



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 1

Neiva, 13 de noviembre de 2018

Señores
CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
Ciudad

La suscrita:

Claudia Patricia Rodríguez Flórez, identificada con C.C. No. 36.069.181 de Neiva-Huila, autora de la tesis titulada “Estimación de Emisiones de CO₂ Generadas en la Universidad Surcolombiana en Neiva - Huila y su Esquema de Compensación” es presentada y aprobada en el año 2018 como requisito para optar al título de Magister en Ingeniería y Gestión Ambiental.

Autorizo al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

LA AUTORA/ESTUDIANTE:

Firma: _____

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



| | | | | | | | |
|---------------|---------------------|----------------|----------|-----------------|-------------|---------------|---------------|
| CÓDIGO | AP-BIB-FO-07 | VERSIÓN | 1 | VIGENCIA | 2014 | PÁGINA | 1 de 3 |
|---------------|---------------------|----------------|----------|-----------------|-------------|---------------|---------------|

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO:

AUTOR O AUTORES:

| Primero y Segundo Apellido | Primero y Segundo Nombre |
|----------------------------|--------------------------|
| Rodríguez Flórez | Claudia Patricia |

DIRECTOR TESIS:

| Primero y Segundo Apellido | Primero y Segundo Nombre |
|----------------------------|--------------------------|
| Herrera Torres | Gabriel |

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Magister en Ingeniería y Gestión Ambiental

FACULTAD: Ingeniería

PROGRAMA O POSGRADO: Maestría en Ingeniería y Gestión Ambiental

CIUDAD: Neiva-Huila **AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2018 **NÚMERO DE PÁGINAS:** 110

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas Fotografías___ Grabaciones en discos___ Ilustraciones en general Grabados___ Láminas___
Litografías___ Mapas___ Música impresa___ Planos___ Retratos___ Sin ilustraciones___ Tablas o Cuadros

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento: Ninguno

MATERIAL ANEXO: Ninguno

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

| <u>Español</u> | <u>Inglés</u> |
|---|---|
| 1. <u>Calentamiento Global</u> | <u>Global warming</u> |
| 2. <u>Cambio climático</u> | <u>Climatic change</u> |
| 3. <u>Protocolo de gases efecto invernadero</u> | <u>Greenhouse effect gasses protocol</u> |
| 4. <u>Fuentes de emisión de CO₂</u> | <u>Sources of emissions of CO₂</u> |
| 5. <u>Compensación</u> | <u>Compensation</u> |



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

| | | | | | | | |
|---------------|---------------------|----------------|----------|-----------------|-------------|---------------|---------------|
| CÓDIGO | AP-BIB-FO-07 | VERSIÓN | 1 | VIGENCIA | 2014 | PÁGINA | 2 de 3 |
|---------------|---------------------|----------------|----------|-----------------|-------------|---------------|---------------|

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

El mundo se enfrenta a grandes desafíos con el cambio climático, en términos de impactos negativos en la calidad del aire y en un significativo incremento en el calentamiento global. Las emisiones de CO₂ continúan aumentando y tener mejor información acerca de estas, puede ayudar a los países a identificar oportunidades para reducirlas, convirtiéndose en una labor que reclama la participación de todos sobre una base de cooperación y entendimiento de alcance mundial. De igual manera, el UI Green Metric World University Ranking creado por la Universidad de Indonesia en abril de 2010 con el propósito principal de medir los esfuerzos de sostenibilidad a nivel mundial de los campus universitarios; destaca también el importante compromiso de las universidades con la sostenibilidad del planeta. Para este estudio se realiza el diagnóstico de las fuentes de emisión con alcance 1 y 2 de CO₂ en cada una de las sedes ubicadas en la ciudad de Neiva – Huila (Sede Central, Subsede Torre Administrativa y Postgrados y Subsede Salud) mediante la aplicación de la metodología establecida en el protocolo de gases efecto invernadero (World Resources Institute, 2012) las emisiones de CO₂ eq. con los datos del año base 2016. Determinándose, el nivel de compensación de emisiones de CO₂, que debe realizar la Universidad de acuerdo a los lineamientos establecidos por La Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena – CAN (CAN, 2016). Adicionalmente, se formulan a modo de ejemplo dos (2) alternativas de compensación para los efectos de las emisiones de CO₂ eq. generados por la Universidad.

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

The world is facing multiple challenges with climatic changes, in terms of the negative impact of the quality of the air and a significant increment in global warming. The emissions of CO₂ are continuously increasing and having more information about these, can help all countries to identify opportunities to reduce the impact, this is an arduous task that claims the participation of all communities cooperating and understanding the dimensions of this issue on a global scale. Conversely, the UI Green Metric World University Ranking created by the University of Indonesia in April of 2010 with the purpose of measuring the efforts of sustainability of the university campuses worldwide, highlights the engagement of all colleges with the sustainability of the planet. This study includes the diagnosis of the sources of emissions with levels 1 and 2 of greenhouse effect gases generated by activities of the Surcolombiana University in each of its facilities located in the city of Neiva-Huila (Central facility, sub-location administrative building, postgraduate programs and Health's facility) through the application of the methodology established in the protocol of greenhouse effect gasses (World Resources Institute, 2012) the emissions of CO₂ with the data from the base year 2016 determining the level of compensation that the University must perform according with the criteria established by the Autonomous Regional Corporation of the Alto Magdalena -CAN (CAN, 2016). In addition, it has been formulated as examples two alternatives of compensation for the effects of the emissions of CO₂ generated by the University.



| | | | | | | | |
|--------|--------------|---------|---|----------|------|--------|--------|
| CÓDIGO | AP-BIB-FO-07 | VERSIÓN | 1 | VIGENCIA | 2014 | PÁGINA | 3 de 3 |
|--------|--------------|---------|---|----------|------|--------|--------|

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: MSc. Luz Marina Botero Rojas

Firma:

Nombre Jurado: MSc. Jennifer katusca Castro Camacho

Firma:

Nombre Jurado: MSc. Luz Marina Botero Rojas

Firma:



Estimación de emisiones de CO₂ generadas en la Universidad Surcolombiana en Neiva - Huila y su esquema de compensación

Claudia Patricia Rodríguez Flórez

Universidad Surcolombiana - USCO

Facultad de ingeniería

Neiva, Colombia

2018

Estimación de emisiones de CO₂ generadas en la Universidad Surcolombiana en Neiva - Huila y su esquema de compensación

Claudia Patricia Rodríguez Flórez

Trabajo de investigación presentado como requisito para optar al título de:
Magister en Ingeniería y Gestión Ambiental

Director:

MSc. Ingeniero Gabriel Herrera Torres

Línea de Investigación:

Aplicada

Universidad Surcolombiana - USCO

Facultad de Ingeniería

Neiva, Colombia

2018

A Dios y a Mis Padres. A Dios porque ha estado conmigo en cada paso que doy, siempre junto a mí, dándome fortaleza para continuar, a Mis Padres Roberto y María Nancy, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo el mejor ejemplo de constancia, fortaleza, responsabilidad y amor.

Este logro es para ellos, que los amo con mi vida.

Agradecimientos

Especial y sincero a mi director de tesis MSc. Ingeniero Gabriel Herrera Torres por su apoyo profesional e incondicional, su conocimiento y ayuda en el desarrollo y culminación de la presente tesis. De igual manera, a la Ingeniera Carla Alejandra Urrea Rojas, directora de la Unidad de Gestión Ambiental de la Universidad Surcolombiana quien brindo información relevante permitiendo implementar datos reales que podrán ser usados como base de posteriores investigaciones.

Resumen

El mundo se enfrenta a grandes desafíos con el cambio climático, en términos de impactos negativos en la calidad del aire y en un significativo incremento en el calentamiento global. Las emisiones de CO₂ continúan aumentando y tener mejor información acerca de estas emisiones puede ayudar a los países a identificar oportunidades para reducirlas, convirtiéndose en una labor que reclama la participación de todos sobre una base de cooperación y entendimiento de alcance mundial. Representado un desafío y una oportunidad para introducir patrones más racionales y sustentables de producción y de consumo, cuyos beneficios se extienden más allá de sus componentes climáticos.

De igual manera, el UI Green Metric World University Ranking creado por la Universidad de Indonesia en abril de 2010 con el propósito principal de medir los esfuerzos de sostenibilidad a nivel mundial de los campus universitarios; destaca también el importante compromiso de las universidades con la sostenibilidad del planeta.

Para este estudio se realiza el diagnóstico de las fuentes de emisión con alcance 1 y 2 de CO₂ en cada una de las sedes ubicadas en la ciudad de Neiva – Huila (Sede Central, Subsede Torre Administrativa y Postgrados y Subsede Salud) mediante la aplicación de la metodología establecida en el protocolo de gases efecto invernadero (World Resources Institute, 2012) las emisiones de CO₂ eq. con los datos del año base 2016. Determinándose, el nivel de compensación de emisiones de CO₂, que debe realizar la Universidad de acuerdo a los lineamientos establecidos por La Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena – CAM (CAM, 2016). Adicionalmente, se formulan a modo de ejemplo dos (2) alternativas de compensación para los efectos de las emisiones de CO₂ eq. generados por la Universidad.

Palabras clave: cambio climático, protocolo de gases efecto invernadero, fuentes de emisión de CO₂, compensación.

Abstract

The world is facing multiple challenges with climatic changes, in terms of the negative impact of the quality of the air and a significant increment in global warming. The emissions of CO₂ are continuously increasing and having more information about these emissions can help all countries to identify opportunities to reduce the impact, this is an arduous task that claims the participation of all communities cooperating and understanding the dimensions of this issue on a global scale, this is a great opportunity to introduce more rational and sustainable patterns of production and consumption that go beyond the impact they can cause to the climate.

Conversely, the UI Green Metric World University Ranking created by the University of Indonesia in April of 2010 with the purpose of measuring the efforts of sustainability of the university campuses worldwide, highlights the engagement of all colleges with the sustainability of the planet.

This study includes a diagnosis of the sources of emissions with levels 1 and 2 of greenhouse effect gases generated by activities of the Surcolombiana University in each of its facilities located in the city of Neiva-Huila (Central facility, sub-location administrative building, postgraduate programs and Health's facility) through the application of the methodology established in the protocol of greenhouse effect gasses (World Resources Institute, 2012) the emissions of CO₂ with the data from the base year 2016 determining the level of compensation that the University must perform according with the criteria established by the Autonomous Regional Corporation of the Alto Magdalena -CAN (CAN, 2016). In addition, it has been formulated as examples two alternatives of compensation for the effects of the emissions of CO₂ generated by the University.

Keywords: climatic change, greenhouse effect gasses protocol, sources of emissions of CO₂, compensation.

Contenido

| | PÁG. |
|--|-----------|
| 1. ESTADO DEL ARTE | 7 |
| 1.1 ANTECEDENTES..... | 7 |
| 2. MARCO TEÓRICO | 15 |
| 2.1 CAMBIO CLIMÁTICO | 15 |
| 2.2 GASES EFECTO INVERNADERO | 20 |
| 2.3 INVENTARIO DE GASES EFECTO INVERNADERO | 21 |
| 2.3.1 <i>Importancia del inventario de emisiones</i> | 21 |
| 2.3.2 <i>Compensación de emisiones</i> | 22 |
| 2.3.3 <i>Limites organizacionales y operacionales</i> | 22 |
| 2.4 ORGANISMOS INTERNACIONALES..... | 23 |
| 2.4.1 <i>Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)</i> | 23 |
| 2.4.2 <i>Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)</i> | 24 |
| 2.4.3 <i>Cuarto Programa de Montevideo de Desarrollo y Examen Periódico del Derecho</i> | 24 |
| 2.4.4 <i>Organización Meteorológica Mundial (OMM)</i> | 25 |
| 2.4.5 <i>Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC)</i> | 25 |
| 2.5 INSTRUMENTOS INTERNACIONALES | 26 |
| 2.5.1 <i>Protocolo de Kyoto</i> | 26 |
| 2.5.2 <i>El CDM (Clean Development Mechanism) o MDL (mecanismo de Desarrollo Limpio)</i> | 26 |
| 2.5.3 <i>El acuerdo de Cancún</i> | 27 |
| 2.5.4 <i>Plan de acción de Bali</i> | 27 |
| 2.5.5 <i>Informe Stern: la economía del cambio climático</i> | 28 |
| 2.5.6 <i>Protocolo al tratado antártico sobre protección del medio ambiente</i> | 29 |
| 2.5.7 <i>Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono</i> | 29 |
| 2.6 MARCO LEGAL | 30 |
| 2.7 MARCO INSTITUCIONAL | 33 |
| 2.7.1 <i>Programas académicos</i> | 34 |
| 2.7.2 <i>Ubicación de la Universidad Surcolombiana</i> | 34 |
| 2.7.3 <i>Comunidad Surcolombiana</i> | 36 |
| 2.7.4 <i>UI Green Metric World University Ranking</i> | 36 |
| 3. METODOLOGÍA | 41 |
| 3.1 FASE I: RECOPIACIÓN DE DATOS E INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL | 42 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 3.1.1 | <i>Identificación de datos, fuente y año de referencia</i> | 43 |
| 3.1.2 | <i>Límites organizacionales</i> | 43 |
| 3.1.3 | <i>Límites operacionales</i> | 43 |
| 3.1.4 | <i>Límites en la información</i> | 44 |
| 3.1.5 | <i>Año base objetivo</i> | 44 |
| 3.1.6 | <i>Estándares internacionales en la medición de CO₂ eq.</i> | 45 |
| 3.1.7 | <i>Metodología seleccionada para la estimación de las emisiones de CO₂ eq. generadas por parte de la Universidad Surcolombiana</i> | 63 |
| 4. | CÁLCULOS | 65 |
| 4.1 | CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA | 65 |
| 4.2 | TIPO DE VEHÍCULOS DE PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA, TIPO DE COMBUSTIBLE UTILIZADO Y CONSUMO DE ESTE. | 67 |
| 4.3 | CÁLCULO DE EMISIONES..... | 69 |
| 4.3.1 | <i>Selección de los factores de emisión necesarios para el inventario de emisiones de CO₂.</i> | 69 |
| 4.3.2 | <i>Aplicación y análisis de las herramientas de cálculo del inventario de emisiones de CO₂</i> | 71 |
| 4.3.3 | <i>Metodología de cálculo de las emisiones de CO₂ eq.</i> | 71 |
| 4.3.4 | <i>Metodología de cálculo consumos de ACPM y gasolina</i> | 72 |
| 4.3.5 | <i>Metodología de cálculo de emisiones por consumo de energía eléctrica de la red nacional</i> | 73 |
| 4.4 | CÁLCULO DE EMISIONES (TCO ₂ EQ.) GENERADO POR GASOLINA..... | 74 |
| 4.5 | CÁLCULO DE EMISIONES (TCO ₂ EQ.) GENERADO POR ACPM | 75 |
| 4.6 | CÁLCULO DE EMISIONES (TCO ₂ EQ.) GENERADO POR CONSUMO ELÉCTRICO | 76 |
| 4.7 | RESULTADOS EMISIONES GENERADAS EN ALCANCE 1 Y 2 | 77 |
| 5. | ALTERNATIVAS DE COMPENSACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS | 83 |
| 5.1 | DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE ÁRBOLES A SEMBRAR NECESARIA PARA LA COMPENSACIÓN DE LAS EMISIONES GENERADAS POR PARTE DE LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA..... | 83 |
| 5.1.1 | <i>Árboles y CO₂</i> | 83 |
| 5.1.2 | <i>Ciclo del carbono</i> | 84 |
| 5.1.3 | <i>Sumideros de carbono</i> | 84 |
| 5.1.4 | <i>Alternativas de compensación de las emisiones generadas por la Universidad Surcolombiana, en sus sedes ubicadas en Neiva</i> | 85 |
| 5.2 | ANÁLISIS DE DATOS..... | 96 |
| 5.2.1 | <i>Emisiones Alcance 1</i> | 96 |
| 5.2.2 | <i>Emisiones Alcance 2</i> | 96 |
| 5.2.3 | <i>Compensación de las emisiones</i> | 96 |
| 6. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 99 |
| 6.1 | CONCLUSIONES..... | 99 |
| 6.2 | RECOMENDACIONES | 101 |

Contenido de figuras

| | PÁG. |
|--|------|
| Figura 2-1: Límites operacionales y organizacionales en una empresa..... | 23 |
| Figura 2-2: Localización General Sedes Universidad Surcolombiana Neiva – Huila Sede Central y Subsedes (Torre Administrativa y Postgrados y Salud)..... | 35 |
| Figura 3-1: Modelo conceptual de la relación entre las normas ISO 14064 e ISO 14065. | 49 |
| Figura 3-2: Resumen de alcances y emisiones a través de la cadena de valor..... | 55 |
| Figura 4-1: Consumo de energía eléctrica por cada sede de la USCO. | 67 |
| Figura 4-2: Histograma de barras del total de emisiones (tCO ₂ eq.) registrada para cada sede de la USCO. . | 79 |
| Figura 4-3: Histograma del total de emisiones (tCO ₂ eq.) registrada para la USCO, en función del alcance. . | 79 |
| Figura 4-4: Histograma de barras del total de emisiones (tCO ₂ eq.) registrada por alcance, en función de las sedes de la USCO. | 80 |
| Figura 4-5: Histograma de barras del total de emisiones (tCO ₂ eq.) registrada por sede, en función del alcance. | 80 |
| Figura 4-6: Histograma del total de emisiones (tCO ₂ eq.) en función del tipo de generación. | 81 |
| Figura 4-7: Histograma del total de emisiones (tCO ₂ eq.) registrada para cada sede de la USCO, en función del tipo de generación. | 82 |
| Figura 5-1: Esquema gráfico del ciclo del carbono. | 84 |
| Figura 5-2: Histograma de barras del número de árboles, por especie, necesarios para la compensación por emisiones de CO ₂ | 95 |

Contenido de tablas

PÁG.

| | |
|---|--------------------------------------|
| Tabla 2-1: Normativa colombiana para el cambio climático y las energías renovables. | 30 |
| Tabla 2-2: Comunidad Surcolombiana Año 2016. | 36 |
| Tabla 2-3: Universidades destacadas del Overall Rankings (2016) y criterio de selección. | 38 |
| Tabla 3-1: Clasificación de las fases de ejecución del proyecto. | 41 |
| Tabla 3-2: Caracterización de aplicaciones del GHG Protocol. | ¡Error! Marcador no definido. |
| Tabla 3-3: Caracterización de las aplicaciones del PAS 2050. | ¡Error! Marcador no definido. |
| Tabla 3-4: Caracterización de las aplicaciones del PAS 2060. | ¡Error! Marcador no definido. |
| Tabla 3-5: Caracterización de las aplicaciones de Bilan Carbone. | ¡Error! Marcador no definido. |
| Tabla 3-6: Metodologías de cálculo de huella de carbono más utilizadas en Europa y en el mundo. | ¡Error! Marcador no definido. |
| Tabla 3-7: Principios de contabilidad y reporte para inventario de emisiones. | 64 |
| Tabla 4-1: Consumo de energía eléctrica en kWh por cada sede de la Universidad Surcolombiana. | 66 |
| Tabla 4-2: Porcentaje de consumo de energía de cada sede con respecto al consumo total. | 66 |
| Tabla 4-3: Consumo de combustible de los vehículos de la USCO. | 68 |
| Tabla 4-4: consumo de combustible total, para el año base 2016. | 69 |
| Tabla 4-5: Consumo de combustible aproximado por sede de la USCO. | 69 |
| Tabla 4-6: Especificaciones del cálculo de emisiones debido al uso de ACPM y gasolina. | 70 |
| Tabla 4-7: Especificaciones del cálculo de emisiones relacionadas al uso de la energía eléctrica. | 70 |
| Tabla 4-8: Emisiones generadas en las sedes de la USCO, en la ciudad de Neiva. | 77 |
| Tabla 4-9: Datos tabulados de emisión de CO ₂ por alcance. | 78 |
| Tabla 4-10: Tabulación del total de emisiones (tCO ₂ eq.) por tipo de generación. | 81 |
| Tabla 5-1: Datos de Densidad, Factor de expansión de la Biomasa, factor R y factor FC, para las especies seleccionadas. | 88 |
| Tabla 5-2: Longitud promedio y máxima de la especie <i>Triplaris Americana</i> | 90 |
| Tabla 5-3: Valores de DAP y Fuste para especies jóvenes y maduras de la especie <i>Cecropia sp.</i> | 91 |
| Tabla 5- 4: Valores de DAP y fuste para especies jóvenes y maduras de la especie <i>Ficus sp.</i> | 92 |
| Tabla 5- 5: Longitud promedio y máxima de la especie <i>Guazuma Ulmifolia</i> | 93 |

Lista de Símbolos y abreviaturas

| Símbolo/Unidad | Definición |
|-----------------------|--|
| <i>BEF</i> | <i>Factor de expansion biomasa</i> |
| <i>cm</i> | <i>Centímetro</i> |
| <i>D</i> | <i>Densidad – materia seca</i> |
| <i>E</i> | <i>Emisiones</i> |
| <i>F_e</i> | <i>Factor de emission del combustible</i> |
| <i>Gal</i> | <i>Galones</i> |
| <i>h</i> | <i>Hora</i> |
| <i>m</i> | <i>Metro</i> |
| <i>MJ</i> | <i>Megajoules</i> |
| <i>TJ</i> | <i>Terajoules</i> |
| <i>kg</i> | <i>Kilogramo</i> |
| <i>kWh</i> | <i>Kilovatio/hora</i> |
| <i>l</i> | <i>Litro</i> |
| <i>Mton</i> | <i>Millones de toneladas</i> |
| <i>MW</i> | <i>Megavatio</i> |
| <i>PCS</i> | <i>Poder calorífico superior del combustible</i> |
| <i>R</i> | <i>Relación entre biomasa aérea y raíces.</i> |
| <i>t</i> | <i>Tonelada</i> |
| <i>V_{cc}</i> | <i>Volumen maderable con corteza</i> |
| <i>ρ</i> | <i>Densidad del combustible</i> |

Introducción

Desde su origen, el planeta en forma continua ha presentado cambios naturales desde las denominadas eras glaciales, con sus profundas transformaciones de varios millones de años atrás (Green Peace Organization, 2008) pero que con la puesta en marcha de la Revolución Industrial que trajo consigo el acelerado desarrollo de las tecnologías en donde se inició el uso de los combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas, entre otros) como fuente de energía; ha sido impactado por el aumento exponencial de la actividad humana que se evidencia en un cambio climático drástico y en la cantidad de gases de efecto invernadero (GEI) arrojados a la atmósfera. Los cuales, son objeto de estudio desde los años cincuenta con las mediciones realizadas por el científico estadounidense Charles Keelling pionero en la investigación del calentamiento global (Departamento del Tesoro del Reino Unido, 2007).

Desde esa época y de manera gradual, el fenómeno conocido como cambio climático se viene considerando una de las preocupaciones mundiales de gobiernos y otros actores que han reconocido este tema como un hecho internacional y no solo local de los países. Por esta razón, uniendo a la mayoría de países del mundo en torno a acuerdos políticos se formaliza la primera conferencia de las Naciones Unidas, realizada en Estocolmo, en donde se habló abiertamente del tema ambiental (ONU, 1972) y su importancia para el mundo. Logrando después de esta, aumentar el interés de la comunidad científica por el cambio climático global comenzando a estudiar el tema de manera precisa estableciendo importantes disertaciones respecto a las causas que lo provocan y uniendo esfuerzos para darle la importancia que se merece al tema del manejo de los recursos naturales.

De igual manera, surgen iniciativas de orden internacional que se han posesionado como delegados ante los tomadores de decisiones al mostrar la gravedad y seriedad sobre el tema del cambio climático como el Panel Intergubernamental sobre cambio climático (IPCC) – en el cual se vinculó la Organización Meteorológica Mundial – con el propósito de evaluar el estado del conocimiento científico sobre diversos aspectos del cambio climático, los impactos ambientales y socioeconómicos y las estrategias de mitigación; la puesta en marcha del tratado internacional – La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) – en donde la comunidad internacional se comprometió a estabilizar las concentraciones de gases efecto invernadero (GEI) y el Protocolo de Kyoto (SINIA, 2018) como instrumento práctico, que ejecuta un conjunto de medidas más enérgicas y entre las partes.

Continuando con la implementación de las tres herramientas anteriormente mencionadas; hoy por hoy, se busca conseguir a futuro un “régimen climático mundial”, que logre un compromiso fuerte y decidido. Porque así, como en la pasada cumbre de Copenhague de 2009 no se alcanzó un compromiso global climático legalmente vinculante; el arduo proceso multilateral de negociación permitió que los países de todo el mundo convinieran finalmente en diciembre de 2015 un nuevo acuerdo global dentro de la CMNUCC que comenzará a regir en 2020 y que aplicara para todo el mundo en un contexto global dinámico de países que cambian sus economías y niveles de desarrollo; en donde se espera marcar un antes y un después en la historia climática, por su alcance y por la implicancia en el desarrollo de los países. Este acuerdo no es perfecto, ni el que muchas personas hubieran querido con exigencias y penalidades para quienes no cumplan, pero en el marco del actual contexto internacional consigue compromisos que pueden hacer una diferencia en el futuro. (Konstantinidis, 2016)

Paralelamente, y como apoyo a estas iniciativas y al escenario actual; se ha hecho necesaria una acción concertada para hacer frente al Cambio Climático mundial de todas y cada una de las partes de la sociedad –educación, cultura, ciencias y comunicación– con miras a abordar el cambio climático de manera holística. (UNESCO, 2011) determinando que la educación es la principal estrategia de conciliación con el Cambio Climático; pues esta, se convierte en el centro de atenuación, comprensión y adaptación a los cambios potenciales que permitirán crear nuevos desafíos de aprendizaje y participación en todos

los territorios; propiciando el intercambio de información y experiencias, orientando la investigación y la tecnología al servicio de todos los países.

Teniendo en cuenta lo anterior, se suma el interés de las instituciones de educación superior a nivel mundial que actualmente se encuentran comprometidas en avanzar y progresar de acuerdo a los compromisos que se han adquirido en la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático – CMNUCC, (ONU, 1992) y que están interesadas en implementar estrategias y acciones en el marco de la educación en el cambio climático uniendo sus esfuerzos desde la sostenibilidad de sus campus a través del UI Green Metric World University Ranking (Universidad de Indonesia, 2010) el cual posee información actualizada y se convierte en referente para la toma de decisiones de comunidades interesadas en pro de la lucha contra el Calentamiento Global.

Bajo este panorama, y de acuerdo al carácter incluyente de las diferentes políticas de Colombia frente al Cambio Climático en los últimos años y especialmente en el tema de educación; se hace evidente el interés por parte de las instituciones de educación superior y desde su participación activa en el UI Green Metric World University Ranking de diferentes universidades colombianas, destacándose la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad del Rosario y la Universidad de los Andes. Obteniendo experiencias significativas que se convierten en un referente importante respecto a los compromisos ambientales que la Universidad Surcolombiana puede lograr desde la ejecución de programas y estrategias de mayor contundencia a nivel ambiental en cada una de sus sedes; que se articulen y a su vez, apoyen el Plan Institucional de Gestión Ambiental implementado actualmente de acuerdo a su abordaje metodológico, el cual, ha permitido proyectar panoramas de responsabilidad con el medio ambiente.

Es aquí, y cómo apoyo a este proceso que se ha iniciado a nivel mundial en pro de minimizar los efectos causados por el calentamiento global, que se elabora el presente estudio; proyectándose como una herramienta soporte de nuevas investigaciones que permitan concebir la Universidad Surcolombiana como eje fundamental de desarrollo y ente activo que preserva el medio ambiente. Teniendo como objetivo principal la cuantificación de las emisiones de CO₂ eq. que genera la Universidad Surcolombiana en cada una de sus Subsedes de la ciudad de Neiva - Huila (sede Central, subsede Torre Administrativa y Postgrados y subsede Salud) mediante la aplicación de la metodología

establecida en el protocolo de gases efecto invernadero – del Greenhouse gas protocol o GHG protocol, (World Resources Institute, 2012) con alcances de emisión 1 y 2, tomando el 2016 como año base objetivo y estableciendo de igual manera el nivel de compensación de las mismas.

1. Estado del arte

Se relacionan a continuación, estudios de investigación científica y académica que se consideraron pertinentes como apoyo en el proceso de investigación documental; teniendo en cuenta su implementación teórico-conceptual y su coherencia con la proyección de los objetivos principales propuestos. Además, se presentan algunos trabajos realizados por las pocas organizaciones que han decidido efectuar cálculos de emisiones y reportar su huella de carbono indicando la metodología usada y los posibles tipos de compensación.

1.1 Antecedentes

Emanuel et al., 1985, con su trabajo *Climate change and the broad-scale distribution of terrestrial ecosystem complexes*, hacen un importante aporte al estudio del fenómeno mundial. Analizan la relación existente entre la distribución a gran escala de ecosistemas terrestres y el clima, que al ser alterada por el cambio climático impacta la geografía de las principales zonas de vegetación. Los académicos realizan la comparación de un mapa mundial de la Clasificación Life-Zone de Holdridge, desarrollado a partir de aproximadamente 8.000 registros meteorológicos, con un mapa de Holdridge con incrementos promedio de temperatura simulados por un modelo de clima bajo una concentración elevada de CO₂ atmosférico. Encontrando que los mayores cambios se indican en latitudes altas, donde el aumento de temperatura simulado es mayor y los intervalos de temperatura que definen las zonas de vida son los más pequeños. Ocurren transformaciones como el reemplazo de Zonas de Bosque Boreal por Bosque Templado Fresco o Estepa Templada Fresca, de acuerdo a la precipitación promedio. En cuanto a los cambios en los trópicos, el estudio encuentra que son más pequeños, sin embargo, en algunas regiones, el Bosque Seco Tropical reemplaza al Bosque Húmedo Subtropical.

Peters y Darling, 1985, en su trabajo *The Green house effect and Nature Reserves*, identifica los problemas causados por el cambio climático que afectan a las comunidades

biológicas. La metodología consiste en examinar las dificultades particulares que enfrentan las especies en las reservas biológicas y sugerir opciones de manejo. Concluyen que el manejo de las amenazas de extinción a corto plazo solo afectará los recursos de los conservacionistas, e instan a modificar los planes de conservación ante los inminentes y severos efectos negativos del calentamiento global; es decir, que las decisiones sobre el emplazamiento y el diseño de las reservas y las suposiciones acerca de cuánta gestión será necesaria en el futuro deben reflejar el aumento de las demandas, tanto económicas como biológicas, del calentamiento global.

Potter y Bright, 2011, desarrollan el estudio denominado *Understanding the Global Climate with Measurements and Data*, sostiene que a medida que el calentamiento global se intensifica, la población mundial se enfrenta a lo que es posiblemente el desafío científico y social más importante de todos los tiempos. En consiguiente exige comprender mejor este reto y explorar las posibles soluciones y requiere de los esfuerzos coordinados de ingenieros y científicos de todo el mundo. Estos esfuerzos dependen en gran medida de la disponibilidad de cantidades sin precedentes de datos confiables y precisos entregados por decenas de miles de sistemas de medición fiables. Con el propósito de incentivar la apropiación de la problemática ambiental, caracteriza dos mecanismos para gestionar datos ambientales. En primer lugar referencia el “sistema de monitoreo *CompactRIO*, desarrollado como un prototipo de sistema de instrumentación para un sitio de prueba de la Red Nacional de Observatorio Ecológico (*NEON*), una plataforma de investigación a escala continental apoyada por la National Science Foundation (NSF)” (Potter & Bright, 2008). Las estaciones de *NEON*, medirán los intercambios de CO₂ y otros gases entre el bosque, el suelo y la atmósfera, así como las propiedades físicas, químicas y microbianas de la vegetación, el suelo y las masas de agua. Los datos se transmitirán electrónicamente a un centro de procesamiento central y se compartirán con científicos de todo el mundo. Otro ejemplo de indagación científica presentado por el estudio, referencia la labor del Departamento de Silvicultura de Baviera (*LWF*). La constante es la recolección de grandes cantidades de datos ambientales como el contenido de agua, la precipitación, la temperatura, la humedad relativa y la pérdida de CO₂. Y con *NI DIAdem* y el software de gestión de datos *NI DataFinder*, combinan y gestionan los datos de medición para el post procesamiento y los cálculos del modelo. “Su misión de estudiar, comprender y prevenir el calentamiento global, herramientas de gestión de datos probadas como *DIAdem* son

esenciales para gestionar rápidamente, orientar y procesar datos ambientales para tomar decisiones más rápidas e informadas”.

En el contexto español se encuentra la experiencia investigativa de Cardenete y Delgado, 2013, en la economía andaluza, cuyo objetivo principal se basó en analizar las necesidades energéticas y las emisiones de CO₂ que provoca el uso de bienes energéticos en la economía andaluza. La metodología utilizada para medir las intensidades energéticas de las actividades productivas es el análisis de multiplicadores a partir de Matrices de Contabilidad Social (SAM, es el acrónimo de la expresión Social Accounting Matrix). También a partir de la SAM y un vector de emisiones por unidad energética consumida los investigadores lograron estimar las emisiones de CO₂ de las actividades productivas y del consumo final en Andalucía. Los hallazgos de estos autores, proporcionan “una herramienta de simulación de diferentes escenarios a partir de los que se pueden valorar los efectos que un incremento en alguno de los componentes de la demanda final o una mejora en la eficiencia energética podría tener en términos de emisiones”; además contribuyen a orientar futuras políticas aplicables, amplían la información disponible al proporcionar vías indirectas para superar la escasez de datos con la que se enfrentan.

En las Antillas, Mas et al., 2012, desarrolla el estudio denominado *Cálculo de la huella ecológica en universidades cubanas. Caso de estudio: Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas*, con el objetivo de adaptar una metodología que permita realizar el cálculo de la huella ecológica en universidades cubanas; para ello se toman en cuenta las principales iniciativas internacionales y se adaptaran a las condiciones de Cuba. Es importante resaltar que sumada a la cuantificación de los consumos básicos de recursos de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas: agua, energía eléctrica y otros portadores energéticos, consumo de alimentos, consumo de papel, también se determinaron las emisiones de CO₂, en función de las características del país y de acuerdo a las áreas requeridas para la absorción de las emisiones de CO₂. Para el cálculo de las emisiones de CO₂, el estudio dispuso de datos de consumos aplicados directamente al factor de emisión, donde se indican las unidades en las que se computa cada consumo (*um*), considerando: $Emisiones (kg CO_2) = consumo (um) * Factor de emisión (kg CO_2/um)$. A modo de conclusión, Mas et al., 2012, afirma que “la Huella ecológica de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas en el año 2008 fue de 0,2069 persona/año

y en el año 2009 de 0,2147 persona/año, valores similares a los reportados para otras universidades”. Por otro lado señala que “el principal impacto ambiental identificado en la Universidad central Marta Abreu de Las Villas es el asociado al consumo de electricidad, seguido por el impacto asociado al consumo de alimentos”.

En el reporte realizado de la medición de la huella de carbono para la facultad de ciencias físicas y matemáticas de la Universidad de Chile FCFM realizado por Díaz, 2015, muestra estrategias para mitigar las emisiones generadas en la facultad, tras analizar las fuentes emisoras más críticas; considerando la metodología GHG Protocol y los requerimientos del APL (acuerdo de producción limpia) con alcance 1, 2, y 3. Obteniendo como resultado 7076,9 toneladas de CO₂ e emitidas por toda la comunidad educativa en general, determinando que la mayor cantidad de emisiones lo aportó el factor de movilización en el cual, se realizaron mayores supuestos para sus cálculos, por lo que, se sugirió realizar mejoras en la notificación de los datos y su recopilación; destacando la reducción de supuestos en algunos ítems respecto al periodo anterior.

A nivel de Colombia el trabajo de grado de maestría de Giraldo, 2005, sobre *Estimación del inventario de emisiones de fuentes móviles para la ciudad de Bogotá e identificación de variables pertinentes*, desarrolló un modelo que permite estimar de manera económica y efectiva, el inventario de emisiones de fuentes móviles en la ciudad. La importancia de la herramienta radica en su capacidad para evaluar el efecto y las tendencias de diversas medidas enfocadas hacia la prevención y el control de la contaminación atmosférica. La metodología asociada al proyecto consistió en el desarrollo de tres actividades: una campaña de medición (recolección de información), estimación de inventario de emisiones utilizando el modelo IVE como herramienta de cálculo y la identificación de las variables de mayor relevancia para el inventario y evaluación de diferentes escenarios de posibles medidas encaminadas hasta la reducción de los niveles de emisión de contaminación en la ciudad. También logro concluir el estudio que la excesiva presencia de motos con motores de dos tiempos y sin ningún sistema de control de emisiones en la ciudad, se asocia al problema de emisión de CO₂. Además, asocia la emisión de “material particulado, el contaminante más importante en términos de salud pública”, a la flota vehicular de carga pesada (buses y camiones). De ahí que Giraldo, 2005, recomiende enfocar las estrategias de protección ambiental a estos vehículos.

Por su parte Gallo, 2012, enfoca su trabajo de pasantía en el Programa de Administración del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales a la *Medición de huella de carbono Y eficiencia energética en la Empresa Papelera Colombiana*. Bajo la consideración de que se trata de un método novedoso importante para conocer el alcance e impacto de productos y servicios de la marca frente a sus competidores. Aplicando como metodología el método MC3 que contó con los datos de las cuentas contables de la organización, que permitieron relacionar el aspecto económico y el aspecto ambiental con el propósito de conocer el impacto ambiental de un producto en términos de ecoeficiencia. A manera de recomendación Gallo, 2012, reconoce su trabajo como “línea base para extender la medición de huella de carbono, y la calificación de la eficiencia energética, partiendo de que es una metodología adaptada a la latino América y de fácil acceso para las organizaciones, de mismo modo, es una guía para las personas interesadas en el tema de medición de huella de carbono y eficiencia energética”.

En el artículo *Huella de carbono en Santa Marta , Colombia : Análisis desde el enfoque de los determinantes sociales de la salud – 2014* (Lídice, et al., 2016), se estableció como objetivo estimar la huella de carbono para la ciudad de Santa Marta- Colombia, a partir de las prácticas de consumo de alimentos, medios de transporte, servicios públicos y compra de bienes y servicios per cápita y relacionar dicha huella con aspectos determinantes de la salud como el nivel socio-económico y sociodemográfico de la población; con la aplicación de un corte transversal de encuesta para 2014, con una muestra de 811 personas seleccionadas aleatoriamente. Los datos se analizaron en *Epilnfo 7* a través de análisis bivariado con *ANOVA* y J^2 para identificar dependencias y multivariado por *OR* para identificar asociaciones. Se encontró que la huella de carbono estimada promedio fue de 29,95 tCO₂e por prácticas de consumo. Además, se estableció que tener 35 años o menos, niveles educativo profesional universitario o superior, estrato socioeconómico medio alto y alto, e ingresos altos son aspectos que aumentan la probabilidad de tener una huella de carbono mayor o igual a 39,3 tCO₂e. determinando finalmente que el tamaño de la huella de carbono se relaciona inversamente con la edad, y directamente con los ingresos económicos, estrato y nivel educativo.

Echeverri, 2006, con su estudio *Estimación de la emisión de gases de efecto invernadero en el Municipio de Montería (Córdoba, Colombia)* presenta el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero para el año de 2005 en el Municipio de Montería (Córdoba,

Colombia). El estudio contiene las emisiones provenientes de los vehículos automotores, los rellenos sanitarios y las fuentes biogénicas. A partir de una metodología cuantitativa basada en el Programa de Inventario de Emisiones para México, Echeverri, 2006, calculó las emisiones de los contaminantes seleccionados y la actividad; determinando que “el Municipio de Montería representa el 0,16% de la emisión de gases de efecto invernadero de Colombia. La fuente más importante, en cuanto a emisión de gases de efecto invernadero, es el parque automotor con un 50,4%”. Finalmente, a modo de recomendación, el estudio manifiesta que de implementarse un proyecto dentro del Mecanismo de Desarrollo Limpio (*MDL*) con miras a establecer las bases de un mercado de reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero, este debe apuntar a reducir las emisiones de N₂O y CH₄, más concretamente, se debe implementar en las actividades agropecuarias”.

Borda, 2014, en su trabajo de grado *Estimación de emisiones de CO₂ eq. alcance 1 y 2, generadas en las sedes de la Universidad de la Salle en Bogotá y su esquema de compensación*, recopila información de los consumos de combustibles fósiles y otros combustibles adicionales, además de los consumos de energía eléctrica en cada una de sus tres sedes (Candelaria, La Floresta y Chapinero) e implementa la metodología propuesta por parte del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino del Gobierno de España, tomando a su vez como fuente de datos el documento *Good practice guidance for land use, land – use change and forestry* del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2003) para estimar las emisiones de dióxido de carbono generadas en alcance 1 y 2 por la Universidad. Adicionalmente a la alternativa descrita, se plantea un tipo de compensación con siembra de especies tropicales, la cual, será desarrollada por medio de un tercero independiente. Finalmente, y teniendo en cuenta que este es un tema que está cobrando importancia a nivel mundial; se sugiere para próximos estudios relacionados, contar con el apoyo necesario de la institución para tener la disponibilidad total de las fuentes de información.

Hermosilla, 2014, en su trabajo para fin de máster, deduce el impacto ambiental derivado de las actividades propias de la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT), por medio del cálculo de su huella de carbono con el propósito que este, sea tomado como referencia para estudios y campañas posteriores de sensibilización ambiental de la comunidad

universitaria. Se implementa una metodología propia teniendo en cuenta las directrices de las principales organizaciones implementando la norma ISO 14064-1 y el GHG Protocol realizando comparaciones con universidades españolas proponiendo medidas correctoras para la reducción de las emisiones generadas por consumo de electricidad y movilidad; concluyendo que las actividades universitarias diarias tienen una gran repercusión ambiental pero que con un correcto y moderado uso de los recursos que se disponen es posible paliar el cambio climático.

Las anteriores iniciativas y proyectos en el campo del medio ambiente frente al Cambio Climático, son fundamentales para el presente estudio por el panorama que presentan en relación con programas, hipótesis e iniciativas con amplia proyección social. La ubicación específica en áreas académicas, como lo son las universidades, permiten entrever las características del abordaje metodológico que han permitido establecer panoramas de responsabilidad con el medio ambiente. Además, establecen la coherencia gubernamental del país en relación con protocolos internacionales y visiones de responsabilidad ambiental traducidos en políticas locales focalizadas en las diversas áreas de desarrollo de Colombia. Las variables son otro elemento que define el interés mundial de la lucha contra el cambio climático, y son importantes para la definición teórica del presente estudio enfocado en la emisión de gases de efecto invernadero en el contexto educativo de la Universidad Surcolombiana y sus sedes en la ciudad de Neiva.

2.Marco teórico

“El estado del medio ambiente en las últimas décadas se ha transformado profundamente y muchos signos nos han marcado que la naturaleza está alterándose de modos negativos y a veces incontrolables. La acción del ser humano, desmedida y abusiva desde el siglo XVIII ha hecho llegar a una situación de embudo en la que el problema es ya innegable y reconocer que hay por delante mucho por hacer es necesario. El cambio climático no es un invento sino que es un problema real y por lo tanto comprender su importancia es vital para poder asegurar una sustentabilidad ecológica”, Embeta, 2017.

2.1 Cambio climático

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) en su Artículo 1, lo define como “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”. El cambio climático además, se asocia al aumento potencial de la temperatura en la superficie del planeta; un fenómeno ambiental que tiene lugar con el incremento desmesurado de las concentraciones de gases de efecto invernadero "GEI" en la atmósfera (Bolin et al., 1986). Este aumento en las concentraciones está provocado por emisiones antropogénicas a la atmósfera de estos mismos gases efecto invernadero, consecuencia de la quema de combustibles fósiles, la deforestación y los cambios en el uso de suelo, así como diversos procesos industriales. Este precedente viene concentrando desde mediados del siglo XX a gran parte de la comunidad científica, a un número creciente de grupos sociales, empresariales y políticos; con la intención de formular medidas de mitigación en diversos escenarios internacionales, que se hagan cada vez más extensivas y frecuentes y que incluyan la evaluación y control de estas emisiones, así como el mantenimiento de los ecosistemas que absorben y almacenan carbono, de tal manera que se logre cumplir la meta de que la temperatura terrestre no exceda los 2°C más al año 2050.

El cambio climático, por la importancia de las actividades que lo originan y por sus alcances y consecuencias, no sólo constituye un problema ambiental sino, también y sobre todo, un problema de desarrollo, con profundos impactos potenciales en la sociedad, la economía y los ecosistemas. Mitigar el cambio climático implica limitar y reducir las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) a la atmósfera, a niveles muy inferiores a los que prevalecen en la actualidad. Esta es una tarea que reclama la participación de todos sobre una base de cooperación y entendimiento de alcance mundial. Para la sociedad, la mitigación del cambio climático representa un desafío y una oportunidad para introducir patrones más racionales y sustentables de producción y de consumo, cuyos beneficios se extiendan más allá de sus componentes climáticos. Mediante la medición, el control y la eventual reducción de sus emisiones, los agentes económicos pueden mejorar las condiciones ambientales locales y su competitividad a escala nacional y global, a la vez que contribuyen a la resolución de un grave problema global. En efecto, reducir emisiones de gases efecto invernadero también lleva aparejados beneficios en cuanto a limitación de emisiones tóxicas, mejoras a la salud, ahorros económicos por eficiencia energética o introducción de nuevos procesos, promoción de fuentes renovables de energía, identificación de oportunidades para participar en mercados de carbono, y en general el mejoramiento de la posición estratégica para el desarrollo sustentable de la propia empresa y del país. (Ranganathan, 2015)

Las potenciales consecuencias del cambio climático no son uniformes en todo el planeta y dependen de diversos factores. La intensidad y la distribución de los efectos del cambio climático variarán de región en región; por esta razón, los expertos del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) consideran que los efectos de este fenómeno no pueden ser parcializados o regionalizados, ya que el aumento de la temperatura en cualquier región de la tierra afecta el equilibrio climático de todo el planeta. Sin embargo, se establece que las zonas más vulnerables a los efectos negativos del cambio climático son las zonas con menor desarrollo en el mundo, entre estas, Latinoamérica. Afectando en primera medida los sistemas más sensibles: recursos hídricos, agrícolas y forestales, del mismo modo que las zonas marinas y costeras, la energía, la industria, y otros servicios financieros, así como los sistemas relacionados con la salud humana. Esto, en proporción al nivel de vulnerabilidad de la localización geográfica, el clima y las condiciones sociales, económicas y ambientales de cada región.

El aumento acelerado de la temperatura global del planeta también ha hecho que Colombia se convierta en un país altamente vulnerable a los impactos del cambio climático, de acuerdo a lo manifestado durante la Conferencia sobre Cambio Climático - COP 20 (ONU, 2014), pese a no ser uno de los principales países responsables en la generación de emisiones CO₂ y otros gases de efecto invernadero. De igual manera, según el inventario nacional de emisiones de gases efecto invernadero 2016, (informe más completo hasta ahora elaborado en el país presentado por el IDEAM y el PNUD) en 20 años, las emisiones en Colombia aumentaron un 15% al pasar de 245 Mton o millones de toneladas de CO₂ eq., en 1990 a 281 Mton en 2010 y un 0,05% en su contribución mundial del total de gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera ocupando así, el puesto 40 en el ranking mundial, (Correa, 2016). Se destaca además, que este informe cuenta con información departamental y de aproximación municipal; con datos de mediciones del año 2012.

Estas cifras se encuentran estrechamente relacionadas con los alarmantes impactos locales que se registran en la actualidad, como los cambios en el patrón de precipitaciones, fuertes inundaciones y aumento del nivel del mar; la desaparición de casi la totalidad de los nevados y glaciares, así como el 75% de los páramos, considerados uno de los ecosistemas colombianos más vulnerables en estos escenarios y con la mayor diversidad a nivel mundial. Green Peace Organization, 2008, teniendo en cuenta este contexto; Colombia, que como se mencionó anteriormente tiene poco control sobre las causas de este fenómeno, deberá dedicar un gran esfuerzo para prepararse ante aquellos impactos que serán imposibles de evitar; en donde los tomadores de decisión pública y la empresa privada incluirán en sus procesos de planeación a mediano y largo plazo estrategias más efectivas y puntuales para el manejo de espacios futuros que minimicen decisiones riesgosas; permitiendo un mayor aporte en el financiamiento de tecnología e investigación y contribuyendo, además, con soluciones innovadoras pero viables de acuerdo a las condiciones socio económicas y ambientales existentes creando día a día mayor conciencia en la sociedad civil respecto al uso eficiente de los recursos.

Colombia, siendo coherente con este panorama, de manera responsable, y desde su postura como miembro de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) se ha hecho responsable respecto a la mitigación de los gases de efecto invernadero generando compromisos a través de la ratificación como miembro del CMNUCC con la Ley 164 de 1994, la ratificación del Protocolo de Kyoto mediante la Ley

629 del año 2000, y la creación del COMPES 3700 en 2011 entre otros; siendo esta última, la que dio inicio al Plan de Adaptación y Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono en el año 2012, al lanzamiento del Estudio de Impactos Económicos del Cambio Climático (Registro 1 NAMA), y a iniciativas como la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC) y la Estrategia Nacional REDD+.

La Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC), liderado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS a través de la Dirección de Cambio Climático, apoyado por el Departamento Nacional de Planeación – DNP y los Ministerios Sectoriales; tiene como propósito fundamental desligar el crecimiento económico nacional del crecimiento de las emisiones de GEI logrando maximizar el carbono-eficiencia de la actividad económica del país y contribuyendo al desarrollo social y económico nacional. Estableciendo un pilar de crecimiento económico que promueva la competitividad, el uso eficiente de los recursos, la innovación y el desarrollo de nuevas tecnologías, (Ministerio de Ambiente, 2012).

Por otra parte la estrategia nacional REDD+ es un mecanismo internacional en construcción bajo la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático – CMNUCC, cuyo objetivo es ayudar a reducir las emisiones de dióxido de carbono, producidas por la deforestación y degradación de bosques, para así atenuar el Cambio Climático. Con REDD+ se espera además, contribuir a conservar y mejorar los servicios que prestan los bosques [selvas], y al desarrollo de las comunidades que los habitan o dependen de éstos, (Ministerio de Ambiente, 2012).

Paralelamente a los anteriores, aparece el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático PNACC que tiene como finalidad reducir la vulnerabilidad del país e incrementar su capacidad de respuesta frente a las amenazas e impactos del cambio climático implementando estrategias de retroalimentación con el uso de información sobre la amenaza que representa el cambio climático y las lecciones aprendidas del país y su adaptación. El Ministerio de Ambiente y Desarrollo, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM y la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo UNGRD apoyan la construcción del PNACC, con la participación activa de los sectores productivos, los territorios y la población.

También se crea el Fondo para la Paz y el Desarrollo Sostenible que prevé durante el Pos acuerdo y la paz la protección de bosques y su biodiversidad, la promoción del desarrollo sostenible rural y la lucha contra el cambio climático. Además, de crear alianzas con actores públicos y privados para frenar la deforestación en Colombia, proteger la Amazonia y mejorar la gestión del Sistema de Parques Nacionales del País, (Natura, 2016).

Posterior al COP 21 realizado en 2015 con los participantes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), con el propósito de evitar un aumento de la temperatura global promedio por encima de los 2°C en el periodo post-2020, Colombia sumo nuevas acciones denominadas Contribuciones Determinadas y Previstas a Nivel Nacional (INDC por sus siglas en inglés), a nivel nacional de forma balanceada, incluyendo políticas de mitigación, adaptación y medios de implementación (Ministerio de Ambiente, 2015).

A nivel departamental vale la pena destacar al Huila, que siendo el departamento en donde se localizan las sedes objeto de estudio de la Universidad Surcolombiana en Neiva, ciudad capital fue él fue el primero en el país en construir y en poner en marcha una hoja de ruta para la mitigación y adaptación al cambio climático a través del Plan Huila 2050 “Preparándonos para el Cambio Climático” (Gobernación del Huila, 2014). Logrado avanzar desde allí, en temas importantes de mitigación a través de la ejecución de proyectos que le apuntan a la disminución de gases de efecto invernadero como el fortalecimiento del sistema departamental de áreas protegidas, la adquisición y conservación de áreas estratégicas para la protección de los ríos, la agricultura climáticamente inteligente, la promoción de la eficiencia energética a través de la instalación de hornillas ecoeficientes en la población rural del departamento, la reconversión tecnológica del sector panelero y ladrillero, la implementación de herramientas para incentivar las buenas prácticas agropecuarias y el apoyo a proyectos de ciencia, tecnología e innovación”, destacó Carolina Giraldo Vieira, Coordinadora Regional de Cambio Climático. Así mismo, desarrollando un modelo de municipio climáticamente inteligente como es el caso de la Ruta de cambio Pitalito 2030. Convirtiéndose todas estas acciones, en el resultado de la articulación interinstitucional y la dinamización del Consejo Departamental de Cambio Climático que lidera la CAM, permitiendo avanzar en los ejes estratégicos que hacen parte del Plan Huila 2050.

2.2 Gases efecto invernadero

Los gases de efecto invernadero o gases de invernadero son los componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropogénicos, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes. En la atmósfera de la Tierra, los principales gases de efecto invernadero (GEI) son el vapor de agua (H₂O), el dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄) y el ozono (O₃). Hay además en la atmósfera una serie de gases de efecto invernadero (GEI) creados íntegramente por el ser humano, como los halocarbonos (compuestos que contienen cloro, bromo o flúor y carbono, estos compuestos pueden actuar como potentes gases de efecto invernadero en la atmósfera y son también una de las causas del agotamiento de la capa de ozono en la atmósfera) regulados por el Protocolo de Montreal. Además del CO₂, el N₂O y el CH₄, el Protocolo de Kyoto establece normas respecto al hexafluoruro de azufre (SF₆), los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC), (Benavides, 2007).

El desequilibrio entre la frecuencia de las ondas de energía solar que entran a la atmósfera y las que salen de la tierra, contribuye a que los gases absorban la energía solar y se genere el efecto invernadero. Mientras las ondas que llegan del sol tienen frecuencias altas y fácilmente ingresan a la atmósfera, la energía remitida por la tierra hacia el exterior es impulsada por ondas de frecuencia más bajas, lo que no permite que la expulsión se haga correctamente, y en consecuencia la temperatura aumenta. “En forma simple el efecto invernadero provoca que la energía que llega a la Tierra sea devuelta más lentamente, por lo que es mantenida más tiempo junto a la superficie elevando la temperatura”, (Bolin et al., 1986 en Ordoñez y Masera, 2001).

“No todos los GEI tienen la misma capacidad de provocar calentamiento global, pero su intensidad depende de su poder de radiación y el tiempo promedio que la molécula del gas permanece en la atmósfera. Si estos dos factores se consideran juntos, al promedio de calentamiento que pueden causar, se le conoce como Potencial de Calentamiento Global o PCG por sus siglas en inglés”, (Ordoñez y Masera, 2001).

2.3 Inventario de gases efecto invernadero

Un inventario de gases de efecto invernadero es una rendición de cuentas de la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos o eliminados hacia la atmósfera durante un período de tiempo específico (por ejemplo, un año). El diagnóstico proporciona información sobre las actividades que causan las emisiones y absorciones, así como de antecedentes sobre los métodos utilizados para hacer los cálculos.

La política de los encargados de la utilización de gases de efecto invernadero para realizar un seguimiento de las tendencias de las emisiones es desarrollar estrategias y políticas y evaluar los avances. El análisis se utiliza como insumos para efectuar estrategias de cambio, (Ministerio de Ambiente, 2012).

La comunidad científica internacional agrupada en el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), viene desarrollando metodologías estandarizadas para realizar inventarios nacionales de GEI (Inhobe, 2012), para conocer cuántos y cuáles gases de efecto invernadero se emiten a la atmósfera. Convirtiéndose en la principal herramienta científica para orientar la toma de decisiones nacional, subnacional y sectorial para el diseño e implementación de medidas de mitigación que permitan reducir las emisiones de estos gases, (IDEAM, 2015).

De acuerdo al Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (GEI) elaborado por el IDEAM en 2015, Colombia después de ratificarse en la Convención del Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), se comprometió entre otros temas, a reportar periódicamente en sus Comunicaciones Nacionales de Cambio Climático y ahora en sus informes bienales de actualización, sus emisiones GEI en cada uno de los cuatro módulos que contempla el IPCC. Estos son, energía, residuos, procesos industriales y uso de productos (IPPU por sus siglas en inglés) y agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU por sus siglas en inglés).

2.3.1 Importancia del inventario de emisiones

La realización de un inventario de gases de efecto invernadero permite conocer la cantidad de gases emitidos o eliminados hacia la atmósfera en un período de tiempo determinado. Esta sistematización, también proporciona información sobre las actividades que causan

las emisiones y absorciones, y los antecedentes sobre los métodos utilizados para hacer los cálculos.

Según la firma Price water house Coopers México (Pwc, 2017), la medición permite a las empresas conocer y entender su contribución al calentamiento global para poder gestionar sus emisiones de manera responsable, transparente y eficiente. Esta gestión puede otorgar a las empresas un sello diferenciador en los mercados en los cuales opera, les permite prepararse para futuras legislaciones y trabajar en la eficiencia de sus procesos.

A partir de la medición los representantes de las empresas podrán:

- Sensibilizar en temas de sustentabilidad y huella de carbono, así como también en la utilización y aplicación de la metodología desarrollada.
- Diseñar, estructurar y aplicar metodología de cálculo y reporte de emisiones de GEI y huella de carbono de organizaciones y productos.
- Identificar fuentes críticas de emisiones y proponer medidas que apunten a la reducción de GEI al interior de la empresa.
- Desarrollar planes de gestión de emisiones, incluyendo el cálculo de las emisiones futuras y el diseño de indicadores claves de desempeño y la elaboración de metas.

2.3.2 Compensación de emisiones

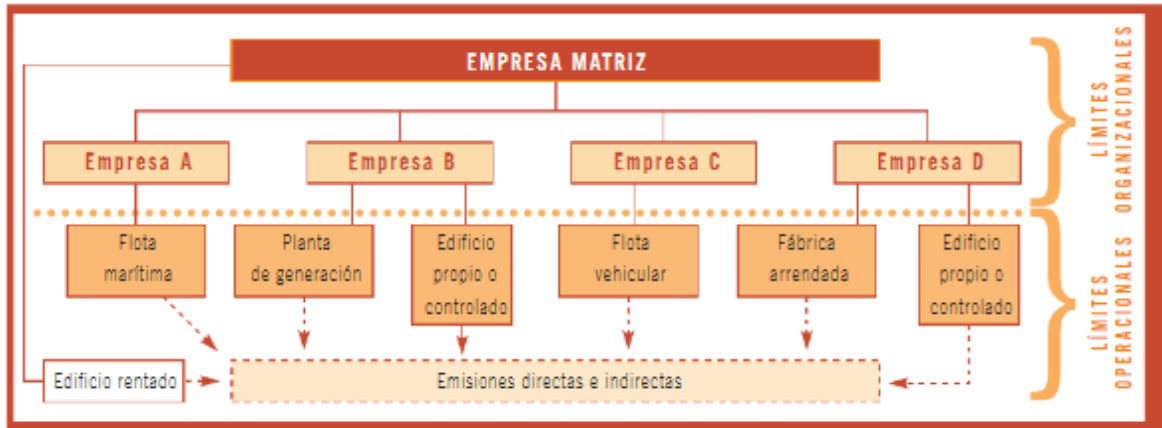
Una organización puede actuar a través de la compensación para reducir aquellas emisiones que todavía no ha conseguido disminuir. Se trata de un paso más en el compromiso de la organización en la lucha contra el cambio climático, de manera que contribuye a la puesta en marcha de proyectos de secuestro de carbono, mientras trabaja simultáneamente en la reducción de sus emisiones.

2.3.3 Límites organizacionales y operacionales

Los límites organizacionales permiten que la institución defina el enfoque que darán al tratamiento de las emisiones de gases de efecto invernadero. Enfoque que deberá ser aplicado de manera contundente para definir las unidades de negocio y operaciones que constituyen a la institución para fines de contabilidad y reporte de GEI.

En cuanto a los límites operacionales, se entienden como la identificación de las emisiones asociadas a sus operaciones, clasificadas de directas o indirectas, y la selección del alcance de contabilidad y reporte para dichas emisiones como se ilustra en la **Figura 2-1**.

Figura 2-1: Límites operacionales y organizacionales en una empresa



Fuente: Ranganathan, 2015. pp.34.

2.4 Organismos internacionales

2.4.1 Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)

Fue creado en 1988 fruto de la integración de la Organización de Naciones Unidas, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), y posteriormente ratificada por la Asamblea General de las Naciones Unidas.

Entre sus deberes se encuentra realizar evaluaciones comprensivas sobre la información científica, técnica y socioeconómica actual acerca del riesgo de cambio climático provocado por los gases de efecto invernadero a su vez generados por el desarrollo humano; establecer potenciales consecuencias medioambientales y socioeconómicas, y las alternativas más viables para contrarrestar los efectos.

La contribución a la misión del IPCC a nivel mundial la hacen expertos sin contribución económica, con análisis exhaustivos, objetivos, abiertos y transparentes. Las conclusiones

son vitales en la definición de alternativas y acciones por parte de gobiernos a nivel mundial.

A la fecha el Grupo Intergubernamental de Expertos ha elaborado cinco informes, uno de los informes se enfoca en el aspecto metodológico sobre los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. El sexto informe de evaluación, según acordó la 43ª reunión del IPCC en abril de 2016, concluirá en 2022, vísperas del primer balance mundial de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

2.4.2 Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)

Es un organismo de la Organización de las Naciones Unidas ONU establecido en 1972 como resultado de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente. Actualmente cuenta con una larga historia de contribución al desarrollo y aplicación del derecho del medio ambiente a través de su labor normativa y de uso de plataformas intergubernamentales para la elaboración de acuerdos, principios y directrices multilaterales sobre el medio ambiente, que tienen por objeto hacer frente a los problemas ambientales mundiales.

El PNUMA, (UNEP por sus siglas en inglés) tiene el propósito principal de evaluar las condiciones y las tendencias ambientales a nivel mundial, regional y nacional ayudando a instituciones y países en desarrollo a aplicar políticas y prácticas para la gestión racional del medio ambiente. Actuando como catalizador, promotor, educador y facilitador para promover el uso racional y el desarrollo sostenible del medio ambiente mundial.

2.4.3 Cuarto Programa de Montevideo de Desarrollo y Examen Periódico del Derecho

El Cuarto Programa de Montevideo de Desarrollo y Examen Periódico del Derecho fue creado en el año 2009 por los Estados Miembros, como parte de una estrategia jurídica internacional. Su misión en apoyo al PNUMA consiste en la formulación de actividades en la esfera del derecho ambiental para el decenio hasta 2020.

2.4.4 Organización Meteorológica Mundial (OMM)

Se trata de una organización internacional creada en 1964 por la ONU en remplazo de la Organización Meteorológica internacional (IMO). Su misión consiste en “facilitar la cooperación mundial para crear redes de estaciones que efectúen observaciones meteorológicas, así como hidrológicas y otras observaciones geofísicas relacionadas con la meteorología, y favorecer la creación y mantenimiento de centros encargados de prestar servicios meteorológicos y otros servicios conexos, entre otras” (Sagarpa, 2012). La Organización Meteorológica Mundial con sede en Suiza está integrada por 188 Estados Miembros y Territorios.

2.4.5 Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC)

Es el organismo de la ONU encargado de mediar entre las naciones para acordar y promover modos efectivos de mitigación del cambio climático. Fue aprobado en 1992 y entró en vigor en 1994. Su misión consiste en lograr la estabilidad de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antrópogenas peligrosas en el clima.

El CMNUCC se ocupa del uso de la tierra, del cambio del uso de la tierra y la silvicultura mediante varios canales- compromisos (UNFCCC):

- Realizar inventarios nacionales de las emisiones de gases de efecto invernadero por las fuentes y la absorción por los sumideros de carbono.
- Formular y aplicar medidas de mitigación del cambio climático.
- Promover el reforzamiento, la conservación y la ordenación sostenible de los sumideros y depósitos de carbono de todas las GEI, inclusive la biomasa y los bosques.
- Prepararse para la adaptación a los efectos del cambio climático, elaborar planes integrados y apropiados para la protección y rehabilitación de las zonas afectadas por la sequía y la desertificación.

2.5 Instrumentos internacionales

2.5.1 Protocolo de Kyoto

El Protocolo de Kyoto (SINIA, 2018), fue incorporado por los gobiernos signatarios a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) en 1997 como instrumento en donde se implementan medidas más enérgicas y jurídicamente vinculantes entre las partes.

Tiene por objeto reducir las emisiones de los gases provocadores del calentamiento global o Gases de Efecto Invernadero (GEI): dióxido de carbono (CO₂) gas metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), además de tres gases industriales fluorados: hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF₆) en un porcentaje aproximado de un 5% de media las emisiones contaminantes entre 2008 y 2012, tomando como referencia los niveles de 1990. El acuerdo entró en vigor el 16 de febrero de 2005, después de la ratificación por parte de Rusia el 18 de noviembre de 2004, (SINIA, 2018).

Establece una serie de mecanismos flexibles tendientes a complementar las políticas y estrategias de reducción de GEI y amortizar los costos generados por estas iniciativas, especialmente en países en desarrollo quienes están obligados a promover proyectos e implementación de tecnologías.

2.5.2 El CDM (Clean Development Mechanism) o MDL (mecanismo de Desarrollo Limpio)

Acuerdo suscrito en el protocolo de Kyoto, artículo 12, que permite a los países industrializados suscribir acuerdos-metas tendientes a la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI), invirtiendo en proyectos de reducción de emisiones en países en vía de desarrollo (Como Colombia en este caso) como alternativa para adquirir reducciones certificadas a menores costos: CERs (Certified Emission Reduction) o RCE (Reducciones Certificadas de las Emisiones).

Los objetivos puntuales del MDL son contribuir a la mitigación del cambio climático, ayudar a los países industrializados en el cumplimiento de sus compromisos de reducción de GEI y contribuir a los objetivos de sostenibilidad de los países en vía de desarrollo.

2.5.3 El acuerdo de Cancún

Los Acuerdos de Cancún contienen la mayor capacidad de ayudas acordadas entre gobiernos a nivel mundial para la mitigación del cambio climático en países en vía de desarrollo. Los gobiernos tienen derecho a financiación, tecnología y fondos para la promoción y adecuación de necesidades urgentes para la adaptación al cambio climático. El Acuerdo acelera los procesos de los países en vía de desarrollo en materia de economías viables frente al cambio climático.

Fueron celebrados como un logro de la comunidad internacional. Constituyen la base para el mayor esfuerzo colectivo que los países del mundo han hecho nunca por reducir las emisiones, rindiéndose cuentas mutuamente, con planes nacionales oficialmente registrados a nivel internacional bajo la bandera de la CMNUCC (Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático).

2.5.4 Plan de acción de Bali

El Plan de Acción de Bali marca la trayectoria de un nuevo proceso de negociación diseñado para hacer frente al cambio climático. El Plan de Acción de Bali es un proceso global para permitir la aplicación plena, eficaz y sostenida de la Convención mediante una cooperación a largo plazo -ahora, hasta el 2012 y más allá- con el fin de llegar a un resultado acordado y adoptar una decisión. Todas las Partes en la Convención están contribuyendo a poner en práctica la Hoja de Ruta de Bali. La CP decidió que el proceso sería dirigido por un órgano subsidiario de la Convención, el Grupo de Trabajo Especial sobre la cooperación a largo plazo en el marco de la Convención (GTE-CLP).

El Plan de Acción de Bali está dividido en cinco categorías principales: visión común, mitigación, adaptación, tecnología y financiación. La visión común consiste en una visión a largo plazo de la acción contra el cambio climático, en la que se incluye un objetivo a largo plazo de reducción de las emisiones. Posteriormente el GTE-CLP dividió las líneas de trabajo de esas cinco categorías en varios componentes.

El Grupo de Trabajo Especial sobre los nuevos compromisos de las Partes del anexo I con arreglo al Protocolo de Kyoto (GTE-PK), que fue establecido en Montreal en 2005,

desarrolla su labor en paralelo. El tema principal de las negociaciones del GTE-PK es decidir qué hacer cuando finalice el primer período de compromiso en 2012 (UNFFCCC).

2.5.5 Informe Stern: la economía del cambio climático

Es un informe sobre el impacto del cambio climático y el calentamiento global en la economía mundial. Redactado por el economista Sir Nicholas Stern para el gobierno del Reino Unido, publicado el 30 de octubre de 2006.

“El Informe tiene dos partes claramente diferenciadas. Por un lado, presenta un análisis del estado de la cuestión sobre la economía del cambio climático, utilizando resultados de estudios científicos publicados y evaluados. Por ejemplo, los capítulos 3 a 5 describen los impactos del cambio climático en la sociedad, los capítulos 14 y 22, entre otros, muestran la necesidad de utilizar mecanismos de mercado, el capítulo 21 habla de la dificultad de la acción colectiva y el capítulo 25 de la conveniencia de frenar la deforestación. Esta parte es una fuente muy interesante de información y no debe de ser relegada en favor de la parte que más atención ha recibido y que paso a describir. El capítulo 6 presenta un modelo de crecimiento para analizar la interacción entre la economía y el clima. Este ejercicio proporciona los daños agregados reseñados en el primer párrafo, es original del Informe, es decir, no ha pasado ningún proceso de evaluación externa, y es la parte que ha centrado casi todas las críticas. En líneas generales se puede afirmar que el Informe ha avanzado relativamente poco en este apartado; utiliza un modelo convencional de crecimiento equilibrado; reconoce la necesidad y la dificultad de la coordinación internacional, pero supone la existencia de un planificador central preocupado por el bienestar mundial; y toma los daños de la literatura existente. No obstante, los resultados son significativamente distintos a los obtenidos por previos estudios. Aunque se ha criticado la función de daños por un sesgo a favor de los estudios más alarmistas, por extrapolarse demasiado lejos en el futuro (año 2200) o por no tener en cuenta la capacidad de adaptación; la diferencia con previos estudios se explica principalmente por la forma en que se compara el presente con el futuro”, (Caparrós, 2007).

2.5.6 Protocolo al tratado antártico sobre protección del medio ambiente

El Protocolo al Tratado Antártico sobre Protección del Medio Ambiente, que fue firmado en Madrid el 4 de octubre de 1991 y entró en vigor en 1998, designa a la Antártida como una “reserva natural dedicada a la paz y a la ciencia” (art. 2). En el artículo 3 del Protocolo se establecen principios básicos aplicables a las actividades humanas en la Antártida. El artículo 7 prohíbe todas las actividades relacionadas con los recursos minerales excepto las que tengan fines científicos. Hasta 2048 el Protocolo puede ser modificado solamente mediante el acuerdo unánime de las Partes Consultivas del Tratado Antártico. Además, la prohibición relacionada con los recursos minerales no puede revocarse a menos que esté en vigor un régimen jurídicamente obligatorio sobre las actividades relativas a los recursos minerales antárticos (art. 25.5).

El Protocolo tiene seis anexos. Los anexos I a IV fueron adoptados en 1991 junto con el Protocolo y entraron en vigor en 1998. El Anexo V, sobre protección y gestión de zonas, fue adoptado por la XVI RCTA en Bonn en 1991 y entró en vigor en 2002. El Anexo VI, sobre responsabilidad derivada de emergencias medioambientales, fue adoptado en la XXVIII RCTA en Estocolmo en 2005 y entrará en vigor cuando sea aprobado por todas las Partes Consultivas.

El Protocolo estableció el Comité para la Protección del Medio Ambiente (CPA) como grupo de expertos para proveer asesoramiento y formular recomendaciones a la RCTA sobre la implementación del Protocolo. El CPA se reúne todos los años en ocasión de la Reunión Consultiva del Tratado Antártico (Secretaría del Tratado Antártico).

2.5.7 Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono

Protocolo firmado en 1987 y puesto en marcha en 1989 inicialmente por 46 países que acordaron indagar, compartir información y desarrollar acciones de prevención sobre la producción y las emisiones de las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono (SAO).

En síntesis, el Convenio de Viena acordó (ONU):

- Establecimiento de una conferencia de las partes (países miembros), que se reúne cada dos años.
- Establecimiento de la Secretaría del Ozono, administrada por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).
- Definición de los procesos para la adopción de enmiendas.
- Eliminar la producción y el consumo de numerosas sustancias que son responsables del agotamiento de la capa ozono.

2.6 Marco legal

El marco legal e institucional colombiano en materia de manejo ambiental apoya las tendencias globales del Desarrollo Sostenible, concepto oficializado en la “Cumbre de Río” en 1992 y reiterado en múltiples convenios a los cuales se ha adherido el país, destacando a continuación la normativa vigente para el cambio climático y las energías renovables destacando la normativa vigente en la **Tabla 2-1**.

Tabla 2-1: Normativa colombiana para el cambio climático y las energías renovables.

| Normativa | Interpretación |
|------------------------|--|
| Ley 164 de 1994 | Por medio de la cual se aprueba la "Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", hecha en Nueva York el 9 de mayo de 1992. El objetivo último de la presente Convención y de todo instrumento jurídico conexas que adopte la Conferencia de las Partes, es lograr, de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Convención, la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antrópicas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible. |
| Ley 629 de 2000 | Por medio de la cual se aprueba el "Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", hecho en Kyoto el 11 de diciembre de 1997. Esta Ley se acoge a los principios presentados en este protocolo, cuyo objetivo es el cumplimiento de los compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones. |

| | |
|--|--|
| <p>Resolución No. 180740 de 2007</p> | <p>Por medio de la cual se actualiza el factor de emisión conforme a la metodología del Mecanismo de Desarrollo Limpio en 0.4308 kg CO₂e/kWh para el cálculo de las reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero para los proyectos de generación de energía con fuentes no renovables tales como fotovoltaica, hidroeléctrica, mareomotriz, eólica, geotérmica y biomasa, interconectados a la red cuya capacidad instalada sea igual o menor a 15 MW.</p> |
| <p>Resolución No. 551 de 2009</p> | <p>Por la cual se adoptan los requisitos y evidencias de contribución al desarrollo sostenible del país y se establece el procedimiento para la aprobación nacional de proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero que optan al Mecanismo de Desarrollo Limpio – MDL y se dictan otras disposiciones.</p> |
| <p>Resolución No. 552 de 2009</p> | <p>Por la cual se crea y regula el funcionamiento del Comité Técnico de Mitigación de Cambio Climático - CTMCC, el cual estará integrado por miembros permanentes y miembros temáticos además de dictarse otras disposiciones. Las funciones del comité con analizar los proyectos MDL que soliciten aprobación nacional ante el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en su calidad de Autoridad Nacional designada para el Protocolo de Kyoto, que le remita el Grupo de Mitigación de Cambio Climático y recomendar a la Viceministra de Ambiente la aprobación o improbación de proyectos.</p> |
| <p>CONPES 3700 de 2011 Estrategia Institucional para la Articulación de Políticas y Acciones en Materia de Cambio Climático en Colombia</p> | <p>Resalta la necesidad del país de comprender y actuar frente a este fenómeno como una problemática de desarrollo económico y social; en busca de generar espacios para que los sectores y los territorios integren dicha problemática dentro de sus procesos de planificación, articular a todos los actores para hacer un uso adecuado de los recursos, disminuir la exposición y sensibilidad al riesgo, aumentar la capacidad de respuesta y preparar al país para que se encamine hacia la senda del desarrollo sostenible, generando competitividad y eficiencia.</p> |
| <p>Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible 2011</p> | <p>Esta política se orienta a cambiar las prácticas insostenibles de producción o consumo de la sociedad, con el objetivo de reducir la contaminación, conservar los recursos y estimular el uso sostenible de la biodiversidad, para fomentar la competitividad empresarial y elevar la calidad de vida.</p> |

| | |
|---|--|
| <p><i>Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC) - 2011</i></p> | <p>Es un programa de planeación del desarrollo a corto, mediano y largo plazo liderado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS, a través de la Dirección de Cambio Climático y con apoyo del Departamento Nacional de Planeación – DNP y los Ministerios Sectoriales: Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Transporte y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. La ECDBC busca desligar el crecimiento económico nacional del crecimiento de las emisiones de GEI logrando maximizar la carbono-eficiencia de la actividad económica del país y contribuyendo al desarrollo social y económico nacional. A través de la ECDBC el país busca establecer un pilar de crecimiento económico que promueva la competitividad, el uso eficiente de los recursos, la innovación y el desarrollo de nuevas tecnologías.</p> |
| <p><i>Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático PNACC 2012</i></p> | <p>El estudio de "Valoración de daños y pérdidas, Ola invernal en Colombia" desarrollado por la Comisión Económica para América Latina - CEPAL y el Banco Interamericano de Desarrollo – BID, llevo a la creación del Fondo de Adaptación y a la formulación del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático PNACC; cuya finalidad es reducir la vulnerabilidad del país e incrementar su capacidad de respuesta frente a las amenazas e impactos del cambio climático.</p> |
| <p><i>Ley 1715 de 2014</i></p> | <p>Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional. Tiene por objeto promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético.</p> |
| <p><i>Política Nacional de Cambio Climático 2014</i></p> | <p>Inició su formulación en el año 2014 y desde entonces se propuso articular todos los esfuerzos que el país viene desarrollando desde hace varios años, y principalmente desde el 2011, a través de la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono –ECDBC-, el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático –PNACC-, y la Estrategia Nacional REDD+, entre otras iniciativas, y adiciona elementos novedosos para orientar estratégicamente todos los esfuerzos hacia el cumplimiento del compromiso adquirido en el marco del Acuerdo de París.</p> |

| | |
|--|--|
| <p style="text-align: center;">Ley 1753 de 2015</p> | <p>Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014 - 2018 “Todos por un nuevo país”. La cual, tiene como objetivo construir una Colombia en paz, equitativa y educada, en armonía con los propósitos del Gobierno nacional, con las mejores prácticas y estándares internacionales, y con la visión de planificación, de largo plazo prevista por los objetivos de desarrollo sostenible.</p> |
| <p style="text-align: center;">Decreto No. 298 de 2016</p> | <p>Por el cual, se establece la organización y funcionamiento del Sistema Nacional de Cambio Climático SISCLIMA, con el fin de coordinar, articular, formular, hacer seguimiento y evaluar las políticas, normas, estrategias, planes, programas, proyectos, acciones y medidas en materia de adaptación al cambio climático y de mitigación de gases de efecto invernadero, cuyo carácter intersectorial y transversal implica la necesaria participación y corresponsabilidad de las entidades públicas del orden nacional, departamental, municipal o distrital, así como de las entidades privadas y entidades sin ánimo de lucro.</p> |
| <p style="text-align: center;">Resolución No. 843 de 2016</p> | <p>Por la cual se actualiza el factor marginal de emisión de gases de efecto invernadero del Sistema Interconectado Nacional 2015 de 0.401 TCO₂/MWh, para realizar el cálculo de las reducciones de emisiones de proyectos aplicables al Mecanismo de Desarrollo Limpio - MDL.</p> |

Fuente: Marco normativo ambiental colombiano.

2.7 Marco institucional

La Universidad Surcolombiana - USCO, es una Universidad Pública y de orden nacional financiada principalmente por el Estado Colombiano que tiene como misión: la formación integral de ciudadanos profesionales a través de la asimilación, producción, aplicación y difusión de conocimientos científico, humanístico, tecnológico, artístico y cultural, con espíritu crítico, para que aborden eficazmente la solución de los problemas del desarrollo humano integral de la región Surcolombiana con proyección nacional e internacional, dentro de un marco de libertad de pensamiento, pluralismo ideológico y de conformidad con una ética que consolide la solidaridad y la dignidad humana, (Oficina Asesora de Planeación de la Universidad Surcolombiana, 2016).

2.7.1 Programas académicos

La Universidad Surcolombiana, cuenta con 7 facultades, 26 programas de pregrado, 11 especializaciones, 19 maestrías y 2 doctorados con registro calificado (Oficina Asesora de Planeación de la Universidad Surcolombiana, 2016). Además, programas de tipo tecnológico, en modalidades presencial, semipresencial y a distancia; dentro de sus 4 sedes distribuidas en el Departamento del Huila con sede principal en la ciudad de Neiva (Central, Torre Administrativa y Postgrados y Salud), y subsedes en los Municipios de Pitalito, Garzón y La Plata.

Dentro del planteamiento general de los objetivos propuestos para esta investigación, se determinó delimitar el desarrollo de la misma a las subsedes ubicadas en la ciudad de Neiva; teniendo en cuenta que en estas, es donde la Universidad concentra el mayor número de población objeto de estudio y en donde se puede establecer una línea base más contundente para la evaluación y análisis de las emisiones de GIE; y de igual manera, dar continuidad al compromiso que viene mostrando la universidad con el tema ambiental que trae consigo la elaboración de este estudio en las sedes municipales.

2.7.2 Ubicación de la Universidad Surcolombiana

A pesar de que la Universidad Surcolombiana cuenta con tres Sedes en Municipios que hacen parte del Departamento del Huila (Pitalito, Garzón y La Plata). Como referencia para esta investigación sólo se tendrán en cuenta la Sede Central y las dos subsedes conocidas como: subsede Torre Administrativa y Postgrados y subsede Salud localizadas dentro del perímetro urbano de la ciudad de Neiva Huila cuya localización se relaciona en la Figura 2-2.

2.7.2.1 Universidad Surcolombiana, Sede Central

Localizada sobre La Avenida Pastrana Borrero y la Carrera 1 en la ciudad de Neiva, Huila, Colombia, construida sobre un uso de suelo tipificado como (DZ) Dotacional, Zonal y (DRG₁) Dotacional, Grupo₁- Regional "(POT – Municipio de Neiva), además, de ubicarse sobre vías articuladoras como lo son la Carrera 1 y la Calle 26 y fortalecida con dotaciones que dan un valor agregado a su entorno inmediato como el Aeropuerto Benito Salas y la Clínica de Saludcoop.

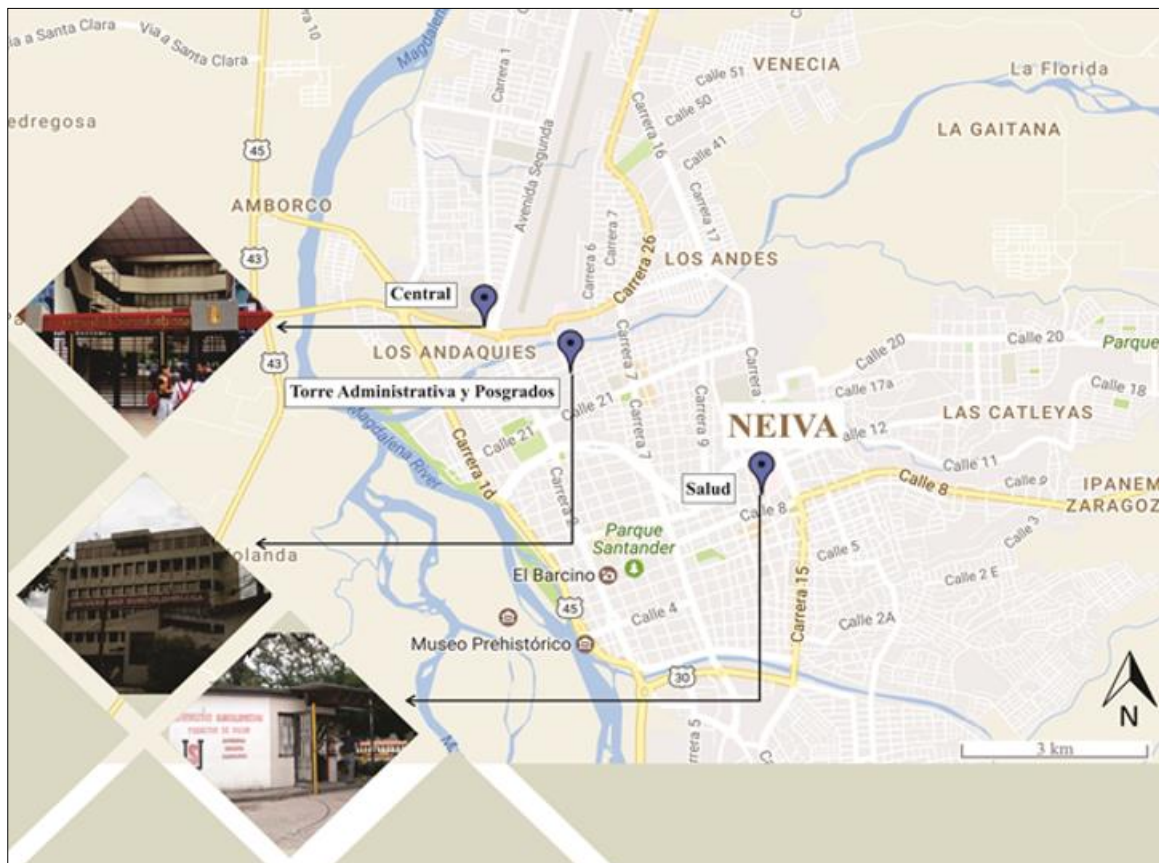
2.7.2.2 Universidad Surcolombiana, Subsede Torre Administrativa y Postgrados

Localizada sobre la Carrera 5 No. 23-40 en la ciudad de Neiva, Huila, Colombia, construida sobre un uso de suelo tipificado como (VT1) Residencial y (AV) Tradicional Tipo 1 (POT – Municipio de Neiva)". Además, de ubicarse sobre la Carrera 5 que es una importante vía de la ciudad con un alto flujo vehicular, y rodeada de equipamientos dotacionales de tipo comercial y educativo, que proporcionan actividad constante en el sector.

2.7.2.3 Universidad Surcolombiana, Subsede Salud

Localizada entre la Calle 9 y Carrera 14 en la ciudad de Neiva, Huila, Colombia, construida sobre un uso de suelo tipificado como (DL) Dotacional, Local y (CRG2) Comercial, Grupo 2-Regional (POT – Municipio de Neiva)". Además, de ubicarse sobre vías articuladoras de ciudad como lo son la Calle 9 y la Carrera 13 y hacer parte de la infraestructura física del área donde funciona el Hospital General de Neiva.

Figura 2-2: Localización General Sedes Universidad Surcolombiana Neiva – Huila Sede Central y Subsedes (Torre Administrativa y Postgrados y Salud).



Fuente: Google Earth Pro, 2016.

2.7.3 Comunidad Surcolombiana

La Universidad Surcolombiana de acuerdo a sus estadísticas actuales cuenta con una población total de 13.209 personas que hacen parte de su Comunidad Educativa, en donde se incluyen estudiantes de pregrado y postgrado, docentes de planta de tiempo completo, ocasionales, de planta de medio tiempo y docentes de cátedra; además, de funcionarios administrativos de planta, trabajadores oficiales y contratistas de acuerdo a los datos especificados en la **Tabla 2-2**.

Tabla 2-2: Comunidad Surcolombiana Año 2016.

| UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA | |
|------------------------------------|---------------|
| COMUNIDAD EDUCATIVA | AÑO BASE 2016 |
| Estudiantes (Pregrado y Postgrado) | 12.068 |
| Docentes | 547 |
| Funcionarios Administrativos | 594 |
| TOTAL | 13.209 |

Fuente: Oficina Asesora de Planeación de la Universidad Surcolombiana, 2016.

Estos datos fueron estimados con base en la información obtenida por la Ingeniera Carla Alejandra Urrea Rojas, directora de la Unidad de Gestión Ambiental de la Universidad Surcolombiana, tomando como soporte el Boletín Estadístico 2016. Preliminares 2017 – 1 elaborado por la Oficina Asesora de Planeación de la Universidad Surcolombiana; para el año base del estudio, 2016.

2.7.4 UI Green Metric World University Ranking

En 2010, la Universitas Indonesia (UI) creó una clasificación mundial de universidades, posteriormente conocida como UI GreenMetric World University Ranking, para comparar el compromiso de las universidades con el medio ambiente y medir los esfuerzos de sostenibilidad de los campus. Su estrategia metodológica, se desarrolla a través, de la implementación de una encuesta en línea que refleja los programas y las políticas de las universidades de todo el mundo en materia de sostenibilidad. Su clasificación, se ha

planeado bajo tres dimensiones generales: medio ambiente, economía y equidad; y el marco conceptual del ranking se ha enmarcado a través de indicadores distribuidos en criterios específicos. Los indicadores y las ponderaciones se han diseñado de forma que presenten el menor sesgo posible y la recopilación y el envío de los datos es relativamente simple aunque requiere una dedicación de tiempo razonable por parte del personal participante.

En la versión 2010 del ranking UI Green Metric World participaron 95 universidades de 35 países: 18 de América, 35 de Europa, 40 de Asia y 2 de Australia. En 2016, participaron 516 universidades de 74 países de todo el mundo, participando 21 universidades Colombianas. Esto demuestra que el UI Green Metric es reconocido como el primer y único *ranking* mundial de universidades en materia de sostenibilidad. Los criterios de calificación que tuvo en cuenta el UI Green Metric para el 2016 dentro del ranking, fueron categorizados a partir de los ya establecidos por las universidades en vigor y su aportación a la sostenibilidad en el mapa mundial: entorno e infraestructura (15%), energía y cambio climático (21%), residuos (18%), agua (10%), transporte no contaminante (18%) y educación ambiental (18%). Cuyo cálculo final resulta luego de ponderar las puntuaciones brutas. Estos incluyen la recolección de información básica del tamaño de la universidad y su perfil de zonificación, ya sea urbano, suburbano o rural, el grado de espacios verdes, el consumo de electricidad en relación a la huella de carbono, entre otros, con la finalidad de obtener una idea de cómo cada universidad está respondiendo o tratando los temas de sostenibilidad a través de políticas, acciones y comunicación. Siendo el criterio de energía y cambio climático, el indicador con mayor ponderación ya que se espera que las universidades aumenten el esfuerzo en implementar eficiencia energética en sus construcciones preocupándose más por la naturaleza y los recursos energéticos.

Durante esta medición, la University of California Davis, la University of Nottingham en el Reino Unido y la Wageningen University & Research de los países bajos, ocuparon los primeros lugares dentro de las instituciones de educación superior participantes a nivel mundial. Obteniendo la primera un puntaje de 8398, la segunda 8079 y la tercera 7658 respectivamente.

Después de analizar los resultados presentados por la UI GreenMetric dentro del Overall Rankings (2016) se evidencia que la participación de universidades latinoamericanas

respecto al total de instituciones evaluadas, no es muy representativa; ya que para el año 2016 no más de 12 países y 56 universidades se presentaron; quedando dentro de las 100 universidades con mayor aportación a la sostenibilidad, sólo 5 universidades, la Universidad Federal de Lavras UFLA de Brasil, en el puesto 38 con un puntaje de 6422, de México la Universidad Nacional Autónoma de México, en el puesto 41 con un puntaje de 6387, y la Universidad Autónoma de Nuevo León en el puesto 77 con un puntaje de 5950 y de Colombia la Universidad Nacional en el puesto 45 con un puntaje de 6354 y la Universidad del Rosario con un puntaje de 6201 de acuerdo a datos tomados del Overall Rankings (2016) -UI Green Metric World University Ranking- de acuerdo a la **Tabla 2-3**.

Tabla 2-3: Universidades destacadas del Overall Rankings (2016) y criterio de selección.

| Ranking | Universidad | País | Puntaje | Entorno e infraestructura | Energía y Cambio Climático | Residuos | Agua | Transporte | Educación |
|---------|---|---------------------------|---------|---------------------------|----------------------------|----------|------|------------|-----------|
| 1 | University of California Davis | EEUU | 8398 | 1257 | 1340 | 1800 | 932 | 1687 | 1382 |
| 2 | University of Nottingham | Reino Unido | 8079 | 1200 | 1448 | 1800 | 992 | 1190 | 1449 |
| 3 | Wageningen University & Research | Países Bajos (Wageningen) | 7658 | 1118 | 1221 | 1800 | 742 | 1068 | 1709 |
| 38 | Universidad Federal de Lavras UFLA | Brazil | 6422 | 1098 | 1139 | 1125 | 745 | 1040 | 1275 |
| 41 | Universidad Nacional Autónoma de México | México | 6387 | 1072 | 1194 | 1350 | 583 | 1064 | 1124 |
| 77 | Universidad Autónoma de Nuevo León | México | 5950 | 1113 | 967 | 1452 | 474 | 753 | 1191 |
| 45 | Universidad Nacional de Colombia | Colombia | 6354 | 947 | 1013 | 1251 | 592 | 1142 | 1409 |
| 55 | Universidad del Rosario | Colombia | 6201 | 252 | 1184 | 1500 | 775 | 1266 | 1224 |
| 145 | Universidad de los Andes | Colombia | 5325 | 590 | 893 | 1302 | 531 | 1270 | 739 |
| 154 | Universidad Autónoma de Occidente | Colombia | 5271 | 625 | 1108 | 1425 | 600 | 570 | 943 |
| 168 | Universidad del Norte de Barranquilla | Colombia | 5146 | 882 | 652 | 1500 | 600 | 451 | 1061 |
| 176 | Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales | Colombia | 5061 | 864 | 825 | 1476 | 498 | 684 | 714 |
| 177 | Universidad tecnológica de Pereira | Colombia | 5054 | 647 | 865 | 1401 | 570 | 556 | 1014 |
| 208 | Universidad EAFIT | Colombia | 4766 | 538 | 617 | 1476 | 400 | 906 | 829 |
| 237 | Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano | Colombia | 4489 | 645 | 880 | 1077 | 200 | 715 | 972 |
| 246 | Universidad ICESI | Colombia | 4449 | 835 | 754 | 1074 | 230 | 859 | 697 |
| 276 | Universidad El Bosque | Colombia | 4233 | 565 | 1024 | 549 | 725 | 745 | 625 |
| 281 | Universidad de Santander | Colombia | 4213 | 768 | 719 | 1326 | 270 | 658 | 472 |
| 357 | Universidad Sergio Arboleda | Colombia | 3634 | 299 | 585 | 1251 | 384 | 672 | 443 |
| 363 | Pascual Bravo University Institution | Colombia | 3588 | 490 | 715 | 1152 | 390 | 607 | 234 |
| 377 | Universidad Industrial de Santander | Colombia | 3463 | 1034 | 341 | 750 | 150 | 810 | 377 |
| 381 | Universidad del Valle | Colombia | 3438 | 796 | 535 | 849 | 0 | 603 | 655 |
| 407 | Universidad La Gran Colombia | Colombia | 3261 | 239 | 811 | 951 | 125 | 755 | 380 |
| 413 | Politécnico Grancolombiano | Colombia | 3189 | 567 | 316 | 1176 | 270 | 786 | 74 |
| 450 | Universidad de Medellín | Colombia | 2889 | 783 | 441 | 549 | 245 | 256 | 615 |
| 489 | Universidad de Cartagena | Colombia | 2223 | 379 | 349 | 324 | 0 | 558 | 613 |
| 507 | Universidad Autónoma del Caribe | Colombia | 1925 | 495 | 92 | 249 | 42 | 789 | 258 |

Fuente: Información tomada Universidad de Indonesia, 2016.

Sin embargo, se observa el ascendente compromiso de las universidades colombianas con el medio ambiente al participar 21 instituciones de carácter público y privado siendo

evidente en la Tabla 2-3, demostrando que cada acción que emprenden de manera individual e interna, así como su coherencia con el desarrollo de políticas gubernamentales, impacta el propósito mundial de frenar el Cambio Climático.

En el caso de la Universidad Nacional, primera a nivel del país ubicada dentro del ranking en el puesto 45 - 40 puestos más arriba desde la medición en 2015, puesto 107- destaca “la consolidación del Comité Técnico Nacional de Gestión Ambiental, que ha permitido el trabajo coordinado con todas las sedes y que a pesar de la limitación de los recursos económicos ha trabajado intensamente por implementar una cultura ambiental que involucre a toda la comunidad universitaria, desde los estudiantes y profesores hasta el personal administrativo. Su política, y los diversos programas en las instituciones combaten desde la pedagogía el manejo de los residuos desde el lugar de producción” (Agencia de Noticias UN, 2016).

En el caso de la Universidad Surcolombiana, el Sistema de Gestión Ambiental (SGA) se constituye en el Programa bandera en pro del Cambio Climático dentro del campus. A través de iniciativas de control de residuos, producción de compostaje y reducción de emisión de gases de efecto invernadero y con campañas como “no carro no moto” que limita el acceso de vehículos al Alma Máter en periodos específicos del año lectivo; el SGA tiene por objeto establecer los procedimientos y acciones para la gestión ambiental, con el propósito de mitigar los impactos negativos y fomentar la protección del medio ambiente en relación con las actividades de funcionamiento de la Universidad Surcolombiana en sus diferentes sedes. Convirtiéndose esta propuesta de investigación en base documental clave para que el SGA pueda ayudar a la universidad en sus esfuerzos de internacionalización y de reconocimiento por la aportación que esta puede lograr a la sostenibilidad en instituciones de educación superior del Sur Colombiano.

3. Metodología

El desarrollo de la propuesta de investigación se da a través del planteamiento de cuatro fases, que se articularon a partir de los objetivos propuestos y las cuales se relacionan en la **Tabla 3-1**. A continuación se describe el detalle de las fases:

Tabla 3-1: Clasificación de las fases de ejecución del proyecto.

| | | | |
|--------------|---|-------------------------------|--|
| FASES | Fase I: Recopilación de datos e investigación documental | <i>Actividades de la fase</i> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Identificación de los datos necesarios, su fuente y la selección del año base objetivo para el desarrollo de la estimación de emisiones. 2. Revisión documental de estándares internacionales para la medición de las emisiones de CO₂ eq. 3. Revisión de estándares utilizados para la medición de las emisiones de CO₂ eq. por universidades a nivel mundial. 4. Solicitud formal a la administración de la Universidad Surcolombiana, de la información necesaria para la estimación de las emisiones (Inventario de GEI) en cada una de sus Subsedes. 5. Consolidación de los datos de actividad entregados por parte de la administración de la Universidad. |
| | Fase II: Cálculo de emisiones | <i>Actividades de la fase</i> | <p>Se determina con base en la información que se obtendrá de los entes encargados que lleven registro de los datos de actividad necesarios para el cálculo de la estimación de CO₂ generado por la Universidad Surcolombiana en sus Subsedes; tomando como referencia factores de emisión para combustibles nacionales - ACPM, Gasolina, Gas Natural y Acetileno- que han sido desarrollados por la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (ACCEFYN) mediante un software por parte de la UPME, denominado Factores de Emisión para Combustibles Colombianos. Aplicando las siguientes metodologías:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático IPCC. * Protocolo de Gases Efecto Invernadero (GHG Protocol). <p><i>Actividades de la Fase:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Selección de los factores de emisión necesarios para el inventario de CO₂ eq. 2. Cálculo de los factores de emisión necesarios para el inventario (En caso de ser necesario). 3. Aplicación y análisis de las herramientas de cálculo del inventario CO₂ eq. mediante protocolo. |

| | | | |
|--------------|--|-------------------------------|--|
| FASES | Fase III: Revisión de la calidad de datos | <i>Actividades de la fase</i> | <p>Se realiza a partir de la verificación de los datos de emisiones de CO₂ eq. obtenidos, teniendo en cuenta la coherencia y alineación con las metodologías aplicadas en la Fase II.</p> <p><i>Actividades de la fase:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Revisión de los cálculos realizados para la estimación de las emisiones, acorde con la clasificación presentada en el “Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte – GHG Protocol” del World Business Council for Sustainable Development, el World Resources Institute y la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (ACCEFYN). 2. Determinar el nivel de la incertidumbre de los datos (Nivel de confiabilidad) (De acuerdo al estudio “INVENTARIO DE ESPECIES FLORÍSTICAS EN LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA SEDE NEIVA (HUILA)” realizado por estudiantes de la Licenciatura en Ciencias Naturales: Física, Química y Biología de la Universidad Surcolombiana, en el año 2014 se estimara la incertidumbre del inventario). (Leidy, O., & Rudby, 2014) |
| | Fase IV: Fase final y Resultados | <i>Actividades de la fase</i> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Análisis de resultados y conclusiones. 2. Diseño de un esquema de compensación por las emisiones generadas por parte de cada una de las Subsedes de la Universidad Surcolombiana a través de la siembra de especies arbóreas nativas de la región. Actividad que se realizará en articulación con la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena CAM y/o La Secretaria de Medio Ambiente de la Alcaldía Municipal de Neiva con el objetivo de realizar esta compensación y reforestación en las zonas que estas entidades tengan destinadas para este fin; ya que desde la implementación del Plan de Regulación elaborado por la Universidad Surcolombiana donde se determinan las zonas que ha futuro serán edificables en sus campus no se permiten las compensaciones con especies arbóreas. 3. Preparación y presentación del informe final de la estimación de las emisiones 4. Elaboración de artículo científico y sometimiento a una revista indexada para su publicación. |

Fuente: Información tomada de Borda, 2014.

3.1 Fase I: recopilación de datos e investigación documental

En los últimos años se han desarrollado múltiples metodologías para la medición de emisiones de GEI y existen diversos referenciales y normas para el cálculo de huella de carbono, pero en la actualidad no se cuenta con un marco metodológico común y uniforme de medición de las emisiones de GEI de forma voluntaria que se adapten a proyectos específicos y respondan a criterios y procesos de aprobación propios. Las metodologías pueden estar especializadas en uno o más de estos conceptos, o cubrir el espectro completo de dichos conceptos, (Uranga, 2012).

A pesar de la diversidad mencionada (necesaria en el caso de procesos o contextos específicos que requieren de datos y estructuras de cálculos particulares) destacan los marcos metodológicos que tienen cierto reconocimiento e influencia sobre los avances actuales.

En la actualidad no se cuenta con un marco metodológico común y uniforme de medición de las emisiones de GEI de forma voluntaria que se adapte a proyectos específicos y responda a criterios y procesos de aprobación propios. En los últimos años se han desarrollado múltiples metodologías para la medición de emisiones de GEI, relacionándolas a continuación; teniendo en cuenta para el desarrollo de este proyecto ya se encuentra definido el proceso metodológico a implementar.

3.1.1 Identificación de datos, fuente y año de referencia

La identificación de los datos y las fuentes de los mismos tuvo en cuenta los límites organizacionales y operacionales establecidos en el estudio; que se presentan a continuación, desarrollando pasos básicos para comunicar y verificar las emisiones.

3.1.2 Límites organizacionales

El inventario de emisiones realizado incluye la información obtenida como resultado de las actividades desarrolladas de manera directa y sobre las cuales la Universidad tiene control en sus operaciones. Esta estimación representa el primer cálculo realizado sobre las emisiones de CO₂ eq. generadas por parte de la Universidad Surcolombiana en su Sede Central y las dos Subsedes conocidas como: subsede Torre Administrativa y Postgrados y subsede Salud localizadas en la ciudad de Neiva, Huila.

3.1.3 Límites operacionales

Se estableció determinar las emisiones directas o de “alcance 1” (combustión, reacciones químicas, fermentación, etc.), y las emisiones indirectas o de “alcance 2” (electricidad), las cuales se orientan a las instalaciones y actividades ubicadas y desarrolladas en las subsedes ya mencionadas de la Universidad Surcolombiana. Teniendo presente que los límites organizacionales y los límites operacionales, constituyen el límite del inventario en la estimación de emisiones a realizar.

3.1.4 Límites en la información

Se incluyeron desde el comienzo del proyecto los datos de la estimación de emisiones obtenidos por la Coordinadora de la Unidad de Gestión Ambiental de la Universidad Surcolombiana; convirtiéndose estos, en los límites de información que serán tenidos en cuenta como base inicial, debido a que la Universidad Surcolombiana realiza sus primeros acercamientos a la metodología de estimación y tal como se ha evidenciado en la información revisada y como se explicará más adelante, la mayoría de las universidades que inician este proceso, en su primer año de estimación, efectúan esta, con los datos con los que cuentan en la actualidad, utilizándola primero como herramienta para identificar si existen datos faltantes para la estimación y segundo para establecer mecanismos que permitan determinar cuáles serían aquellas actividades que por la naturaleza de las Subsedes analizadas de la Universidad hacen parte del alcance 3 y que generan en este caso de manera indirecta la mayor cantidad de emisiones de CO₂ eq., como desplazamientos terrestres de estudiantes y funcionarios en general, uso de combustibles por parte de proveedores, entre otros. Para de esta manera empezar a incluir esta información dentro de la estimación.

3.1.5 Año base objetivo

El inventario del año base constituye el primer paso del seguimiento del desempeño y que será aquel para el que exista información confiable sobre las emisiones ocurridas, puede ser utilizado como plataforma para fijar y dar seguimiento al desempeño de la empresa hacia ciertos objetivos de emisiones, en cuyo caso, el año base se denomina año base objetivo, según el World Resources Institute, World Business Council for Sustainable Development y Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales en su Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte. Corresponde al periodo específico en el cual se han realizado los cálculos de las emisiones generadas por la Universidad Surcolombiana en sus tres sedes en Neiva, obteniendo los datos que permitan comparar dicha generación con la presentada en años posteriores, ya sea luego de la implementación de planes y/o programas de reducción de emisiones o simplemente con los resultados obtenidos de la generación. Es necesario tener en cuenta que aunque el GHG Protocol es claro en establecer que las instituciones deben elegir como año base el más lejano en el tiempo, es importante, como criterios de selección del año base, que tenga disponibilidad de información fiable para ese año, así como la distancia en el tiempo, (Sala et al., 2010).

De acuerdo con lo anterior, el año seleccionado para realizar la estimación de las emisiones generadas por la Universidad Surcolombiana, en sus tres subsedes ubicadas en la ciudad de Neiva, es el año 2016. Teniendo en cuenta que este año corresponde al periodo inmediatamente anterior a la estimación generando soporte y validez en los datos requeridos, además, de permitir la completitud de los mismos. Así mismo, se podrán proporcionar resultados más acordes a la realidad medio ambiental de la universidad.

3.1.6 Estándares internacionales en la medición de CO₂ eq.

El reto del calentamiento global a consecuencia de los gases de efecto invernadero (GEI) ha fomentado el surgimiento de mecanismos de mercantilización para su mitigación; incentivando en poco tiempo, que en ciertos países el medio ambiente se haya convertido en un actor importante de marketing y comunicación a todo nivel. Tomando fuerza la Huella de Carbono como argumento frente a los consumidores, productores y comerciantes, representando un indicador en países que buscan lograr metas propias de reducción de las emisiones de GEI, (CEPAL, 2010).

Es así, como se han desarrollado, al margen de los mecanismos y metodologías creados por los compromisos internacionales como el Protocolo de Kyoto, un marco común y uniforme de medición para estas emisiones en forma voluntaria a través de procesos de medición, reducción y hasta neutralización de la Huella de Carbono que se adaptan a proyectos específicos y responden a criterios y procesos de aprobación propios de estas estructuras internacionales.

En este contexto, en los últimos años se han desarrollado numerosos estándares y marcos metodológicos para la medición de emisiones de GEI aún poco ajustados, que han sido liderados principalmente por países industrializados (en particular la Unión Europea y Estados Unidos) empleando principios para su elaboración como las herramientas puestas a disposición por organismos no gubernamentales, herramientas elaboradas o apoyadas por organismos estatales y softwares privados elaborados por consultores o por las mismas empresas que lo requieren.

Seguidamente, se destacan los marcos metodológicos (que apuntan concretamente al cálculo de la Huella de Carbono) de mayor impacto potencial que tienen cierto

reconocimiento e influencia sobre los avances actuales y que establecen lineamientos internacionales en esta materia.

3.1.6.1 ISO

La International Standard Organization (ISO) es una organización que ha desarrollado y está desarrollando más de 18.500 estándares públicos y privados con validez global y muchos de estos, relacionados con la medición de emisiones de GEI. Tiene 162 países miembros que representan el 98% del PBI mundial (Aguilar, 2011). Las normativas ISO sobre GEI se basan en la cuantificación, el seguimiento, el informe y la verificación de emisiones y/o remociones de GEI. Es un estándar internacional verificable, desarrollado como guía para que las organizaciones puedan elaborar e informar sobre su inventario de gases de efecto invernadero y la absorción, (Jiménez, 2015).

“La finalidad principal de las normas ISO es orientar, coordinar, simplificar y unificar los usos para conseguir menores costos y efectividad y son el fruto del consenso entre todas las partes interesadas e involucradas en la actividad objeto de la misma. Además, deben aprobarse por un Organismo de Normalización reconocido. Así, garantizan unos niveles de calidad y seguridad que permiten a cualquier empresa posicionarse mejor en el mercado y constituyen una importante fuente de información para los profesionales de cualquier actividad económica” (Inhobe, 2012) constituyéndose en la base para muchos otros métodos e iniciativas. Definiendo a continuación, los estándares más impactantes del ISO relacionados con la Huella de Carbono.

3.1.6.1.1 ISO 14064: 2006

De acuerdo a la metodología definida por el GHG Protocol utilizada para el cálculo de la huella de carbono corporativa “Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte” (Ranganathan, 2015) surge en 2006 esta norma internacional ISO 14064 (Inhobe, 2012), que consta de tres partes:

- **Norma UNE-ISO 14064-1:2006**

“Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero”, que define los requisitos que deben cumplir los inventarios de GEIs y la comunicación a la hora de marcar los límites de cálculo.

- **Norma UNE-ISO 14064-2:2006**

“Especificación con orientación, a nivel de proyecto, para la cuantificación, el seguimiento y el informe de la reducción de emisiones o el aumento en las remociones de gases de efecto invernadero”, se refiere a proyectos de reducción de GEIs. No es directamente relevante para el cálculo de la huella de carbono de la empresa.

- **Norma UNE-ISO 14064-2:2006**

“Especificación con orientación para la validación y verificación de declaraciones sobre gases de efecto invernadero”, donde se describen los requisitos para la verificación de los inventarios”. En relación con esta última, existe también la ISO 14065 “Requisitos para los organismos que realizan la validación y la verificación de gases de efecto invernadero, para su uso en acreditación u otras formas de reconocimiento”, que especifica los requisitos que debe cumplir una organización para poder desarrollar labores de verificación de inventarios de GEIs. Por otra parte, como guía para la aplicación de la norma ISO 14064, se encuentra en proceso de desarrollo a día de redacción de este documento la ISO 14069. “Quantification and reporting of GHG emissions for organizations (Carbonfootprint of organization) - Guidance for the application of ISO 14064-1”.

3.1.6.1.2 ISO 14065: 2013

Es una norma que apunta a entregar confiabilidad sobre requerimientos y principios para órganos acreditados para la validación y verificación de GEI. La Norma fue preparada por el Comité Técnico ISO/TC 207 Gestión ambiental, Subcomité SC 7, enfocada en la gestión de gases de efecto invernadero y actividades relacionadas.

Esta norma Internacional proporciona a los administradores de programas de GEI, reguladores y acreditadores una base para evaluar y reconocer la competencia de los organismos definiendo los requisitos de validación y verificación. También puede utilizarse de otras formas, tales como servir de base para la evaluación entre pares dentro de los grupos de organismos de validación o de verificación o entre ellos.

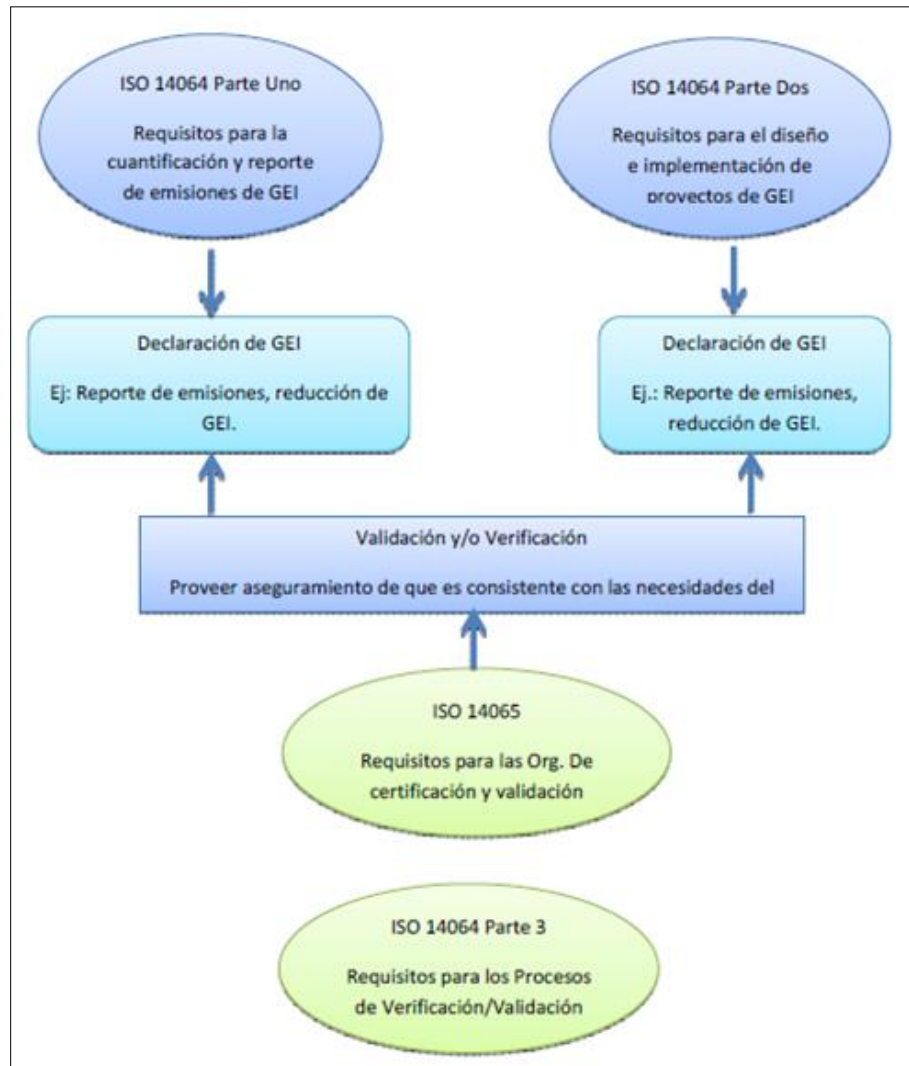
Esta norma Internacional proporciona los requisitos para los organismos que llevan a cabo una validación o una verificación de GEI usando la Norma ISO 14064-3 y otras

especificaciones o normas pertinentes. Ésta contiene varios principios que estos organismos deberían ser capaces de demostrar y proporciona requisitos específicos que reflejen estos principios. Los requisitos generales guardan relación con asuntos como acuerdos legales y contractuales, responsabilidades, la gestión de imparcialidad y asuntos de responsabilidad legal y financiamiento. Los requisitos específicos incluyen disposiciones relacionadas con estructuras, requisitos de recursos y competencias, información y gestión de registros, procesos de validación y verificación, apelaciones, quejas y sistemas de gestión.

La **Figura 3-1**, muestra un esquema conceptual en donde se clarifica la relación entre las normas ISO 14064 e ISO 14065.

Esta norma Internacional proporciona los requisitos para los organismos que llevan a cabo una validación o una verificación de GEI usando la Norma ISO 14064-3 y otras especificaciones o normas pertinentes. Ésta contiene varios principios que estos organismos deberían ser capaces de demostrar y proporciona requisitos específicos que reflejen estos principios. Los requisitos generales guardan relación con asuntos como acuerdos legales y contractuales, responsabilidades, la gestión de imparcialidad y asuntos de responsabilidad legal y financiamiento. Los requisitos específicos incluyen disposiciones relacionadas con estructuras, requisitos de recursos y competencias, información y gestión de registros, procesos de validación y verificación, apelaciones, quejas y sistemas de gestión.

Figura 3-1: Modelo conceptual de la relación entre las normas ISO 14064 e ISO 14065.



3.1.6.1.3 ISO 14066: 2011

Norma que especifica los requisitos de competencias para equipos de validación y verificación de gases de efecto invernadero, incluyendo guías para su evaluación.

Esta norma internacional especifica requisitos de competencia para equipos de validación y equipos de verificación para el apoyo de administradores de programas de gases de efecto invernadero (GEI), autoridades reglamentarias y organismos de validación y de verificación de GEI. Para lograr coherencia en el mercado internacional y mantener la confianza pública en los informes de GEI y otras comunicaciones, existe la necesidad de

definir los requisitos en cuanto a competencias para los equipos de validación y los equipos de verificación.

Los requisitos para organismos de validación y de verificación de GEI están establecidos en la norma ISO 14065. La norma ISO 14065 exige que los organismos de validación y de verificación establezcan y mantengan un procedimiento para gestionar la competencia de su personal que realiza las diversas actividades de validación y de verificación dentro del equipo designado. Los organismos de validación y de verificación de GEI tienen que asegurarse de que los equipos tengan la competencia necesaria para llevar a cabo eficazmente el proceso de validación o de verificación. Esta norma Internacional incluye principios para asegurar la competencia de los equipos de validación y de verificación. Como apoyo a estos principios están los requisitos generales, basados en las tareas que los equipos de validación o de verificación tienen que ser capaces de realizar y tener la competencia requerida para ello.

Esta norma Internacional se puede usar junto con la norma ISO 14065, como la base para evaluar y reconocer la competencia de los equipos de validación y de verificación.

3.1.6.1.4 ISO/TS 14067: 2013

Huella de Carbono de Productos. Esta norma detalla las especificaciones técnicas, los principios, requisitos y directrices para la cuantificación y comunicación de la Huella de Carbono de los productos (HCP), incluyendo tanto bienes como servicios, con base en las emisiones y eliminaciones de GEI durante el ciclo de vida de un producto. Los requisitos y directrices para la cuantificación y comunicación de una Huella parcial de Carbono de productos (HCP parcial) son también proporcionados. La comunicación de la HCP al público previsto está con base en un informe de estudio de HCP que proporciona una representación de la HCP exacta, pertinente y clara.

Su estructura está basada en las normas internacionales existentes ISO 14020, ISO 14024, ISO 14025, ISO 14040 e ISO 14044 y su objetivo es establecer requisitos específicos para la cuantificación y comunicación de una HCP, incluyendo requisitos adicionales donde la información de la HCP está prevista para estar disponible al público.

La norma tiene como objetivo beneficiar a organizaciones, gobiernos, comunidades y otras partes interesadas al proporcionarles claridad y consistencia en la cuantificación y comunicación de HCP. Específicamente usando el análisis del ciclo de vida de acuerdo a esta especificación técnica con el cambio climático como la única categoría de impacto que puede ofrecer beneficios a través de:

- Proporcionar requisitos para los métodos a adoptarse para evaluar la HCP;
- Facilitar la trazabilidad del desempeño en la reducción de las emisiones de GEI;
- Ayudar en la creación de procedimientos eficientes y coherentes para proporcionar información de la HCP a las partes interesadas;
- Proporcionar una mejor comprensión de la HCP para que se puedan identificar las oportunidades para la reducción de los GEI;
- Proporcionar información de la HCP para fomentar cambios en el comportamiento del consumidor que puedan contribuir a la reducción en las emisiones de GEI a través de mejores adquisiciones, decisiones de uso y término de vida;
- Proporcionar la comunicación correcta y consistente de la HCP, la cual apoye la comparación de productos en un mercado libre y abierto;
- Resaltar la credibilidad, consistencia y transparencia de la cuantificación, informe y comunicación de la HCP;
- Facilitar la evaluación de diseño alternativo de producto y opciones de fuentes, producción y métodos de manufactura, elección de materias primas, reciclaje y otros procesos de término de vida;
- Facilitar el desarrollo e implementación de estrategias de gestión de GEI y planes a lo largo de los ciclos de vida del producto como la detección de eficiencias adicionales en la cadena de suministro.

Las HCP preparadas de acuerdo a esta Especificación Técnica también contribuyen a los objetivos de las políticas y/o regímenes relacionados con los GEI.

Una organización podría desear comunicar públicamente una HCP por muchas razones que pueden incluir:

- Proporcionar información a los consumidores y a otros para propósitos de toma de decisiones;

- Fomentar la conciencia del cambio climático y el compromiso del consumidor con los temas ambientales;
- Apoyar el compromiso de una organización para afrontar el cambio climático;
- Apoyar la implementación de políticas sobre la gestión del cambio climático.

Los requisitos para la comunicación proporcionados en esta Especificación Técnica varían con la opción elegida para la comunicación de la HCP y con el grupo objetivo previsto. En síntesis, es una norma sobre el cálculo de la huella de carbono en producto, y su comunicación incluyendo el etiquetado.

3.1.6.1.5 ISO/TR 14069: 2013

La norma describe los principios, conceptos y métodos relacionados con la cuantificación y el informe de emisiones de GEI directas e indirectas para una organización. Proporciona orientación para la aplicación de la Norma ISO 14064-1 en los inventarios de gases de efecto invernadero en una organización, para la cuantificación y el informe de emisiones directas, emisiones indirectas por energía y otras emisiones indirectas.

Este informe técnico describe, para todas las organizaciones, incluidas las autoridades locales, los pasos para:

- Establecer los límites de la organización, de acuerdo con su enfoque de control (financiero u operacional) o cuota de participación correspondiente.
- Establecer los límites operativos mediante la identificación de las emisiones directas y las emisiones indirectas por energía que se van a cuantificar e informar, así como cualquier otra emisión indirecta que la organización elija cuantificar e informar; para cada categoría de emisiones se proporciona orientación sobre las metodologías y límites específicos para la cuantificación de emisiones y remociones de GEI.
- Informar los GEI: se proporciona orientación para promover la transparencia con relación a los límites, las metodologías usadas para la cuantificación de emisiones y remociones directas e indirectas de GEI, y la incertidumbre de los resultados.

En conclusión, se trata de un documento guía para la cuantificación e informe de emisiones de gases de efecto invernadero para organizaciones.

El alto grado de aceptación internacional de estas Normas, permite la compatibilización entre diversos sistemas de medición de huella de carbono. La aplicación de estas normas está dirigida a las organizaciones que participan en los sectores comerciales y en proyectos o mecanismos voluntarios desarrollados para la reducción de emisiones.

3.1.6.2 Herramienta – GHG Protocol

Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte del Protocolo de GEI (ECCR). Protocolo internacional elaborado por el WRI (World Resources Institute) y el WBCSD (World Business Council for Sustainable Development), 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.

El GHG Protocolo es, según Sala et al., 2010, un protocolo de GEI o Estándar Internacional para el cálculo y la comunicación del Inventario de emisiones surgido del trabajo de distintas empresas, gobiernos y ONGs ambientales. Ofrece un marco para contabilizar de manera estándar las emisiones de gases de efecto invernadero, de entidades públicas o privadas, a nivel local o internacional. Caracterización que se puede observar en la **¡Error! o se encuentra el origen de la referencia..** Además, tiene una metodología extensa y complicada pero eficaz para la obtención de las emisiones GEI directas e indirectas.

Tabla 3-2: Caracterización de aplicaciones del GHG Protocol.

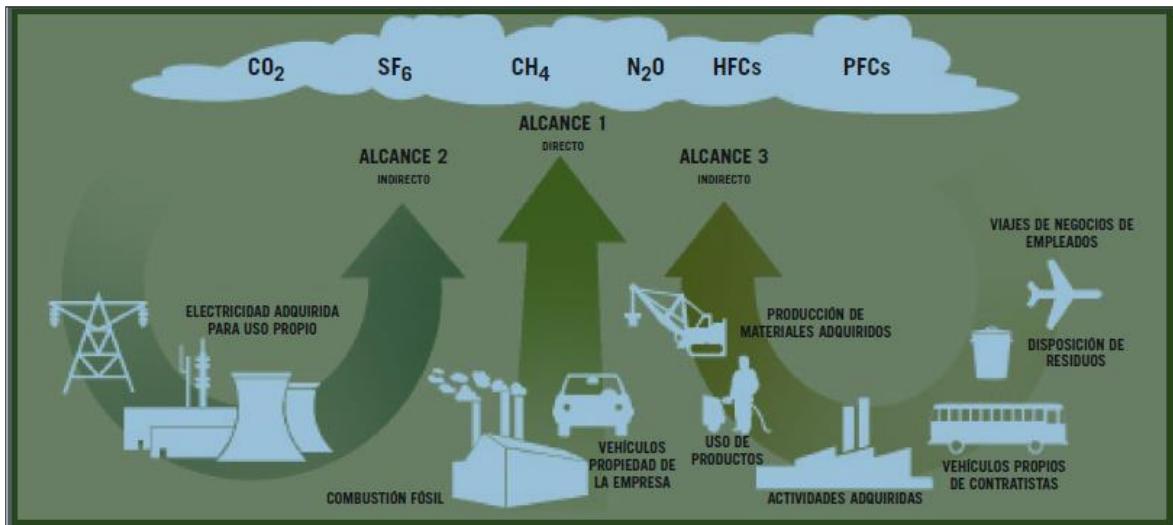
| Caracterización de las aplicaciones del GHG Protocol | |
|---|---|
| Formato: | <i>Software MS Excel (con guías en formato PDF)</i> |
| Función de Contabilización de emisiones de GEI: | <i>Si</i> |
| Función de recomendación de reducción: | <i>Poco</i> |
| Función de recomendación de compensación: | <i>No</i> |
| Considera otros impactos ambientales: | <i>No</i> |
| Gases Considerados: | <i>6 principales (Protocolo de Kyoto)</i> |
| Escala: | <i>Sitio (empresa): Si</i> |
| | <i>Territorio: Si</i> |
| | <i>Producto: Si</i> |
| Licencia: | <i>Gratis</i> |
| Transparencia: | <i>Las guías técnicas explican claramente los procesos y los factores de emisión están disponibles en el sitio de internet http://ghgprotocol.org.</i> |

Fuente: Metodología de cálculo de la Huella de Carbono y sus potenciales implicaciones para América Latina. (CEPAL, 2010), pp.23.

Utiliza una visión intersectorial para la contabilidad de las emisiones de combustible en instalaciones productivas, la combustión estacionaria, las emisiones indirectas derivadas de la compra de electricidad; e incluso permite el tratamiento de todas las emisiones indirectas que se producen a partir de fuentes que no son propiedad de la empresa, como las actividades de extracción y producción de las materias primas y su transporte.

La metodología puede estar especializada y ser aplicada en uno o más de los conceptos de empresa, territorio, bien o servicio, evento o persona; estableciendo límites para el cálculo en distintas escalas, perímetros o alcances (comúnmente designado como “scope” por la traducción en inglés) distinguiéndose 3 scopes o alcances como se presenta en la Figura 3-2 y que se describen abajo.

Figura 3-2: Resumen de alcances y emisiones a través de la cadena de valor.



Fuente: Ranganathan, 2015. pp.35.

- *Alcance 1:* emisiones directas de GEI. Proviene de fuentes que son propiedad de la empresa o están controladas por ella. (Combustión, reacciones químicas, fermentación, etc.).
- *Alcance 2:* emisiones indirectas de GEI. Se generan físicamente en la planta que produce la electricidad, pero la energía es consumida en las instalaciones y procesos de la empresa. (Electricidad).
- *Alcance 3:* otras emisiones que son consecuencia de la actividad de la empresa, pero ocurren en fuentes que no son de su propiedad ni están controladas por ella. (Todos los demás recursos, como materiales, transporte, espacio ocupado, bienes de equipo, etc.). Este estándar se creó con una clara visión intersectorial lo que permite su utilización en cualquier tipo de organización.

El GHG Protocol comprende tres estándares diferentes pero vinculados entre sí:

- *Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte del Protocolo de GEI:* provee una guía para empresas interesadas en cuantificar y reportar sus emisiones de GEI.
- *Estándar de Cuantificación de Proyectos del Protocolo de GEI:* sirve para la cuantificación de reducciones de emisiones de GEI derivadas de proyectos específicos.

- *Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte del Protocolo de la cadena de valor*: presenta una extensa metodología para el cálculo de las emisiones a lo largo de la cadena de valor (alcance 3) de la empresa. Posteriormente, publicando una guía para facilitar su cálculo.

El GHG Protocol permite a las empresas, que quieran calcular su huella de carbono, hacerlo con una metodología reconocida internacionalmente lo que aportará prestigio y transparencia a los cálculos realizados. La utilidad de esta herramienta se resume en los siguientes puntos:

- Permite preparar inventarios de los GEI.
- 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.

Las organizaciones deberán elegir justificadamente un año de base (o de referencia para marcar objetivos de reducción), entendido como el periodo histórico especificado, con el propósito de comparar emisiones o remociones de GEI u otra información relacionada con los GEI en un periodo de tiempo, para obtener datos de emisiones fiables que están disponibles.

3.1.6.3 Herramienta – PAES

Inventario de emisiones del Pacto de Alcaldes, de la Comisión Europea. Los signatarios del pacto de alcaldes, por una energía sostenible local, tienen el compromiso de presentar un Plan de Acción para la Energía Sostenible (PAES) en el año siguiente a su adhesión, y, de esta manera, mostrar cómo va a alcanzar su objetivo de reducción del CO₂ para 2020. Con el fin de ayudar a los signatarios del Pacto a realizar su objetivo, la Mesa del pacto entre alcaldes ha elaborado, en estrecha colaboración con el Centro Común de Investigación de la Comisión Europea, una plantilla de PAES. Este documento, es una plantilla en Excel que se compone de tres partes principales dedicadas a los siguientes aspectos, (Tomado de Sala et al., 2010):

- Visión a largo plazo y estrategia general: Se especificará aquí el objetivo global de emisión de CO₂ previsto, las áreas de actuación prioritarias, la asignación de personal y las capacidades financieras.
- Resultados fundamentales del inventario de referencia de las emisiones: se indicará en esta hoja de cálculo, el nivel actual de consumo de energía y se determinan cuáles son las principales fuentes de emisión de CO₂.
- Elementos fundamentales del Plan de Acción para la Energía Sostenible: Se definen las medidas previstas a corto y a largo plazo para poner en práctica la estrategia general, junto con los plazos, la distribución de responsabilidades y los presupuestos asignados.

3.1.6.3.1 Herramienta – PAS 2050

Norma para la Gestión de la Huella de Carbono. Desarrollada en 2008 por Carbón Trust y Defra (Department for environment, food and rural affairs del Gobierno Británico) con el fin de facilitar a las empresas y demás organizaciones un método claro y consistente para medir la Huella de Carbono de productos y servicios. Esta guía además, describe el método para la medida de la emisión de los gases de efecto invernadero (GEI), basado en el análisis de su ciclo de vida de producción de productos y servicios (Uranga, 2012) según las normas ISO 14040 y 14044.

Desde su creación esta herramienta se ha enriquecido con las contribuciones de un gran número de implicados en los procesos de emisión de gases de efecto invernadero (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Hasta la fecha se han realizado dos consultas, la primera en octubre de 2007 y la segunda en marzo de 2008, en las que se han recogido las contribuciones de grupos de trabajo formados por expertos y gracias a estas experiencias en organizaciones de todo el mundo, a finales de 2011 se presentó una versión actualizada y mejorada de la norma PAS.

Con el enfoque centrado en el producto versión revisada PAS 2050:2008, según Sala et al., 2010, ofrece directrices para establecer los límites del producto o servicio, a través de la definición de un mapa de procesos y el análisis de las entradas y salidas de recursos, para posteriormente calcular las emisiones derivadas de estos; que a su vez, se convierten en una guía metodológica que describen paso a paso los criterios a determinar y tomar en

cuenta, (CEPAL, 2010) La guía está disponible sin costo en el sitio de internet <https://www.bsigroup.com/pas2050> proporciona ejemplos pero ninguna aplicación informática para completar con datos la fórmula general: Huella de carbono de una determinada actividad de datos = Actividad (masa / volumen / kWh / km) x factor de emisión (CO₂ eq. por unidad). Siendo importante resaltar de esta herramienta, la base de reflexión que genera en otros países fuera de Inglaterra para la determinación de herramientas nacionales adaptadas (como son los casos de Alemania y de Japón).

Tabla 3-3: Caracterización de las aplicaciones del PAS 2050.

| Caracterización de las Aplicaciones del PAS 2050 | |
|---|---|
| Formato: | <i>Guía PDF</i> |
| Función de Contabilización de emisiones de GEI: | <i>Si</i> |
| Función de recomendación de reducción: | <i>No</i> |
| Función de recomendación de compensación: | <i>No</i> |
| Considera otros impactos ambientales: | <i>No</i> |
| Gases Considerados: | <i>Todos los gases de efecto invernadero</i> |
| Escala: | <i>Sitio (empresa): Si</i> |
| | <i>Territorio: Si</i> |
| | <i>Producto: No</i> |
| Licencia: | <i>Gratis</i> |
| Transparencia: | <i>Las guías se detallan las fórmulas a emplear. El método no incluye base de datos de factores de emisión (salvo para el cambio de uso de algunos países): deben justificarse el origen de los factores de emisión utilizados.</i> |

Fuente: Metodología de cálculo de la Huella de Carbono y sus potenciales implicaciones para América Latina. (CEPAL, 2010), pp.25.

3.1.6.3.2 Herramienta – PAS 2060

Norma para la neutralización de la huella de carbono. Fue elaborada entre 2009-2010 por los mismos organismos del PAS 2050. De igual manera se dedica al cálculo de las emisiones de organismos, colectividades territoriales y particulares. Respondiendo a las normativas del ISO y del GHG Protocol. Está disponible en el sitio de internet <https://www.bsigroup.com/pas2060> y actualmente se encuentra en fase inicial de

implementación, (CEPAL, 2010). De igual manera que el PAS 2050, el PAS 2060 se presenta como una guía metodológica que incluye en sus servicios desde la identificación o verificación de las oportunidades de ahorro en el consumo energético, así como la mejora de los procesos de todo tipo de organizaciones, con el fin de reducir las emisiones de GEI, neutralizando y validando la huella de carbono de dichas entidades. La norma PAS 2060, que entró en vigor en abril de 2010, ha sido desarrollada con el fin de especificar los requisitos que debe cumplir una entidad (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) para demostrar la neutralidad del carbono a través de la cuantificación, reducción y compensación de emisiones de gases de efecto invernadero de forma única, (Jiménez, 2015).

Tabla 3-4: Caracterización de las aplicaciones del PAS 2060.

| Caracterización de las Aplicaciones del PAS 2060 | |
|---|---|
| Formato: | <i>Guía PDF</i> |
| Función de Contabilización de emisiones de GEI: | <i>Si</i> |
| Función de recomendación de reducción: | <i>Si</i> |
| Función de recomendación de compensación: | <i>Si</i> |
| Considera otros impactos ambientales: | <i>No</i> |
| Gases Considerados: | <i>Todos los gases de efecto invernadero</i> |
| Escala: | <i>Sitio (empresa): Si</i> |
| | <i>Territorio: Si</i> |
| | <i>Producto: No</i> |
| Licencia: | <i>95 Libras Esterlinas</i> |
| Transparencia: | <i>Las guías se detallan las fórmulas a emplear. El método no incluye base de datos de factores de emisión (salvo para el cambio de uso de algunos países): deben justificarse el origen de los factores de emisión utilizados.</i> |

Fuente: Metodología de cálculo de la huella de carbono y sus potenciales implicaciones para América Latina. (CEPAL, 2010), pp.26.

3.1.6.4 Herramienta – MC3

Método de las cuentas contables para el cálculo de la Huella de Carbono y la Huella Ecológica creado por Juan Luis Domenech. La propuesta metodológica para estimar la

huella del carbono corporativa (HCC), está basada en el “método compuesto de las cuentas contables” (MC3) que trata de un enfoque mixto orientado tanto a la organización como al producto permitiendo unificar y evitar esfuerzo y gasto. Metodología MC3 que convierte a carbono todos los tipos de consumos posibles (combustibles, electricidad, materiales, obras, servicios, suelo, agua, recursos agrícolas, ganaderos, pesqueros y forestales). El cálculo comprende todas las categorías de consumo incluidas las fuentes derivadas del uso del suelo y del consumo de recursos orgánicos, (Sala et al., 2010).

La MC3 permite calcular ciclos de vida “enfocados a la organización” ya que incluye tanto las emisiones directas, realizadas en las instalaciones de la empresa, como las emisiones indirectas surgidas al adquirir bienes y servicios que incorporan energía en su obtención.

El resultado puede expresarse en toneladas de CO₂ (Huella de Carbono) o en hectáreas (Huella ecológica). Compatible con ISO 14064 que no ofrece herramienta de cálculo, permite el ecoetiquetado de bienes y servicios, y se está revisando para incluir las emisiones de otros gases de efecto invernadero además del CO₂ (Sala et al., 2010).

3.1.6.5 Herramienta – Bilan Carbone

En compatibilidad con la metodología ISO 14064 y la iniciativa del GHG Protocol, cuyas primeras versiones fueron implementadas en el 2004 desarrollado por la ADEME (Agencia de Medio Ambiente y Energía Francesa) es el método del cálculo de emisiones de GEI; con un amplio mapa asociado a procesos relacionados con la actividad de empresas u organizaciones en Francia. Aplicable a trabajarse no solo en empresas y eventos sino también en territorios y productos (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Cabe resaltar, que las emisiones consideradas por esta metodología comprenden los seis gases definidos en el marco del Protocolo de Kyoto. La herramienta se compone de dos versiones, según Inhoben, 2013:

- Versión de negocios: evalúa emisiones asociadas a las actividades del sector industrial o terciario.
- Versión para las autoridades locales: está compuesta por dos módulos, el de “activos y servicios” desarrollado para el cálculo de las emisiones asociadas a

las actividades de la propia administración, y el de “territorio”, que permite el cálculo de las emisiones de todas aquellas actividades en el territorio gestionado por la autoridad local.

Tabla 3-5: Caracterización de las aplicaciones del Bilan Carbone.

| Caracterización de las Aplicaciones de Bilan Carbone | |
|---|---|
| Formato: | <i>Software MS Excel (con guías en formato PDF)</i> |
| Función de Contabilización de emisiones de GEI: | <i>Si</i> |
| Función de recomendación de reducción: | <i>Si</i> |
| Función de recomendación de compensación: | <i>No, pero la ADEME elaboró una Carta Magna de compensación (Charte de Compensation) para yudar los operadores a diseñar sus líneas de compensación de emisiones.</i> |
| Considera otros impactos ambientales: | <i>No</i> |
| Gases Considerados: | <i>Todos los gases de efecto invernadero</i> |
| Escala: | <i>Sitio (empresa): Si</i> |
| | <i>Territorio: Si</i> |
| | <i>Producto: Si (existe un módulo dedicado: "Bilan Produit" y varios módulos del Bilan Carbone permiten el cálculo de la huella de productos)</i> |
| Licencia: | <i>Gratuito, pero se entregan las aplicaciones a personas que han seguido un proceso de capacitación, el que tiene un costo entre 1.300 y 2.000 Euros, según los módulos.</i> |
| Transparencia: | <i>Las guías técnicas explican claramente los procesos y las fórmulas y los factores de emisión están disponibles en cada aplicación.</i> |

Fuente: Metodología de cálculo de la Huella de Carbono y sus potenciales implicaciones para América Latina. (CEPAL, 2010), pp.24.

Esta metodología está basada en un programa en formato Excel, acompañado de guías de utilización que se caracterizan por una visión generalista muy completa que dispone de los factores de emisión y de las fórmulas utilizadas, a través, de sus distintos módulos garantizando transparencia en su uso, (CEPAL, 2010).

3.1.6.6 Estándares utilizados para la medición de las emisiones de CO₂ eq. a nivel mundial

El concepto de la huella de carbono se ha incorporado a la sociedad a través de iniciativas bien sea en forma de etiquetado de productos o bien en forma de inventario de emisiones de CO₂ en empresas y organizaciones de carácter público o privado como las universidades. Que a través de una serie de estudios realizados por la Comisión Europea en el año 2010 han sido unificadas en más de 140 metodologías de las cuales se encontraron que aproximadamente 80 métodos o iniciativas presentan un enfoque de organización y 60 un enfoque en producto.

De acuerdo a los diversos sistemas de medición de huella de carbono, metodologías de cálculo, ámbito de aplicación y enfoques utilizados con mayor frecuencia y de forma voluntaria en Europa y en general en todo el mundo relacionados en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se hace pertinente iniciar un proceso de compatibilización entre estos, para que a futuro se puedan convertir en un instrumento que contribuya a la resolución de conflictos presentados en el ámbito de la Organización Mundial del Comercio (OMC). Apoyando el trabajo que de manera constante realiza la Organización Internacional de Estandarización (ISO) con el fin de evitar la proliferación de normas voluntarias que puedan discriminar productos importados según su huella de carbono.

Tabla 3-6: Metodologías de cálculo de huella de carbono más utilizadas en Europa y en el mundo.

| Metodología | Ámbito de Aplicación | Enfoque |
|--|---|--------------|
| Carbon Disclosure Project (CDP) | Aplicación voluntaria y de ámbito global. Ampliamente adoptada. | Organización |
| WBCSD/WRI GHG Protocol Corporate Standard | Aplicación voluntaria y de ámbito global. Ampliamente reconocida; base para otros estándares. | Organización |
| ISO 14064: 2006 (Partes 1 and 3) | Aplicación voluntaria y de ámbito global. Estándar internacional verificable. | Organización |
| French Bilan Carbone | Aplicación voluntaria y de ámbito europeo. Ampliamente reconocida | Organización |
| DEFRA Company GHG Guidance | Aplicación voluntaria y de ámbito europeo. Ampliamente reconocida. | Organización |

| | | |
|---|--|--------------|
| UK Carbon Reduction Commitment (CRC) | Aplicación obligatoria y de ámbito europeo. Cubre a los pequeños emisores. | Organización |
| US EPA Climate Leaders Inventory Guidance | Aplicación voluntaria y de ámbito USA. Provee incentivos. | Organización |
| US GHG Protocol Public Sector Standard | Aplicación voluntaria y de ámbito USA. y al sector público. | Organización |
| PAS 2050 | Aplicación voluntaria. Procedencia UK. | Producto |
| KOREA PCF | Aplicación voluntaria. Metodología creada en Corea. | Producto |
| Carbon Footprint Program | Aplicación voluntaria. Procedencia Japón. | Producto |
| Carbon Index Casino | Aplicación voluntaria. Procedencia Francia. | Producto |
| Greenext | Aplicación voluntaria. Procedencia Francia. | Producto |
| Climate Certification System | Aplicación voluntaria. Procedencia Suecia. | Producto |
| Climatop | Aplicación voluntaria. Procedencia suiza. | Producto |
| GHG Protocol- Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard | Aplicación voluntaria. Ámbito Global. | Producto |
| BP X30-323 | Aplicación voluntaria. Procedencia Francia. | Producto |
| ISO 14067 | Aplicación voluntaria. Ámbito Global. | Producto |

Fuente: Jiménez, 2015.

3.1.7 Metodología seleccionada para la estimación de las emisiones de CO₂ eq. generadas por parte de la Universidad Surcolombiana

Se determina implementar la metodología GHG Protocol para la estimación de las emisiones de CO₂ eq. generadas en las tres sedes objeto de estudio de la presente investigación, por el gran reconocimiento internacional por parte de instituciones y empresas a nivel mundial que han hecho uso de esta metodología obteniendo excelentes resultados. De igual manera, cabe resaltar que la metodología en mención se aplica a partir de principios de reporte financiero y contable que se relacionan en la Tabla 3-2 y que son utilizados de manera global permitiendo que la información obtenida pueda ser revisada en todos los niveles y aplicada en diferentes contextos.

El proceso de recolección de información se logra como respuesta a los requerimientos obtenidos de acuerdo a la implementación del GHG Protocol para la estimación de alcance 1 y 2 propuestos, permitiendo desarrollar metodologías de cuantificación de emisiones, factores de emisión y estimación de las emisiones de CO₂ eq., así como los estándares corporativos de contabilidad y reporte respectivamente.

Tabla 3-2: Principios de contabilidad y reporte para inventario de emisiones.

| PRINCIPIO | APLICABILIDAD |
|----------------------|--|
| Integridad | <i>Abarca todas las fuentes de emisión relevantes</i> |
| Relevancia | <i>Refleja de forma apropiada las emisiones</i> |
| Consistencia | <i>Emplea la misma metodología a lo largo del tiempo</i> |
| Transparencia | <i>Precisa con claridad la metodología, el cálculo y las fuentes</i> |
| Precisión | <i>Reduce cada vez más la incertidumbre</i> |

Fuente: Secretaría Distrital de Ambiente Subdirección de Políticas y Planes Ambientales, 2015.

4. Cálculos

De acuerdo con la información recopilada, se presenta a continuación, la relación de los datos obtenidos a partir de los cálculos de los factores de emisión establecidos para cada uno de los alcances, considerados importante dentro de los procesos de las tres sedes de la Universidad Surcolombiana, permitiendo identificar las actividades que están produciendo mayor cantidad de emisiones de gases efecto invernadero - GEI y el lugar donde se generan, para de igual manera, establecer estrategias de mitigación y/o compensación.

4.1 Consumo de energía eléctrica

Los consumos de energía eléctrica obtenidos corresponden a los kWh de energía consumida, en el año 2016, según las lecturas registradas en los contadores de energía eléctrica que se encuentran al interior de la universidad.

El consumo de energía eléctrica está tabulado por cada sede de la Universidad Surcolombiana como se indica en la Tabla 4-1. Posteriormente, será utilizado el valor del porcentaje de consumo eléctrico por cada sede para hacer una aproximación del consumo de combustible por sede, ya que estos valores no fueron suministrados en detalle (Tabla 4-2).

Tabla 4-1: Consumo de energía eléctrica en kWh por cada sede de la Universidad Surcolombiana.

| SEDE | FACULTAD | CONTADOR | AÑO | CONSUMO (kWh) |
|------------------|-----------------|------------|------|---------------|
| POSGRADOS | Posgrados | 63.031.549 | 2016 | 333.440 |
| | | 1.284.688 | 2016 | 261.580 |
| SALUD | Salud | 11.699.352 | 2016 | 495.680 |
| | Enfermería | 36.957.420 | 2016 | 44.846 |
| | Medicina | 44.626.934 | 2016 | 4.188 |
| CENTRAL | Ingeniería | 11.049.819 | 2016 | 491.040 |
| | Economía | 3.303.153 | 2016 | 344.880 |
| | Central | 15.113.231 | 2016 | 1.439.423 |
| | Campo de fútbol | 44.898.393 | 2016 | 27.160 |

Fuente: Oficina Asesora de Planeación, 2017.

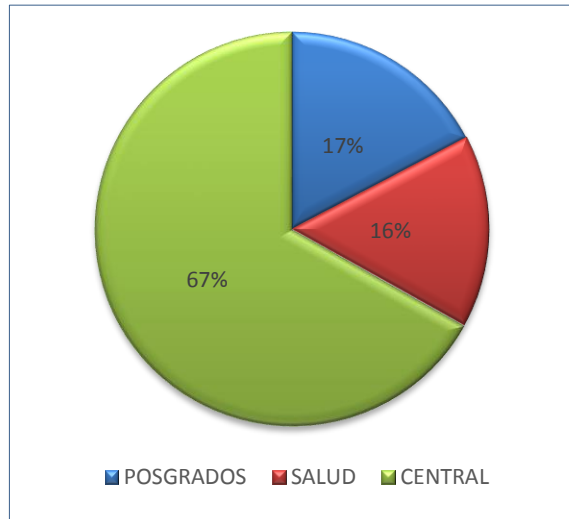
Tabla 4-2: Porcentaje de consumo de energía de cada sede con respecto al consumo total.

| SEDE | CONSUMO (kWh) | PORCENTAJE DEL CONSUMO TOTAL |
|------------------|------------------|------------------------------|
| Posgrados | 595.020 | 17 |
| Salud | 544.714 | 16 |
| Central | 2.302.503 | 67 |
| TOTAL | 3.442.237 | 100 |

Fuente: Oficina Asesora de Planeación, 2017.

La Figura 4-1, representa la distribución porcentual del consumo de energía eléctrica de la Universidad Surcolombiana para cada una de sus sedes. Siendo evidente que el mayor consumo de energía eléctrica es generado por la sede central con el 67% encontrando además que el porcentaje de consumo en las sedes Posgrados y Salud presentan promedios semejantes con el 17% y el 16% respectivamente.

Figura 4-1: Consumo de energía eléctrica por cada sede de la USCO.



4.2 Tipo de vehículos de propiedad de la Universidad Surcolombiana, tipo de combustible utilizado y consumo de este.

La universidad suministró los datos de los consumos facturados por cada vehículo propiedad de esta por concepto de combustible del año 2016. Sin embargo, al no encontrarse la relación de los datos de todos los meses, se recurrió al cálculo del consumo promedio por mes (Ec. 1), basados en la información de por lo menos 9 meses para cada vehículo. Posteriormente este resultado fue utilizado para hallar el promedio anual (Ec. 2).

$$\text{consumo promedio mensual} = \frac{\Sigma \text{ galones consumidos facturados}}{\# \text{ de meses facturados}} \dots\dots\dots (\text{Ec. 1})$$

$$\text{consumo promedio anual} = \text{consumo promedio mensual} * 12.. (\text{Ec. 2})$$

La Tabla 4-3, clasifica el tipo y consumo, en galones (Gal), de combustible de los vehículos pertenecientes a la USCO, para una temporalidad mensual y anual.

Tabla 4-3: Consumo de combustible de los vehículos de la USCO.

| TIPO DE VEHÍCULO | PLACA | COMBUSTIBLE | CONSUMO PROMEDIO MENSUAL (Gal) | CONSUMO ANUAL (Gal) |
|------------------|---------|-------------|--------------------------------|---------------------|
| Moto | BNI-86B | Gasolina | 5,448 | 65,370 |
| Moto | HZV-83C | Gasolina | 2,893 | 34,716 |
| Moto | HZV-67C | Gasolina | 7,075 | 84,899 |
| Moto | OBB-65B | Gasolina | 1,948 | 23,381 |
| Moto | HZV-84C | Gasolina | 1,880 | 22,558 |
| Automóvil | OBG-040 | Gasolina | 27,636 | 331,635 |
| Automóvil | OWI-538 | Gasolina | 48,604 | 583,252 |
| Camioneta | OHK-002 | Gasolina | 41,954 | 503,443 |
| Camioneta | OZI-988 | Gasolina | 90,812 | 1089,746 |
| Camioneta | OWI-602 | ACPM | 23,164 | 277,962 |
| Bus | OWI-588 | ACPM | 168,038 | 2016,456 |
| Bus | OWI-464 | ACPM | 99,524 | 1194,292 |
| Bus | OWI-463 | ACPM | 172,058 | 2064,690 |
| Bus | OWI-638 | ACPM | 162,500 | 1949,997 |
| Bus | ODD-288 | ACPM | 98,774 | 1185,291 |
| | | | TOTAL | 11427,687 |

Fuente: Oficina Asesora de Planeación, 2017.

La Tabla 4-4, muestra las cantidades totales implementadas para cada tipo de combustible: gasolina y ACPM, para el año base 2016.

Tabla 4-4: consumo de combustible total, para el año base 2016.

| TIPO DE COMBUSTIBLE | CANTIDAD (Gal) |
|---------------------|----------------|
| Gasolina | 2.739 |
| ACPM | 8.689 |
| TOTAL | 11.428 |

Estos datos muestran el consumo por cada tipo de vehículo, pero no muestran el consumo total por cada una de las sedes. Para este fin, se calcula el valor aproximado de consumo para cada sede en función del porcentaje de consumo de energía eléctrica por sede de la universidad. Los resultados obtenidos se ilustran en la **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida..**

Tabla 4-5: Consumo de combustible aproximado por sede de la USCO.

| COMBUSTIBLE | POSGRADOS (17%) | SALUD (16%) | CENTRAL (67%) | TOTAL (Gal) |
|---------------------|--------------------|----------------|------------------|----------------|
| Galones de gasolina | 466 | 438 | 1.835 | 2.739 |
| Galones de ACPM | 1.477 | 1.390 | 5.821 | 8.689 |

4.3 Cálculo de emisiones

La estimación de emisiones se realiza tomando como referencia los datos de actividad de cada una de las sedes objeto de estudio correspondientes a los consumos del año 2016, suministrada por la Coordinación de Gestión Ambiental de la Universidad Surcolombiana.

4.3.1 Selección de los factores de emisión necesarios para el inventario de emisiones de CO₂.

Con el fin de obtener unas estimaciones de emisiones de CO₂ acordes con el comportamiento actual del país en este campo, fueron seleccionados factores de emisión para combustibles nacionales especificados en el estudio: Factores de Emisión de los Combustibles Colombianos (FECOC), desarrollados por la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (ACCEFYN) en el año 2003 y aplicados mediante un software por parte de la Unidad de Planeación Minero Energética

(UPME), denominado Factores de Emisión para Combustibles Colombianos.

4.3.1.1 Emisiones Alcance 1

La **Tabla 4-6**, plantea algunas especificaciones involucradas en el cálculo de emisiones de CO₂ por el uso de ACPM y gasolina.

Tabla 4-6: Especificaciones del cálculo de emisiones debido al uso de ACPM y gasolina.

| COMBUSTIBLE | DESCRIPCIÓN DEL CÁLCULO |
|-----------------|--|
| ACPM | Para el cálculo de las emisiones relacionadas con el consumo de ACPM, fue necesario obtener el Poder Calorífico Superior (MJ/kg) de los Factores de Emisión de los Combustibles Colombianos (FECOC), el factor de emisión (KgCO ₂ e/TJ) de CO ₂ , y la densidad del combustible (kg/l), para determinar el dato en tCO ₂ e/año para cada una de las tres sedes de la universidad. |
| Gasolina | Para el cálculo de las emisiones relacionadas con el consumo de Gasolina, fue necesario obtener el Poder Calorífico Superior (MJ/kg) de FECOC, el factor de emisión (KgCO ₂ e/TJ) de CO ₂ , y la densidad del combustible (kg/l), para determinar el dato en tCO ₂ e/año para cada una de las tres sedes de la Universidad. |

4.3.1.2 Emisiones Alcance 2

La Tabla 4-7, plantea algunas especificaciones involucradas en el cálculo de emisiones de CO₂ por el uso de energía eléctrica.

Tabla 4-7: Especificaciones del cálculo de emisiones relacionadas al uso de la energía eléctrica.

| TIPO DE ENERGÍA | DESCRIPCIÓN DEL CÁLCULO |
|--------------------------|---|
| Energía eléctrica | Para el cálculo de las emisiones relacionadas con la compra de energía eléctrica de la red nacional, se cuenta con los consumos de energía eléctrica del año 2016. Así mismo, se seleccionaron los factores de emisión de consumo de red eléctrica (tCO ₂ /MWh) para cada uno de los meses del año 2016. |

4.3.2 Aplicación y análisis de las herramientas de cálculo del inventario de emisiones de CO₂

4.3.2.1 Selección de la metodología de estimación

Para la estimación de las emisiones de CO₂ eq., provenientes de las actividades de la Universidad Surcolombiana en sus tres sedes, fueron aplicadas las siguientes metodologías:

- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés).
- Protocolo de gases efecto invernadero (GHG Protocol).

4.3.2.2 Selección de los factores de emisión de CO₂ eq.

Los factores de emisión tenidos en cuenta para la estimación de las emisiones de CO₂ eq., fueron los establecidos en las Directrices del IPCC de 2006, para los inventarios nacionales de gases efecto invernadero.

4.3.3 Metodología de cálculo de las emisiones de CO₂ eq.

La metodología de estimación que se presenta a continuación a manera de información, incluye: el alcance, los datos, la descripción y el desarrollo de estimaciones adicionales de datos operacionales (cuando no se cuente con la totalidad de los datos necesarios para la estimación) y la ecuación matemática aplicable para la estimación de las emisiones.

4.3.3.1 Emisiones Alcance 1

Las emisiones en toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO₂ eq.) para el alcance 1, están determinadas por el consumo directo de gas natural, diésel y gases de combustión utilizados para el desarrollo de las operaciones de las tres sedes de la Universidad Surcolombiana en Neiva (ACPM y gasolina); estas se estiman dentro de este alcance, debido a que la liberación a la atmósfera de las emisiones son realizadas dentro de las instalaciones y generadas por estudiantes, docentes y/o funcionarios administrativos que hacen parte de la comunidad educativa.

4.3.4 Metodología de cálculo consumos de ACPM y gasolina

Para el consumo de ACPM y gasolina, se tuvo en cuenta la descripción de la flota automotriz propiedad de la universidad, así como el tipo de combustible que esta utiliza y el consumo mensual promedio anual; realizando una estimación que permitió determinar el consumo total debido a la falta de disponibilidad de los datos.

El procedimiento de cálculo para le estimación de las emisiones de CO₂ eq., relacionadas con consumo de ACPM y gasolina, una vez referenciado el consumo mensual promedio reportado por parte de la Coordinación de Gestión Ambiental de la Universidad, se enfocó en obtener el valor del Poder Calorífico de Superior –PCS- (MJ/kg) de FECOC, el factor de emisión (kgCO₂eq/TJ) de CO₂, y según la densidad del combustible (kg/l), establecer el dato en tCO₂eq/mes seleccionando ACPM y/o gasolina, como combustible aplicable.

La ecuación (Ec. 3), describe el desarrollo matemático usado para le estimación de las emisiones de CO₂ eq., relacionadas con el consumo de ACPM y gasolina.

$$E = \frac{\left(\frac{ACPM \text{ o gasolina} * \rho}{0,2642}\right) * \left(\frac{PCS * Fe}{1.000.000}\right)}{1.000} \dots\dots\dots (Ec. 3)$$

Donde,

E: Emisiones (tCO₂eq)

ACPM o gasolina: ACPM o gasolina consumida (Gal)

ρ : Densidad del combustible (kg/l)

PCS: Poder Calorífico Superior del combustible (MJ/kg)

Fe: Factor de emisión del combustible CO₂ (kgCO₂eq/TJ)

4.3.4.1 Emisiones Alcance 2

Se presenta a continuación, la metodología de cálculo de las emisiones en toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq.) en alcance 2, las cuales tienen representación en la compra de energía eléctrica de la red nacional utilizada en cada una de las sedes de la Universidad.

- Datos de actividad - Consumo de energía de la red eléctrica nacional para el año 2016: los datos de actividad hacen referencia al consumo de energía eléctrica que proviene de la red eléctrica nacional para el año 2016, estos datos fueron estimados, con el fin de conseguir los datos de actividad con una mayor aproximación a los datos reales.

La implementación del alcance 3 no se incluye en este estudio en primera medida por ser una categoría opcional dentro de la implementación del GHG Protocol y seguidamente por el alcance inicial propuesto desde su objetivo principal, donde se espera cuantificar las emisiones de CO₂eq. con alcances de emisión 1 y 2. Determinado de esta forma, después de tener en cuenta consideraciones como el que las emisiones asociadas con alcance 3 dentro de las subsedes a ser analizadas no son relevantes; ya que no representan un porcentaje alto de la totalidad de emisiones generadas, no contribuyen a la exposición de riesgo de GEI y no se delimitan como un elemento clave para la reducción de las mismas.

4.3.5 Metodología de cálculo de emisiones por consumo de energía eléctrica de la red nacional

Para realizar la estimación de emisiones relacionadas con el consumo de energía eléctrica proveniente de la compra de este tipo de energía de la red eléctrica nacional, fue necesario determinar el consumo total de energía eléctrica de cada una de las sedes de la Universidad y obtener el factor de emisión de consumo de red eléctrica, este factor fue obtenido de la Unidad de Planeación Minero Energética – UPME. Con esta

información del factor de emisión mes a mes durante el año 2016, se obtuvo un factor de emisión promedio anual, el factor a utilizar es: 0,1990 tCO₂/MWh.

Para la estimación de las emisiones por consumo de energía eléctrica se utilizó la ecuación (Ec. 4):

$$E = \frac{kWh * Fe}{1.000} \dots\dots\dots (Ec. 4)$$

Donde,

E: Emisiones (tCO₂)

kWh: Datos de actividad (electricidad comprada kWh)

Fe: Factor de emisión de consumo de la red eléctrica (kgCO₂/kWh)

4.4 Cálculo de emisiones (tCO₂ eq.) generado por gasolina

La ecuación (Ec. 5), describe matemáticamente el cálculo de emisiones (*E_g*), generado por el uso de la gasolina.

$$E_g = \frac{\left(\frac{gasolina * \rho_{gasolina}}{0,2642}\right) * \left(\frac{PCS_{gasolina} * Fe_{gasolina}}{1.000.000}\right)}{1.000} \dots\dots\dots (Ec. 5)$$

Donde,

$\rho_{gasolina} := 0,7412 \text{ kg/l}$, y corresponde a la densidad de la gasolina.

$PCS_{gasolina} = 43,254 \text{ MJ/kg}$, y corresponde al poder calorífico superior de la gasolina.

$Fe_{gasolina} := 66.778,409 \text{ kgCO}_2/TJ$, y corresponde al factor de emisión de la gasolina.

Las ecuaciones (Ec. 6) a (Ec. 8), representan el cálculo de emisiones generado por el uso de la gasolina, para la sede Central (*E_{gc}*), Salud (*E_{gs}*) y Posgrados (*E_{gp}*), respectivamente.

- Sede Central:

$$E_{gc} = \frac{\left(\frac{1.835 \text{ Gal} * 0,7412 \text{ kg/l}}{0,2642 \text{ Gal/l}}\right) * \left(\frac{43,254 \text{ MJ} * 66.778,409 \text{ kgCO}_2}{\text{kg} \cdot \text{TJ}}\right)}{1.000} = 14,8697 \text{ tCO}_2 \dots\dots (\text{Ec. 6})$$

- Subsede Salud:

$$E_{gs} = \frac{\left(\frac{438 \text{ Gal} * 0,7412 \text{ kg/l}}{0,2642 \text{ Gal/l}}\right) * \left(\frac{43,254 \text{ MJ} * 66.778,409 \text{ kgCO}_2}{\text{kg} \cdot \text{TJ}}\right)}{1000} = 3,5493 \text{ tCO}_2 \dots\dots\dots (\text{Ec. 7})$$

- Subsede Posgrados:

$$E_{gp} = \frac{\left(\frac{466 \text{ Gal} * 0,7412 \text{ kg/l}}{0,2642 \text{ Gal/l}}\right) * \left(\frac{43,254 \text{ MJ} * 66.778,409 \text{ kgCO}_2}{\text{kg} \cdot \text{TJ}}\right)}{1.000} = 3,7762 \text{ tCO}_2 \dots\dots\dots (\text{Ec. 8})$$

4.5 Cálculo de emisiones (tCO₂ eq.) generado por ACPM

La ecuación (Ec. 9), describe numéricamente el cálculo de emisiones generado por el uso del ACPM (E_A).

$$E_A = \frac{\left(\frac{ACPM * \rho_{ACPM}}{0,2642}\right) * \left(\frac{PCS_{ACPM} * Fe_{ACPM}}{1.000.000}\right)}{1.000} \dots\dots\dots (\text{Ec. 9})$$

Donde,

$\rho_{ACPM} = 0,8519 \text{ kg/l}$, y corresponde a la densidad del ACPM.

$PCS_{ACPM} = 45,275 \text{ MJ/kg}$, y corresponde al poder calorífico superior del ACPM.

$Fe_{ACPM} := 74.193,483 \text{ kgCO}_2/\text{TJ}$, y corresponde al factor de emisión del ACPM.

Las ecuaciones (Ec. 10) a (Ec. 12), representan el cálculo de emisiones relacionadas al uso del ACPM, para la sede Central (E_{Ac}), Salud (E_{As}) y Posgrados (E_{Ap}), respectivamente.

- Sede Central:

$$E_{Ac} = \frac{\left(\frac{5.821 \text{ Gal} * 0,8519 \text{ kg/l}}{0,2642 \text{ Gal/l}}\right) * \left(\frac{45,275 \text{ MJ} * 74.193,483 \text{ kgCO}_2}{\text{kg} * \text{TJ}}\right)}{1.000} = 63,0489 \text{ tCO}_2 \dots\dots (\text{Ec. 10})$$

- Subside Salud:

$$E_{As} = \frac{\left(\frac{1.390 \text{ Gal} * 0,8519 \text{ kg/L}}{0,2642 \text{ Gal/L}}\right) * \left(\frac{45,275 \text{ MJ} * 74.193,483 \text{ kgCO}_2}{\text{kg} * \text{TJ}}\right)}{1.000} = 15,0555 \text{ tCO}_2 \dots\dots (\text{Ec. 11})$$

- Subside Posgrados:

$$E_{Ap} = \frac{\left(\frac{1.477 \text{ Gal} * 0,8519 \text{ kg/l}}{0,2642 \text{ Gal/l}}\right) * \left(\frac{45,275 \text{ MJ} * 74.193,483 \text{ kgCO}_2}{\text{kg} * \text{TJ}}\right)}{1.000} = 15,99782 \text{ tCO}_2 \dots\dots (\text{Ec. 12})$$

4.6 Cálculo de emisiones (tCO₂ eq.) generado por consumo eléctrico

La ecuación (Ec. 13), describe matemáticamente el cálculo de emisiones generadas por el consumo de la red eléctrica (E_e).

$$E_e = \frac{kWh * Fe_e}{1.000} \dots\dots\dots (\text{Ec. 13})$$

Donde,

$Fe_e = 0,1990 \text{ kg CO}_2/\text{kWh}$, y corresponde al factor de emisión relacionado a la red eléctrica.

Las ecuaciones (Ec. 14) a (Ec. 16), representan el cálculo de emisiones relacionadas al consumo de red eléctrica para la sede Central (E_{ec}), Salud (E_{es}) y Posgrados (E_{ep}), respectivamente.

- Sede Central:

$$E_{ec} = \frac{2.302.503 \text{ kWh} * 0,1990 \text{ kgCO}_2/\text{kWh}}{1.000} = 458,198 \text{ tCO}_2 \dots\dots\dots \text{(Ec. 14)}$$

- Subsede Salud:

$$E_{es} = \frac{544.714 \text{ kWh} * 0,1990 \text{ kgCO}_2/\text{kWh}}{1.000} = 108,398 \text{ tCO}_2 \dots\dots\dots \text{(Ec. 15)}$$

- Subsede Posgrados:

$$E_{ep} = \frac{595.020 \text{ kWh} * 0,1990 \text{ kgCO}_2/\text{kWh}}{1.000} = 118,409 \text{ tCO}_2 \dots\dots\dots \text{(Ec. 16)}$$

4.7 Resultados emisiones generadas en Alcance 1 y 2

El total de las emisiones generadas y que han sido incluidas como alcances 1 y 2, seleccionadas de acuerdo con la naturaleza de la Universidad Surcolombiana y las actividades que allí son realizadas. La Tabla 4-8, contiene los resultados de los cálculos obtenidos de las emisiones de CO₂ generados en cada sede.

Tabla 4-8: Emisiones generadas en las sedes de la USCO, en la ciudad de Neiva.

| SEDE | ALCANCE 1 | | ALCANCE 2 | |
|---------|---|---|---|--|
| | Emisiones por combustión de gasolina (tCO ₂ eq.) | Emisiones por combustión de ACPM (tCO ₂ eq.) | Emisiones por consumo de energía eléctrica (tCO ₂ eq.) | Total de emisiones por sede (tCO ₂ eq.) |
| Central | 14,8697 | 63,0489 | 458,198 | 536,1166 |
| Salud | 3,5493 | 15,0555 | 108,398 | 127,0028 |

| | | | | |
|--------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| Posgrados | 3,7762 | 15,9978 | 118,409 | 138,1830 |
| Total | 22,1952 | 94,1022 | 685,0050 | 801,3024 |

La

Figura 4-2, ilustra un histograma de barras en donde se evidencia una mayor concentración de emisiones (tCO₂ eq.) para la sede Central con 536,1166 (tCO₂ eq.) respecto a la sede Salud y a la sede Posgrados, de la Universidad Surcolombiana.

La Tabla 4-9 compila los resultados obtenidos de emisiones (tCO₂ eq.) en función del alcance, para cada una de las sedes de la USCO. La Figura 4-3, evidencia claramente una mayor producción de CO₂ relacionadas a emisiones indirectas (alcance 2), respecto a las emisiones directas (alcance 1). La mayor cantidad de emisiones indirectas se encuentran asociadas a la sede Central con 458,198 (tCO₂ eq.) (Figura 4-4 y Figura 4-5).

Tabla 4-9: Datos tabulados de emisión de CO₂ por alcance.

| SEDE | Alcance 1 (tCO ₂ eq.) | Alcance 2 (tCO ₂ eq.) |
|---------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Central | 77,9186 | 458,198 |
| Salud | 18,6048 | 108,398 |
| Posgrados | 19,774 | 118,409 |
| Total de emisiones por alcance | 116,2974 | 685,0050 |

Figura 4-2: Histograma de barras del total de emisiones (tCO₂ eq.) registrada para cada sede de la USCO.

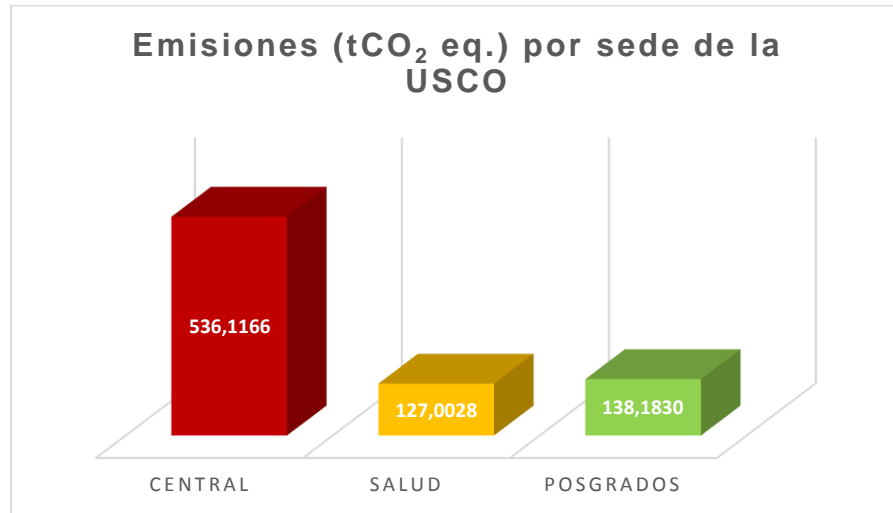


Figura 4-3: Histograma del total de emisiones (tCO₂ eq.) registrada para la USCO, en función del alcance.

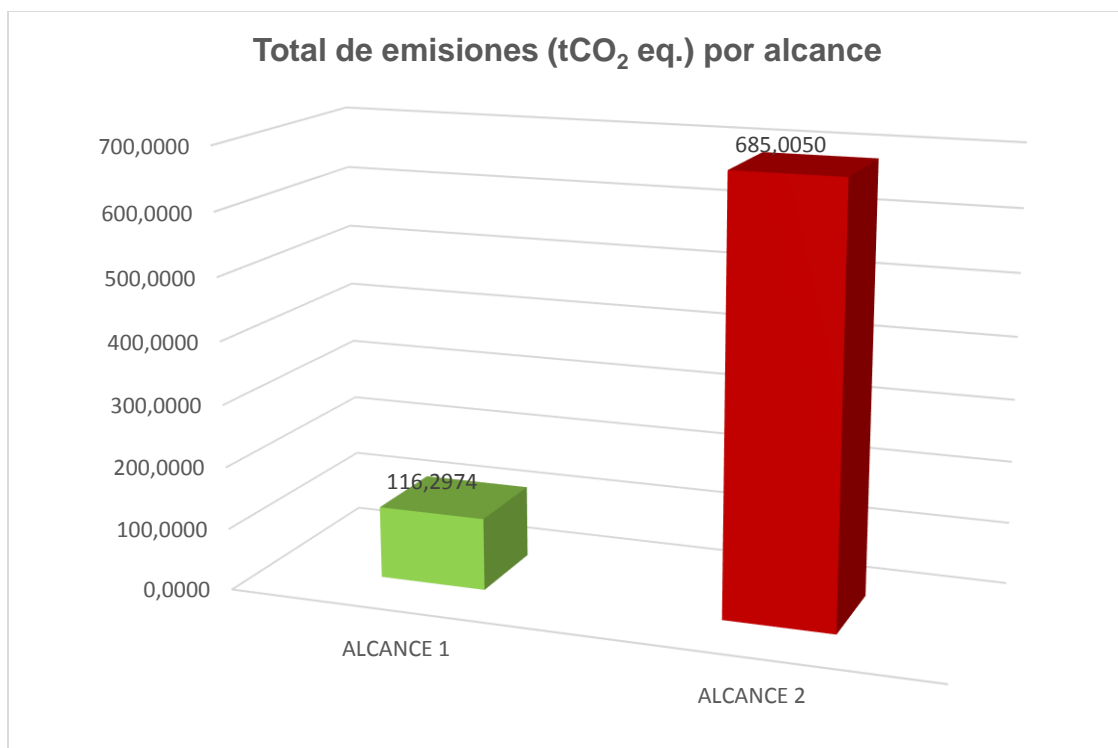


Figura 4-4: Histograma de barras del total de emisiones (tCO₂ eq.) registrada por alcance, en función de las sedes de la USCO.

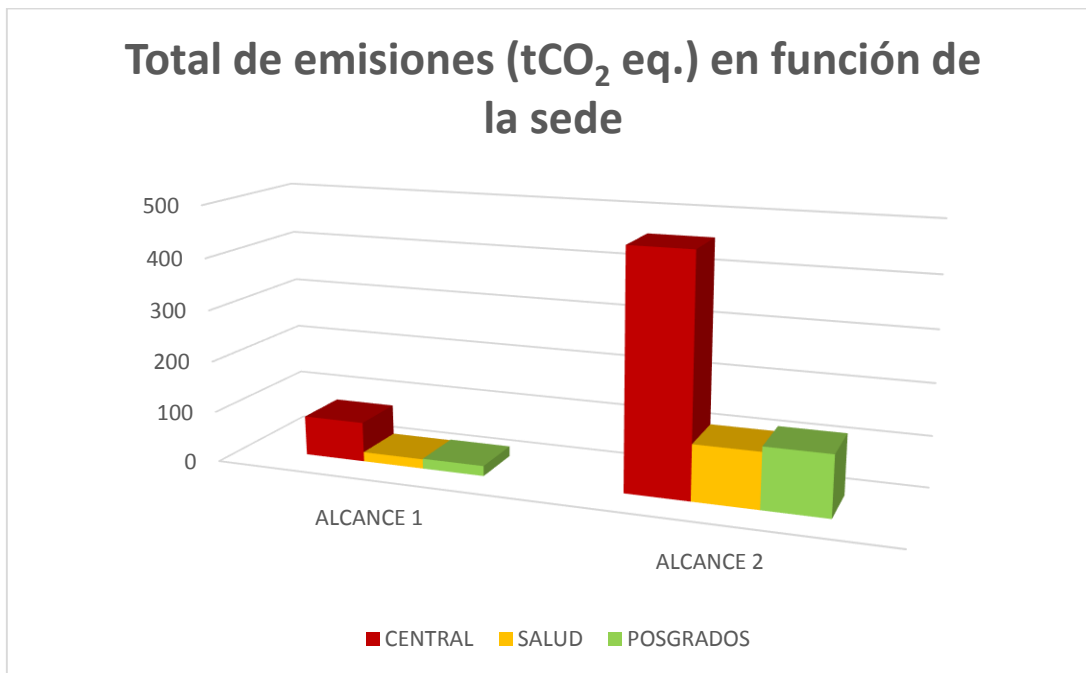
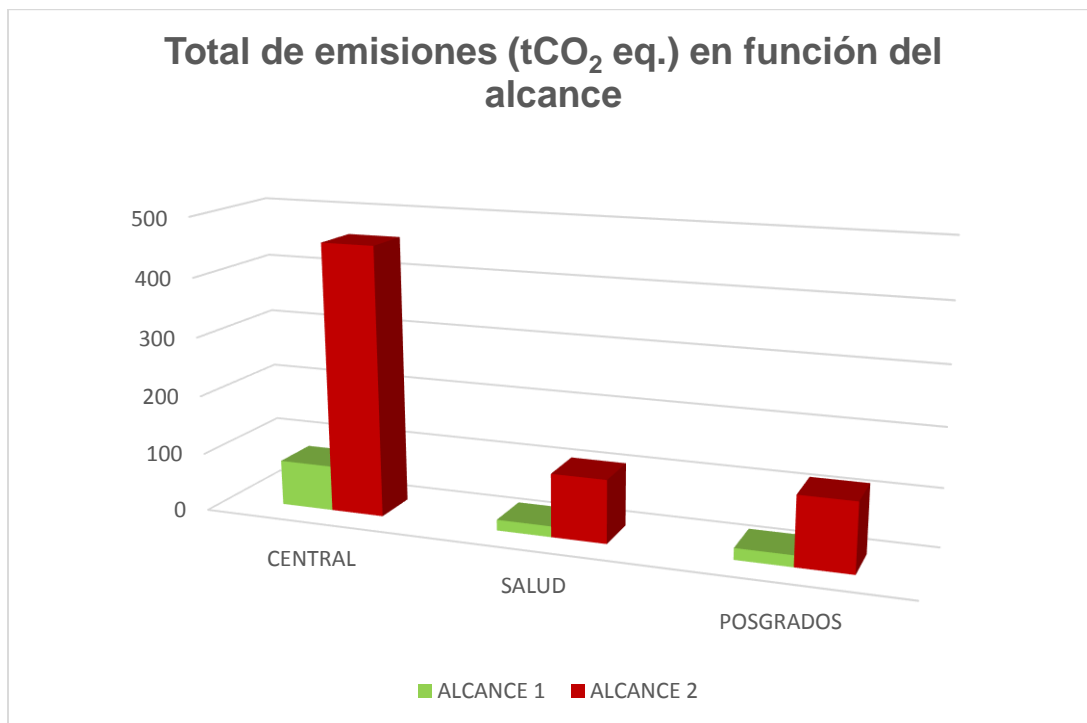


Figura 4-5: Histograma de barras del total de emisiones (tCO₂ eq.) registrada por sede, en función del alcance.



La Tabla 4-10 contiene el total de emisiones por tipo de generación para cada sede de la USCO. El histograma de la Figura 4-6 evidencia una mayor concentración de emisiones debido al uso de la red eléctrica. Finalmente, la Figura 4-7, ratifica de nuevo mayores afectaciones de emisión (tCO₂ eq.) para la sede Central de la USCO.

Tabla 4-10: Tabulación del total de emisiones (tCO₂ eq.) por tipo de generación.

| SEDE | Emisiones por combustión de gasolina (tCO ₂ eq.) | Emisiones por combustión de ACPM (tCO ₂ eq.) | Emisiones por consumo de energía eléctrica (tCO ₂ eq.) |
|--|---|---|---|
| Central | 14,8697 | 63,0489 | 458,198 |
| Salud | 3,5493 | 15,0555 | 108,398 |
| Posgrados | 3,7762 | 15,9978 | 118,409 |
| Total de emisiones por tipo de generación | 22,1952 | 94,1022 | 685,0050 |

Figura 4-6: Histograma del total de emisiones (tCO₂ eq.) en función del tipo de generación.

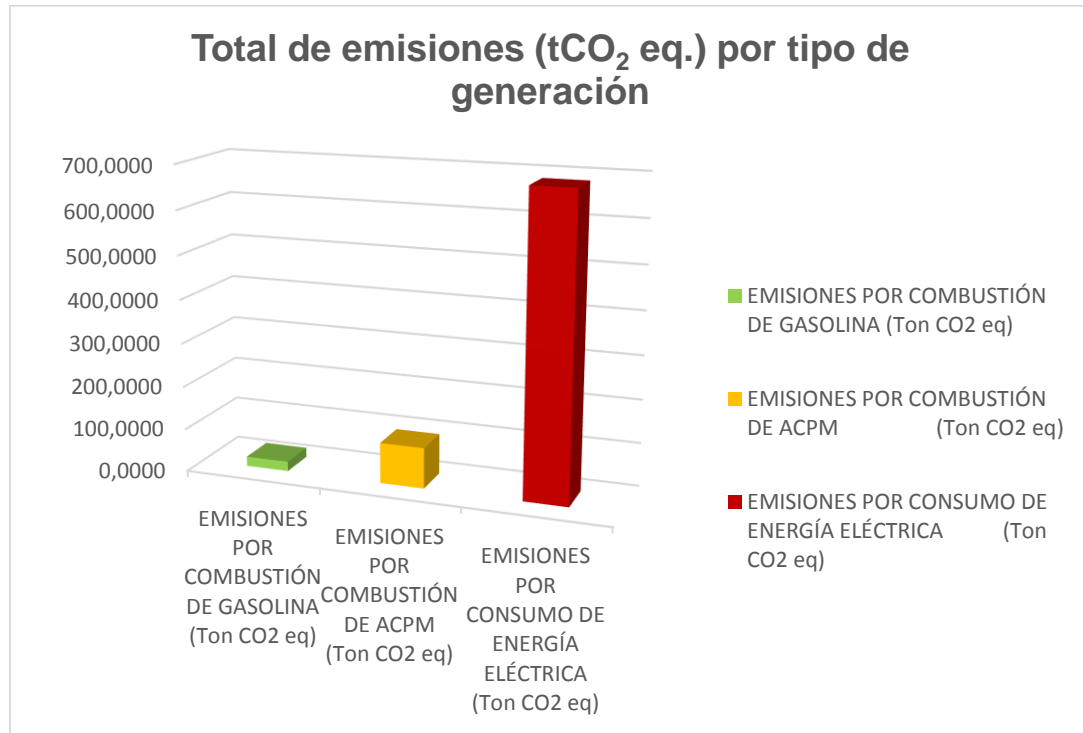
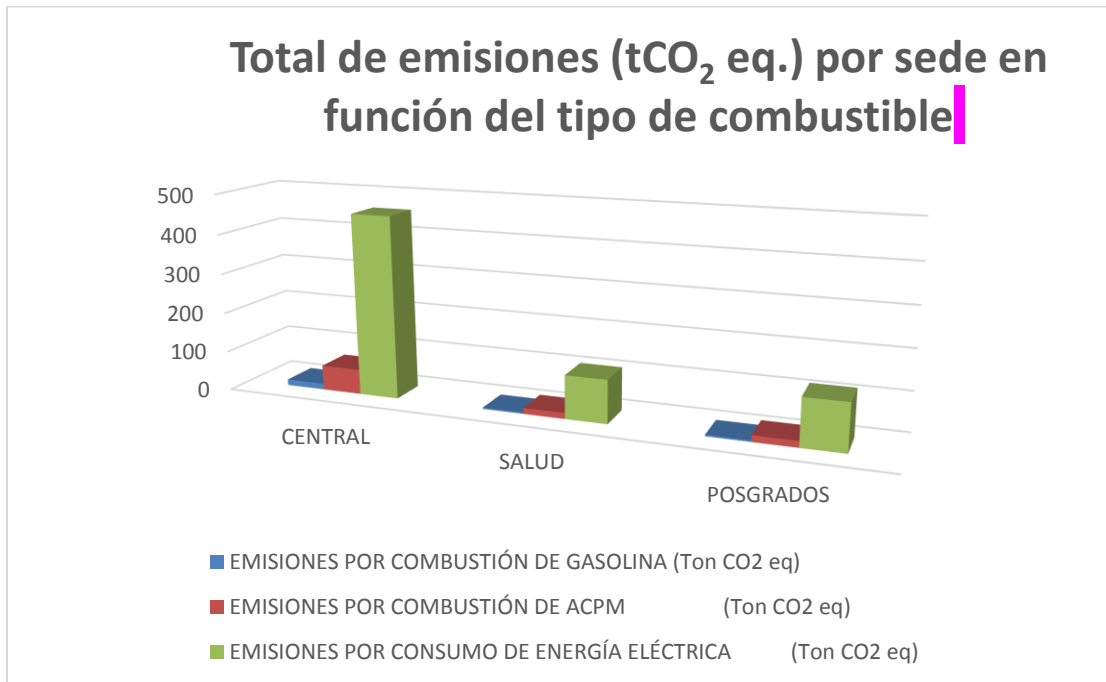


Figura 4-7: Histograma del total de emisiones (tCO₂ eq.) registrada para cada sede de la USCO, en función del tipo de generación.



5. Alternativas de compensación y análisis de resultados

Esta sección contiene una serie de protocolos y alternativas para la compensación de las emisiones causadas por la Universidad Surcolombiana. Los cálculos obtenidos para los alcances 1 y 2, en el capítulo 4, son la base para el desarrollo de las siguientes alternativas.

5.1 Determinación de la cantidad de árboles a sembrar necesaria para la compensación de las emisiones generadas por parte de la Universidad Surcolombiana

5.1.1 Árboles y CO₂

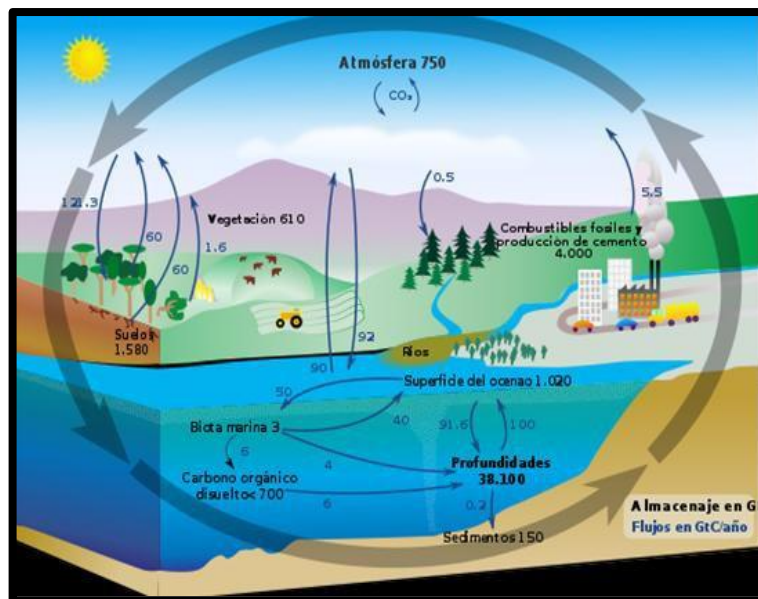
De acuerdo con Luis Jairo Silva Herrera en su documento Fijación de CO₂ por parte de los árboles urbanos propuesta para un programa de captura para Bogotá D.C., el Panel intergubernamental de bosques, ha tratado el tema del cambio de uso de tierras y forestería (La cual no solo valora la sostenibilidad ecológica, sino que también reconoce las necesidades sociales y económicas de las comunidades rurales locales, que pueden lograrse a través de la producción de una diversidad de bienes y servicios comercializables que van desde alimentos hasta farmacéuticos y de combustible hasta forraje), como una de las formas de mitigar el efecto invernadero, al emplear la capacidad de los árboles en fijar dióxido de carbono y estudiar la vulnerabilidad de los mismos ante los cambio climáticos, (Silva, 2005).

Las plantas mediante el proceso fotosintético, extraen el carbono de la atmósfera (representado en dióxido de carbono) para convertirlo en biomasa. Posterior a esto dicha biomasa se descompone formando el suelo (humus) o CO₂.

5.1.2 Ciclo del carbono

De acuerdo con lo expresado por parte del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, con base en lo expuesto por la FAO, los recursos forestales juegan un papel importante en el cambio climático, siendo los árboles unos de los principales sumideros de carbono, al absorber el dióxido de carbono (CO₂) y fijarlo en biomasa, (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Figura 5-1: Esquema gráfico del ciclo del carbono.



Fuente: Macías, 2016.

Así mismo, de acuerdo con lo expresado por este Ministerio, según el Banco Mundial, la deforestación representa hasta un 20% de las emisiones globales de gases efecto invernadero, que contribuyen al calentamiento global y, con ello al cambio climático; esta cifra es similar a la generada por el sector transporte.

5.1.3 Sumideros de carbono

Un sumidero de carbono hace referencia a un sistema que extrae de la atmósfera un gas y lo almacena. De acuerdo con Carvajal, las formaciones vegetales actúan como sumideros de Carbono, debido a que la fotosíntesis es su función vital.

De igual manera la captación de CO₂ por los ecosistemas vegetales terrestres, constituye un componente importante en el balance global de Carbono. En una escala mundial, la fijación de la biosfera terrestre es considerada de cerca de 2'000.000 toneladas/año. (Asociación Española de la Industria Eléctrica, 2005).

Según lo expresado por Álvarez, 2009, la captura de CO₂ atmosférico, ocurre particularmente durante el desarrollo de los árboles, porque cuando los árboles llegan a su madurez total, capturan solo una mínima parte de CO₂.

Dávila, 2010, expresa en el documento: *Estudio prospectivo de la captura de carbono (CO₂) con la instalación de 200 Has de bosques de eucalipto, en la provincia Daniel Carrión, región de Pasco 2010-2020*, que aproximadamente de 42 – 50% de la biomasa de un árbol (materia seca) es carbono, y que tal como fue expresado en el párrafo anterior, únicamente existe una captura neta de carbono mientras el árbol se encuentra en su etapa de desarrollo y alcanza su madurez.

Así mismo, de acuerdo con este autor, para calcular la captura de carbono de carbono hecha por el árbol, es necesario tener en cuenta el periodo en el que el bosque alcanza su madurez. De igual manera que los índices de captura de carbono varían de acuerdo con el tipo de árboles, topografía y prácticas de manejo del bosque.

Es importante resaltar, que una tonelada de carbono en la madera de un árbol o de un bosque, equivale a 3,5 tCO₂ atmosférico aproximadamente. Una tonelada de madera con 45% de carbono contiene 450 kg de carbono y 1515 kg de CO₂.

5.1.4 Alternativas de compensación de las emisiones generadas por la Universidad Surcolombiana, en sus sedes ubicadas en Neiva

Dentro del plan de regularización de la Universidad Surcolombiana de Neiva, se encuentran proyecciones de expansión de la planta física. Debido a esto, la oficina de gestión ambiental de la Universidad Surcolombiana, que es el ente encargado del manejo de todo lo referente a la parte ambiental de la institución, tomó la decisión de no utilizar los terrenos de la Universidad, para hacer reforestación como método de compensación de

tipo ambiental, permitiendo únicamente hacer intervenciones de paisajismo y ornamentación.

La función de reforestar, como compensación al perjuicio ambiental que pueda ocasionar la Universidad, está delegado a corporaciones autónomas, las cuales se encargan de imponer el costo ambiental de dicha compensación; es decir, ellos son los que deciden la cantidad y el tipo de especie que la Universidad debe suministrar para realizar el proceso de reforestación.

Sin embargo, en el presente documento, se muestra un ejemplo de lo que podría ser una compensación del daño ambiental ocasionado por las emisiones de CO₂ de la Universidad Surcolombiana de Neiva, mediante 2 alternativas:

- a) La siembra de especies comunes de la región.
- b) La siembra de árboles tropicales para la captura de carbono, en el departamento de Vichada.

Para la compensación de las emisiones totales que han sido estimadas en este proyecto, y las cuales fueron generadas en el año 2016 como resultado de las actividades desarrolladas, por las tres sedes de la Universidad Surcolombiana ubicadas en la ciudad de Neiva, se formularon las siguientes alternativas para la compensación de dichas emisiones:

5.1.4.1 Compensación de emisiones mediante la siembra de especies nativas comunes de la región

A. Formulación de la alternativa:

Para el desarrollo de la alternativa se tendrán en cuenta especies encontradas comúnmente en la región. Fueron identificadas como las más comunes, las siguientes especies:

- *Ficus sp.*
- *Triplaris americana.*

- *Guazuma ulmifolia*.
- *Cecropia sp.*

5.1.4.2 Cálculo de la capacidad de adsorción de CO₂ de las especies mencionadas

Para el cálculo o estimación de las absorciones de las formaciones vegetales, fue utilizada la metodología presentada por parte del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, del gobierno de España, y donde se establece la necesidad de conocer algunas características de las especies, a ser utilizadas para la absorción de CO₂; los datos necesarios para la estimación del CO₂ retirado de la atmósfera por árbol, son:

- Volumen maderable con corteza (V_{cc}): el cual es el volumen con corteza del fuste, es decir, del tronco del árbol sin considerar las ramas ni raíces.
- Densidad (D): tonelada de materia seca (tms) por metro cúbico de árbol recién cortado.
- Factor de expansión de la Biomasa (BEF, por sus siglas en inglés): parámetro o función que permite estimar el volumen aéreo de un árbol a partir de su volumen maderable, al multiplicar el V_{cc} por el BEF, se obtiene el volumen total del árbol.
- Factor R: relación entre la biomasa aérea y las raíces.
- Factor FC: factor de conversión de tonelada de materia seca (tms) a tonelada de carbono, fijada por el IPCC en 0,5 tC/t materia seca.
- 44/12: proporción molecular para pasar de Carbono a dióxido de carbono.

Esto nos dará las herramientas necesarias para determinar la cantidad de CO₂ acumulada, con la ecuación (Ec. 17).

$$cantidad\ de\ CO_2\ acumulada\ \left(\frac{tCO_2}{\text{árbol}}\right) = (V_{cc} * D * BEF) * (1 + R)FC * 44/12$$

..... (Ec. 17)

Para la estimación de la absorción de CO₂, los datos relacionados en la **Tabla 5-1**, contienen la Densidad (D), el Factor de expansión de la Biomasa (BEF), el Factor R y el Factor FC, fueron tomados del documento del Panel Intergubernamental del Cambio

Climático, denominado “*Good Practice Guidance for Land Use, Land – Use Change and Forestry*, (IPCC, 2003).

Tabla 5-1: Datos de Densidad, Factor de expansión de la Biomasa, factor R y factor FC, para las especies seleccionadas.

| ESPECIE | DENSIDAD (D) | FACTOR DE EXPANSIÓN DE LA BIOMASA (BEF) | FACTOR (R) | FACTOR (FC) |
|----------------------------|--------------|---|------------|-------------|
| <i>Ficus sp</i> | 0,32 | 2,0 – 9,0 | 0,24 | 0,5 |
| <i>Triplaris Americana</i> | 0,56 | 2,0 – 9,0 | 0,24 | 0,5 |
| <i>Guazuma Ulmifolia</i> | 0,52 | 1,2 – 4,0 | 0,24 | 0,5 |
| <i>Cecropia sp</i> | 0,36 | 2,0 – 9,0 | 0,24 | 0,5 |

Fuente: IPCC, 2003.

Estos datos fueron establecidos por parte del Panel Intergubernamental de Cambio Climático, teniendo en cuenta los promedios de altura o de edad de las especies allí identificadas.

En cuanto al valor del volumen maderable con corteza (Vcc), es necesario utilizar la ecuación (Ec. 18), conocida como ecuación de Huber.

$$volumen (m^3) = \text{área} (m^2) * \text{largo del fuste} (m) \dots\dots\dots (Ec. 18)$$

Por lo tanto, para determinar el área de la ecuación (Ec. 18), es necesario aplicar la ecuación (Ec. 19) del área basal (AB), ya que esta hace referencia a cualquier sección transversal del árbol, (Organización Bosque Natural, 2016).

$$AB = \frac{\pi * D^2}{4} = 0,7854 D^2 \dots\dots\dots (Ec. 19)$$

5.1.4.3 Estimación de número de árboles necesarios para realizar la compensación

Para la estimación de los árboles necesarios para realizar la compensación del total de las emisiones de CO₂ eq., generadas por parte de la Universidad Surcolombiana,

fue necesario tener en cuenta que las especies absorberán la cantidad de CO₂ determinada como “Cantidad de CO₂ acumulada”, hasta el momento que la altura del fuste corresponda a la especificada en el cálculo.

Por tal motivo, para aquellas especies que cuenten con datos promedios, tal como la *Triplaris americana* y la *Guazuma ulmifolia*, la cantidad de árboles necesaria, será calculada con base en la cantidad de CO₂ acumulada para ese promedio, ya que se entiende que al momento que la especie cuente con las características expuestas, alcanzará su capacidad máxima de absorción de CO₂.

Así mismo, para las especies *Cecropia sp* y *Ficus sp*, y las cuales cuentan con datos específicos de longitud del fuste y de BEF para dos estadios característicos (Juventud y adultez), el cálculo de los árboles necesarios para la compensación, será realizado con base en los datos obtenidos para su etapa joven; debido a que se entiende que al alcanzar los datos para este estadio, la especie alcanza la mayor absorción de CO₂ y posterior a esta empieza a absorber la cantidad de CO₂, determinada con los datos característicos relacionados con la etapa de la adultez.

La ecuación (Ec. 20), es implementada para para determinar el número de árboles necesarios a sembrar, por especie:

$$\text{número de árboles de la especie } X = \frac{\text{emisiones de CO}_2 \text{ a ser compensadas}}{\text{Cantidad de CO}_2 \text{ acumulada por la especie}} \dots\dots\dots (\text{Ec. 20})$$

Los datos obtenidos por especie son:

- *Triplaris americana*:

Para la especie *Triplaris americana* (AB_{TA}), el diámetro a la altura del pecho y el cual sirve para el cálculo del área basal es de 17,5 cm o 0,175 m (Serrano et al., 2014).

Aplicando la ecuación (Ec. 19):

$$AB_{TA} = \frac{\pi(0,175)^2}{4} = 0,7854 * (0,175)^2 = 0,024 m^2$$

Luego, con los resultados obtenidos y con la información de la Tabla 5-2, se logra aplicar la ecuación de Huber (Ec. 18), para calcular el volumen maderable con corteza de la especie *Triplaris americana* ($volumen_{TA}$):

$$volumen_{TA} = 0,024 * 7 = 0,168 m^3$$

Tabla 5-2: Longitud promedio y máxima de la especie *Triplaris americana*.

| ESPECIE | LONGITUD DE FUSTE PROMEDIO (m) |
|----------------------------|--------------------------------|
| <i>Triplaris americana</i> | 7 |

Fuente: Serrano et al., 2014.

Ahora, aplicando la ecuación (Ec. 17), se obtiene la cantidad de CO₂ acumulado, en promedio por árbol de la especie *Triplaris americana* ($cantidad\ de\ CO_2\ acumulada_{TA}$).

$$cantidad\ de\ CO_2\ acumulada_{TA} = (0,168 * 0,56 * 3,4) * (1 + 0,24) * 0,5 * \frac{44}{12} = 0,729 \frac{tCO_2}{\text{árbol}}$$

Finalmente, la ecuación (Ec. 20), determina el número de árboles de la especie *Triplaris americana* ($número\ de\ árboles_{TA}$), necesarios para llevar a cabo la compensación.

$$número\ de\ árboles_{TA} = \frac{801,3024\ tCO_2}{0,729 \frac{tCO_2}{\text{árbol}}} = 1.099\ árboles$$

- *Cecropia sp:*

Para la especie *Cecropia sp*, se obtuvieron los datos del diámetro a la altura del pecho – DAP- (a una altura de 1,3 m de la base) y la longitud del fuste, para especies jóvenes y especies maduras, estos datos se muestran a continuación en la

Tabla 5-3.

Tabla 5-3: Valores de DAP y Fuste para especies jóvenes y maduras de la especie *Cecropia sp.*

| ESPECIE | DAP (m) | FUSTE JOVEN (m) | FUSTE MADURO (m) |
|--------------------|------------|--------------------|---------------------|
| <i>Cecropia sp</i> | 0,3 | 5 | 10 |

Fuente: Cenicafé, 2017.

Aplicando la ecuación (Ec. 19), se obtiene el área basal para la especie *Cecropia sp* (AB_{Csp}).

$$AB_{Csp} = \frac{\pi(0,3)^2}{4} = 0,7854 * (0,3)^2 = 0,071 \text{ m}^2$$

Luego, con los resultados obtenidos y con la información de la Tabla 5-3, se logra aplicar la ecuación de Huber (Ec. 18) para calcular el volumen maderable con corteza de una especie joven de *Cecropia sp* ($volumen_{Csp}$):

$$volumen_{Csp} = 0,071 * 5 = 0,353 \text{ m}^3$$

En este caso para determinar la cantidad de CO₂ acumulado de la especie *Cecropia sp* ($cantidad \text{ de } CO_2 \text{ acumulada}_{Csp}$), se utiliza como valor BEF, el mayor del rango. Debido a que de acuerdo a lo expresado por parte del IPCC: “El límite superior de la escala representa bosques jóvenes o bosques con poca madera en pie; los límites inferiores de la escala aproximan los valores de los bosques adultos o con mucha madera en pie”, obteniendo la absorción de CO₂ por árbol joven de la especie *Cecropia sp*.

$$cantidad \text{ de } CO_2 \text{ acumulada}_{Csp}$$

$$= (0,353 * 0,36 * 9,0) * (1 + 0,24) * 0,5 * 44/12$$

$$= 2,60 \frac{\text{Ton } CO_2}{\text{árbol}}$$

Finalmente, la ecuación (Ec. 20), determina el número de árboles de la especie *Cecropia sp* (*número de árboles_{Csp}*), necesarios para llevar a cabo la compensación.

$$\text{número de árboles}_{Csp} = \frac{801,3024 \text{ tCO}_2}{2,60 \frac{\text{tCO}_2}{\text{árbol}}} = 308 \text{ árboles}$$

- *Ficus sp*:

Para la especie *Ficus sp*, se tienen datos del árbol sobre del diámetro a la altura del pecho DAP- (a una altura de 1,3 m de la base) y la longitud del fuste, para especies jóvenes y especies maduras. Los datos se muestran a continuación en la Tabla 5- 4.

Tabla 5- 4: Valores de DAP y fuste para especies jóvenes y maduras de la especie *Ficus sp*.

| ESPECIE | DAP (m) | FUSTE JOVEN (m) | FUSTE MADURO (m) |
|-----------------|------------|--------------------|---------------------|
| <i>Ficus sp</i> | 0,8 | 12 | 15 |

Fuente: Cenicafé, 2017.

Aplicando la ecuación (Ec. 19), se obtiene el área basal para la especie *Ficus sp* (AB_{Fsp}).

$$AB_{Fsp} = \frac{\pi(0,8)^2}{4} = 0,7854 * (0,8)^2 = 0,503 \text{ m}^2$$

La ecuación de Huber (Ec. 18) es implementada para calcular el volumen maderable con corteza de la especie *Ficus sp* ($volumen_{Fsp}$):

$$volumen_{Fsp} = 0,503 \text{ m}^2 * 12\text{m} = 6,032 \text{ m}^3$$

En este caso para determinar la cantidad de CO₂ acumulado, se utiliza como valor BEF, el mayor del rango.

cantidad de CO₂ acumulada_{FSP}

$$= (6,032 * 0,32 * 9,0) * (1 + 0,24) * 0,5 * 44/12$$

$$= 39,493 \frac{tCO_2}{\text{árbol}}$$

Finalmente, la ecuación (Ec. 20), determina el número de árboles de la especie *Ficus sp* (*número de árboles_{FSP}*), necesarios para llevar a cabo la compensación.

$$\text{número de árboles}_{FSP} = \frac{801,3024 \frac{tCO_2}{\text{árbol}}}{39,493 \frac{tCO_2}{\text{árbol}}} = 20 \text{ árboles}$$

- *Guazuma ulmifolia*:

Para la especie *Guazuma ulmifolia* (*AB_{GU}*), el diámetro a la altura del pecho y el cual sirve para el cálculo del área basal es de 34,7 cm o 0,347 m (Serrano et al., 2014).

Aplicando la ecuación (Ec. 19):

$$AB_{GU} = \frac{\pi(0,347)^2}{4} = 0,7854 * (0,347)^2 = 0,095 \text{ m}^2$$

Luego, con los resultados obtenidos y con la información de la Tabla 5- 5, se logra aplicar la ecuación de Huber (Ec. 18), para calcular el volumen maderable con corteza de la especie *Guazuma ulmifolia* (*volumen_{GU}*):

$$volumen_{GU} = 0,095 * 4 = 0,378 \text{ m}^3$$

Tabla 5- 5: Longitud promedio y máxima de la especie *Guazuma ulmifolia*.

| ESPECIE | LONGITUD DE FUSTE PROMEDIO (m) |
|--------------------------|--------------------------------|
| <i>Guazuma ulmifolia</i> | 4 |

Fuente: Serrano et al., 2014.

Ahora, aplicando la ecuación (Ec. 17), se obtiene la cantidad de CO₂ acumulado, en promedio por árbol de la especie *Guazuma ulmifolia* (*cantidad de CO₂ acumulada_{GU}*).

cantidad de CO₂ acumulada_{GU}

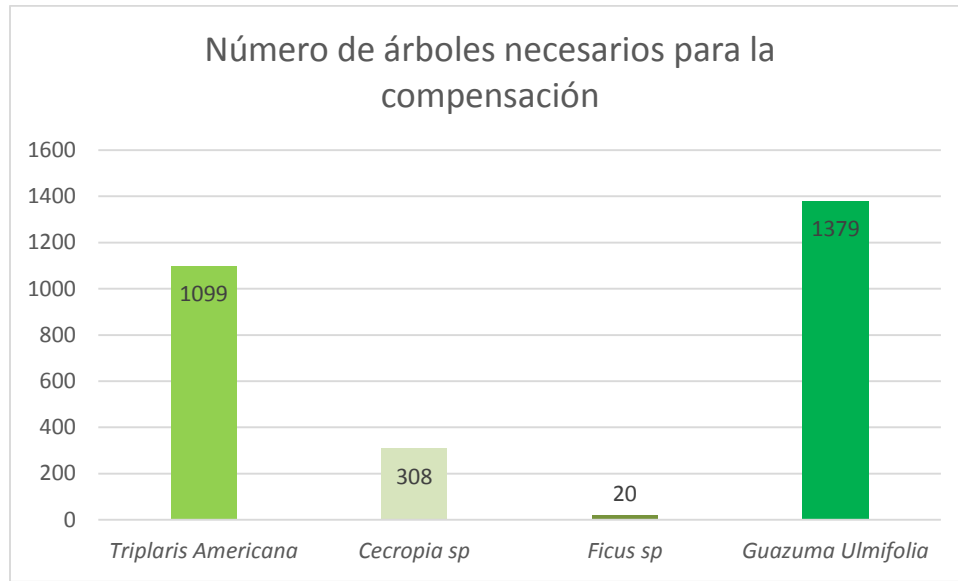
$$\begin{aligned} &= (0,378 * 0,52 * 1,3) * (1 + 0,24) * 0,5 * 44/12 \\ &= 0,581 \frac{tCO_2}{\text{árbol}} \end{aligned}$$

Finalmente, la ecuación (Ec. 20), determina el número de árboles de la especie *Guazuma ulmifolia* (*número de árboles_{GU}*), necesarios para llevar a cabo la compensación.

$$\text{número de árboles}_{GU} = \frac{801,3024 tCO_2}{0.581 \frac{tCO_2}{\text{árbol}}} = 1.379 \text{ árboles}$$

La Figura 5-2, ilustra un histograma de barras donde se resume la cantidad total de árboles necesarios, por especie, para la compensación por emisiones de CO₂. Es evidente que el mayor número de árboles necesarios están asociados a las especies *Guazuma ulmifolia* y *Triplaris americana*.

Figura 5-2: Histograma de barras del número de árboles, por especie, necesarios para la compensación por emisiones de CO₂.



5.1.4.4 Compensación de emisiones mediante la siembra de árboles tropicales para la captura de carbono, en el departamento de Vichada. Esta alternativa es desarrollada por un tercero

Esta alternativa contempla la siembra de árboles tropicales en la zona del Vichada, dicha siembra es desarrollada por parte de un tercero independiente, (CO₂ Tropical Trees, 2011).

De acuerdo con esta compañía: “Los árboles tropicales representan el 95% de árboles base que capturan carbono en nuestro planeta. Algunas especies son más eficientes que otras. Los mejores resultados para la remoción de carbono puede ser logrado con especies introducidas como *Acacia mangium* y *Eucalipto pellita* (CO₂ Tropical Trees, 2011).

De igual forma expresan que: “Estos árboles capturarán un promedio de 22.6 kg de carbono por árbol por año en los primeros 10 años de sus vidas. Como resultado, aproximadamente más del 50% de la biomasa de la madera de los árboles tropicales está compuesta de carbono, (CO₂ Tropical Trees, 2011).

La compañía hace referencia, a la existencia de la opción de sembrar las especies que ellos manejan, por un ciclo de 10 años, absorbiendo de manera anual 0,0226 toneladas, lo que daría un total de 3546 árboles por un periodo de 10 años, para una absorción total de 801.396 tCO₂ eq.

También se cuenta con la posibilidad de sembrar especies nativas con un ciclo de 15 años, absorbiendo anualmente 0,0184 tCO₂, lo que daría un total de 4.355 árboles por un periodo de 15 años para una absorción total de 801.320 tCO₂ eq.

5.2 Análisis de datos

Se presentan como una serie de aspectos que se podrían realizar en un futuro para emprender investigaciones similares o fortalecer la investigación realizada.

5.2.1 Emisiones Alcance 1

De acuerdo con los resultados obtenidos en la estimación de emisiones de CO₂ eq., para alcance 1 y entre las cuales fueron contempladas, aquellas producidas por el consumo de combustibles fósiles (ACPM y/o gasolina), para vehículos propiedad de la universidad, se puede ver que para este alcance, la mayor representatividad de las emisiones, se debe al uso de combustibles como el ACPM, representando estas el 81% de las emisiones para alcance 1 y el 12% de las emisiones totales generadas durante el 2016 por la Universidad Surcolombiana, en sus sedes de Neiva.

5.2.2 Emisiones Alcance 2

Por otro lado, las emisiones alcance 2 y las cuales incluyeron las emisiones totales por el consumo de energía eléctrica, proveniente de la red eléctrica nacional, representaron el 85% de las emisiones totales generadas por la Universidad Surcolombiana, en el 2016. Lo que indica que para el año base de la medición, el alcance 2 es el que cuenta con la mayor representatividad de generación de emisiones de CO₂ eq.

5.2.3 Compensación de las emisiones

En cuanto a la compensación de las emisiones de CO₂ eq., generadas por parte de

la Universidad Surcolombiana y sus alternativas de compensación se establecieron dos alternativas; la primera a ser desarrollada con especies comunes de la región en la cual, de acuerdo con los cálculos desarrollados los árboles requeridos para la compensación de las emisiones de CO₂ totales, generadas por la Universidad Surcolombiana, en el 2016, requieren una cantidad de árboles significativamente más baja, a la requerida en el caso de hacer una compensación por medio de siembra de árboles y con la intervención de un tercero independiente en el proceso. Así mismo, tenemos que en la primera alternativa de compensación, la especie que compensa una mayor cantidad de emisiones de CO₂, es la de *ficus sp*, teniendo en cuenta que en el caso de compensar las emisiones de CO₂ eq. generadas por parte de la Universidad en el 2016, solo se requeriría de 20 árboles para la compensar la totalidad de las emisiones generadas. Mientras que de las especies seleccionadas, la que representa el mayor número de árboles necesarios para la compensación de las emisiones, es la relacionada con la *Guazuma ulmifolia*, al requerir 1.379 árboles para la compensación total de las emisiones.

En cuanto a la segunda alternativa, esta requiere para la compensación de dichas emisiones un total de 3.546 árboles tropicales, por un periodo de cultivo de 10 años, mientras que requeriría o 4.355 árboles nativos, por un periodo de cultivo de 15 años.

6. Conclusiones y recomendaciones

A continuación se presentan las conclusiones obtenidas mediante el desarrollo del presente proyecto, y algunas recomendaciones a tener en cuenta en futuras investigaciones relacionadas con el tema.

6.1 Conclusiones

- El diagnóstico de fuentes de emisión de la Universidad Surcolombiana fue realizado implementando la guía del Greenhouse Gas Protocol o GHG Protocol, para las subsedes ubicadas en la ciudad de Neiva. A diferencia de las sedes municipales, las subsedes de la ciudad de Neiva concentran un número de población representativo estadísticamente para el desarrollo de una línea base de evaluación de emisiones, ejecutada en este proyecto.
- Los cálculos de las fuentes y compensación de emisiones se realizaron con datos emitidos por la Oficina de Gestión Ambiental de la Universidad Surcolombiana. Adicionalmente, otras cifras y metodologías de empresas y ciudades nacionales e internacionales se tuvieron en cuenta para complementar la información faltante y así garantizar un buen procesamiento y tratamiento de los datos.
- La subsede USCO con mayor concentración de emisiones directas (alcance 1) es la subsede Central con 779,186 tCO₂ eq., siendo el 81% de las emisiones directas relacionadas al uso del ACPM respecto al uso de la gasolina. Por su parte, las subsedes Salud y Posgrados tienen valores totales de emisiones directas cerca de los 19,000 tCO₂ eq. y la mayor concentración también está asociada a la combustión por ACPM y no al uso de la gasolina.

- La sede USCO con mayor concentración de emisiones indirectas (alcance 2) es la sede Central con 458,198 tCO₂ eq. Por su parte, las subsedes Salud y Posgrados presentan cifras similares, alrededor de 115,0 tCO₂ eq., para las emisiones ocasionadas por el consumo de energía eléctrica.
- La subsele USCO con mayor concentración de emisiones directas e indirectas (alcance 1 y 2) es la subsele Central con 536,1166 tCO₂ eq., siendo casi cuatro veces el valor total obtenido de las emisiones de la subsele Posgrados (127,0028 tCO₂ eq.), y Salud (138,1830 tCO₂ eq.), respectivamente.
- Las emisiones directas (alcance 1) representan una menor afectación respecto a las emisiones indirectas (alcance 2). La subsele Central corresponde a la sede más afectada en ambos tipos de alcances y el esto se explica debido a que la sede Central contiene un mayor número de población característica del estudio.
- Los cálculos de compensación fueron desarrollados de acuerdo con la información establecida por parte del Panel Intergubernamental de Cambio Climático. De igual forma se recurrió a la metodología del cálculo de la cantidad absorbida de CO₂, del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino del gobierno de España, ya que este es uno de los países con mayor claridad metodológica para el desarrollo de estas estimaciones.
- Se propone la compensación de las emisiones con la siembra de las especies de árbol: *Ficus sp*, *Triplaris Americana*, *Guazuma Ulmifolia*, *Cecropia sp*. Los cálculos de compensación son hechos en base a 801,3024 tCO₂ eq., que corresponde al total de emisiones directas e indirectas de todas las subsedes Neiva de la USCO.
- Los cálculos de compensación son hechos en base a 801,3024 tCO₂ eq., valor que corresponde al total de emisiones directas e indirectas de todas las sedes de la USCO; planteando dos alternativas de compensación de las emisiones teniendo mayor viabilidad la siembra de las especies de árbol: *Ficus sp*, *Triplaris Americana*, *Guazuma Ulmifolia*, *Cecropia sp* en relación a la segunda alternativa desarrollada por un tercero ya conocida.

- El tiempo estimado de crecimiento, la longevidad del árbol, las características del suelo en función al crecimiento del árbol, la morfología del árbol son algunas de las características que influyen en el número de árboles necesario entre cada especie.
- Los cálculos presentados en este proyecto son un valioso aporte para la comunidad universitaria USCO, ya que representan las primeras aproximaciones de valores de estimación de emisiones de CO₂ eq. y protocolo de siembra para la compensación de las emisiones generadas en las subsedes Neiva.
- Los resultados que presentó el estudio se convierten en un valioso aporte para la comunidad universitaria USCO, ya que representan las primeras aproximaciones de valores de estimación de emisiones de CO₂ eq. y el primer protocolo de compensación respecto a las emisiones generadas en sus sedes de la ciudad de Neiva.

6.2 Recomendaciones

- La Coordinación Ambiental de La Universidad Surcolombiana, debe incluir dentro de su plan de acción, temas relacionados con el cambio climático y como la universidad está afrontando y manejando este tipo de temáticas, ya que este aspecto está cobrando una gran importancia, no solo a nivel nacional sino a nivel local y se ha convertido en un plus para las organizaciones o instituciones al momento no solo de ser referente en el mercado, sino también al generar alianzas estratégicas de cooperación académico, investigativo, entre otras.
- Es necesario que los datos de actividad (consumos de energía eléctrica, consumos de combustible fósiles y de otro tipo), sean manejados por la coordinación de gestión ambiental de la Universidad Surcolombiana, con el fin de aumentar su disponibilidad y poder generar desde dicha coordinación, acciones que contribuyan a la gestión, reducción y mitigación de los impactos generados por este tipo de consumos.

- Se deben establecer estrategias que contribuyan a la generación de conciencia por parte del personal administrativo de la universidad, con el fin de que estos entiendan que los aspectos ambientales en la institución representan una temática en la cual la universidad debe incursionar, no solo en temas académicos de puertas hacia afuera, sino también en lo relacionado con la gestión interna de los mismos.
- La Universidad Surcolombiana, al ser una universidad con gran reputación y tradición en el país, debe empezar a realizar acciones específicas de gestión (establecimiento de líneas bases, control periódico de aspectos ambientales, entre otros), enfocadas a la inclusión de la institución en iniciativas ambientales y de sostenibilidad, tales como Universidades sostenibles, UI Green Metric World University Ranking, entre otros, y los cuales ya cuentan con participación de Universidades de nuestro país.
- Se considera importante continuar con estudios complementarios en donde se tengan en cuenta las estimaciones de emisión Alcance 3 las cuales incluyan el parque automotor flotante existente en las diferentes sedes de la USCO con la implementación de herramientas metodológicas que precisen la obtención de datos; permitiendo ampliar el horizonte y brindar nuevas herramientas para que el SGA pueda diseñar estrategias más contundentes que contribuyan al proceso que se ha iniciado en temas de sostenibilidad.

Bibliografía

Acuerdo N° 026 de 2009. (2009). Plan de Ordenamiento Territorial de Neiva – POT.

Agencia de Noticias UN. (2016). La UN sube figuración en ranking verde mundial.

Agencia de Noticias UN. (2018). La UN sube figuración en ranking verde mundial. <http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/la-un-sube-figuracion-en-ranking-verde-mundial.html>

Agencia de Noticias UN. (2015). La UN Palmira, pionera en medir su huella de carbono. <http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/cat/video/article/la-un-palmira-pionera-en-medir-su-huella-de-carbono.html>

Aguilar, S. (2011). Los Estándares ISO y la Medición de Huella de Carbono. Foro sobre cambio climático. <http://www.ambienteycomercio.org/los-estandares-iso-y-la-medicion-de-huella-de-carbono/>

Álvarez, K. (2009). Lo necesario para respirar y mantenerse vivos mediante la fotosíntesis. <http://procesodelafotosintesis.blogspot.com/>

Amaya, L. A. G., Behrentz, E., Ardila, A., y Osses, M. (2006). Estimación del inventario de emisiones de fuentes móviles para la ciudad de Bogotá e identificación de variables pertinentes.

Organización Bosque Natural. (2016). Cálculo del área basal - Área Basal y distribución de Frecuencias por Clase Diamétrica. <http://amazoniaforestal.blogspot.com/2011/10/medicion-de-diametro.html>

Benavides, H. (2007). Información técnica sobre Gases de efecto invernadero y el cambio climático.

Oficina Asesora de Planeación de la Universidad Surcolombiana. (2016). Boletín Estadístico 2016. Preliminares 2017 – 1 Universidad Surcolombiana. <https://drive.google.com/file/d/0B40mUarcgigwMjRxdDRRSjJPOUE/view>

Bolin B., Döös, B.R., Jager J., y Warrick R.A. (1986). The greenhouse effect, climate change and ecosystems.

Borda, A. C. (2014). Estimación de emisiones de CO₂ eq. alcance 1 y 2, generadas en las sedes de la Universidad de la Salle en Bogotá y su esquema de compensación. Universidad de La Salle Bogotá.

Caparrós, A. (2007). El informe Stern sobre la Economía del Cambio Climático. Ecosistemas.

CEPAL. (2010). Metodologías de cálculo de la Huella de Carbono y sus potenciales implicaciones para América Latina. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. <http://www.cepal.org/es/publicaciones/37288-metodologias-calculo-la-huella-carbono-sus-potenciales-implicaciones-america>

CAM. (2016). Plan de acción 2016-2019: Mecanismos de seguimiento y evaluación. Corporación Autónoma del Alto Magdalena. 6, 119.

Cardenete, M. y Delado, C. (2013). Análisis de la economía andaluza con la matriz de contabilidad social de Andalucía del año 2005. 64, 11–32.

Cenicafé. (2017). Centro Nacional de investigaciones del café. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. https://www.federaciondecafeteros.org/clientes/es/buenas_noticias/el_centro_nacional_de_investigaciones_del_cafe_cenicafe_y_sus_investigadore/

Correa, P. (2016). En 20 años Colombia aumentó en 15% sus emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Periódico El Espectador. <https://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/20-anos-colombia-aumento-un-15-sus-emisiones-de-gases-d-articulo-663749>

CO2 Tropical Trees. (2011). Trees. <https://www.co2tropicaltrees.com/>

Dávila, R. J. (2010). Estudio prospectivo de la captura de carbono (CO₂) con la instalación de 200 has de bosques de eucalipto, en la provincia Daniel Carrion, región de Pasco 2010-2020. *Universidad Nacional Hermilio Valdizan*. Perú.

Departamento del Tesoro del Reino Unido. (2007). The economics of climate change. The Stern review.

Díaz, F. (2015). Reporte Calculo de Huella de Carbono 2013 FCFM.

Echeverri, C.A. (2006). Estimación de la emisión de gases de efecto invernadero en el municipio de Montería (Córdoba, Colombia). *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 5(9), 85-96. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S169233242006000200008&script=sci_arttext&tlng=es

Emanuel, W.R., Shugart, H.H., y Stevenson M.L. (1985). Climate change and the broad-scale distribution of terrestrial ecosystem complexes. *Clim Change* 7: 29-43. 24. <https://link.springer.com/article/10.1007%2F00139439?LI=true>

Embata LTDA. (2017). Importancia del cambio climático. Argentina. <https://www.importancia.org/cambio-climatico.php>

Gallo, G. V. (2012). Medición de huellas de carbono y eficiencia energética en Empresa Papelera Colombiana. ISO 690. <http://red.uao.edu.co/handle/10614/3209>

Giraldo, A. (2005). Estimación del inventario de emisiones de fuentes móviles para la ciudad de Bogotá e identificación de variables pertinentes.

Gobernación del Huila. (2014). Plan de cambio climático Huila 2050: preparándose para el cambio climático. http://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/nodo_centro_andino/Huila_2050-Plan_de_Cambio_Climatico_2x1.pdf

González, E., Jurado M., Ybarra, E., Aguirre Calderón O., Jiménez Pérez, J., y Nívar Cháidez J. (2003). Cambio climático mundial: origen y consecuencias. Ciencia UANL. http://eprints.uanl.mx/1287/1/cambio_climatico.pdf

Green Peace Organization. (2008). Campaña desarrollada por Green Peace en pro de tomar acciones para la mitigación del cambio climático. Stop climate change.

Hermosilla, A. (2014). Huella de Carbono en la Universidad Politécnica de Cartagena: En Busca de la Ecoeficiencia. Universidad Politécnica de Cartagena.

IDEAM. (2015). Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (GEI) Colombia.

Inhobe. (2012). Guía metodológica para la aplicación de la norma UNE-ISO 14064-1:2006 para el desarrollo de inventarios de gases de efecto invernadero en organizaciones. http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/contenidos/documentacion/uneiso14064/es_def/adjuntos/PUB-2012-019-f-C-001_guia%20UNE-ISO%20castV3.pdf

Inhobe. (2013). Metodologías para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero. http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/contenidos/documentacion/7metodologias_gei/es_def/adjuntos/7%20METODOLOGIAS-CALCULOGEIS-CAST.PDF

IPCC. (2003). "Good practice guidance for land use, land-use change and forestry". Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme.

ISO. (2006). ISO 14064:2006 - Gases de efecto invernadero. International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14064:-1:ed-1:v1:es>

ISO. (2011). ISO 14066:2011-Gases de efecto invernadero - Requisitos de competencia para los equipos de validación y de verificación de gases de efecto invernadero. International Organization for Standardization.

ISO. (2013). ISO 14065:2013 - Gases de efecto invernadero - Requisitos para los organismos que realizan la validación y la verificación de gases de efecto invernadero, para su uso en acreditación u otras formas de reconocimiento. International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14065:ed-2:v1:es>

ISO (2013). ISO/TS 14067:2013 - Gases de efecto invernadero - Huella de carbono de productos - Requisitos y directrices para cuantificación y comunicación. International

Organization for Standardization. <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:ts:14067:ed-1:v1:es>

Jiménez, L. (2015). Enfoques metodológicos para el cálculo de la Huella de Carbono. Observatorio de la sostenibilidad en España (OSE)

Konstantinidis, E. M. (2016). El acuerdo climático de París: luces y sombras del nuevo régimen mundial climático. Informe ambiental anual FARN. 29–42. <https://farn.org.ar/wp-content/uploads/2016/07/El-acuerdo-climático-de-París.pdf>

Lídice, T., Robinson, T., y Andrés, S. A. (2016). Huella de carbono en Santa Marta, Colombia: Análisis desde el enfoque de los determinantes sociales de la salud - 2014, 325–337.

Macías, E. (2016). Análisis de la materia y la energía – Tema: ciclo del carbono. <https://es.slideshare.net/citlalypezinasalinas/ciclo-del-carbono-58177289>

Mas, J. L., Rico, I. L., y Nodal, P. M. (2012). Cálculo de la huella ecológica en universidades cubanas. Caso de estudio: Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.

Ministerio de Ambiente. (2012). Construcción Colectiva de la Estrategia Nacional REDD+. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Colombia. http://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/Reed_/110213_cartilla_redd_construccion_colectiva.pdf

Ministerio de Ambiente. (2015). Colombia Hacia la COP 21. Plantilla cambio climático. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Colombia. <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/1784-plantilla-cambio-climatico-46>

Naciones Unidas. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.1992

Natura. (2016). El Acuerdo de París - así actuará Colombia frente al cambio climático. Fundación Natura. <https://es.slideshare.net/FundacionNatura1/el-acuerdo-de-pars-as-actuar-colombia-frente-al-cambio-climtico>

Nieto, M. I., Guzmán, M. L., y Steinaker, D. (2014). Emisiones de gases de efecto invernadero: simulación de un sistema ganadero de carne típico de la región central Argentina. RIA. Revista de investigaciones agropecuarias, 40(1), 92-101. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1669-23142014000100014

Oficina Asesora de Planeación. (2017). Boletín Estadístico Universidad Surcolombiana 2016. Universidad Surcolombiana.

ONU. (1972). Conferencia de Nacionales unidas sobre el medio ambiente humano. Estocolmo, Suecia. Organización de Naciones Unidas.

ONU. (1987). "Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono". Organización de Naciones Unidas. http://www.mma.gob.cl/1304/articles-49410_Protocolo_Montreal.pdf

ONU. (1992). Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC). Organización de Naciones Unidas.

ONU. (2013). Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Organización de Naciones Unidas. <https://www.un.org/ruleoflaw/es/un-and-the-rule-of-law/united-nations-environment-programme/>

ONU. (2014). Conferencia sobre Cambio Climático - COP 20. Lima, Perú. Organización de Naciones Unidas.

Ordóñez, J. A., y Masera, O. (2001). Captura de carbono ante el cambio climático. *Madera y bosques*, 7(1), 3-12.

Peters, R. L., y Darling D. S. (1985). The greenhouse effect and nature reserves. *BioScience*. 35(11): 707-717. <http://connection.ebscohost.com/c/articles/8500005018/greenhouse-effect-nature-reserves>

Potter y Bright. (2011). *Understanding the Global Climate with Measurements and Data*. National instruments.

Pwc. (2017). Elaboración del Inventario de Gases de Efecto Invernadero. Price Water House Coopers. <http://www.pwc.com/mx/es/servicios-sustentabilidad/elaboracion-inventarios-gases-efecto.html>

Ranganathan, J. (2015). Protocolo de gases efecto invernadero: Estandar Corporative de Contabilidad y Reporte. Mexico. <http://doi.org/10.13140/RG.2.1.4015.7523>

Sagarpa. (2012). Instancias y organismos internacionales. Gobierno de México. <http://20062012.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/cambioclimatico/Instancias%20e%20Instituciones%20Internacionales.pdf>

Sala, A. G., Hitos, V. M., Collado, F. M., y Manzano, J. V. (2010). Estudio de herramientas adecuadas para medir las emisiones de gases de efecto invernadero municipales. Acta, X Congreso Nacional de Medio Ambiente, Madrid. <http://www.conama10.vsf.es/conama10/download/files/CT%202010/1000000279.pdf>

Secretaria del Tratado Antártico. (2016). El protocolo al tratado antártico sobre protección del medio ambiente. <http://www.ats.aq/s/ep.htm>

Secretaría Distrital de Ambiente Subdirección de Políticas y Planes Ambientales. (2015). Guía para el cálculo y reporte de Huella de Carbono Corporativa. Secretaría de medio ambiente y desarrollo, Colombia. http://www.ambientebogota.gov.co/en/c/document_library/get_file?uuid=f64a7ccd-8a76-4d0d-b6de-33a3f08576fc&groupId=586236

Sherwood, K., y Idso, C. (2010). Of droughts and megadroughts in North America. *CO₂science*. 13, 43.

Serrano, J., Andrade, H., y Mora, J. (2014). Caracterización de la cobertura arbórea en una pastura del trópico seco en Tolima, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*. 25, 99-110.

Silva, L.J. (2005). Fijación de CO₂ por parte de los árboles urbanos, propuesta para un programa de captura para Bogotá. D.C. Encuentro internacional de arborización.

SINIA. (2018). Normas protocolo Kyoto. Convención del marco de las Naciones Unidas para el Cambio. Sistema Nacional de Información Ambiental. Ministerio de Ambiente Perú.

UNESCO. (2011). Educación sobre el Cambio Climático para el Desarrollo Sostenible. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. París, 3.

Universidad de Indonesia. (2010). UI Green Metric World University Ranking. <http://greenmetric.ui.ac.id>. <http://greenmetric.ui.ac.id/overall-ranking-2010/>

Universidad de Indonesia. (2016). UI Green Metric World University Ranking. <http://greenmetric.ui.ac.id>. <http://greenmetric.ui.ac.id/overall-ranking-2016/>

UNFCCC. (2007). La hoja de ruta de Bali. United Nations Framework Convention on Climate Change. http://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/la_convencion/conferencias/bali/items/6211.php

Universidad Surcolombiana. (2017). Portal web: misión y visión. <https://www.usco.edu.co/es/la-universidad/mision-y-vision/>

University College London y Universidad de los Andes. (2013). Caracterización de la contaminación atmosférica en Colombia. <https://www.prosperityfund.uniandes.edu.co/site/wpcontent/uploads/Caracterizaci%C3%B3n-de-la-contaminaci%C3%B3n-atmosf%C3%A9rica-en-Colombia.pdf>

Uranga, O. R. (2012). Criterios de selección de un estándar para la medida de la huella de carbono.

Tvnoticias. (2016). Huila, departamento con menos emisión de gases de efecto invernadero. <https://www.tvnoticias.com.co/index.php/2016/11/08/huila-departamento-con-menos-emision-de-gases-de-efecto-i>

World Resources Institute. (2012). Product life cycle accounting and reporting standard ICT sector guidance. *Greenhouse gas protocol – GHG Protocol*.