feriadelambiente.com.ar/Huella%20de%20carbono.pdf>
2. Arévalo Uribe, D. (2012). Una mirada a la agricultura de Colombia desde su Huella Hídrica. Bogotá: WWF.
3. Aversano, N., & Temperini, T. (2006). El Calentamiento Global: Bonos de Carbono, una alternativa. Creative Commons By-SA.
4. Baptista Lucio, P., Fernández Collado, C., & Hernández Sampieri, R. (2006). Metodología de la Investigación. México: McGraw-Hill.
5. Boutros-Ghali, B. (2003). La interacción entre democracia y desarrollo. Nueva York: Unesco.
6. Center for Integrative Environmental Research. (2009). Carbon Footprint of the University of Maryland, College Park: An Inventory of Greenhouse Gas 2002-2008. College Park: University of Maryland.
7. CEPAL. (2011). Metodologías de cálculo de la Huella de Carbono y sus potenciales implicaciones en América Latina. Naciones Unidas.
8. Devore, J. L. (2005). Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias. México: Editorial Thomson.

9. Guerra Alarcón, L. (2007). Construcción de la huella de carbono y logro de carbono neutralidad para el Centro Agronomico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica.
10. Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007). Climate Change 2007: Synthesis Report (Primera Edición ed.). Geneva.
11. International Organization for Standarization. (2006). ISO 14064-1. Ginebra, Suiza: ISO.
12. Kuehl, R. O. (2001). Diseño de Experimentos. México: Thomson Learning.
13. Landreau, B. (Noviembre de 2006). Evaluación del Mecanismo de Desarrollo Limpio en Costa Rica. ¿Un país demasiado verde para beneficiarse del MDL? San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica.
14. Maplecroft. (21 de Octubre de 2011). Big economies of the future - Bangladesh, India, Philippines, Vietnam and Pakistan - most at risk from climate change. Obtenido de <http://maplecroft.com/about/news/ccvi.html>
15. Municipalidad de Guatemala. (16 de Junio de 2011). Bus Rapid Transit in Guatemala City. Guatemala, Guatemala: Naciones Unidas.
16. Observatorio de la Sostenibilidad en España. (2011). Enfoques metodológicos para el cálculo de la Huella de Carbono. OSE.
17. Petkova, S. (2009). Measuring Caltech's Carbon Footprint. Pasadena.

18. Quintana, C. (1996). Elementos de Inferencia Estadística. San José: Editorial de la Universidad de Costa Rica.
19. Rauto Dessai, S. X. (Noviembre de 2005). Robust Adaptation decisions amid climate change uncertainties. Norwich, Reino Unido.
20. Romero Rodriguez, B. I. (2006). El Análisis del Ciclo de Vida y la Gestión Ambiental. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd29/tend.pdf>
21. Schneider, H., & Samaniego, J. (2009). La huella de carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios. Nueva York: Naciones Unidas.
22. Servicio de Evaluación Ambiental. (2012). Anexo 9: Generación de emisiones atmosféricas. Obtenido de https://www.e-seia.cl/archivos/Anexo_9_Generacion_de_emisiones_atmosfericas.pdf
23. Sprangers, S. (2011). Calculating the carbon footprint of universities. Rotterdam.
24. U.S. Environmental Protection Agency. (2012). Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2010. Washington D.C.
25. UNFCCC/CCNUCC. (2011). Approved baseline and monitoring methodology AM0031: Bus Rapid transit projects. Nueva York: Naciones Unidas.

26. UNFCCC/CCNUCC. (16 de Febrero de 2007). Approved baseline and monitoring methodology AM0046: Distribution of efficient light bulbs to households”. Nueva York, Estados Unidos: Naciones Unidas.
27. UNFCCC/CCNUCC. (07 de Julio de 2010). Approved baseline and monitoring methodology AM0058: Introduction of a new primary district heating system. Nueva York, Estados Unidos: Naciones Unidas.
28. UNFCCC/CCNUCC. (14 de Julio de 2008). Approved baseline and monitoring methodology AM0060: Power saving through replacement by energy efficient chillers. Nueva York, Estados Unidos: Naciones Unidas.
29. UNFCCC/CCNUCC. (2 de Marzo de 2012). Approved baseline and monitoring methodology AM0083: Avoidance of landfill gas emissions by in-situ aeration of landfills. Nueva York, Estados Unidos: Naciones Unidas.
30. UNFCCC/CCNUCC. (3 de Junio de 2011). Approved baseline and monitoring methodology AM0091: Energy efficiency technologies and fuel switching in new buildings. Nueva York, Estados Unidos: Naciones Unidas.
31. Wackerangel, M. y. (1996). Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. Filadelfia, Pensilvania, Estados Unidos: New Society Publishers.
32. World Business Council for Sustainable y World Resoruces Institute. (2005). Protocolo de Gases de Efecto Invernadero. Washington, D.C.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

33. WRI. (Agosto de 2012). Greenhouse Gas Protocol . Obtenido de Calculation Tools: <http://www.ghgprotocol.org/calculation-tools/all-tools>

