



**Determinación de la huella de carbono: de la empresa NÚCLEOS E INVERSIONES FORESTALES DE COLOMBIA S.A para sus emisiones directas e indirectas según la metodología GHG Protocolo para el año 2022**

Dayana Arias Castro  
Mariana Estefanía Ocampo  
Melissa Londoño Rodríguez

Trabajo de grado presentado para optar al título de Administrador Ambiental y Sanitario

Asesor  
Luis Ariel Trejos Melchor, Especialista (Esp) en Gestión ambiental

Universidad de Antioquia  
Facultad Nacional de Salud Pública Héctor Abad Gómez  
Administración Ambiental y Sanitaria  
Puerto Berrío, Antioquia, Colombia  
2024

<b>Cita</b>	Arias Castro, Ocampo Jiménez y Londoño Rodríguez (1)
<b>Referencia</b>	(1) Arias Castro D, Ocampo Jiménez ME, Londoño Rodríguez M. Determinación de la huella de carbono: de la empresa NÚCLEOS E INVERSIONES FORESTALES DE COLOMBIA S.A para sus emisiones directas e indirectas según la metodología GHG Protocolo para el año 2022 [Trabajo de grado profesional]. Puerto Berrío, Colombia. Universidad de Antioquia; 2024.
<b>Estilo Vancouver/ICMJE (2018)</b>	



Biblioteca Seccional Magdalena Medio (Puerto Berrío)

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

---

## **Dedicatoria**

A nuestros queridos padres, por su amor incondicional y su apoyo inquebrantable.  
Gracias por estar siempre a nuestro lado, impulsándonos a alcanzar nuestros sueños.  
Este logro también es de ustedes.

## **Agradecimientos**

Expresamos nuestra profunda gratitud a nuestros estimados asesores y jurados por su orientación experta, dedicación y valiosos aportes en la realización de este trabajo. Su guía y apoyo fueron fundamentales para alcanzar este logro.

---

## Tabla de contenido

Resumen .....	8
Abstract .....	9
Introducción .....	10
1.1. Antecedentes del problema .....	15
1.2 Descripción del problema .....	19
1.3 Pregunta de investigación .....	23
2. Justificación .....	23
3. Objetivos .....	25
3.1 Objetivo general .....	25
3.1. 1. Objetivos específicos .....	25
4. Marco de referencia.....	27
4.1. Marco conceptual .....	30
4.1.1. Calentamiento Global.....	30
4.1.2. Huella de Carbono.....	30
4.1.3. Procesos de transformación primaria de productos forestales .....	31
4.1.4. Ciclo del carbono .....	31
4.1.5. Gases de efecto invernadero.....	32
4.1.6. Metodologías para la huella de carbono.....	33
4.1.7. Guía para el cálculo de la huella de carbono.....	35
4.1.8. Transformación primaria de la madera.....	35
4.1.9. Bonos de carbono .....	36
4.2. Marco territorial.....	36
4.3. Marco normativo y legal.....	41

---

4.3.1. Marco normativo.....	41
4.3.2. Marco legislativo.....	44
4.4. Marco institucional.....	47
5. Metodología .....	49
5.1. Identificación de procesos.....	52
5.2. Límites organizacionales .....	53
5.3. Determinación de límites operacionales .....	53
5.4. Recolección, Revisión y verificación de la información.....	54
5.5. Cálculo de huella de carbono .....	55
5.6. Presentación y divulgación de resultados.....	58
6. Resultados .....	61
6.1. Descripción del proceso de la planta.....	61
6.1.1 Aserrió .....	62
6.1.2 Selección de trozas y descortezado .....	63
6.1.3 Selección y Clasificación.....	64
6.1.4 Secado.....	65
6.1.5 Impregnación e inmunización de la madera.....	66
6.1.6 Descortezado.....	67
6.1.7 Cilindrado.....	68
6.1.8 Logística de transporte interno.....	70
6.2 Límites organizacionales .....	71
6.3 Límites operacionales.....	72
6.4 Recolección, Revisión y verificación de la información.....	72
6.4.1 Selección Año base.....	73
6.4.2 Sistema de unidades.....	74

---

6.5	Selección de los factores de emisión de GEI .....	74
6.5.1	Factores de emisión para el combustible. ....	74
6.5.2	Factores de emisión para la electricidad. ....	75
6.5.3	Potenciales de calentamiento global. ....	75
6.6	Cálculo de la huella de carbono .....	76
6.6.1	Alcance I .....	77
6.6.2	Alcance II .....	85
6.7	Presentación y divulgación de Resultados .....	88
6.8	Análisis de resultados .....	92
7	Opciones de compensación GEI .....	95
13.	Conclusiones .....	97
8	Referencias.....	98
9.	Anexos.....	104

---

## Lista de tablas

<b>Tabla 1.</b> Marco de referencia.....	28
<b>Tabla 2.</b> Marco Normativo .....	41
<b>Tabla 3.</b> Marco Legislativo .....	44
<b>Tabla 4.</b> Marco Legislativo.....	50
<b>Tabla 5</b> Factores de emisión sacados del FECOC .....	56
<b>Tabla 6</b> Alcances GHG Protocol .....	71
<b>Tabla 7.</b> Potencial de calentamiento global .....	76
<b>Tabla 8.</b> Trayectos para el transporte de madera.....	77
<b>Tabla 9.</b> Consumo de combustible tipo de vehículo en galones .....	78
<b>Tabla 10.</b> Consumo de combustible por trayecto (Galón).....	79
<b>Tabla 11.</b> Consumo de Madera (Ton) por mes - 2022 .....	82
<b>Tabla 12.</b> Consumos de Combustible: Camiones transporte de madera - empresa Núcleos e Inversiones Forestales de Colombia S.A.....	83
<b>Tabla 13.</b> Consumos de Combustible Fuentes Móviles Núcleos e Inversiones Forestales de Colombia S.A.....	84
<b>Tabla 14.</b> Cantidad de horas trabajadas por maquinaria alcance I.....	85
<b>Tabla 15.</b> Consumos de Energía de la empresa Núcleos e Inversiones Forestales de Colombia S.A.....	86
<b>Tabla 16.</b> <i>Cantidad de maquinaria para alcance II</i> .....	87
<b>Tabla 17.</b> Emisiones directas fuentes móviles.....	89
<b>Tabla 18.</b> Emisiones indirectas- Consumo energía eléctrica (KWh) Planta Núcleos de Madera año 2022.....	90
<b>Tabla 19.</b> Emisiones directas e indirectas Año 2022 .....	91

## Resumen

El aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y el calentamiento global han generado preocupación a nivel mundial. En Colombia, el gobierno y diversas organizaciones buscan reducir las emisiones de GEI y aumentar la capacidad adaptativa al cambio climático. La bioeconomía forestal se presenta como una solución para mitigar el cambio climático y conservar la biodiversidad. Empresas como Núcleos e Inversiones Forestales de Colombia S.A. han implementado la metodología GHG Protocol para calcular su huella de carbono y reducir su impacto ambiental. El sector forestal tiene un papel crucial en la mitigación del cambio climático y el cumplimiento de los compromisos internacionales de reducción de emisiones.

**Palabras clave:** Huella de Carbono, Huella de Carbono empresarial, Carbono Neutro, Calculo huella de carbono en sector maderero, Emisiones GEI.



---

## Abstract

The increase in greenhouse gas (GHG) emissions and global warming have generated concern worldwide. In Colombia, the government and various organizations seek to reduce GHG emissions and increase adaptive capacity to climate change. The forest bioeconomy is presented as a solution to mitigate climate change and conserve biodiversity. Companies like Nucleos e Inversiones Forestales de Colombia S.A. have implemented the GHG Protocol methodology to calculate their carbon footprint and reduce their environmental impact. The forestry sector has a crucial role in mitigating climate change and meeting international emissions reduction commitments.

**Keywords:** Carbon Footprint, Business Carbon Footprint, Carbon Neutral, Carbon footprint calculation in the timber sector, GHG Emissions.

---

## Introducción

Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) han aumentado significativamente los últimos años, el promedio de la temperatura de la Tierra es ahora 1,1 °C más elevada que a finales del siglo XIX, a nivel mundial, la preocupación crece por la necesidad de abordar el cambio climático y reducir las emisiones para limitar el calentamiento global. Muchas países, empresas y organizaciones están tomando medidas para reducir sus emisiones y cumplir con los objetivos del Acuerdo de París. Se están promoviendo fuentes de energía más limpias, la eficiencia energética y la adopción de prácticas sostenibles en diversos sectores. (1)

En Colombia, el gobierno y algunas organizaciones han reconocido la importancia de abordar las emisiones de GEI. Existe El Programa Nacional de Carbono Neutralidad y Resiliencia Climática liderado por la Dirección de Cambio Climático y Gestión del Riesgo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible tiene como objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en Colombia y aumentar la capacidad adaptativa al cambio climático de los territorios y sectores económicos, por medio del fortalecimiento de capacidades del sector público, privado y la sociedad civil en acciones de medición y mitigación de emisiones de GEI y adaptación al cambio climático. Lo anterior va en línea con las metas de reducción del 51% de las emisiones de GEI a 2030 y de alcanzar el carbono neutralidad en Colombia al año 2050, estipuladas en la Contribución Nacionalmente Determinada (NDC) del país, en la Estrategia Climática de Colombia de Largo Plazo (E2050) y en la ley 2169 de 2021; Dentro de las metas se encuentra implementar practicas más limpias en los sectores como la energía, el transporte y la industria, con el objetivo de avanzar hacia una economía más sostenible. (2)

El calentamiento global y los gases de efecto invernadero se han convertido en una gran problemática tanto para Colombia como el mundo, debido a los grandes impactos

que amenazan de forma agreste los ecosistemas, la biodiversidad, fauna, flora y sociedad.

Sin embargo, es importante reconocer los esfuerzos y compromisos que día a día los gobiernos y las instituciones realizan para la disminución de estos gases de efecto invernadero, asumiendo la responsabilidad de reportar su acción climática, Colombia se comprometió desde el momento en el que ratificó la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) en el año 1994. (4)

Por consiguiente, en busca de lograr las metas se hace necesario avanzar hacia una bioeconomía circular como una obligación con las personas y el planeta para ayudar a abordar los desafíos globales desde el cambio climático. En este sentido, la bioeconomía forestal tiene un papel clave que desempeñar, pues ofrece muchas oportunidades para apoyar la biodiversidad, ya que pone énfasis en mitigar el cambio climático, prevenir la deforestación y reforestar tierras agrícolas abandonadas y zonas degradadas (3)

Por tanto, la utilización de los bosques para productos forestales derivados y no derivados de la madera establece un interés económico para que los propietarios de los bosques y otros agentes interesados que se dediquen a la gestión forestal sostenible a fin de mantener y desarrollar sus recursos naturales y un valor ecológico a largo plazo, ya que es el camino para obtener ventajas competitivas e innovadoras en el mercado.

Por consiguiente, está la federación nacional de industriales de la madera, (Fedemaderas), quien representa al sector forestal y a todos los comercializadores de productos forestales a nivel nacional, uno de los objetivos de Fedemaderas es construir un país con vocación forestal que garantice el suministro de bienes y servicios a base de madera, garantizando de esta manera la disminución en la presión de los bosques

naturales y contribuyendo a las metas nacionales en la reducción de GEI por medio de la captura de carbono en especies forestales con fines comerciales.

Además, Fedemaderas se destaca por fomentar el manejo sostenible de los bosques naturales, adoptando un enfoque comunitario. Esto incluye el respaldo a los cultivos de plantaciones forestales comerciales, así como el apoyo a los transformadores primarios y secundarios de la madera, y los prestadores de servicios ecosistémicos. En este sentido, la agremiación forestal se esfuerza por establecer una red sólida de actores vinculados, promoviendo la colaboración empresarial y la conexión efectiva con el ecosistema, buscando un desarrollo sostenible del sector forestal.

Adicional a lo anterior, también se encuentra una importante relación entre la emisión de carbono y los productos forestales, esta se establece a través del ciclo de vida de los árboles y la madera. Pues los árboles durante su crecimiento absorben dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de la atmósfera a través de la fotosíntesis, y el carbono es almacenado en forma de biomasa. Sin embargo, Cuando estos árboles se utilizan para la producción de productos forestales, el carbono almacenado en la madera permanece fijado en el producto final.

Esta capacidad de la madera para retener carbono es significativa desde una perspectiva medioambiental, ya que contribuye a la mitigación del cambio climático, pues en lugar de liberar carbono a la atmósfera, la madera utilizada en productos forestales actúa como un reservorio de carbono a largo plazo. (3)

Es importante resaltar que, aunque los productos forestales fijan carbono, también su proceso productivo genera una serie de emisiones que deben ser contabilizadas, por lo tanto, calcular la huella de carbono es una herramienta clave para las empresas que sedeseen conocer la emisión de gases de efecto invernadero, así mismo, los resultados

---

deobtenidos son el insumo principal en la gestión de mitigación de cambio climático por parte de estas. (5)

La herramienta de cálculo de huella de carbono ofrece a las empresas una ventaja competitiva y un valor agregado a sus productos en comparación con otras en el mercado. La determinación de la huella de carbono posibilita el cálculo preciso de la totalidad de gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera, expresados en masa de dióxido de carbono equivalente. Este enfoque permite fortalecer significativamente el compromiso de las empresas de la industria forestal con la sostenibilidad ambiental.

El cálculo de la huella de carbono mediante la metodología Green House Gases – GHG Protocol permite a las empresas identificar cuáles son los aportes de los GEI para los alcances 1, 2, y 3, siendo de esta manera es más fácil plantear planes e inversiones que permitan la disminución de esas emisiones, por tal razón realizar un seguimiento en el proceso industrial para el caso de la madera en la empresa Núcleos E Inversiones Forestales De Colombia S.A permite el aporte de soluciones y correcciones, que beneficien tanto económicamente como ambientalmentelos intereses de la empresa.

Es importante reconocer este tipo de trabajos en el sector de transformación primaria de la madera. Teniendo en cuenta que han sido pocas las empresas que han decidido hacer parte de este cambio y aporte al medio ambiente en relación con la emisión de GEI, este sector se ha convertido en una de las industrias más importantes del país; Durante el desarrollo de este proyecto del cálculo de huella de carbono se utilizó la metodología GHG Protocol, la cual se ajustaba perfectamente con los objetivos trazados de recolectary procesar la información a fin de obtener el resultado de la huella de carbono en la empresa.(20)

Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones para que la empresa Núcleos e Inversiones Forestales de Colombia S.A reduzca las emisiones

contaminantes a la atmósfera y por consiguiente dar cumplimiento a los objetivos trazados.

---

## 1. Planteamiento del problema

### 1.1. Antecedentes del problema

Actualmente el mundo se enfrenta a los efectos del cambio climático, y se puede observar en el medio ambiente, y en los fenómenos que se presentan en la naturaleza, tales como: Aumento de la temperatura promedio de los océanos, modificación de los patrones naturales de precipitación, incremento e intensidad de huracanes, sequías prolongadas, disminución en la disponibilidad de agua para el consumo humano, pérdida de biodiversidad y cambios en la composición de los ecosistemas, entre otros; además, los científicos que han realizado investigaciones frente a esta problemática, están de acuerdo, en que es necesario trabajar de forma coordinada y establecer estrategias de mitigación como medidas de adaptación.

El “Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático”, en el que participan aproximadamente 1300 científicos de diferentes países, afirman que de seguir como vamos el aumento de temperatura será inminente, lo que repercute directamente en los cambios de temperatura, cambios en los patrones de precipitación, temporadas prolongadas sin heladas, aumento de sequías y olas de calor, así como los huracanes serán con mayor fuerza, el nivel del mar aumentará, y lo más probable es que los polos se derritan.(4)

Los efectos devastadores que se observan actualmente en el planeta son atribuidos principalmente a las actividades del hombre, debido al uso indiscriminado de combustibles fósiles y cambios del uso la tierra, generando una gran cantidad de gases de efecto invernadero, tales como; vapor de agua (H<sub>2</sub>O) (GEI), (dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), metano (CH<sub>4</sub>), y el ozono (O<sub>3</sub>), los cuales son emitidos a la atmósfera por parte de las industrias, quienes en el último siglo han presentado un crecimiento desaforado, trayendo consigo consecuencias negativas. Por tal motivo, se vio la

---

necesidad de tomar medidas urgentes para encontrar soluciones que mitiguen y subsanen esta problemática.

Según un informe del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, para el año 2019, las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero aumentaron y se situaron en un máximo histórico, lo que pone la alerta para todo el mundo.(4)

Teniendo en cuenta todo lo anterior, actualmente la medición de la huella de carbono (HC) ha surgido como una herramienta clave para la mitigación del cambio climático, puesto que a través de su cálculo se cuantifica la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), los cuales son liberados a la atmósfera, de forma directa o indirecta, ya sea por una actividad o entidad en particular, esta es expresada en cantidades de CO<sub>2</sub> equivalentes, y posteriormente a este trabajo, se dictan las medidas correctivas que se deben implementar con el fin de minimizar los GEI, emitidos a la atmósfera.(4).

Por tal motivo, las potencias mundiales han unido esfuerzos mediante infinidad de acciones en pro del cuidado del ambiente, adoptando políticas y acuerdos que establecen acciones para mitigar los impactos al ambiente ocasionados por sus actividades, sin embargo, a pesar de todo esto Las medidas implementadas deben ir más allá del establecimiento de políticas y regulaciones. (4)

Dentro de dichos esfuerzos realizados en el mundo, contamos con el Acuerdo París, el cual establece objetivos a largo plazo que funcionan como guía para todas las naciones, ayudan a reducir sustancialmente las emisiones de gases de efecto invernadero, limitan el aumento de la temperatura global en este siglo, al 2°C, teniendo claridad en que las medidas implementadas deben ir más allá del establecimiento de políticas y regulaciones. (4).



Por otro lado, a finales de 2020, cinco años después de haber presentado su primera NDC (Las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional, por sus siglas en inglés), Colombia actualizó sus metas climáticas de forma más ambiciosa, tal como lo establece el Acuerdo de París, para iniciar su proceso de implementación. El presidente de la República, Iván Duque Márquez, le anunció al mundo que el país reducirá en un 51 % las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) al año 2030, amparado en 184 acciones, objetivos, políticas y medidas concretas de mitigación y 30 medidas de adaptación. (4)

El Proyecto Ley de Acción Climática busca crear unas medidas mínimas a corto, mediano y largo plazo que le permitan al país alcanzar carbono neutralidad a 2050; es decir, que Colombia pueda compensar sus emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). (7)

En su NDC, como parte de sus metas de mitigación con la generación de GEI Colombia para el periodo 2020- 2030, se comprometió a emitir como máximo 169.44 millones de TonCO<sub>2</sub>eq en 2030, es decir, un equivalente a una reducción del 51% de las emisiones respecto a la proyección de emisiones en 2030 en el escenario de referencia. Donde se pretende iniciar con un decrecimiento en las emisiones entre 2027 y 2030 tendiente hacia la carbono-neutralidad a el año 2050. Además, el país también pretende establecer presupuestos de carbono a más tardar al 2023. También, busca reducir las emisiones de carbono negro del 40% respecto al nivel de 2014. (2)

En cada proceso productivo de las empresas, ya sean de gran o pequeña magnitud, hay generación de gases de efecto invernadero, debido a esto surge la necesidad de llevar a cabo un control de emisiones. Por su parte encontramos el CO<sub>2</sub> como el principal gas que contribuye al cambio climático, una de las tareas de mitigación y con la necesidad de reducir sustancialmente las emisiones de GEI para las próximas décadas, es

---

imprescindible contar con información precisa sobre dichas emisiones en las distintas actividades que se realizan en las empresas, para así obtener medición de Huella de Carbono. (10)

A partir de los resultados que arroje la medición de GEI, se inicia con el plan de acción a ejecutar por la empresa, que permita de alguna manera compensar y minimizar la cantidad de emisiones generadas en su actividad productiva, promoviendo así buenas prácticas ambientales e implementando nuevas tecnologías que ayuden en la disminución de la huella de carbono.

De acuerdo con lo anterior, podemos observar cómo en Colombia, existen empresas que vienen entendiendo el significado de ser sostenibles con el medio ambiente, y comienzan un proceso de migración al cambio. Donde es indispensable su participación para así, aportar al reto que se tiene como país, y es la reducción de GEI, ya anteriormente mencionado, de este modo, al día de hoy podemos evidenciar industrias tanto del sector de bienes y servicios que se han certificado como carbono neutro, lo cual indica que el compromiso, entre estas están; Oleoducto de los llanos orientales bicentenario de petróleos de Colombia, Postobón, Holcim, Greenland, Banco Bogotá, Fresh Market. (6)

Dicho esto, es de urgencia y de vital importancia que las empresas de los diferentes sectores productivos se acojan, al cumplimiento e implementación de los objetivos que promueve la ley 2169 de acción de climática del 22 de diciembre de 2021 en la cual se establecieron las metas y medidas mínimas intersectoriales a corto, mediano y largo plazo requeridas para alcanzar la meta carbono neutralidad, la resiliencia climática y el desarrollo bajo en carbono. En ese sentido, se establecen acciones concretas para hacerle frente al cambio climático de la mano de sectores como el de transporte,

---

ambiente y desarrollo sostenible, minas y energía, vivienda, ciudad y territorio, agropecuario, pesquero y desarrollo rural, y comercio, industria y turismo. (2)

Así mismo, todos estos sectores acogidos con esta ley dejarán de ser simples espectadores y empezaran actuar de una manera que permita contemplar y garantizar la visión y ejecución de medidas, que son fundamentales para lograr entrar en la categoría de “Carbono neutralidad y el desarrollo sostenible”, y así cumplir con las metas trazadas al año 2030. (2)

A pesar de la crisis mundial, se puede observar el compromiso de algunos países en relación con los estudios que realizan, como fue el caso de estudio desarrollado en Argentina, el cual tiene como título; **DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DE MADERA ASERRADA PRODUCIDA EN LA PROVINCIA. DE MISIONES (ARG)**, éste trabajo tuvo como objetivo principal la determinación de la Huella de Carbono - HC de madera aserrada seca producida en la provincia de Misiones. Se establece como objetivos secundarios, la descripción detallada de la metodología para el cálculo de HC y la comparación de producciones con distintos manejos forestales y el uso de diferentes tecnologías y su efecto en la emisión de GEI y en la HC. (7)

Los resultados arrojaron que el carbono almacenado en el producto final (madera aserrada), la huella se vuelve negativa, es decir que en ese caso el producto fija mucho más carbono que el que emite en los procesos de producción analizados. por lo que es de interés en el mundo trabajar con esta materia prima, y sobre todo conocer la importancia de mantenerla en el tiempo, enmarcando en el símbolo de la sostenibilidad. (7)

## 1.2 Descripción del problema

Colombia es un país con amplio potencial forestal; de acuerdo con Proexport (2012), hay 17 millones de hectáreas con aptitud forestal, distribuidas en varios pisos altitudinales, de las cuales solo se está usando el 2,06%. El sector maderero en Colombia no cuenta con una base de datos o sistema de información que le permita un control eficaz de las existencias de materia prima, del transporte, la comercialización y el manejo del recurso, a pesar de los esfuerzos de las entidades ambientales como Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MAMDS y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia - IDEAM. (8)

La industria manufacturera de productos maderables no ha sufrido grandes cambios en su capacidad instalada y nivel tecnológico desde 2016, con excepción de la puesta en operación de la primera fase (5 MW) de una planta de generación de energía eléctrica a partir de biomasa forestal y de al menos un clúster empresarial de micro y pequeños empresarios de la madera. Adicionalmente, las empresas integradas verticalmente cuentan con alrededor de 20 % del área de plantaciones forestales necesarias para asegurar la materia prima en sistemas de fomento con pequeños productores. Por otro lado, con base en los estudios de diseño detallados para la conformación de clústeres para la empresa mediana y grande, se adelanta la convocatoria para atraer a las empresas más prometedoras.

Los resultados esperados a 2030 en la industria manufacturera de transformación primaria de madera de Colombia ha expandido su capacidad instalada para usar los 17,5 Millones de metros cúbicos rollo (Mm3r) de madera de plantaciones forestales con fines comerciales que hay disponibles en 2030, luego de alcanzar 1,5 millones de hectáreas de este tipo de plantaciones en 2025 y completar el primer quinquenio de manejar esta superficie de manera sostenible. Aunque la expansión se ha dado con la última tecnología disponible y con la mayor escala posible sobre todo para los productos forestales maderables tradicionales (4 Mm3r equivalentes adicionales para pulpa de madera; 3,5 Mm3r equivalentes adicionales para tableros y 6 Mm3r equivalentes

adicionales para madera aserrada) y para la generación de energía a partir de biomasa forestal (1 Mm3r equivalentes), la disponibilidad de materia prima de alta calidad y a precios competitivos ha impulsado el desarrollo de la industria de productos maderables tradicionales de alto valor agregado o de elaboración secundaria (muebles, madera laminada, carpintería de obra y molduras, entre otros), lo cual contribuye con la mayor parte de las exportaciones del sector forestal colombiano. Se han constituido tres clústeres empresariales para la industria forestal grande y mediana:

1) Un clúster de aserraderos, tableros de madera y muebles en la región Caribe/Bajo Magdalena con fines de exportación; 2) Un clúster en la región Orinoquía de tableros de madera o pulpa/ papel y energía a partir de biomasa forestal para mercados nacionales y de exportación; 3) Un clúster de aserraderos, contrachapados y muebles en el Eje Cafetero.

Generalmente, la cadena de producción se inicia con los “corteros” o “tuqueros”; otros eslabones son: el “productor”, los depósitos o centros de acopio considerados como los grandes intermediarios; los transportadores. La línea de producción de estibas y embalajes que tiene una alta demanda de madera, actualmente está exigiendo madera de plantaciones forestales o de bosques naturales manejados sosteniblemente.

Según estudios realizados por el gobierno colombiano, el escaso desarrollo de la cadena productiva de las plantaciones forestales con fines comerciales, destinadas a la obtención de madera, presenta una problemática que se plantea superar en el horizonte de planeación 2016-2038. La visión proyectada establece que, para el año 2038, dicha cadena productiva estará completamente desarrollada y consolidada. En este escenario futuro, se espera que la contribución de estas plantaciones sea significativa, en relación con los principios de gestión forestal sostenible. (9)

Núcleos e Inversiones Forestales de Colombia S.A. Es una empresa del sector forestal que realiza transformación primaria de productos forestales en un proceso industrial, no ha contabilizado su huella de carbono y quiere incursionar al mundo de la sostenibilidad.

Debido a la necesidad que tienen las empresas en ser sostenibles y cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible - ODSes necesario determinar los impactos que influyen directamente en las emisiones de GEI con el objetivo de implementar acciones que permitan disminuir el aporte de GEI producto de sus actividades

Siendo una empresa de reconocimiento en el mercado, principalmente por la calidad en su materia prima (madera), para el que se han realizado estudios como el de determinación de la HC de madera aserrada seca producida en la provincia de Misiones, Argentina, que demuestran que dichos productos liberan emisiones de GEI mucho más bajas durante toda su vida útil, en paralelo con otros productos fabricados con diferentes materiales no renovables, por ejemplo, metales, pastas, entre otros.

Por lo que es de vital importancia que la HC, sea cuantificada para el sector de transformación primaria de la madera, como se ha revisado este producto tiene sus beneficios, también puede tener en algunos casos efectos adversos al medio ambiente, como lo es la tala de árboles lo cual contribuye a la deforestación, en caso de no contar con una gestión sostenible en la empresa que garantice la procedencia certificada de la madera.

Para la empresa aún no se han determinado acciones de mitigación que aporten a la disminución de la emisión de GEI, ya que es de acuerdo al resultado del cálculo de la

huella de carbono, que se hacen las propuestas de reducción, por eso es que la ejecución de este proyecto cobra mayor importancia a medida que avanza el tiempo.

### **1.3 Pregunta de investigación**

¿Cuál es la huella de carbono de la empresa NÚCLEOS E INVERSIONES FORESTALES DE COLOMBIA, para sus emisiones directas e indirectas según la metodología GHG Protocol para el año 2022?

## **2. Justificación**

Colombia al ser un país con una alta vulnerabilidad al cambio climático, indica la importancia del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), que reduciría la vulnerabilidad del país e incrementaría su capacidad de respuesta frente a las amenazas e impactos del cambio climático. Al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero los ecosistemas tienen más resiliencia y capacidad de adaptación, al igual que en el aspecto social se disminuye el riesgo y la vulnerabilidad, por consiguiente, las empresas tienen una gran responsabilidad corporativa de disminuir las actividades que generan algún impacto ambiental y social, siendo partícipe de alianzas y de políticas que se comprometen con estrategias de mejora contra el cambio climático. (10)

La preocupación internacional por las consecuencias adversas del cambio climático ha motivado a las organizaciones e instituciones a tomar medidas para conocer a fondo la dinámica de los gases de efecto invernadero, siendo la huella de carbono uno de los indicadores más reconocidos. Por lo anterior, la medición de la huella de carbono es importante cuantificarla ya que permite identificar medidas para prevenir, controlar, reducir o mitigar las emisiones y su impacto al medio ambiente.

Es por ello, que al realizar el proyecto de la determinación de la huella de carbono, los principales beneficiados será la empresa Núcleos e Inversiones Forestales de Colombia S.A, dedicada a la transformación de la materia prima en este caso la madera y sus usuarios, al realizar el cálculo y la determinación de la huella de carbono los datos y resultados obtenidos serán una herramienta importante que le permitirá establecer a la empresa índices de sostenibilidad ambiental, disminuyendo o retardando efectos del cambio climático; se detectarán ineficiencias en los procesos productivos, mejorará la eficiencia energética, el manejo de residuos, la trazabilidad y se agrega un plus de diferenciación competitiva en los mercados más exigentes. El desafío radica en ir gestando un modelo de producción y consumo más sostenible, caracterizado por energías limpias y disminución de GEI, cumpliendo los objetivos de la ley de cambio climático.

Por consiguiente, de no realizarse el cálculo de la huella de carbono, se estaría incumpliendo con los compromisos pactados la ley 2169 del 2021 Ley de Acción Climática, en la cual se establecieron las metas y medidas mínimas intersectoriales a corto, mediano y largo plazo requeridas para alcanzar el carbono neutralidad, la resiliencia climática y el desarrollo bajo en carbono. Así mismo al no tener un indicador ni una base de los residuos que son generados por sus actividades comerciales, como son la generación de Gases de Efecto invernadero, son inconscientes del daño medio ambiental que se está generando. Por ende, medir y reducir la huella de carbono es también trabajar por reducir y mitigar los riesgos ligados al cambio climático.

En la actualidad, se viene ejerciendo presión, tanto legal como social, para la reducción de las emisiones GEI y también una mayor demanda de productos duraderos

sostenibles, a lo cual, el sector forestal ha contribuido significativamente, puesto que se ha demostrado que los productos de madera se asocian con menores emisiones de



GEI durante todo su ciclo de vida en comparación con los productos fabricados con materiales no renovables. Es por esta razón que se deben fomentar tanto desde el sector privado como desde los gobiernos y los organismos internacionales la sustitución de productos de origen fósil o intensivos en GEI por productos madereros, evitando la competencia intersectorial en la que los productos forestales compiten con otros productos beneficiosos para el medio ambiente y fomentando la colaboración intersectorial. (11)

### **3. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo general**

Determinar la huella de carbono para las emisiones directas e indirectas generadas por las actividades productivas de la empresa NÚCLEOS E INVERSIONES FORESTALES DE COLOMBIA según la metodología GHG Protocol, conforme a ello, establecer recomendaciones y alternativas para la disminución de las emisiones GEI según los resultados obtenidos.

##### **3.1.1. Objetivos específicos**

- Calcular según la metodología GHG Protocol los límites operacionales, organizacionales y fuentes de emisión de las operaciones de la empresa Núcleose Inversiones Forestales de Colombia.
- Desarrollar un inventario del consumo energético, insumos y actividades susceptibles a generar emisiones para el año base seleccionado

- Diseñar calculadora para establecer la huella de carbono, mediante hoja decálculo.
- Establecer recomendaciones y alternativas para la disminución de las emisionesGEI según los resultados obtenidos.

#### **4. Marco de referencia**

Para el desarrollo del marco de referencia se ha realizado una exhaustiva revisión bibliográfica llevada a cabo en diversos portales académicos y fuentes especializadas. Este proceso de investigación se orientó hacia la identificación y recopilación de estudios nacionales e internacionales centrados específicamente en la formulación de un procedimiento operacional destinado a calcular de manera precisa la huella de carbono en el sector maderero.

Dicha revisión bibliográfica fue realizada con el objetivo de abarcar varias perspectivas, metodologías y enfoques empleados por expertos y estudiosos de renombre en el campo de la sostenibilidad y la industria forestal. Este análisis permitió identificar una serie de investigaciones relevantes y significativas que han sentado las bases teóricas y prácticas para el desarrollo del marco conceptual propuesto.

A continuación, se presenta una tabla que resume las investigaciones halladas durante este proceso de revisión:

**Tabla 1. Marco de referencia**

Lugar	Título	Objetivo general	Resultados	Metodología
Villa Nueva (Casanare e, Colombia) (12)	Evaluación de la Huella de Carbono en el proceso industrial de la madera y la unidad operativa Villa Nueva.	Calcular la huella de carbono para el proceso industrial de procesamiento de madera en una planta de producción en el municipio de Villanueva, Casanare. Mostrar la cantidad de gases de efecto invernadero que son despedidos a la atmósfera de forma directa o indirecta, en el proceso industrial de la madera.	Los medios de transporte (vehículos en la zona industrial), son los que más emisiones de GEI aportan con 149 toneladas de CO <sub>2</sub> eq, que constituyen el 99.64 % de las emisiones, la totalidad de los automotores que se utilizan en el proceso de aserrío en la empresa, utilizan ACPM y estos vehículos son mucho más contaminantes que sus homólogos de gasolina; los vehículos DIÉSEL son hasta cuatro veces más contaminantes, debido a los niveles muy superiores de dióxido de carbono, dióxido de nitrógeno y sus respectivas partículas en suspensión (entre un 15 y 25 % de las partículas que están en suspensión que se le atribuyen a los vehículos, son el producto del desgaste de frenos, embragues y neumáticos) que son unos de los principales contaminantes del aire.	La metodología GHG Protocolo, debido a que esta reúne las condiciones necesarias para los intereses que tiene Refocosta, que es el cálculo de la huella de carbono que produce su actividad comercial en la unidad operativa de Villanueva, Casanare. Esta metodología desarrolla el cálculo total de emisiones de gases de efecto invernadero de una empresa en un determinado espacio de tiempo, lo cual es conocido como un inventario de gases de carbono.
Provincia de Misiones (Argentina) (7)	Determinación de la huella de carbono de madera aserrada producida en la prov.	Objetivo principal la determinación de la HC de madera aserrada seca producida en la provincia Misiones, Argentina.	La huella de carbono para madera aserrada es de 67,51kg de CO <sub>2</sub> eq por m <sup>3</sup> , teniendo en cuenta las tres etapas (Plantación, Aserradero y transporte entre instalaciones). Si se tiene en cuenta el carbono almacenado en el producto final, es decir, en la madera aserrada, la huella se vuelve negativa con un valor de -757,49 kg de CO <sub>2</sub> eq por m <sup>3</sup> , es decir que en ese caso	Se utilizó una de las guías más reconocidas y utilizadas para el cálculo de la HC es la PAS 2050, desarrollada por el organismo europeo British Estándares Institución (BSI), la cual se basa en las normas ISO 14040 y 14044. Esta guía establece cuatro pasos para la

Lugar	Título	Objetivo general	Resultados	Metodología
	de misiones (Arg).		el producto fija mucho más carbono que el que emite en los procesos de producción analizados.	realización del cálculo de la HC (BSI, 2011): <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Determinación de los límites del sistema a estudiar y descripción de los flujos correspondientes al ciclo de vida del producto analizado.</li> <li>2) Recolección de datos.</li> <li>3) Cálculo de la HC.</li> <li>4) Interpretación de resultados.</li> </ol>
LIMA PERU (13)	cálculo de la huella de carbono en una empresa de fabricación e instalación de pisos de madera	Calcular las emisiones de gases de efecto invernadero de una empresa que fabrica e instala pisos machihembrados de madera, y posterior a ello, de manera específica, proponer medidas de reducción de emisiones y presentar lineamientos para alcanzar la neutralidad de la huella de carbono.	Los resultados muestran que la etapa de secado en horno representa la mayor contribución de emisiones de gases de efecto invernadero, tanto en el alcance 1 por la quema de biomasa para generar calor y en el alcance 2 por el consumo eléctrico de sus motores. La mayor reducción de emisiones se puede alcanzar a través de la corrección del factor de potencia en el sistema eléctrico instalando un batería de condensadores en la planta; cambiando el combustible de la caldera de madera a gas natural y mejorando las condiciones de operación de los hornos de secado. Con estas medidas se espera reducir por lo menos 30.5 Ton CO <sub>2</sub> eq del total de emisiones. La empresa evaluada podría acreditarse como carbono neutro realizando la gestión integral de su huella de carbono a través de la implementación de las medidas de reducción y compensación propuestas.	La metodología utilizada fue la propuesta por el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero: Estándar corporativo de contabilidad y reporte (GHG Protocol) de la WBCSD-WRISERNAMAT (2005). Asimismo, los factores de emisión de los gases de efecto invernadero e información validada se tomó del IPCC (2006).

## **4.1. Marco conceptual**

En este capítulo se mostrarán detalladamente los conceptos relacionados con el desarrollo del cálculo de la huella de carbono para el sector de transformación primaria de productos forestales, así mismo que las metodologías que se usan a nivel mundial para la determinación de la huella de carbono organizacional, para ello presentamos:

### ***4.1.1. Calentamiento Global***

Resulta del aumento del efecto invernadero, un proceso en el que la radiación térmica emitida por la Tierra queda atrapada en la atmósfera debido a los gases con ese efecto (GEI). Su presencia es natural y necesaria para mantener la temperatura del planeta en unos valores habitables. El problema es que las emisiones de gases como el metano o el óxido nitroso se han disparado en comparación con la era preindustrial. (14)

### ***4.1.2. Huella de Carbono***

La huella de carbono representa el volumen total de gases de efecto invernadero (GEI) que producen las actividades económicas y cotidianas del ser humano. Conocer el dato expresado en toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas, es importante para tomar medidas y poner en marcha las iniciativas necesarias para reducirla al máximo, empezando por cada uno de nosotros en nuestro día a día. (15)

#### **4.1.3. Procesos de transformación primaria de productos forestales**

Dentro del trabajo a realizar se resalta la importancia que tiene la medición de la Huella de Carbono para el sector maderero, ya que es un tema poco tratado en Colombia y en el mundo, este producto el cual conocemos como principal moderador de las emisiones de GEI, en su transformación para la materia prima de diferentes industrias, también realizan aportes de emisiones, por lo tanto, es importante cuantificar la Huella de Carbono y establecer medidas que permitan reducirla al máximo. (9)

Con el fin de entrar en contexto con el tema que comprende estos aspectos para el cálculo de la huella de carbono, se explican cada uno de los conceptos involucrados:

#### **4.1.4. Ciclo del carbono**

El ciclo de carbono es el ciclo biogeoquímico en el que el carbono viaja entre las diferentes atmósferas de la Tierra, son una serie de eventos básicos que componen la vida misma de la Tierra, el ciclo se basa en que el carbono en la Tierra siempre es el mismo el cual simplemente se recicla y rehúsa en la biósfera y los sumideros de carbono. El ciclo de carbono es una forma de cuantificar en términos numéricos la importancia que las plantas tienen en este ciclo. (17)

#### 4.1.5. Gases de efecto invernadero

- El dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ): El dióxido de carbono ingresa a la atmósfera a través de la quema de combustibles fósiles (carbón, gas natural y petróleo), residuos sólidos, árboles y otros materiales biológicos; y también como resultado de ciertas reacciones químicas (p. ej.: fabricación de cemento). El dióxido de carbono se elimina de la atmósfera (o "secuestra") cuando lo absorben las plantas como parte del ciclo biológico del carbono. (16)
- Metano ( $\text{CH}_4$ ): El metano se emite durante la producción y el transporte de carbón, gas natural y petróleo. También se generan emisiones de metano en prácticas ganaderas y otras prácticas agrícolas a raíz de la descomposición de residuos orgánicos en rellenos sanitarios municipales para residuos sólidos. (16)
- Óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ): El óxido nitroso, cuyas fuentes son de carácter natural y antropogénico, contribuye con cerca del 6% del forzamiento del efecto invernadero. Sus fuentes incluyen los océanos, la quema de combustibles fósiles y biomasa y la agricultura. El óxido nitroso es inerte en la troposfera. Su principal sumidero es a través de las reacciones fotoquímicas en la estratosfera que afectan la abundancia de ozono estratosférico. (16)
- Ozono troposférico ( $\text{O}_3$ ): El ozono está presente en la estratosfera superior, donde protege la Tierra de niveles perjudiciales de radiación ultravioleta y en concentraciones más bajas en la troposfera. Durante las últimas tres décadas, las emisiones antropogénicas de halocarbonos que contienen cloro y bromo, tal como los CFCs han disminuido las concentraciones estratosféricas de ozono. Esta pérdida de ozono en la estratosfera ha tenido como resultado un forzamiento radiactivo negativo, debido a que el ozono es un importante GEI. (16)
- Vapor de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ): El vapor de agua sigue siendo el GEI más abundante en la atmósfera y las nubes son una parte importante del invernadero planetario de la Tierra, las nubes pueden provocar el mismo efecto, estas calentando nuestro



planeta atrapando el calor que se encuentra debajo de ellas, reflejan los rayos solares y también poseen una influencia refrigerante. Además, la temperatura del aire, que se ve afectada por las nubes, a su vez afecta la formación de las propias nubes. Es una relación circular que hace que la investigación del clima sea mucho más compleja. (18)

#### **4.1.6. Metodologías para la huella de carbono**

Conjunto de actividades que siguen un proceso para calcular la huella de carbono, entre las más importantes son: El GHG Protocol y la de la norma NTC ISO 14064-1:2006 y la PAS 2060: 2014.

- NTC ISO 14064-1:2020

La NTC ISO 14064-1:2020 es una especificación con orientación a nivel de organizaciones para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero (GEI). Este estándar proporciona una estructura y metodología para calcular la huella de carbono de una organización, permitiendo llevar un registro preciso de sus emisiones de GEI y tomar decisiones informadas para reducirlas. La norma NTC-ISO 14064-1:2020 se centra en los siguientes aspectos:

- Cuantificación de las emisiones de GEI: Proporciona un marco para contar y reportar las emisiones de GEI de una organización, permitiendo identificar áreas de mejora y tomar medidas para reducirlas.
- Informe de emisiones de GEI: Establece los requisitos para la presentación de informes de emisiones de GEI, garantizando que sean claros, precisos y accesibles para las partes interesadas.
- Especificaciones y orientaciones: Ofrece orientaciones y ejemplos de cómo aplicar la norma en diferentes contextos y sectores, facilitando su implementación y uso.

La aplicación de la norma NTC-ISO 14064-1:2020 en la práctica puede ser utilizada por organizaciones de diferentes tamaños y sectores, como instituciones educativas, empresas y gobiernos, para calcular su huella de carbono y tomar medidas para reducirla. (19)

- GHG Protocol

Es un inventario de emisiones de GEI, donde se realiza una selección de método de cálculo, recolección de datos sobre actividades de GEI y elección de factores de emisión o Cálculo de las emisiones

Esta metodología permite delimitar las fuentes de emisiones directas e indirectas, mejorar el reporte de información mediante un informe corporativo, y proveer datos útiles para definir políticas o planes en relación al cambio climático y metodologías organizacionales. (20)

- PAS 2060: 2014

"Publicly Available Specification", que en español significa "Especificación Disponible Públicamente". La PAS 2060 es una especificación pública desarrollada por el British Standards Institution (BSI), organización empresarial internacional e independiente que ofrece servicios de certificación de sistemas de gestión. PAS 2060 es una herramienta para la cuantificación de emisiones de GEI de organismos y su aporte más destacable es el establecimiento de las bases para una empresa realice el cálculo de las emisiones y pueda alcanzar la neutralidad a través de la cuantificación, reducción y compensación de emisiones de GEI. (21)

#### **4.1.7. Guía para el cálculo de la huella de carbono**

Se plantea como una herramienta de apoyo en el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero, para aquellas entidades que decidan abordar el cálculo de la huella de carbono de su organización de alcance, Para estas entidades, conocer el origen y lamagnitud de sus emisiones, conlleva al primer paso de reducir sus emisiones de GEI, contribuyendo así con la lucha contra el cambio climático.

Esta metodología se ejecuta en 5 fases, las cuales son;

- Definiciones de alcance de la huella de carbono: Se realiza el análisis de las instalaciones de la identidad y sus sedes dispersas, con el fin de definir el alcance del cálculo de la huella de carbono, así como la identificación de las emisiones asociadas a las actividades de la entidad. (21)
- Recopilación datos directos e indirectos: Se recopilan los datos de actividades asociadas al consumo energético, uso de medio de transporte, entre otros, y los factores de emisión.
- Cuantificación de las emisiones: Con la información recopilada, se genera una relación de los datos y los factores de emisión establecidos para cada objetivo determinado.
- Análisis de resultados y conclusiones: Los datos resultantes se analizan con el finde determinar la importancia de estos en los procesos de la entidad, con la información de las actividades de equipos o unidades que generan mayor emisión de GEI, se establecen medidas respectivas de control.
- Estrategias de mitigación y/o compensación: Ya calculada la huella institucional se sugieren estrategias enfocadas en la reducción y/o compensar dichas emisiones. (22)

#### **4.1.8. Transformación primaria de la madera**

La transformación primaria de la madera se refiere al proceso inicial de transformar la madera en bruto, generalmente obtenida de árboles talados, en productos madereros

más manejables y útiles. Este proceso implica una serie de etapas, que pueden variar según el tipo de producto maderero que se desee obtener y los recursos disponibles.

#### **4.1.9. Bonos de carbono**

Los bonos de carbono son un mecanismo de lucha contra el cambio climático propuesto inicialmente en el Protocolo de Kyoto en 1997. Estos representan la remoción de una tonelada de dióxido de carbono ( $\text{tnCO}_2\text{eq}$ ) de la atmósfera terrestre.

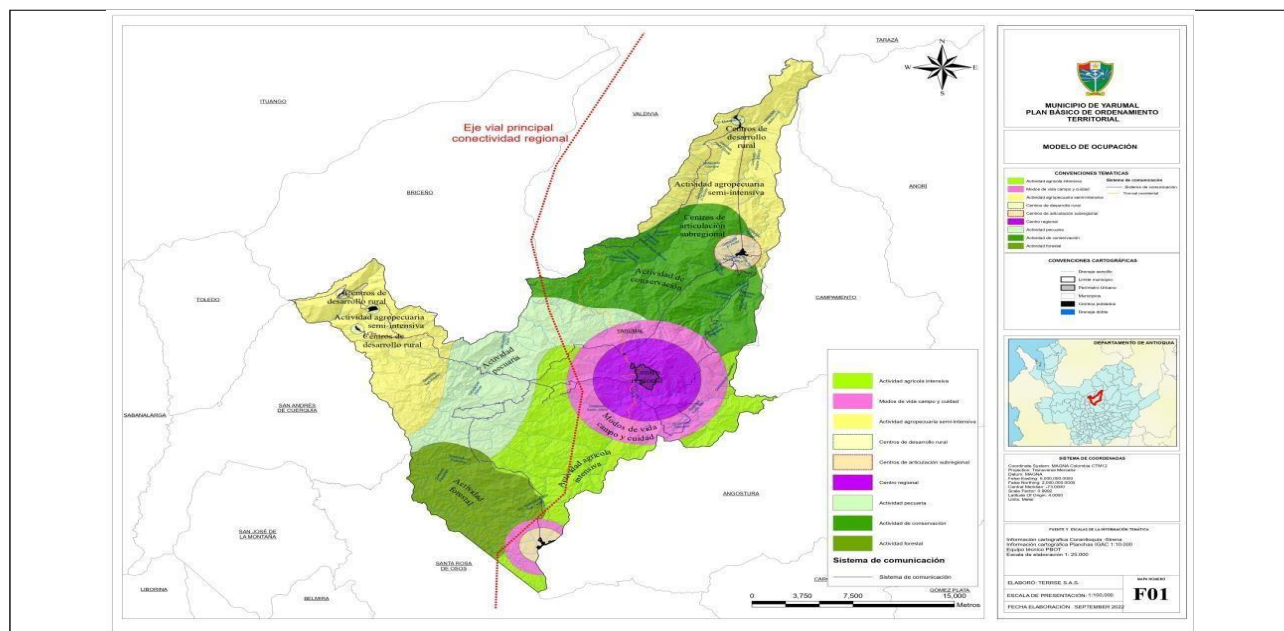
Los proyectos de bonos de carbono son aquellos que capturan o evitan que se emitan a la atmósfera distintos gases de efecto invernadero (GEI). Su objetivo principal es contribuir a mitigar las causas que generan el cambio climático.

Estos bonos son emitidos por distintas organizaciones que contribuyen a la remoción de estos GEI a través de distintos proyectos de bonos de carbono. (49)

#### **4.2. Marco territorial**

El presente proyecto se desarrolla en el municipio colombiano de Yarumal, localizado en la subregión norte del departamento de Antioquia. Limita al norte con el municipio de Valdivia, al oriente con los municipios de Campamento y Angostura, al noroeste con el municipio de Briceño, al occidente con el municipio de San Andrés de Cuerquia y al sur con el municipio de Santa Rosa de Osos.

**Ilustración 1.. F-01 Modelo de ocupación de uso de suelos - Municipio de Yarumal**



**Fuente,** Municipio de Yarumal – Plan Básico de Ordenamiento territorial

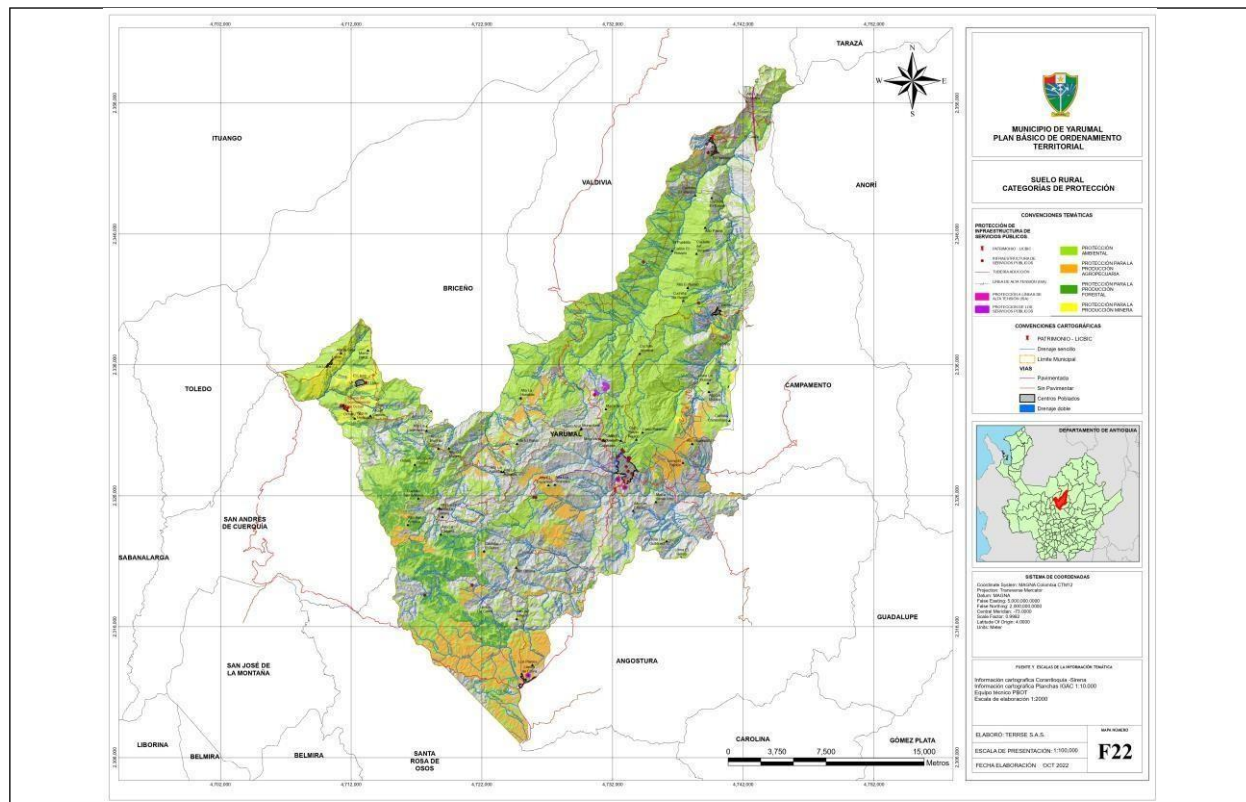
Su cabecera municipal está conformada por 20 barrios y la zona rural por 52 veredas y 7 corregimientos. Su clima es frío debido a su elevación sobre el nivel del mar (2.353 m). El nombre actual, Yarumal, proviene de la especie vegetal de nombre yarumo, de la familia Urticaceae, muy abundante en la región por los días de la fundación y conocida en el lenguaje botánico latino como *Cecropia peltata* L. El municipio también es llamada Ciudad Retablo, la Estrella del Norte y la Sultana del Norte.

La base económica de la localidad se sustenta en sectores clave que abarcan la ganadería, la agricultura, la minería, el comercio y la industria forestal.

Según lo establecido en el Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) 2023 del municipio de Yarumal, se define un área específica de 2.776 hectáreas destinadas a la

plantación forestal comercial, delimitada y descrita en el mapa No. F-22 titulado "Suelo Rural-Categorías de Protección":

**Ilustración 2.** Mapa No. F-22 Suelo rural-Categorías de Protección.



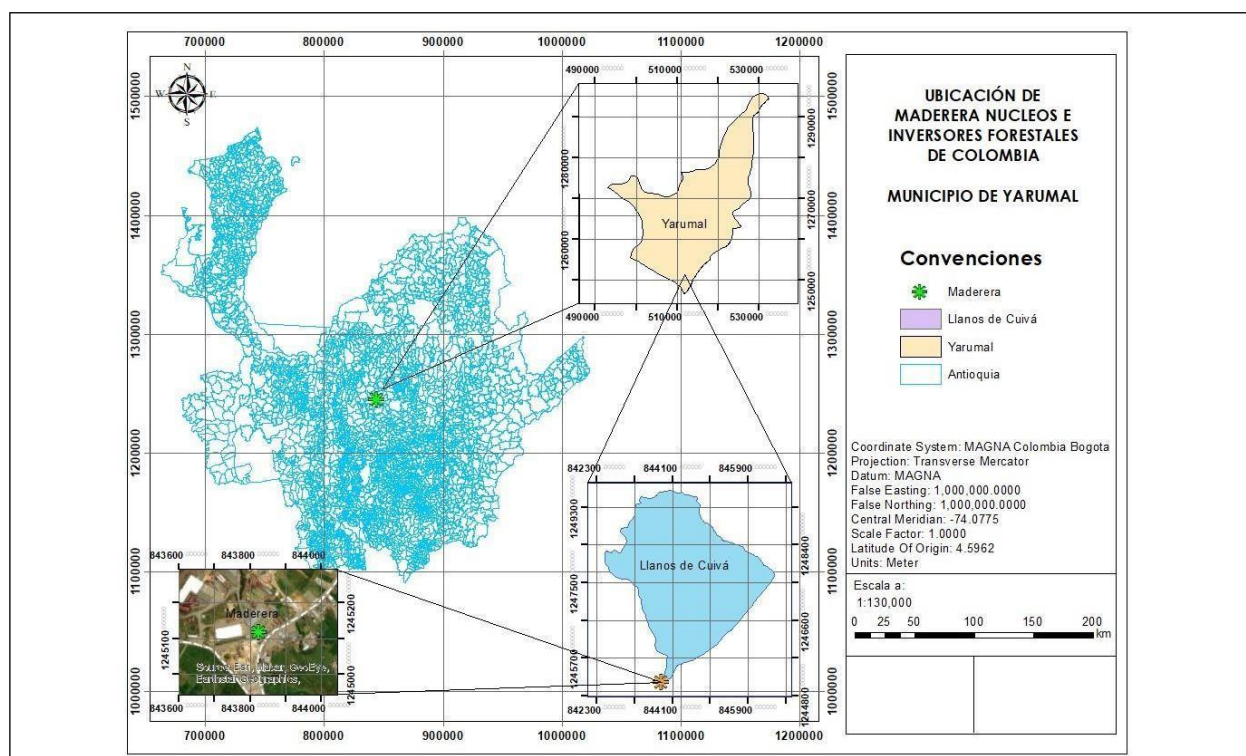
**Fuente,** Municipio de Yarumal – Plan Básico de Ordenamiento territorial

Así mismo, se establece que, para la implementación de extensas plantaciones forestales, se exigirá a las empresas responsabilidad social y paisajística. Esto implica garantizar a las comunidades afectadas, ya sea por la adquisición de terrenos o por cambios en la movilidad y el entorno visual, el ejercicio del derecho a una información completa y a una decisión libre e informada. Además, se requerirá la incorporación de técnicas de manejo del paisaje que aseguren la conectividad ecológica y la preservación de áreas de retiro y fuentes de agua. Se establece la exclusión de estas actividades en Áreas de Conservación y Protección Ambiental, según lo dispuesto en el Decreto 3600

de 2007, así como en zonas designadas como protección patrimonial de población desplazada, en cumplimiento de la ley 387 de 1997.

En el municipio de Yarumal también se encuentra la empresa Cipreses de Colombia S.A., la cual pertenece al grupo empresarial Núcleos de Madera, esta cuenta con 3.357 hectáreas de bosque de las cuales 2.110,9 son plantaciones forestales para aprovechamiento y 1.246,1 hectáreas destinadas para la conservación de bosques naturales y vías de acceso. Esta empresa abastece de su producto maderero a Núcleos e Inversiones Forestales de Colombia S.A. (24)

**Ilustración 3. Ubicación Planta Núcleos e Inversiones Forestales de Colombia.**



Fuente, Elaboración propia.

La empresa Núcleos e Inversiones Forestales de Colombia S.A cuenta con una planta de transformación en el municipio de Yarumal localizada en el corregimiento Llanos de Cuivá (vía que conduce de Medellín a la costa Atlántica), que incluye un aserrío de última

generación, una planta de inmunización y una planta de prefabricación de paneles de madera.

Es allí donde se realiza el proceso transformación y producción de la materia prima la cual está compuesta por una planta de inmunización con capacidad de producción de 12.000 m<sup>3</sup>/ año y un aserrío de última generación con tecnología brasilera y sueca con capacidad de 30.000 m<sup>3</sup>/año. (23)

#### **Ilustración 4.** Planta Núcleos e Inversiones forestales de Colombia



**Fuente,** Google Earth



### 4.3. Marco normativo y legal

#### 4.3.1. Marco normativo

**Tabla 2. Marco Normativo**

Norma	Tema	Contenido
Protocolo de Kioto de la Comisión Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático	Cambio climático	Busca lograr una reducción más sustancial de las emisiones mundiales. Establece objetivos de emisión vinculantes para los países desarrollados que ratificaron, y limitó los incrementos de emisiones GEI a los países menos desarrollados. (26)
Conferencias de las naciones unidas para el cambio climático (COP)	Cambio climático	Las conferencias anualmente realizadas por la ONU proponen retos para la reducción de las emisiones GEI, haciendo que los países vinculados se sumen a estrategias para la disminución y mitigación de estas emisiones. (25)
Acuerdo de París	Cambio climático	Busca limitar el calentamiento global a un nivel muy inferior a 2, preferiblemente a 1,5 grados centígrados, en comparación con los niveles preindustriales. Para lograr este objetivo de temperatura a largo plazo, los países se proponen alcanzar el máximo mundial de emisiones de gases de efecto invernadero lo antes posible para lograr un mundo climáticamente neutro a mediados de siglo. (26)
El documento de Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) 3700 de 2011	Cambio climático	Estableció una estrategia para integrar dentro de los procesos de planificación e inversión de los sectores y territorios la problemática de desarrollo económico y social causada por el cambio climático. (27)
La Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC), ahora Estrategia	Cambio climático	Creó la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono, cuyo objetivo es facilitar y promover las condiciones para encaminar el país hacia un desarrollo económico bajo en emisiones de gases de efecto invernadero. (28)

Norma	Tema	Contenido
Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono Adaptada y Resiliente (ECDBCAR) (Desde 2011 a la fecha)	Cambio climático	<p>Establece su hoja de ruta para implementar las medidas de mitigación y metas de adaptación necesarias para afrontar y alinear los esfuerzos a la realidad global del cambio climático, en el marco de 3 componentes esenciales que son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mitigación de Gases Efecto Invernadero (GEI).</li> <li>• Adaptación al Cambio Climático</li> <li>• Medios de implementación como componente instrumental de las políticas y acciones para el desarrollo bajo en carbono, adaptado y resiliente al clima. (29)</li> </ul>
Contribución Determinada a Nivel Nacional de Colombia (NDC)	Cambio climático	<p>Busca reducir el riesgo en las poblaciones y ecosistemas colombianos de los impactos del cambio climático. Este plan nacional orienta la formulación de programas y proyectos prioritarios, así como el fortalecimiento de acciones ya emprendidas pero que requieren considerar las variables climáticas en su planeamiento y ejecución. (29)</p>
Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático – PNACC (junio de 2016)	Cambio climático	<p>se propuso una serie de estrategias territoriales y sectoriales para la adaptación y mitigación de GEI y unos lineamientos para su articulación de la siguiente forma:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Las estrategias territoriales, la política estableció: desarrollo urbano resiliente al clima y bajo en carbono, desarrollo rural resiliente al clima y bajo en carbono, y manejo y conservación de los ecosistemas y servicios ecosistémicos para el desarrollo bajo en carbono y resiliente al clima.</li> <li>• Las estrategias sectoriales establecieron: desarrollo minero-energético bajo en carbono y resiliente al clima, y desarrollo de infraestructura estratégica resiliente al clima y baja en carbono. (30)</li> </ul>
La Política Nacional de Cambio Climático en junio de 2017	Cambio climático	<p>Son los instrumentos a través de los cuales cada Ministerio identifica, evalúa y orienta la incorporación de medidas de mitigación de gases efecto invernadero y adaptación al cambio climático en las políticas y regulaciones del respectivo sector. Actualmente, se cuentan con tres cuentan con estos PGICCS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolución 40807 de 2018 - Adopción del Plan Integral de Gestión del Cambio Climático del sector minero-energético (PIGCCSm-e)</li> </ul>
Los Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático Sectoriales - PIGCCS.	Cambio climático	

Norma	Tema	Contenido
Lanzamiento de Estrategia de Largo Plazo de Colombia (E2050) (18 de junio de 2020),	Cambio climático	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resolución 431 de 2020 - Adopción del Plan Integral de Gestión del Cambio Climático Sectorial (PIGCCS) de Min Vivienda</li> <li>Resolución 1066 de 2021, por la cual se adopta el plan integral de gestión de cambio climático del sector Comercio, Industria y Turismo (PIGCCS). (31)</li> </ul> <p>es un instrumento de política de Estado que orienta las acciones nacionales, sectoriales y territoriales para construir un futuro resiliente al clima en Colombia, al tiempo que constituye un ejercicio de planificación de largo plazo que demuestra el compromiso internacional del País para contribuir con el logro de los objetivos globales plasmados en el Acuerdo de París. (32)</p>
Norma ISO 14064	Inventario gases de efecto invernadero	Esta norma especifica los requisitos para el diseño y desarrollo de inventarios de emisiones de GEI en el nivel de organización o entidad. También detalla los requisitos para la cuantificación, seguimiento y presentación de informes sobre mejoras en la reducción y eliminación de emisiones en proyectos de GEI. Estableciendo los requisitos y directrices para la realización de la validación y verificación de información sobre los GEI. (33)
Norma ISO 14067	Huella de carbono	Permite desarrollar el cálculo de la huella de carbono, logrando como organización demostrar la responsabilidad medioambiental, destacarse con respecto a la competencia y mostrar su compromiso a los clientes actuales y potenciales. (34)

**Fuente,** El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

### 4.3.2. Marco legislativo

**Tabla 3. Marco Legislativo**

Norma	Tema	Contenido
Ley 164 DE 1994	Se aprueba la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)	Que tiene como objetivo la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. (35)
Ley 629 de 2000	Cambio climático	Por medio de la cual se Aprueba el protocolo de Kioto de 1997 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. (36)
Ley 1715 de 2014	Energías Renovables no Convencionales	Busca promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía sistemas de almacenamiento de tales fuentes y uso eficiente de la energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas, en la prestación de servicios públicos domiciliarios, en la prestación del servicio de alumbrado público 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 de abastecimiento energético. (37)
Ley 1819 de 2016	Creación Impuesto al Carbono	Introduce y desarrolla todo lo relacionado al llamado Impuesto al Carbono. La ley establece que el impuesto al carbono es un gravamen que recae sobre el contenido de carbono de todos los combustibles fósiles que sean usados para combustión. Los productores y los importadores de combustibles se establecen como responsables del impuesto. Entre otros elementos, lo recaudado por el impuesto se destinará al manejo de la erosión costera, a la conservación de las fuentes hídricas y a la protección de ecosistemas (38)

Norma	Tema	Contenido
Ley 1844 de 2017	Aprobación Acuerdo de París	Aprobación del acuerdo, en Colombia. Este busca limitar el calentamiento global a un nivel muy inferior a 2, preferiblemente a 1,5 grados centígrados, en comparación con los niveles preindustriales. Para lograr este objetivo de temperatura a largo plazo, los países se proponen alcanzar el máximo mundial de emisiones de gases de efecto invernadero lo antes posible para lograr un mundo climáticamente neutro a mediados de siglo. (39)
Ley 1931 de 2018	Ley de Cambio Climático.	establece las directrices para la gestión del cambio, principalmente, en las acciones de adaptación al cambio climático, así como en mitigación de gases efecto invernadero, con el objetivo de reducir la vulnerabilidad de la población y de los ecosistemas del país y promover la transición hacia una economía competitiva, sustentable y un desarrollo bajo en carbono. Asimismo, la ley establece el Sistema Nacional de Cambio Climático y los instrumentos con los que se contará para la gestión del cambio climático en el país. (40)
Ley 2169 de 2021	Ley de acción climática	Impulsa el desarrollo bajo de carbono del país mediante el establecimiento de metas y medidas mínimas que se deben ejecutar a corto, mediano y largo plazo en materia de carbono neutral, resiliencia climática y se dictan otras disposiciones por parte de las diferentes entidades públicas del orden nacional y territorial, en busca de mitigar los efectos del cambio climático y garantizar la adaptación de las estrategias para tal fin. (41)
Ley 2173 de 2021	Restauración ecológica	Por la cual se promueve la restauración ecológica a través de la siembra de árboles y creación de bosques en el territorio nacional, y establece que medianas y grandes empresas deberán sembrar mínimo dos (2) árboles por cada empleado. busca incentivar el compromiso social y empresarial en materia ambiental para la siembra de árboles y creación de bosques. Con el principio de “áreas de vida y creación de bosques” se busca promover la restauración ecológica en el territorio nacional, involucrando como actor principal la participación de toda la población, mediante el fortalecimiento de mecanismos de estimulación de conciencia ambiental en cada uno de los ciudadanos, responsabilidad civil ambiental de las empresas y compromiso ambiental de los entes territoriales. (42)
Decreto 298/16 del	Sistema Nacional del Cambio	El sistema establece el conjunto de entidades estatales, privadas y sin ánimo lucro, de políticas, normas, procesos, recursos, planes, estrategias, instrumentos, mecanismos, así como la información pertinente

Norma	Tema	Contenido
	Climático (SISCLIMA)	al cambio climático, que se aplica de manera organizada para gestionar la mitigación de gases efecto invernadero y la adaptación al cambio climático en el país. (43)
Decreto 926 de 2017	Mecanismo de no causación Impuesto al Carbono	Reglamentó el procedimiento para hacer efectiva la no causación del impuesto nacional al carbono y para certificar ser carbono neutro (44)

**Fuente,** El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

#### **4.4. Marco institucional**

Para realizar el Marco Institucional se tuvieron en cuenta principalmente las instituciones que recopilan producen y gestionan la información y coordina la elaboración de los reportes a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) como lo es el IDEAM, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD quien recibe y administra los recursos de Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF siglas en inglés).

Así mismo, los responsables gubernamentales como el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Departamento Nacional de Planeación, el Ministerio de Minas y Energía y el Ministerio del Interior, quienes contribuyen y aportan a la financiación y gestión de las acciones de cambio climático, construcción y fortalecimiento de capacidades y promueven el acceso a tecnología en el país. (45)

En el marco del proyecto de Mitigación Voluntaria de Gases de Efecto Invernadero en Colombia (MVC), liderado por la Fundación Natura, La Bolsa Mercantil y La Corporación Ambiental Empresarial, con el respaldo y coordinación de la Unidad de Planeación Minero-Energética - UPME y el Ministerio de medio Ambiente y Desarrollo sostenible - MADS, se llevó a cabo una consultoría técnica para la actualización de la base de datos de los Factores de Emisión de los Combustibles Colombianos (FECOC). Esta consultoría fue realizada por la Red de Investigación en Combustión Avanzada - Incombustion. (48)

Durante el estudio, se revisaron y actualizaron los Factores de Emisión de 68 tipos de combustibles contemplados en el informe y calculadora FECOC 2003. Se implementó una metodología actualizada que abarcó un total de 57 combustibles en la calculadora, de los cuales 21 son de nueva incorporación y fueron caracterizados en laboratorio,

mientras que los 34 restantes fueron actualizados con datos trazables conforme a las normativas del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). Cabe destacar que este proyecto fue financiado con recursos provenientes del Fondo Mundial para el Medio Ambiente (Global Environment Facility - GEF), a través del Banco Interamericano de desarrollo - BID y la Fundación Natura.(48)



## 5. Metodología

La determinación de la huella de carbono involucra diversas metodologías, cada una de ellas apta y adaptable en condiciones y ámbitos específicos. En este proyecto, se empleará la metodología del Protocolo GHG, reconocida como una de las herramientas más ampliamente utilizadas para calcular e inventariar los Gases de Efecto Invernadero (GEI). Sus principios fundamentales, entre los cuales se encuentran la relevancia, integridad, consistencia, transparencia y precisión, respaldan su idoneidad para este análisis. (20)

**Tabla 4. Marco Legislativo**

OBJETIVOS	ACTIVIDAD	TÉCNICA/ INSTRUMENTOS
<b>ESTABLECER SEGÚN LA METODOLOGÍA GHG PROTOCOL LOS LÍMITES OPERACIONALES, ORGANIZACIONALES Y FUENTES DE EMISIÓN DE LAS OPERACIONES DE LA EMPRESA NÚCLEOS E INVERSIONES FORESTALES DE COLOMBIA.</b>	<p>Identificación de los procesos llevados a cabo en la empresa.</p> <p>Definición de alcances de acuerdo a metodología GHG Protocol teniendo en cuenta las actividades productivas de la empresa.</p>	<p>Mediante técnica documental se recopiló el mapa de procesos de la organización y se hizo lectura y se identificó listado de actividades las fuentes que generan GEI.</p> <p>Mediante reuniones grupales se determinó cuáles son los alcances y los límites de la empresa para el desarrollo del proyecto.</p>
<b>OBTENER UN INVENTARIO DEL CONSUMO ENERGÉTICO, INSUMOS Y ACTIVIDADES SUSCEPTIBLES A GENERAR EMISIONES PARA EL AÑO BASE SELECCIONADO</b>	<p>Identificación y recopilación de las emisiones de gases de efecto invernadero y sus fuentes de emisiones de acuerdo a la actividad de la empresa.</p> <p>Posteriormente con los datos recolectados, realizar la revisión y verificación de la información en cuanto a los consumos y la línea base de datos.</p>	<p>Técnica Solicitud de información a la empresa / Instrumentos PROGRAMA DE BASE DE DATOS DE LA EMPRESA</p>

<b>DISEÑAR CALCULADORA PARA ESTABLECER LA HUELLA DE CARBONO, MEDIANTE HOJA DE CÁLCULO.</b>	Después de recopilar los datos, se debe calcular las emisiones de gases de efecto invernadero utilizando las metodologías y factores de emisión establecidos en el GHG Protocol. En este paso, se utilizó la herramienta de cálculo Microsoft Excel.	La técnica de cálculo es la metodología GHG Protocol. y el instrumento utilizado es la herramienta de cálculo Microsoft Excel.
<b>ESTABLECER RECOMENDACIONES Y ALTERNATIVAS PARA LA DISMINUCIÓN DE LAS EMISIONES GEI SEGÚN LOS RESULTADOS OBTENIDOS.</b>	Presentar resultados del cálculo de la huella de carbono, que incluya una descripción de las fuentes de emisión y las metodologías utilizadas. Incluyendo recomendaciones para la reducción de la huella de carbono y estrategias de seguimiento y evaluación para medir los progresos en la implementación de estas recomendaciones.	Revisión y análisis de los resultados obtenidos según la metodología utilizada (GHG PROTOCOL)

---

Fuente, Elaboración propia

### **5.1. Identificación de procesos**

Se debe realizar un análisis sobre el proceso industrial de la transformación de la madera y cómo se realiza, de igual manera, el tipo de maquinaria que se utilizan y los vehículos que suelen ser utilizados en el proceso productivo. Todo esto se realiza con el fin de comprender en mayor medida la actividad comercial a la cual se dedica la empresa NÚCLEOS E INVERSIONES FORESTALES DE COLOMBIA. También se realizó una visita a la planta de la empresa ubicada en la vereda Llanos de Cuivá, con el fin de verificar el proceso industrial que se realiza en el lugar, se analizó de cerca los diversos procesos, maquinaria y tipo de energía que se utiliza para saber cuáles serán los datos necesarios para la determinación de la huella de carbono.

Mediante el análisis del mapa de procesos se busca identificar los procesos desarrollados dentro de la empresa y así identificar más claramente las fuentes de emisión de gases de efecto invernadero y de esta manera poder realizar recomendaciones sobre el uso eficiente de la energía y posibles reducciones en las emisiones.

La revisión y análisis del mapa de procesos también resulta de vital importancia, para saber qué tipo de información se debe recopilar, y saber que solicitud se debe realizar al área de sostenibilidad de NÚCLEOS E INVERSIONES DE COLOMBIA S.A

El transporte de la madera se realiza mediante camiones sencillo y doble troques, esta es movilizad desde las plantaciones hasta la planta de producción para así proceder la transformación primaria del producto.

## **5.2. Límites organizacionales**

El límite organizacional para la empresa NÚCLEOS E INVERSIONES DE COLOMBIA de acuerdo a la metodología GHG Protocol, permite generar reportes de GEI, como lo son los de tipo de participación accionaria, los cuales son utilizados por las empresas que tiene una participación accionaria o en conjunto con otras empresas; y el enfoque de control, el cual permite a la empresa que se puedan contabilizar el 100% de los gases de efecto invernadero que son emitidos por las operaciones que en las cuales ejerce uncontrol absoluto.(20)

## **5.3. Determinación de límites operacionales**

Para determinar los límites operativos para el cálculo de la huella de carbono, es necesario definir el año base y los alcances a utilizar según el GHG Protocol.

Es importante tener en cuenta que los alcances del GHG Protocol son tres, los cuales contemplan los siguientes límites: Para el Alcance 1, se contemplan todas las emisiones que están controladas por la empresa como lo es el consumo de combustibles. Para el Alcance 2, contempla las emisiones indirectas, que son aquellas resultantes de las actividades que son desarrolladas por la empresa, pero que no tiene un control directo sobre estas, como la electricidad cuando es comprada a terceros. Y el Alcance 3 es una categoría opcional que permite incluir el resto de las emisiones indirectas, en esta categoría entran todas aquellas emisiones que son consecuencia de las actividades de la empresa, pero que en el caso de la empresa NÚCLEOS E INVERSIONES FORESTALES DE COLOMBIA S.A, no tiene ningún tipo de control sobre estas.

#### **5.4. Recolección, Revisión y verificación de la información.**

Para poder obtener la información que se requería, fue fundamental conocer el mapa de procesos, estos basados en sus actividades.

Teniendo en cuenta, que se mantiene comunicación con el área de sostenibilidad de NÚCLEOS E INVERSIONES DE COLOMBIA S.A. es probable que se realice un formato de solicitud de información, vía correo electrónico.

En este punto se revisan los consumos de la empresa, se analizan los datos, debido a que la precisión de los datos es fundamental para obtener una medición precisa de la huella de carbono.

Para el análisis de la información se pueden tener en cuenta algunos aspectos en el cálculo de la huella de carbono.

- Se logran identificar las fuentes de emisiones de gases más significativas, lo cual puede proporcionar información valiosa para la implementación de medidas en pro de la reducción de gases.
- Medir el progreso hacia los objetivos y metas de reducción de la huella de carbono.
- Identificación de las oportunidades de mejora.

Este análisis y revisión implica asegurarse de que los datos sean consistentes, completos y precisos. Además, se debe verificar que la línea base de datos sea precisa y actualizada para garantizar que los datos de referencia sean precisos.

Para poder obtener la información que se necesita, es necesario saber qué tipo de información se debe solicitar, por ello el análisis del mapa de procesos es fundamental. Basados en sus actividades se debe analizar qué información es necesaria para solicitar. Teniendo en cuenta, que se mantiene comunicación con el área de sostenibilidad de NÚCLEOS E INVERSIONES FORESTALES DE COLOMBIA S.A. Se creó un formato de solicitud de información, vía correo electrónico. (20)

### **5.5. Cálculo de huella de carbono**

La técnica utilizada para llevar a cabo el cálculo de la huella de carbono para este caso será la implementación de la calculadora. Ésta, implementará todos los procedimientos y cálculos establecidos en la metodología GHG Protocol.

En la **tabla 5** se muestran los Factores de Emisión tomados de la herramienta FECOC –Factores de emisión de combustibles colombianos, que es elaborado por Unidad de Planeación Minero-Energética UPME.

**Tabla 5** Factores de emisión sacados del FECOC

Combustible			Fuente	CO <sub>2</sub>			CH <sub>4</sub>			N <sub>2</sub> O		
				Factor de emisión en unidades IPCC	Poder calorífico inferior	Densidad	Factor de emisión en unidades IPCC	Poder calorífico inferior	Densidad	Factor de emisión en unidades IPCC	Poder calorífico inferior	Densidad
				kg CO <sub>2</sub> /TJ	KJ/kg	kg/lt	kg CH <sub>4</sub> /TJ	KJ/kg	kg/lt	kg N <sub>2</sub> O/TJ	KJ/kg	kg/lt
Gasolina Comercial)	E10	(Mezcla		66.778,4	40659,33	0,7412	33	40659,33	0,7412	3,2	40659,33	0,7412
Diesel Comercial)	B10	(Mezcla	UPME									
Diesel B2			Fuentes	74.193,4	42418,46	0,8519	3,9	42418,46	0,8519	3,9	42418,46	0,8519
Mezcla Etanol	Teórica	Gasolina-	móviles	69.323,6	45329,53	0,7405	33	45329,53	0,7405	3,2	45329,53	0,7405
Mezcla Biodiesel	Teórica	Diesel-			41967,4	0,8542	3	41967,4	0,8542	3,9	41967,4	0,8542

Fuente, FECOC



Factores de emisión de Dese B10 y B12 son calculados a partir de una mezcla de “Diesel B2” y “Biodiesel Palma” al 10% y 12% respectivamente teniendo en cuenta el CO<sub>2</sub> del biocombustible. Sin embargo, para el combustible utilizado “Diesel B2” encontramos su factor de emisión directamente en el FECOC.

La Unidad de Planeación Minero-Energética – UPME ha desarrollado para Colombia factores de emisión para combustibles líquidos, sólidos y gaseosos. Sin embargo, la unidad en que están dados los factores de emisión por parte de la UPME es kg CO<sub>2</sub> e/TJ, por lo que es necesario convertirlos en las unidades respectivas, utilizando la siguiente fórmula:

### Ecuación 1

$$FE \text{ Combustibles} = FECOC * LHV * D * FC$$

FE combustible: Factor de emisión del combustible en la unidad respectiva

FECOC: Factor de emisión de los combustibles colombianos de la UPME (Kg CO<sub>2</sub>e/TJ)

LHV: Poder calorífico inferior del combustible, según UPME.

D: Densidad del combustible.

FC: Factor de conversión de unidades.

Estos cálculos son utilizados para el factor de emisión de los gases CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> Y N<sub>2</sub>O, posteriormente se multiplica de forma separada el valor resultante por cada uno de los factores de emisión de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O (cuadro 3) y por sus respectivos PCG (ver cuadro

Finalmente, la sumatoria de dichas multiplicaciones permitió obtener el total de emisiones de GEI, expresadas en dióxido de carbono equivalente (CO eq), producidas

por la actividad. Todo el procedimiento anteriormente expuesto se resume en la siguiente ecuación:

### **Ecuación 2**

$$FECO_2eq = (FECO_2 * PCGCO_2) + (FECH_4 * PCGCH_4) + (FEN_2O * PCGN_2O)$$

Donde:

FE: Es el factor común

PCG: Potencial de calentamiento global

Para poder llevar a cabo este cálculo es necesaria precisión en la información suministrada por NÚCLEOS E INVERSIONES DE COLOMBIA S.A., así mismo con el factor de emisión requerido para cada uno de los gases y emisiones acorde al IPCC. (20) (47).

Es importante resaltar que, para el cálculo de la huella de carbono en el trabajo, se utilizaron los valores de la página actualizada del FECOC.

### **5.6. Presentación y divulgación de resultados**

La presentación de resultados implica un informe detallado de los resultados del cálculo de la huella de carbono, este debe incluir la descripción de las fuentes de emisión y las metodologías utilizadas. En este informe también se deben incluir recomendaciones para la reducción de la huella de carbono y una estrategia de seguimiento y evaluación para medir los progresos en la implementación de estas recomendaciones.

Los resultados deben ser presentados de manera clara y concisa, desglosados por categorías y fuentes de emisiones, Incluyendo las recomendaciones y observaciones. Además, es importante divulgar los resultados a todas las partes interesadas con el fin de tomar medidas y propiciar la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. (20).



## 6. Resultados

### 6.1. Descripción del proceso de la planta

Al realizar la visita a la planta se encontró que el proceso productivo de la transformación primaria de la madera tiene cuatro procesos principales de transformación, estos son el Aserrió, el dimensionado, el secado, el moldurado y el inmunizado. Y que hay áreas adyacentes al proceso industrial como lo son el área de oficinas y comedor.

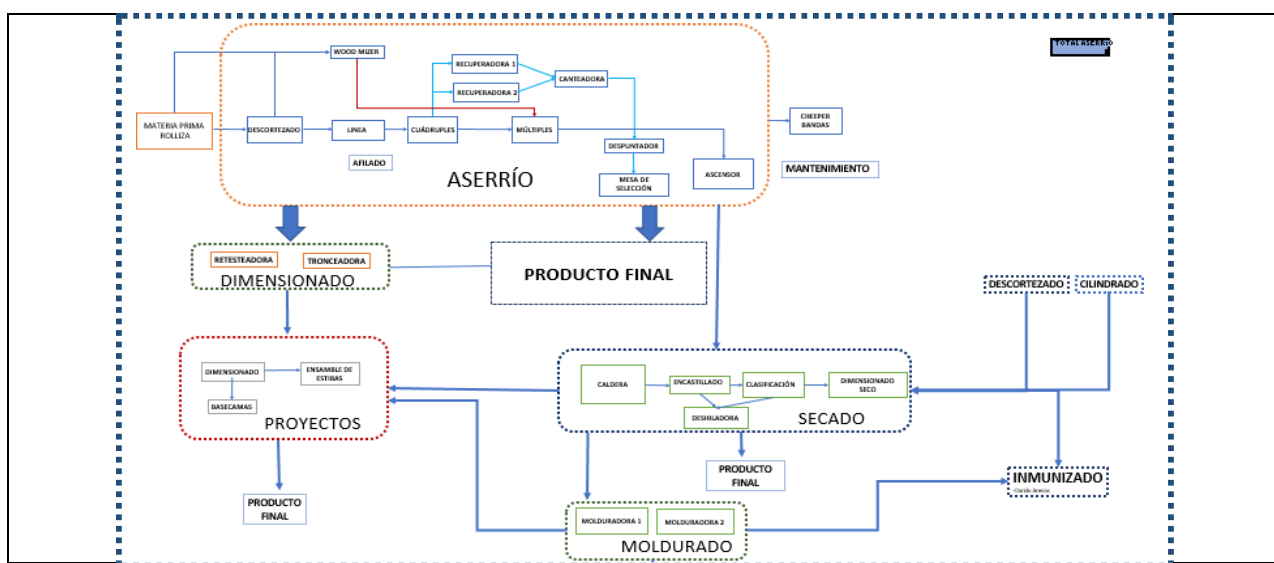
El tronco del árbol llega en forma cilíndrica a la planta desde la zona de extracción de la madera, se recibe directamente en el patio de recepción, allí se clasifica según su dimensión, pasa a la línea de descortezado, siguiendo con el área de aserrió, posteriormente se genera o se avienta parte del producto para impregnación con soda caustica, otra para secado e inmunizado.

Luego se encastilla y después, cada trozo de madera es deshilado para ajustar las medidas a lo que se requiera. posterior a todo este proceso, se redimensiona la madera para obtener las medidas más exactas con la madera seca.

Después de todo este proceso, la madera pasa a la sección de proyectos donde se dimensiona para base de camas y ensamble de estibas o también se dirige a la sección de moldurado. y de allí se da como resultado el producto final.

Como conclusión de esta visita nos queda las emisiones en la planta mayormente se derivan del consumo de electricidad, ya que la mayoría de Las fuentes de Emisiones son producto de electricidad y la maquinaria utilizada de la planta que se utiliza funciona a base del combustible líquido ACPM. (20) (46).

**Ilustración 5.** Diagrama de procesos en la planta Núcleos e inversiones forestales



Fuente, Núcleos e Inversiones forestales de Colombia S.A.

### 6.1.1 Aserrío

Esta área, comprende las operaciones que van desde corte, limpieza, inmunización, y transporte de las trozas al secado de la madera, su selección y clasificación, para lo cual es necesario un tipo de energía, que en este caso es de tipo eléctrico.

En una primera sección donde se realiza el troceado primario, que es efectuado por una sierra principal, esta es una sierra de cinta que es utilizada para hacer cortes en el tronco de forma longitudinal.

**Ilustración 6. Aserrío en la planta**

Aserrío de la planta

Aserrío de la planta

**Fuente,** Empresa Núcleos de Madera 2023

**6.1.2 Selección de trozas y descortezado**

Las trozas son seleccionadas y almacenadas en áreas dispuestas para ello, que están al aire libre y son agrupadas, dependiendo de la especie, del diámetro y la longitud. Estas son apiladas, en cantidades lo suficientemente grandes para mantener el continuo funcionamiento del aserradero.

El descortezado se realiza mecánicamente en el aserradero, la forma en la que se realiza es haciendo girar el tronco, presionándolo contra unas cuchillas, a este método se le conoce como desenrollo periférico.

Antes de que la troza pase por la sierra principal del aserradero, se corta su mayor longitud, (la parte más alta de la troza, la punta), luego es cargada en la mesa de transferencia de la sierra principal.

En el corte secundario la troza se pasa por una serie de sierras (sierras de cuatro cabezas o multi cabezas) para obtener de esta forma tener unas tablas dimensionadas o mejor conocido como unos paquetes de tablas.

**Ilustración 7. Selección de trozas**



Selección de trozas

Selección de trozas

**Fuente,** Empresa Núcleos de Madera 2023

### **6.1.3 Selección y Clasificación**

La madera después de ser aserrada se clasifica por tipo, espesor calidad, grosor, entre otros, esto permite la separación de la madera según la calidad que estos presenten, como puede ser presencia de nudos y defectos, etc. Acto seguido se apilan es estibas de forma organizada.



### Ilustración 8. Selección y clasificación de trozas



Fuente, Empresa Núcleos de Madera 2023

#### 6.1.4 Secado

En el secado se busca es reducir el contenido de humedad, a uno comercialmente aceptable.

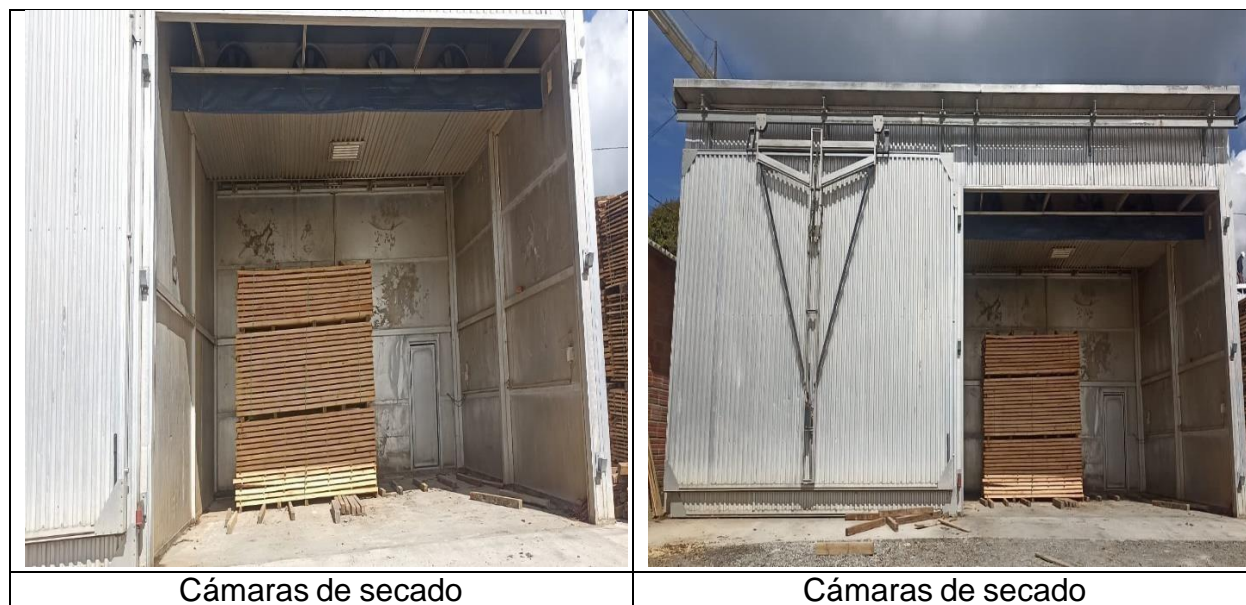
La metodología utilizada es el secado artificial para ello la madera es introducida en cámaras de circulación forzada, esto genera un mayor control, puesto que se regula la cantidad de aire que circula, la temperatura en las cámaras y la humedad del ambiente.

Se deben seguir los siguientes principios en el proceso de secado.

- Secar la madera en el menor tiempo posible contando con el clima del sitio.
- Que la madera cumpla con un mínimo de defectos, para esto se debe tener una protección de la madera durante el proceso de secado.

- Para finalizar, que los costos de este proceso sean bajos, con el fin de que el proceso de secado sea rentable.

**Ilustración 9.** Cámara de secado para madera



Cámaras de secado

Cámaras de secado

**Fuente,** Empresa Núcleos de Madera 2023

### **6.1.5 Impregnación e inmunización de la madera**

Consiste en impregnar la madera con sustancias químicas que impidan el ataque de organismos biológicos, alargando así su vida útil. Tiene por objeto modificar su composición química, haciéndola venenosa o repelente a dichos organismos. La impregnación e inmunización es fundamental, para que se pueda garantizar una correcta y larga vida útil de los productos que se elaboren a partir de ésta.

### Ilustración 10. Madera inmunizada en planta



Fuente, Empresa Núcleos de Madera 2023

#### 6.1.6 Descortezado

En este método, se utilizan máquinas especializadas, estas máquinas están diseñadas para quitar la corteza de manera eficiente a través de cuchillas que cortan la corteza y son eliminadas por el proceso mecánico.

El descortezado busca evitar el desarrollo de insectos que pueden habitar los troncos de los árboles o de heridas producidas por animales como las ardillas, de esta manera se contribuye con el proceso de secado de la madera requerido posteriormente y facilita el aserrado colaborando entre otras cosas con evitar el desgaste excesivo y averías en las herramientas de este proceso.

**Ilustración 11. Descortezado de madera en planta**

Descortezado de la madera

Descortezado de la madera

**Fuente, Empresa Núcleos de Madera 2023****6.1.7 Cilindrado**

El cilindrado es el proceso por el cual se corta la madera de manera radial, este proceso corta las cortezas, y parte de la albura con el fin de dar un acabado cilíndrico a la madera. Se hace mediante una cilindradora que posee unos cilindros de diámetros diferentes, que se ajustan para procesar los diversos diámetros de la madera.

Es importante el cilindrado en la industria de la madera, ya que permite obtener piezas de madera dimensionadas y con superficies lisas que son adecuadas para una variedad de aplicaciones

**Ilustración 12. Cilindrado de madera en planta**

**Fuente,** Empresa Núcleos de Madera 2023

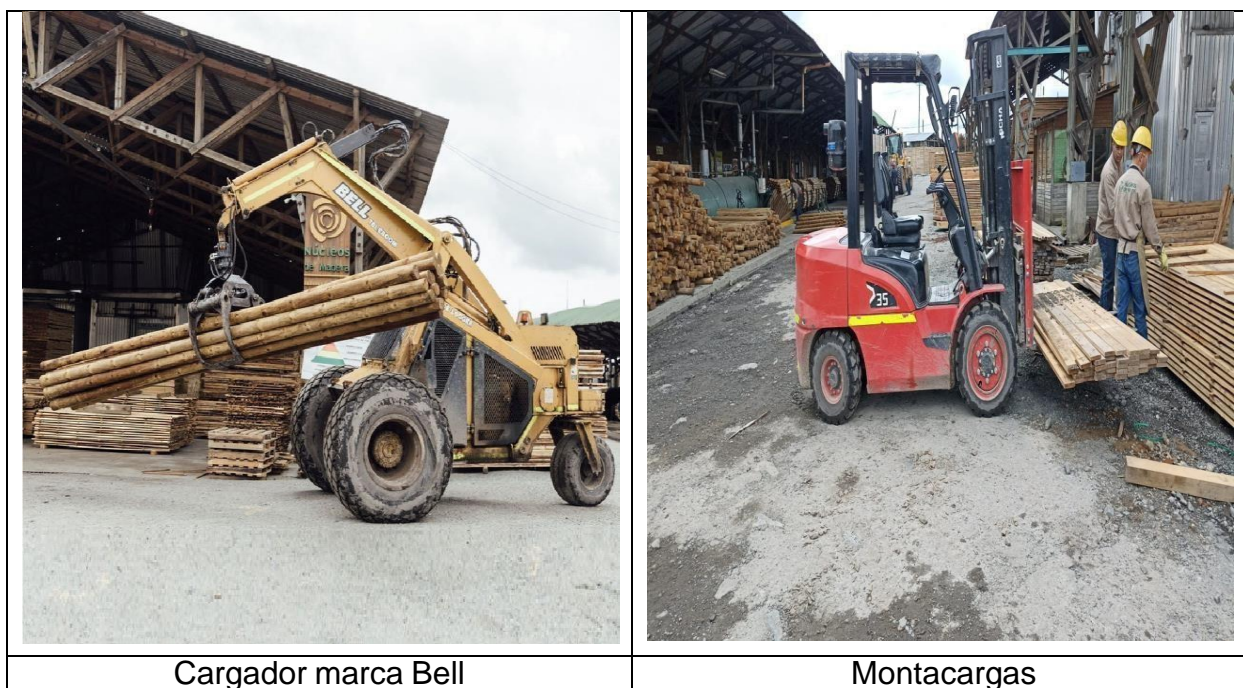
**Ilustración 13. Cargue de la Madera Utilizada en la Empresa.**

**Fuente,** Empresa Núcleos de Madera 2022

### 6.1.8 Logística de transporte interno

Durante el proceso productivo en la planta núcleos inversiones forestales de Colombia S.A se utiliza maquinaria dentro de la cual tenemos, dos máquinas Volvos, un cargador marca bell, y dos montacargas, los cuales se utilizan para el movimiento interno de la madera iniciando desde el aserrío, inmunización, área de productos, y finalizando con la entrega final.

**Ilustración 13.** Maquinaria de movimiento interno



Las emisiones GEI en la Unidad Operativa de NÚCLEOS E INVERSIONES FORESTALES DE COLOMBIA DE MADERA S.A detectadas en el proceso fueron las siguientes:

## 6.2 Límites organizacionales

Frente al límite organizacional de la empresa Núcleos e Inversiones Forestales de Colombia S.A, se tiene un enfoque específico con el consumo de energía y diésel (ACPM) en la planta donde se encargan del dimensionado descortezado de la madera, seguido del movimiento interno de la madera para el cargue y descargue, donde se generan consumos de fuentes móviles.

Los datos recolectados se manejan de forma organizada, logrando identificar los límites organizacionales en el proceso industrial de la madera.

**Tabla 6 Alcances GHG Protocol**

<b>Alcance GHG Protocol</b>	<b>Tipo de fuente de emisión</b>	<b>Actividad</b>
Alcance Emisiones directas	1:Fuentes Móviles	Consumo de combustibles fósiles en el transporte de la madera en los vehículos hasta y desde el aserrío y el cargue interno de la madera en la planta.
	Fuentes fijas	Las fuentes fijas detectadas en la planta se relacionan directamente con la actividad de las calderas donde se reduce el mayor contenido de humedad, sin embargo, en este proceso hay emisiones de GEI, puesto que su funcionamiento no está a base de combustión de CO <sub>2</sub> , sino de materiales biodegradables como la madera.

Alcance	2:Energía eléctrica	Uso de máquinas e iluminación en el proceso de transformación de la madera en la planta.
Emisiones		
Indirectas		Uso en área de oficinas y comedores.

---

**Fuente,** Empresa Núcleos de Madera 2023

### 6.3 Límites operacionales

De acuerdo, a la GHG Protocol, se cuenta con 3 alcances para el cálculo de huella, sin embargo, Núcleos de madera, tomo solo Alcance 1, que está relacionado con el consumo de combustibles fósiles, como es el ACPM por parte de los automotores de uso industrial y Alcance 2 el cual está relacionado con los consumos de electricidad, indispensables para el funcionamiento de la maquinaria utilizada en la planta, como las máquinas de aserrío, remanufactura e inmunizado.

Por lo tanto, para este trabajo no se tomó el Alcance 3, debido a su complejidad para la recolección de los datos, ya que es la sumatoria de emisiones indirectas, como por ejemplo los combustibles que se consumen las camionetas que se destinan para transportar los productos hasta donde los clientes, o desplazamiento del personal que labora en la zona industrial., por esto se decidió omitir este alcance.

### 6.4 Recolección, Revisión y verificación de la información.

Para realizar una colecta de la información inicialmente se envió la solicitud al representante legal de la empresa NÚCLEOS E INVERSIONES FORESTALES DE COLOMBIA, con el fin de crear el canal de comunicación que permitiera acceder a la información requerida para el cálculo de la huella de carbono, posteriormente se



diligenciaron los formatos correspondientes al año base 2022, y se continúa con los pasos para lograr el cálculo total de la huella de carbono para el alcance I y alcance II. Con el objetivo de solicitar la información pertinente se analizó el mapa de proceso, puesto que así se pueden identificar las fuentes de consumos de combustibles y energía y, en consecuencia, fuentes de emisiones de GEI. (emisiones directas y emisiones indirectas). La empresa hizo entrega de la información por medio del área encargada “sostenibilidad”, quienes diligenciaron el formato de recolección de datos con el reporte de consumos para el año 2022.

La técnica utilizada para la determinación de la huella de carbono será para este caso la implementación de la calculadora, de acuerdo a la metodología GHG Protocol, donde se llevarán a cabo las ecuaciones ya establecidas, con los datos anteriormente suministrados por la empresa, así mismo con el factor de emisión requerido para cada uno de los gases, el cual es extraído del IPCC actualizado.

Luego de contar a cabalidad con esta información se procede a realizar la fórmula matemática: (sumatoria de la cantidad de emisiones) por el factor de emisión, así como la (sumatoria de la cantidad de energía consumida) por el factor de emisión posterior se pasa a efectuar las respectivas conversiones a toneladas equivalentes. Consiguiendo así el valor total de las emisiones de gases para el año 2022. (47).

#### **6.4.1 Selección Año base**

Al seleccionar un año base, se pensó en un principio en un año que del cual se dispusiera todos los datos que se necesitaban para el cálculo de la huella de carbono. El año base seleccionado fue el 2022, debido a que es el año finalizado inmediatamente

anterior, lo cual hace más factible la recolección y facilitación en la entrega de información. (23).

#### **6.4.2 Sistema de unidades**

Para la presentación de los resultados se trabajó con el sistema de unidades Toneladas equivalentes de dióxido de carbono (Ton CO<sub>2</sub>eq) para así tener mayor comprensión de la cantidad de GEI que son emitidas al ambiente.

### **6.5 Selección de los factores de emisión de GEI**

#### **6.5.1 Factores de emisión para el combustible.**

El factor de emisión de CO<sub>2</sub> que se utilizó para el consumo de combustible se consultó en la página oficial de la herramienta FECOC (Factores de Emisión de los Combustibles Colombianos), ya que es una de las fuentes de verificación más reciente y confiable en cuanto a los datos referentes a los datos del valor de factor de emisión.

Para las fuentes móviles y fijas se utilizó el factor de emisión del combustible Diesel B2: 10,17 kg CO<sub>2</sub>e/gal

### **6.5.2 Factores de emisión para la electricidad.**

El factor de emisión de CO<sub>2</sub>eq para el sistema eléctrico interconectado nacional (SIN) colombiano para 2021 fue tomado del valor preliminar (0,126 kg CO<sub>2</sub>eq / MWh) publicado por XM S.A E.S. P, que fue calculado siguiendo lo estipulado en la metodología para el factor de emisión del margen de operación de la herramienta de cálculo establecida por la Junta Ejecutiva del MDL para estos propósitos: “Tool to calculate the emission factor for an electricity system”, versión 07.0. (Método simple); y usando los datos de generación y emisiones publicados en el sitio web Sinergox y en la API XM. Dicho factor debe ser validado y publicado oficialmente por el Ministerio de Minas y Energías del gobierno colombiano.

### **6.5.3 Potenciales de calentamiento global.**

El potencial de calentamiento global (Global Warming Potential - GWP) es una medida relativa de cuánto calor puede ser atrapado por un determinado gas de efecto invernadero, en comparación con el dióxido de carbono como gas de referencia. Estos son considerados para períodos de 20, 100 o 500 años, siendo 100 años el valor más utilizado con el objetivo de cuantificar los diferentes gases y llevarlos a un equivalente en términos de CO<sub>2</sub>eq.

Para esto, el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) evalúa periódicamente los efectos de los diferentes gases en la atmósfera y actualiza estos valores en sus reportes de evaluación.

Los GEI son los siete gases listados en el Protocolo de Kioto: Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Metano (CH<sub>4</sub>), Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O), Hidrofluorocarbonos (HFCs), Perfluorocarbonos (PFCs), Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) y Trifloruro de nitrógeno (NF<sub>3</sub>). Para este trabajo se utilizaron los siguientes gases.

**Tabla 7.** Potencial de calentamiento global

Nombre	Fórmula Química	Potencial de Calentamiento Global
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	1
Metano	CH <sub>4</sub>	28
Óxido Nitroso	N <sub>2</sub> O	265

**Fuente,** IPCC 2016

## 6.6 Cálculo de la huella de carbono

Según la metodología GHG Protocol se propone el cálculo de la huella de carbono mediante los alcances I y II, teniendo en cuenta la recolección de los datos de consumo de la empresa, en este caso para el año base 2022.

Para la información suministrada por la empresa Núcleos e Inversiones Forestales de Colombia S.A, se realizaron los cálculos requeridos, teniendo en cuenta los factores de emisión establecidos por el UPME (Unidad de planeación minero-energética) para cada emisión, y al momento de que se cuente con la totalidad de los datos, se entregará el informe final con los resultados que se obtenidos.

La empresa Núcleos e inversiones forestales S.A realiza actividades anteriormente descritas como lo son transporte, descortezado, cortes con sierra, clasificación, secado, inmunizado entre otros, todas las emisiones que se generan de estos procesos conforman la huella de carbono emitida por el desarrollo de las actividades.

### 6.6.1 Alcance I

El alcance I hace referencia a el consumo de combustible directo de las actividades directas realizadas por la empresa. En este punto nos encontramos dos tipos de fuentes: Fuentes móviles y Fuentes Fijas.

- Fuentes Móviles

Las fuentes Móviles se refieren a las emisiones de GEI provenientes de vehículos y equipos que se desplazan y no están asociados con una ubicación fija, y a los mini cargadores que se encuentran en la planta para el movimiento y cargue interno de la madera. Para calcular el consumo de combustible de los vehículos de la empresa, que involucran los cuatro trayectos que se recorren desde las plantaciones hasta las plantas con el fin de abastecerlas del insumo de producción para la empresa denominada Núcleo forestales, los cuales están ubicados en los municipios de Yarumal, Caldas, Yolombó, y Prado. A continuación, se presentan las distancias desde la empresa hasta cada una de las plantaciones. (ver anexo 2)

**Tabla 8.** Trayectos para el transporte de madera

Trayecto		Distancia
Planta	Yarumal	14.8 km

Planta	Caldas	125 km
Planta	Prado	121 km
Planta	Yolombó	123 km

**Fuente,** Empresa Núcleos de Madera 2023

El cálculo de los kilómetros por trayecto se realizó mediante Google Maps, teniendo en cuenta las coordenadas de cargue y descargue, de acuerdo a los resultados que se obtienen en el trazado de las rutas para el transporte de la madera, se observa que, de las cuatro rutas realizadas, la de Yarumal solo tiene una distancia a las plantaciones de

14.8 km, siendo el menor recorrido en comparación con la planta de caldas que de acuerdo a la tabla 2, se evidencia un mayor recorrido en su trayecto y por lo tanto un mayor consumo de combustible.

En la empresa se utilizan dos tipos de vehículos: el doble troque y el sencillo. El factor de consumo de combustible varió según si el vehículo estaba cargado de madera o vacío, los factores de consumo por kilómetro fueron los siguientes:

**Tabla 9.** Consumo de combustible tipo de vehículo en galones

Consumo de combustible tipo de vehículo en galonesl.		
Tipo de Vehículo	Vehículo Cargado	Vehículo Vacío
Volqueta Doble troque	0,43 gal/km	0,16 gal/km
Volqueta sencilla	0,30 gal/km	0,16 gal/km

**Fuente,** Empresa Núcleos de Madera 2023

Es importante destacar que, en el viaje de ida, el vehículo siempre iba vacío, y en el regreso al Aserrío, el vehículo estaba cargado de madera.

Para determinar la cantidad de combustible consumido en cada trayecto, multiplicamos la distancia en kilómetros por el factor de consumo correspondiente. Con esta información, pudimos calcular de manera precisa el consumo de combustible de los vehículos en cada uno de los trayectos mencionados.

En la siguiente tabla se pueden apreciar los consumos de combustible obtenidos por mes y trayecto para el año 2022:

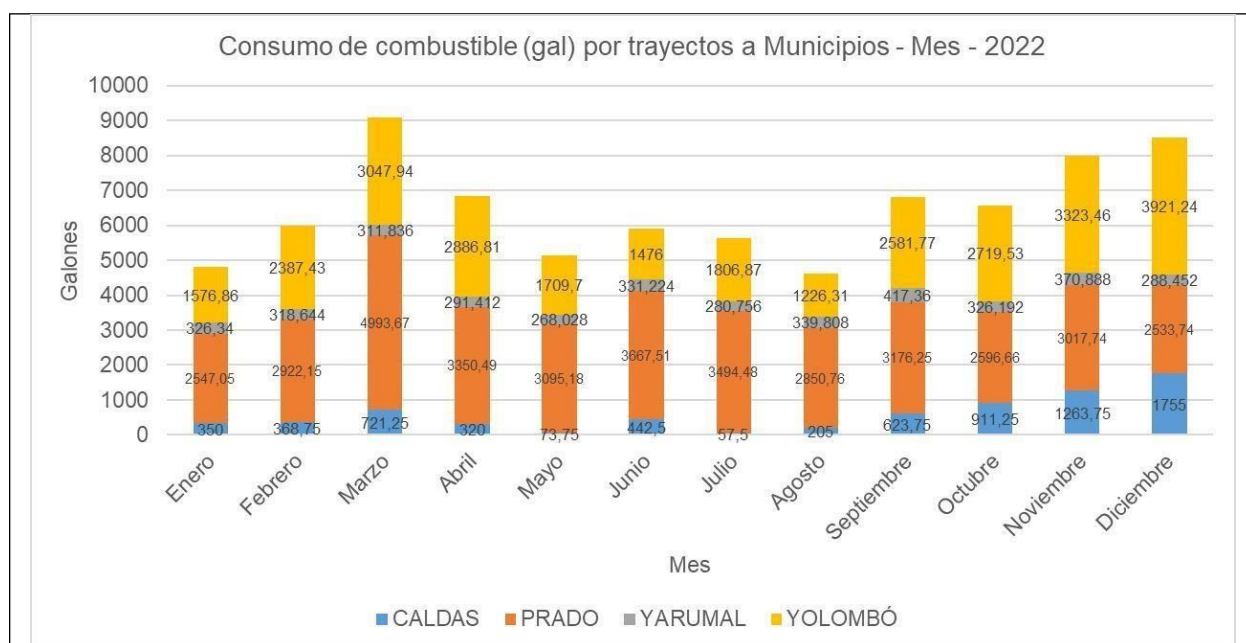
**Tabla 10.** Consumo de combustible por trayecto (Galón)

MES	CALDAS	PRADO	YARUMAL	YOLOMBÓ
Enero	350	2547,05	326,34	1576,86
Febrero	368,75	2922,15	318,644	2387,43
Marzo	721,25	4993,67	311,836	3047,94
Abril	320	3350,49	291,412	2886,81
Mayo	73,75	3095,18	268,028	1709,7
Junio	442,5	3667,51	331,224	1476
Julio	57,5	3494,48	280,756	1806,87
Agosto	205	2850,76	339,808	1226,31
Septiembre	623,75	3176,25	417,36	2581,77
Octubre	911,25	2596,66	326,192	2719,53
Noviembre	1263,75	3017,74	370,888	3323,46
Diciembre	1755	2533,74	288,452	3921,24
Total	7092,5	38245,68	3870,94	28663,92

**Fuente,** Empresa Núcleos de Madera 2023

En la siguiente grafica se puede apreciar el consumo de combustible generado por trayecto, de cada una de las plantaciones ubicadas en Caldas, Prado, Yarumal y Yolombó. Se observa que hubo mayor consumo de combustible al mes de marzo.

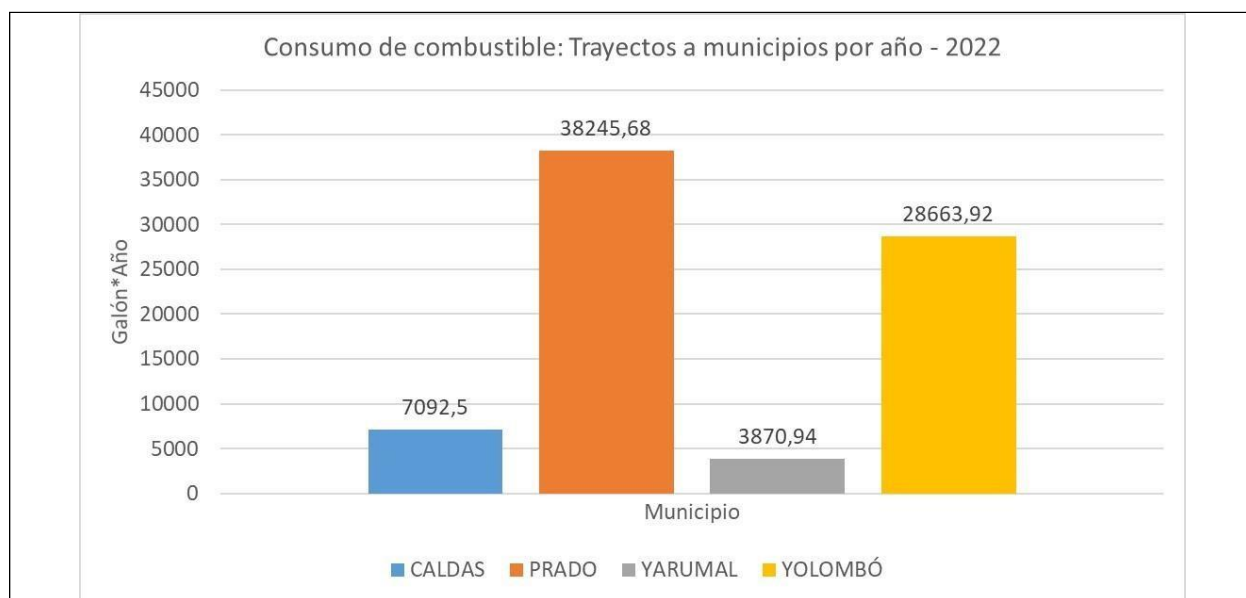
**Ilustración 14.** Consumos combustibles (Gal) por trayectos a plantaciones por mes – 2022



Fuente, Elaboración propia

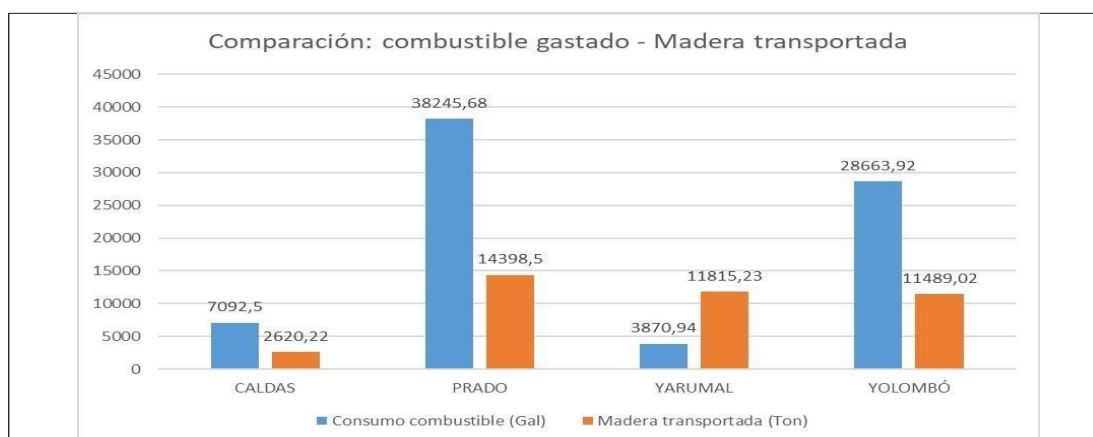
En la siguiente grafica se observa que los viajes a Prado son los que más consumen combustible, debido que se realizan mayor cantidad de viajes a esta plantación que a las demás, diferente a Yarumal, que, aunque también se realiza gran cantidad de viajes la distancia es mucho menor.



**Ilustración 15.** Consumo de combustibles trayectos a plantaciones por año - 2022

**Fuente,** Elaboración propia

La madera transportada desde la plantación de Yarumal es mayor en relación al consumo de combustible, pues, de la plantación a la planta transformadora solo hay 14,8km de distancia.

**Ilustración 16.** Consumo de combustible vs Cantidad de madera transportada

Fuente, Elaboración propia

En la siguiente tabla se relacionan la cantidad de madera movilizada por cada mes a la planta desde las diferentes plantaciones, para la transformación primaria. (Ver anexo 2).

**Tabla 11.** Consumo de Madera (Ton) por mes - 2022

Consumo Madera (Ton) – 2022					
Mes	CALDAS	PRADO	YARUMAL	YOLOMBÓ	Total por mes
Enero	143,55	1001,71	964,728	610,89	2720,88
Febrero	137,52	1115,99	1043,09	971,78	3268,38
Marzo	261,13	1831,52	913,71	1247,57	4253,93
Abril	91,99	1265,49	921,71	1261,41	3540,6
Mayo	27,91	1150,27	819,25	672,86	2670,29
Junio	169,1	1342,29	969,09	583,37	3063,85
Julio	28,38	1270,23	854,82	647,64	2801,07
Agosto	77,62	1074,35	1030,4	509,69	2692,06
Septiembre	187,03	1219,55	1305,95	1038,92	3751,45
Octubre	337,88	1006,45	1024	1029,96	3398,29
Noviembre	474,09	1102,77	1165,12	1332,25	4074,23

<b>Diciembre</b>	684,02	1017,88	803,37	1582,69	4087,96
<b>Total por año</b>	2620,22	14398,5	11815,23	11489,02	40322,97

Fuente, Empresa Núcleos de Madera 2023

Para el año 2022 se obtuvo como resultado un consumo de combustible total de 77873,04 Galones, como se observa en la siguiente tabla:

**Tabla 12.** Consumos de Combustible: Camiones transporte de madera - empresa Núcleos e Inversiones Forestales de Colombia S.A.

Mes	Consumo (Galón)
Enero	4800,25
Febrero	5996,974
Marzo	9074,696
Abril	6848,712
Mayo	5146,658
Junio	5917,234
Julio	5639,606
Agosto	4621,878
Septiembre	6799,13
Octubre	6553,632
Noviembre	7975,838
Diciembre	8498,432
<b>Total</b>	<b>77873,04</b>

Fuente, Empresa Núcleos de Madera 2023

Además, de los consumos de las fuentes móviles para los vehículos de transporte de la madera contabilizados por la empresa, la empresa también entrega la información de los consumos de la maquinaria pesada que se encuentra internamente en la planta empleada para el movimiento de la madera, en la tabla 13 están consignados los datos.

**Tabla 13.** Consumos de Combustible Fuentes Móviles Núcleos e Inversiones Forestales de Colombia S.A.

Alcance I – Fuentes Móviles	
Maquinaria pesada - Diésel B2	
Mes	Consumo (Galón)
Enero	643,94
Febrero	789,38
Marzo	913,99
Abril	688,79
Mayo	532,92
Junio	553,66
Julio	530,32
Agosto	646,28
Septiembre	789,69
Octubre	863,35
Noviembre	989,46
Diciembre	917,19
Total	8858,97

**Fuente,** Empresa Núcleos de Madera 2023

Teniendo en cuenta que son aquellas emisiones controladas por la empresa. Para este alcance se tiene el consumo de combustible de los veinticuatro (24) vehículos que

están directamente involucrados en el proceso industrial de la madera y que tienen directa relación con la empresa.

- Fuentes Fijas

Las fuentes fijas se refieren a las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de instalaciones o actividades que permanecen en la empresa, Las fuentes fijas detectadas en la planta se relacionan directamente con la actividad de las calderas donde se reduce el mayor contenido de humedad, sin embargo, en este proceso hay emisiones de GEI, puesto que su funcionamiento no es a base de combustión de CO<sub>2</sub>, sino de materiales biodegradables como la madera.

El consumo de combustible para el año 2022 teniendo en cuenta fuentes móviles internas en la planta (Mini cargadores) y fuentes móviles (Camiones de transporte de madera) es de 86672,01 galones.

**Tabla 14.** Cantidad de horas trabajadas por maquinaria alcance I

Maquinas/ Fuente de emisión	Cantidad de horas trabajadas
Montacarga Volvo Bell	6 horas
Volqueta doble troque	7 horas
Volqueta sencilla	7 horas
Caldera	24 horas

**Fuente,** Empresa Núcleos de Madera 2023

### 6.6.2 Alcance II

Los datos de esta actividad son provenientes de los consumos eléctricos que se generen en la planta de procesamiento de la madera, por lo tanto, para obtener los

consumos de eléctricos del año 2022 es necesario tener las facturas provenientes de los consumos durante el año en cuestión.

Datos de la Actividad Consumo de electricidad para el año 2022 es de 1157851 KWh/año.

Seguido continuamos con los datos para alcance II, donde se recopilan los consumos de energía durante el proceso de transformación de la madera, compilados y referenciados en la tabla 15.

**Tabla 15.** Consumos de Energía de la empresa Núcleos e Inversiones Forestales de Colombia S.A

Mes	Consumo (KWh)
Enero	95265
Febrero	93907
Marzo	115459
Abril	92269
Mayo	97373
Junio	89402
Julio	92228
Agosto	97503
Septiembre	97701
Octubre	97423
Noviembre	96250
Diciembre	93071
<b>Total</b>	<b>1157851</b>

**Fuente,** Empresa Núcleos de Madera 2023

**Tabla 16. Cantidad de maquinaria para alcance II**

<b>Nombre del equipo</b>	<b>Función</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Horas Trabajadas</b>
<b>Descortezador</b>	Descortezar los rollos de madera	2	6
<b>Línea principal</b>	Transportar la madera	1	6
<b>Cuádruples</b>	Corte de lateral	2	6
<b>Desdobladora</b>	Corte	1	6
<b>Múltiples</b>	Corte	1	6
<b>Recuperadora</b>	Selección de orillos	2	6
<b>Canteadora</b>	Corte de orillo	2	6
<b>Despuntadora</b>	Corte de estacón	2	6
<b>Elevador</b>	Transportar	1	6
<b>Chipper</b>	Triturar retal	1	6
<b>Wood Mizer</b>	Corte para taco o bigas	1	6
<b>Cepillo industrial</b>	Pulir	2	6
<b>Mesa sierra circular</b>	Recupera retal	1	6
<b>Rápida</b>	Corte	1	6
<b>Retestadora</b>	Corte		6
<b>Chaflaneadora automática</b>	Refilar o achaflanar la tabla	1	6
<b>Radial de mesa</b>	Dimensionado de tabla, larguero, tablón, etc.	2	6
<b>Ingleteadoras</b>	Corte	2	6
<b>Circular de mesa</b>	Deshilado de madera	2	6
<b>Canteadora</b>	Enderezar madera	1	6
<b>Cin fin</b>	Cortes pequeños	1	6
<b>Radial manual</b>	Corte	2	6
<b>Molduradora</b>	Cepilla 4 caras	2	6
<b>Deshiladora</b>	Deshila la table	1	6
<b>Cilindradora</b>	Fabricación de alfardas	2	6
<b>Sacapuntas</b>	Corte en punta	1	6
<b>Ingleteadoras</b>	Dimensionamiento de madera	6	6
<b>Autoclave</b>	Inmunizado de madera	1	6
<b>Torno</b>	Realiza agujeros a los postes	1	6

**Fuente,** Empresa Núcleos de Madera 2023

Para el momento de ejecutar la colecta, se presentaron algunas dificultades, pues se debió contabilizar además los kilómetros recorridos y horas trabajadas de la maquinaria, con la finalidad de obtener los datos más reales y aproximados.

Sin embargo, luego de realizar estos pasos toda la actividad se logró con éxito, por lo tanto, se cuenta con información verídica y confiable suministrada por el área de sostenibilidad ambiental.

## 6.7 Presentación y divulgación de Resultados

La huella de carbono para la empresa Núcleos e Inversiones Forestales de Colombia SAS durante el periodo 2022 fue de 893,70 Ton CO<sub>2</sub>eq para alcance 1 y 145,89 Ton CO<sub>2</sub>eq para alcance 2.

Aplicando los siguientes cálculos para alcance 1.

- Primero tomamos el factor de emisión para CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> Y N<sub>2</sub>O, posterior se suman para obtener el factor de emisión en Kg CO<sub>2</sub>e/gal
- Luego de tener este valor, procedemos a multiplicarlo con la cantidad de combustibles consumidos, dividiendo por 1000, con el fin de dar el resultado en Ton CO<sub>2</sub>eq.
- Por último, tenemos el resultado de la huella de carbono para alcance 1.

### Ecuación 3

$$HC = \frac{FE * Consumo\ de\ combustible}{FC}$$

Donde,

HC: Huella de Carbono (Ton CO<sub>2</sub>e)

FE: Factor de emisión (Kg CO<sub>2</sub>e/gal)

FC: Factor de conversión de unidades

Consumo de combustible (Gal)



Aplicando la ecuación para el cálculo de la huella de carbono de alcance 1 y emisiones directas de fuentes móviles, obtenemos los siguientes resultados, evidenciados en la siguiente tabla.

**Tabla 17.** Emisiones directas fuentes móviles

<b>Actividad</b>	<b>Cantidad (galón)</b>	<b>Combustible</b>	<b>Factor de emisión de CO<sub>2</sub> kg CO<sub>2</sub>e/gal</b>	<b>Total emisión ton CO<sub>2</sub>eq</b>
Vehículos Pesados (Transporte de madera)	77.873,04	Diésel B2	10,30	802,4171
Total				802,42

**Fuente,** Elaboración propia

Seguido continuamos con los cálculos para las emisiones indirectas del alcance 2, aplicando la ecuación.

#### **Ecuación 4**

$$HC = \frac{FE * Consumo de electricidad}{FC}$$

Donde,

HC: Huella de Carbono (Ton CO<sub>2</sub>e)

FE: Factor de emisión (Kg CO<sub>2</sub>e/gal)

FC: Factor de conversión de unidades

Consumo de electricidad (KWh)

El factor de emisión utilizado se extrajo de la red de energía eléctrica en Colombia, documento del FECOC, como se puede ver en la siguiente tabla 12.

**Tabla 18.** Emisiones indirectas- Consumo energía eléctrica (KWh) Planta Núcleos de Madera año 2022

Locación	Cantidad (KWh)	Factor de emisión (kg CO <sub>2</sub> eq/KWh)	Total, emisión ton CO <sub>2</sub> eq
Planta Núcleos de Madera	1.157.851,00	0,126	145,8892
	Total		145,89

**Fuente,** Elaboración propia

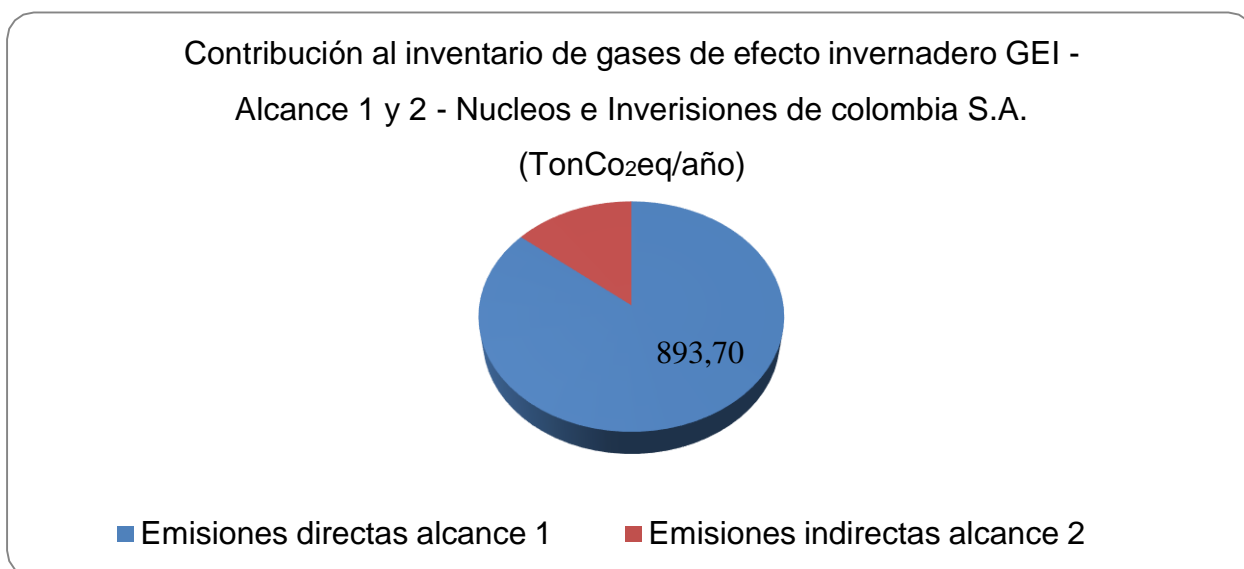
Después de tener los resultados para alcance 1 y alcance 2, se suman los valores, hallando así la huella de carbono emitida por la empresa Núcleos de madera para el año 2022.

**Tabla 19.** Emisiones directas e indirectas Año 2022

<b>Emisiones</b>	<b>Total, emisión ton CO<sub>2</sub>eq/año</b>	<b>Aporte (%)</b>
Emisiones directas alcance 1	893,70	85,97%
Emisiones indirectas alcance 2	145,89	14,03%
<b>Total</b>	<b>1.039,59</b>	<b>100,00%</b>

**Fuente,** Elaboración propia

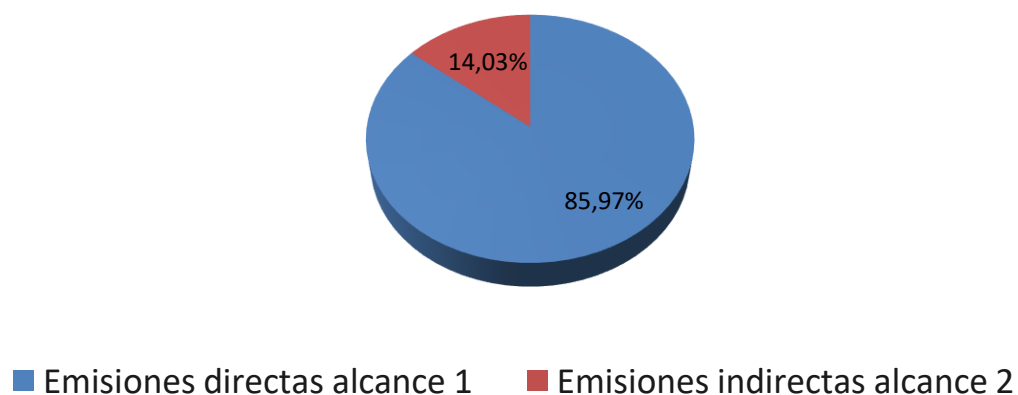
En la siguiente grafica vemos como es el comportamiento de las emisiones GEI, y el área que mayor aporte de CO<sub>2</sub> hace a la atmosfera; para las emisiones directas se obtuvo un 14,17 % y para las emisiones indirectas 85,83 %

**Ilustración 17.** Contribución al inventario de gases de efecto invernadero GEI -Alcance 1 y 2 - Núcleos e Inversiones de Colombia S.A. (TonCo<sub>2</sub>eq/año)

**Fuente,** Elaboración propia

**Ilustración 18.** Porcentaje de Gases Efecto de Invernadero

Contribución al inventario de gases de efecto invernadero GEI - Alcance 1 y 2 - Núcleos e Inversiones de Colombia S.A. (%)



**Fuente,** Elaboración propia

## 6.8 Análisis de resultados

Con base en la información recopilada, se puede afirmar que el mayor consumo se manifiesta en el combustible, determinado en alcance 1 con un total de 892,54 Ton CO<sub>2</sub>eq, abarcando tanto emisiones directas como indirectas, este fenómeno se atribuye principalmente a la intensa actividad relacionada con el transporte de la madera, específicamente, se destaca que el total de distancia que se deben recorrer para hacer la recolección de la madera es de 383.8 km en total, hasta las plantaciones debidamente certificadas.

El transporte de la madera desde las plantaciones ubicadas en los municipios de Yolombó, Caldas, Yarumal y Prado hasta los respectivos núcleos representa un mayor consumo de combustible por las distancias recorridas entre estos, las cuales son necesaria para movilizar la materia prima que se requiere para la producción en la planta, es en esta actividad donde se concentre la mayor operación y por ende el mayor

consumo de insumos que para este caso es el combustible que es el suministro de los vehículos pesados para su funcionamiento el cual es de forma constante, este es uno de los aspectos de la empresa que hace un aporte considerable de GEI.

Además, al tener mayor consumo de madera en la planta núcleos de madera debido a los pedidos que se tengan, se va a ver evidenciado en las emisiones de GEI, ya que la maquinaria va tener una mayor actividad y un alto gasto de energía por la cantidad de horas trabajadas.

Teniendo en cuenta, que para esta actividad se utilizaron vehículos diésel de los años 80 con tecnología de 1980 , los cuales tienden a ser más contaminantes en comparación con el biodiesel, debido a los niveles superiores de dióxido de carbono, dióxido de nitrógeno y sus respectivas partículas en suspensión que son unos de los principales contaminantes del aire y en su mayoría son producto del desgaste de los carros, por ejemplo en los frenos, embragues y neumáticos , es importante señalar que para estos cálculos se tuvo en cuenta la información tanto del desplazamiento de ida como el de vuelta de los recorridos.

Adicionalmente, en la planta se identifica también el consumo significativo de combustible asociados a los equipos que se utilizan en la logística interna para mover la madera, entre ellos se encuentran dos montacargas, dos volvo, y un cargador marca Bell, los cuales operan durante 6 horas diarias dentro del período total de funcionamiento de 8 horas de la planta de transformación, este equipo está directamente encargado de la carga de madera para su despacho, lo que implica una actividad constante de la máquina, esta situación permite evaluar estratégicamente las emisiones generadas, a fin de abordar metodologías que nos permitan la reducir el impacto ambiental por parte de los GEI.

Es importante resaltar como se mencionó anteriormente, que los cálculos para el consumo de combustible se realizaron en las unidades de kg CO<sub>2e</sub>/gal, como lo entrega el FECOC, luego por medio de conversiones se pasa a TonCO<sub>2e</sub>/gal para que correspondan con las unidades de los factores de emisión que están establecidos.

Además, las emisiones producidas de contaminantes directos para efecto invernadero como CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O se calcularon usando los factores de emisión del capítulo de combustión estacionaria del IPCC.

Así mismo, se utilizó el factor de emisión 0,126 kg CO<sub>2eq</sub>/KWh para el cálculo de la huella de carbono establecida según la red de energía eléctrica en Colombia, documento del FECOC para el alcance 2, teniendo en cuenta que estas emisiones corresponden al consumo de la electricidad que es utilizada por la maquinaria que se encarga de los procesos de corte y remanufactura, este alcance dio como resultado un total de 145, 89 ton CO<sub>2eq</sub>, y un porcentaje de 14,03% , el cual en comparación con el resultado de la huella de carbono de alcance 1 es relativamente bajo, ya que este dio un valor de 85, 97%.

## 7 Opciones de compensación GEI

- **Consumo de combustible**

- Es primordial mantener los vehículos que, funcionan dentro de la instalación, en buenas condiciones tecno-mecánicas, esto con el fin de ayudar en la conservación del medio ambiente y de esta forma se evita la emisión de Gases de Efecto Invernadero.
- Es importante que al personal que labora en el aserrío, en especial a los directamente relacionados, el manejo de los vehículos, se les realice una capacitación y sensibilización en “eco-conducción”, es decir, conducir de una forma eficiente, que reduce las emisiones de GEI.
- La empresa Núcleos de madera puede hacer plantaciones de algunas especies como Capirona y Eucalipto que son potencialmente especiales para la captación de CO<sub>2</sub>, cumplen un importante papel en el ciclo del carbono global, dado que gran parte de la biomasa está conformada por carbono, por lo general se consideran sumideros de carbono, así se puede lograr compensar la huella de carbono emitida, y llegar a ser carbono neutro.
- Compra de bonos de carbono por compensación voluntaria o compensación pasiva por compra de predios con áreas de protección o conservación de bosques.
- Optimizar las rutas de transporte para minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero. Considerar vehículos más eficientes y, cuando sea posible, la utilización de combustibles menos contaminantes.
- Eficiencia energética
- Tener una mayor organización, de la información, con registros y datos actualizados, dado que, en algunos casos, se encuentra dispersa, o inexistente.
- Garantizar que las materias primas provengan de bosques gestionados de manera sostenible y certificados. Apoyar prácticas forestales que promuevan la

regeneración y la biodiversidad.

- Obtener certificaciones ambientales reconocidas que respalden prácticas sostenibles y demuestren el compromiso de la empresa con la reducción de la huella de carbono.
- Sensibilizar a los empleados sobre la importancia de reducir la huella de carbono y proporcionar capacitación para fomentar prácticas sostenibles en todas las operaciones. (50)
  
- Desconectarse la maquinaria y apagar las luces, cuando estos no se necesiten. Por cada kw/h de electricidad que se ahorre, se evitara la emisión de aproximadamente 800 gramos de CO<sub>2</sub>. De acuerdo, con el manual de Buenas Prácticas: Servicio de Mantenimiento. (50)
  
- Realizar mantenimiento eléctrico a la instalación industrial, como pueden ser tomas de electricidad y la maquinaria utilizada en el proceso industrial que su fuente energía sea la eléctrica, de esta forma se evitara fugas de energía y realizara un ahorro de energía.
  
- Es importante llevar un registro detallado de los porcentajes de consumo eléctrico de cada una de las máquinas que son utilizadas en el proceso del aserrío con el diligenciamiento de formatos diarios que permitan alimentar una base de datos con esta información, de esta manera se puede tener un control más riguroso de la cantidad de kw/h que estas consumen y se podrá detectar alguna irregularidad en el funcionamiento de estas.
  
- Es preciso, que se cambie los focos de luminarias que se tienen en el aserrío, por unas más eficientes, como son las LED
  
- Se propone como medida de compensación el diseño e implementación de un parque solar para la empresa, para así aportar con la conservación del medio ambiente y contribuir con la reducción de emisiones de GEI.



### 13. Conclusiones

- Actualmente el sector maderero ha tenido un crecimiento importante en los mercados nacionales, no obstante, existen muy pocos estudios de cálculo de huella de carbono en la industria que permitan indicar y conocer las emisiones de GEI emitidas por el sector y poder determinar así una línea base para futuros proyectos y resultados.
- La metodología utilizada en el presente informe registro dos actividades principales dentro del proceso de transformación de la madera en la empresa Núcleos e inversiones forestales de Colombia S.A que generan emisiones de CO<sub>2</sub>: La combustión que generan los automotores, involucrada directamente en el proceso de la industria de la madera y la electricidad consumida por las máquinas que realizan la transformación de la madera. Los cuales fueron identificados en los límites organizacionales fuentes de emisión de las operaciones de la empresa Núcleos e Inversiones Forestales de Colombia.
- El cálculo de la huella de carbono permitió determinar que la actividad que más emite CO<sub>2</sub> en la empresa Núcleos e inversiones forestales de Colombia S.A es el consumo de combustible por parte de la actividad del transporte de la madera desde su lugar de origen hacia las instalaciones industriales, aportando un 85,95% de las emisiones generadas.
- Finalmente, se diseñó la calculadora que permitió hacer el cálculo de la huella de carbono con la información suministrada por el área de sostenibilidad de la empresa Núcleos e inversiones forestales de Colombia S.A, para el alcance I y alcance II, tal como fue propuesto desde el inicio del proyecto.
- El resultado final obtenido al calcular la huella de carbono, le representa a Núcleos e inversiones forestales de Colombia S.A un reto y una responsabilidad para la gestión ambiental, porque al tener esta línea base se pueden plantear nuevas metas estratégicas que encaminen a la misión y visión de la empresa, su participación y cumplimiento de la normatividad ambiental colombiana.

## 8 Referencias

1. Glosario [Internet]. Transparencia. [citado el 21 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.ambientebogota.gov.co/web/transparencia/glosario>
2. Ley de Acción Climática [Internet]. COP26 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. [citado el 6 de diciembre de 2022]. Disponible en: <https://cop26.minambiente.gov.co/ley-de-accion-climatica/>
3. Noriega NF. Se está preparando una bioeconomía forestal, pero se requiere una acción más decidida [Internet]. Propopulus. 2020 [citado el 21 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://propopulus.eu/es/se-esta-preparando-una-bioeconomia-forestal-pero-se-requiere-una-accion-mas-decida/>
4. No title [Internet]. Unfccc.int. [citado el 30 de julio de 2023]. Disponible en: <https://unfccc.int/es/most-requested/que-es-el-acuerdo-de-paris>
5. Federación Nacional de Industriales de la Madera [Internet]. Org.co. [citado el 21 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://fedemaderas.org.co/>
6. S.A.S ELR. Estas son las siete empresas que se han certificado como “carbono neutro” en 2022 [Internet]. Diario La República. [citado el 6 de diciembre de 2022]. Disponible en: <https://www.larepublica.co/empresas/estas-son-las-siete-empresas-que-se-han-certificado-como-carbono-neutro-en-2022-3432750>
7. Pugliese N, Schlichter T. Determinación de la huella de carbono de madera aserrada producida en la prov. de misiones (Arg). En: V Congreso Internacional sobre Cambio Climático y Desarrollo Sustentable (La Plata, 14, 15 y 16 de septiembre de 2016). 2016.
8. Henry O, Benavides B, Gloria EL. IDEAM-METEO/008-2007 NOTA TÉCNICA DEL IDEAM Original: Diciembre 2007 INFORMACIÓN TECNICA SOBRE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO [Internet]. Gov.co. [citado el 30 de julio de 2023]. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf>
9. del Medio Ambiente, D. (2022, noviembre 28). Créditos de Carbono: ¿Qué son y cuáles han sido alguna de las problemáticas en su aplicación? Derecho del Medio Ambiente. <https://medioambiente.uexternado.edu.co/creditos-de-carbono-que->

son-y-cuales-han-sido-alguna-de-las-problematicas-en-su-aplicacion/

10. Líneas de Acción Prioritarias Para la Adaptación al CC en C. AL CAMBIO CLIMÁTICO [Internet]. Gov.co. [citado el 30 de julio de 2023]. Disponible en: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Ambiente/PNACC%202016%20linea%20accion%20prioritarias.pdf>
  
11. Verkerk PJ. Forest products in the global bioeconomy: Enabling substitution by wood-based products and contributing to the Sustainable Development Goals [Internet]. Rome, Italy: FAO; 2022 [citado el 6 de diciembre de 2022]. 168 p. Disponible en: <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb7274en>
  
12. Ramirez CD. EVALUACION DE LA HUELLA DE CARBONO EN EL PROCESO INDUSTRIAL DE LA MADERA EN LA UNIDAD OPERATIVA VILLANUEVA [Internet]. Edu.co. [citado el 30 de julio de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/263/Evaluacion%20de%20la%20Huella%20de%20Carbono%20en%20el%20Proceso%20Industrial%20de%20la%20Madera%20en%20la%20Unidad%20Operativa%20Villanueva.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
  
13. De la Calidad y Auditoria Ambiental CO de P en G. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA [Internet]. Edu.pe. [citado el 30 de julio de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2859/T01-J4-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
  
14. de la Calidad y Auditoria Ambiental CO de P en G. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA [Internet]. Edu.pe. [citado el 14 de diciembre de 2023]. Disponible en: [https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2859/T01-J4-T.pdf?sequence=1&isAllowed=CONCEPTOS BÁSICOS DE CAMBIO CLIMÁTICO - IDEAM. \(s/f\). Gov.co. Recuperado el 14 de Julio de 2023, de <http://www.cambioclimatico.gov.co/otras-iniciativas>](https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2859/T01-J4-T.pdf?sequence=1&isAllowed=CONCEPTOS BÁSICOS DE CAMBIO CLIMÁTICO - IDEAM. (s/f). Gov.co. Recuperado el 14 de Julio de 2023, de http://www.cambioclimatico.gov.co/otras-iniciativas)
  
15. B. Roca Villanueva, M. Beltrán Salvador and R. Gómez Huelgas, "Cambio climático y salud", Revista Clínica Española, vol. 219, no. 5, pp. 260-265, 2019. Available: 10.1016/j.rce.2019.01.004 [Accessed 11 July 2019].
  
16. J. Ibarra-Cisneros and A. Monroy-Ata, "Cuestionario para calcular la Huella Ecológica de estudiantes universitarios mexicanos y su aplicación en el Campus Zaragoza de la Universidad Nacional", TIP, vol. 17, no. 2, pp. 147-154, 2014. Available: 10.1016/s1405- 888x(14)72089-3 [Accessed 21 May 2019].
  
17. B. He, J. Wang, S. Huang and Y. Wang, "Low-carbon product design for product

life cycle", Journal of Engineering Design, vol. 26, no. 10-12, pp. 321-339, 2015. Available: 10.1080/09544828.2015.1053437 [Accessed 21 May 2019].

- 18.4. Us Epa O. Descripción general de los gases de efecto invernadero. 2019 [citado el 14 de diciembre de 2023]; Disponible en: <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/descripcion-general-de-los-gases-de-efecto-invernadero>
19. GP Gases de efecto invernadero - Parte 1: Especificación con orientación a nivel de las organizaciones para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero (NTC-ISO 14064-1:2020) Accedido el [Noviembre 12 2022]. [Internet]. Disponible en: <https://tienda.icontec.org/gp-gases-de-efecto-invernadero-parte-1-especificacion-con-orientacion-a-nivel-de-las-organizaciones-para-la-cuantificacion-y-el-informe-de-las-emisiones-y-remociones-de-gases-de-efecto-invernadero-ntc-iso14064-1-2020.html>
20. Homepage [Internet]. Ghgprotocol.org. [citado el 21 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://ghgprotocol.org/>
21. Norma PAS 2060 [Internet]. Aec.es. [citado el 21 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/norma>
22. Guía para el cálculo y reporte de Huella de Carbono Corporativa, 1st ed. Bogota D.C.: PIGA, 2015, pp. 8-9
23. Alcaldía de Yarumal [Internet]. Nuestro Municipio. [citado el 15 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.yarumal.gov.co/alcaldia/>
24. Nucleosdemadera.com. [citado el 21 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://nucleosdemadera.com/wp-content/uploads>
25. United Nations. Trabajar en beneficio de las personas y el planeta | Naciones Unidas. [citado el 1 de Abril de 2023]; Disponible en: <https://www.un.org/es/climatechange/cop27>
26. No title [Internet]. Unfccc.int. [citado el 30 de julio de 2023]. Disponible en: [https://unfccc.int/es/kyoto\\_protocol](https://unfccc.int/es/kyoto_protocol)
27. de Colombia R. CConsejo Nacional de Política Económica y Social [Internet]. Gov.co. [citado el 1 de abril de 2023]. Disponible en: <https://colaboracion.dnp.gov.co/cdt/conpes/econ%C3%B3micos/3700.pdf>

28. Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC) [Internet]. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2021 [citado el 1 de abril de 2023]. Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/cambio-climatico-y-gestion-del-riesgo/estrategia-colombiana-de-desarrollo-bajo-en-carbono-ecdbc/>
29. Documentos Oficiales Contribuciones Nacionalmente Determinadas [Internet]. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2021 [citado el 1 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/cambio-climatico-y-gestion-del-riesgo/documentos-oficiales-contribuciones-nacionalmente-determinadas/>
30. POLÍTICA NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO - IDEAM [Internet]. Gov.co. [citado el 1 de agosto de 2023]. Disponible en: <http://www.cambioclimatico.gov.co/directorio-del-cambio-climatico>
31. PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO DEL SECTOR MINERO ENERGÉTICO 2050 OFICINA DE ASUNTOS AMBIENTALES Y SOCIALES MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA [Internet]. Gov.co. [citado el 1 de agosto de 2023]. Disponible en: [https://www.minenergia.gov.co/documents/6390/\\_Plan\\_Modifica\\_el\\_Plan\\_Integral\\_de\\_Gesti%C3%B3n\\_del\\_Cambio\\_Clim%C3%A1tico\\_-\\_Sector\\_Miner\\_oJdBZ2K.pdf](https://www.minenergia.gov.co/documents/6390/_Plan_Modifica_el_Plan_Integral_de_Gesti%C3%B3n_del_Cambio_Clim%C3%A1tico_-_Sector_Miner_oJdBZ2K.pdf)
32. Estrategia Climática de Largo Plazo de Colombia E2050 [Internet]. COP26 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2021 [citado el 1 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://cop26.minambiente.gov.co/estrategia-climatica-de-largo-plazo-de-colombia-e2050/>
33. AEC - Norma UNE EN ISO 14064 [Internet]. Aec.es. [citado el 1 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/norma-une-en-iso-14064>
34. Huella de Carbono de Producto: ISO 14067 [Internet]. Intedya.com. [citado el 1 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://www.intedya.com/internacional/191/consultoria-iso-140672018-huella-de-carbono-de-producto.html>
35. 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. Diario Oficial No. 41.575, del 28 de octubre de 1994. [Santafé de Bogotá, D.C] [Citado el 3 de abril de 2023] Disponible en: [http://www.ideam.gov.co/documents/24024/26915/C\\_Users\\_JGomez\\_Document\\_s\\_LEY+164+DE+1994.pdf/85833e1c-6ceb-4554-bce5-21e433329019](http://www.ideam.gov.co/documents/24024/26915/C_Users_JGomez_Document_s_LEY+164+DE+1994.pdf/85833e1c-6ceb-4554-bce5-21e433329019)

36. 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 Diario oficial 44.272 del 27 de diciembre de 2000 [consultado el 2 de mayo de 2023] (Bogotá DC). Disponible en: [https://oab.ambientebogota.gov.co/?post\\_type=dlm\\_download&p=21745](https://oab.ambientebogota.gov.co/?post_type=dlm_download&p=21745)
37. Ley 1715 de 2014, "Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional." Diario Oficial No. 49.150 de 13 de mayo de 2014 [consultado el 2 de mayo de 2023] (Bogotá DC). Disponible en: [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_1715\\_2014.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1715_2014.html)
38. Ley 1819 de 2016, "Por medio de la cual se adopta una reforma tributaria estructural, se fortalecen los mecanismos para la lucha contra la evasión y la elusión fiscal, y se dictan otras disposiciones". Diario Oficial No. 50.101 de 29 de diciembre de 2016 [consultado el 2 de mayo de 2023] (Bogotá DC) Disponible en: [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_1819\\_2016.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1819_2016.html)
39. Ley 1844 de 2017. Por medio de la cual se aprueba el "Acuerdo de París", adoptado el 12 de diciembre de 2015, en París, Francia. Diario Oficial No. 50.294 de 14 de julio de 2017 [consultado el 2 de mayo de 2023] (Bogotá DC). Disponible en: [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_1844\\_2017.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1844_2017.html)
40. Ley 1931 de 2018. por la cual se establecen directrices para la gestión del cambio climático. Diario Oficial No. 50.829 de 27 de julio de 2018 [consultado el 2 de mayo de 2023] (Bogotá DC). Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=87765>
41. Ley 2169 de 2021. Por medio de la cual se impulsa el desarrollo bajo en carbono del país mediante el establecimiento de metas y medidas mínimas en materia de carbono neutralidad y resiliencia climática y se dictan otras disposiciones. Del 22 de diciembre de 2021. [consultado el 2 de mayo de 2023] (Bogotá DC). Disponible en: [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_2169\\_2021.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_2169_2021.html)
42. Ley 2173 de 2021. Por medio de la cual se promueve la restauración ecológica a través de la siembra de árboles y creación de bosques en el territorio nacional, estimulando conciencia ambiental al ciudadano, responsabilidad civil ambiental de las empresas y compromiso ambiental a los entes territoriales; se crean las áreas de vida y se establecen otras disposiciones" Del 30 de diciembre de 2021. [consultado el 2 de mayo de 2023] (Bogotá DC). Disponible en: [https://www.andi.com.co/Uploads/LEY%202173%20DEL%2030%20DE%20DICIEMBRE%20DE%202021\\_637816485623156944.pdf](https://www.andi.com.co/Uploads/LEY%202173%20DEL%2030%20DE%20DICIEMBRE%20DE%202021_637816485623156944.pdf)
43. Decreto 298 de 2016. Por el cual se establece la organización y funcionamiento del Sistema Nacional de Cambio Climático y se dictan otras disposiciones. Del 24

- de febrero de 2016. [consultado el 2 de mayo de 2023] (Bogotá DC). Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=68173>
44. Decreto 926 de 2017. Por el cual se establece el Procedimiento para la No Causación del Impuesto Nacional al Carbono. Del Junio 1 de 2017. [consultado el 2 de mayo de 2023] (Bogotá DC). Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=81936>
45. Gov.co. [citado el 30 de julio de 2023]. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/web/siac/infonalclimatico>
46. Grupo Núcleos de Madera [Internet]. Com.co. [citado el 30 de julio de 2023]. Disponible en: <https://www.oal.com.co/empresas/grupo-nucleos-de-madera>
47. Español — IPCC. (s/f). [ipcc.ch](http://ipcc.ch). Recuperado [Internet]. Bogotá: UPME; Fecha de acceso [26 de julio 2023]. Disponible, de <https://www.ipcc.ch/languages-2/spanish/>
48. Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). Calculadora de emisiones [Internet]. Bogotá: UPME; Fecha de acceso [26 de julio 2023]. Disponible en: [http://www.upme.gov.co/calculadora\\_emisiones/aplicacion/acercade.html](http://www.upme.gov.co/calculadora_emisiones/aplicacion/acercade.html).
49. Bianco M. ¿Qué son los bonos de carbono y qué tipos existen? [Internet]. CARBON NEUTRAL +. 2022 [citado el 14 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://www.carbonneutralplus.com/proyectos-de-bonos-de-carbono-cuales-son-que-tipos-hay/>
50. de Calidad Ambiental U de CAV, Revisión B y. DM. MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS: SERVICIO DE MANTENIMIENTO [Internet]. Ugr.es. [citado el 14 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://laborales.ugr.es/sites/centros/rlaborales/public/inline-files/MANUAL-MANTENIMIENTO.pdf>

## 9. Anexos

Anexo 1.....	Calculadora de huella de carbono
Anexo 2.....	Herramienta de cálculo de consumo de combustible fuentes móviles
Anexo 3.....	Consentimiento Informado