

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA: INGENIERÍA AMBIENTAL

Tesis previa a la obtención del título de: INGENIERO AMBIENTAL

TEMA:

**DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO PARA BLOQUES
DE Balsa de Madera en la Empresa Gibago Cía. Ltda., DMQ.**

AUTORES:

CÉSAR EDUARDO CHAMORRO AVILÉS

ANGEL ENRIQUE ROMERO FREIRE

DIRECTOR:

RICHARD JACHSON VILCHES MORENO

Quito, febrero del 2015

**DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Nosotros, César Eduardo Chamorro Avilés y Angel Enrique Romero Freire autorizamos a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaramos que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Quito, febrero del 2015

César Eduardo Chamorro Avilés
CC: 1722114806

Angel Enrique Romero Freire
CC: 1720088192

DEDICATORIA

A mi padre celestial Jehová, quien me dio la sabiduría y la fuerza para cumplir con mi meta.

A mis padres Susana y César quienes me formaron como ser humano y me respaldaron incondicionalmente en todos los pasos que di en mi vida. A mis hermanos Wilmer y Fernando por darme el apoyo necesario en los momentos difíciles.

A mi gran amigo Santy Varela por el apoyo incondicional brindado a lo largo de nuestra carrera universitaria y por el respaldo proporcionado durante el desarrollo de este proyecto.

A mis colegas: Fernando Dávila, Daniel Cárdenas, Jhonnathan Carrión, Enrique Romero fue un gusto estudiar y trabajar junto a ustedes.

A Henry Castro por haberme guiado en mi desarrollo como profesional.

Y a mis amigos de toda la vida: Juan Andrés, Jorge Andrés, Santiago Arellano, Karen Mendoza les debo muchas panas.

César Eduardo Chamorro Avilés

A nuestro Dios, quien me ha enseñado a valorar la vida día a día, sobre todo por permitirme llegar a cumplir una meta más en mi vida.

A mi familia, quienes han estado siempre encaminándome por el bien durante todo mi trayecto estudiantil y vida personal, mis padres Alfonso Romero y Gloria Freire son los responsables de haberme formado una persona seria y responsable. A mis hermanos Diego, Danilo y Fernanda, que siempre me han apoyado en todos los momentos de mi vida al igual que mi cuñada Evelin.

A mis amigos y colegas: Gabby, Fernando, Danny, Santiago, César, Jhonnatan, Daniel, Lesly, Cristóbal, Chelo y Richard, siempre han estado de una u otra forma apoyándome en las buenas y en las malas.

Angel Enrique Romero Freire

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1.....	4
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
1.1 Antecedentes.	4
1.1.1 Organización.	5
1.1.1.1 Organigrama estructural.....	5
1.1.2 Distribución de planta industrial.	5
1.2 Generalidades.....	7
1.2.1 Cambio climático.	7
1.2.2 Efecto invernadero	8
1.3 Instrumentos jurídicos del cambio climático	9
1.3.1 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.....	9
1.3.2 Protocolo de Kioto	10
1.3.3 Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)11	
1.4 Argumentación de la huella de carbono.....	11
1.4.1 Análisis de ciclo de vida	11
1.4.2 Huella ecológica.....	12
1.4.3 Huella de carbono	16
1.4.4 Huella de carbono a nivel mundial.....	19
1.4.5 Huella de carbono en Sudamérica.....	20
1.4.6 Huella de carbono en Ecuador	22
1.4.7 Perspectivas de la huella de carbono en Gibago Cía. Ltda.	24
1.5 Metodologías de cálculo de la huella de carbono.	24
1.5.1 Protocolo de gases de efecto invernadero	25
1.5.2 Publicly Available Specification. 2050:2011	25
1.5.3 ISO 14064-1:2006.....	26
1.5.4 Método compuesto de las cuentas contables.....	26
1.5.5 Metodología Bilan Carbone	26
1.6 GEI generados por la descomposición de desechos.....	26
1.6.1 Carbono orgánico degradable	27
1.6.2 Factor de corrección para el metano	27

1.6.3 Fracción del carbono orgánico degradable que se descompone	28
1.6.4 Tiempo de vida medio.....	28
1.6.5 Tasa constante de generación de metano (k).....	29
1.6.6 Fracción de metano en el gas de vertedero generado (F).....	29
1.6.7 Tiempo de retardo	30
1.6.8 Masa de carbono orgánico degradable disuelto	30
1.6.9 Masa de carbono orgánico degradable disuelto no reaccionado.....	30
1.6.10 Masa de carbono orgánico degradable disuelto descompuesto durante el año de deposición.....	31
1.6.11 DOC _m acumulado al final del año y DOC _m descompuesto.....	31
1.7 GEI generados por la descomposición de las aguas residuales.....	32
1.7.1 Tratamiento y vías de eliminación de las aguas residuales.....	32
1.7.2 Gas metano proveniente de las aguas residuales.....	33
1.7.3 Óxido nitroso proveniente de las aguas residuales	33
CAPÍTULO 2.....	34
MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
2.1 Identificación de fuentes generadoras de GEI.	34
2.2 Potencial de calentamiento atmosférico de GEI.	35
2.3 FASE I.....	35
2.4 FASE II	36
2.4.1 Determinación del consumo de biomasa como fuente generadora de energía térmica.....	38
2.4.2 Cálculo de combustibles usados por Gibago Cía. Ltda.....	41
2.4.3 Cálculo del consumo eléctrico de Gibago Cía. Ltda.....	42
2.4.3 Descripción de insumos adquiridos por Gibago Cía. Ltda.	43
2.4.4 Cálculo del consumo de agua potable Gibago Cía. Ltda.	46
2.4.5 Caracterización y cuantificación de residuos sólidos producidos por Gibago Cía. Ltda.....	47
2.4.6 Cuantificación de residuos sólidos industriales.	52
2.5 Cálculo del combustible utilizado por el transporte de materia prima y producto final de Gibago Cía. Ltda.....	55
2.6 Proceso de extracción de la materia prima.....	56
2.7 FASE III.....	58
2.7.1 Línea base de Gibago Cía. Ltda.	58

2.7.2 Determinación del valor de la huella de carbono de GIBAGO CÍA.LTDA.	67
2.7.3 Determinación de scope 1	67
2.7.4 Determinación de scope 2	72
2.7.5 Determinación de scope 3	73
2.8 Fase IV	86
CAPÍTULO 3.....	88
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	88
3.1 Exclusiones	89
3.2 Comparación con el software SimaPro 7.3	90
CONCLUSIONES.....	91
RECOMENDACIONES.....	93
LISTA DE REFERENCIAS	95
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	98
GLOSARIO DE SIGLAS.....	100
ANEXOS.....	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores de H-C de varios países.	20
Tabla 2. Inventario Nacional de GEI Ecuador	23
Tabla 3. Alcance de emisiones GEI	25
Tabla 4. Valores por defecto de DOC	27
Tabla 5. MCF y porcentaje de distribución de residuos.....	28
Tabla 6. Valores de k para cada tipo de residuo	29
Tabla 7. Potencial de calentamiento atmosférico.....	35
Tabla 8. Volumen de madera de balsa adquirido por Gibago Cía. Ltda., durante el año 2013.....	38
Tabla 9. Características de los silos de Gibago Cía. Ltda.....	40
Tabla 10. Volumen de biomasa utilizado por Gibago Cía. Ltda., 2013.....	41
Tabla 11. Consumo de combustible Gibago Cía. Ltda., 2013.	41
Tabla 12. Consumo eléctrico de Gibago Cía. Ltda., 2013.	42
Tabla 13. Insumos adquiridos por Gibago Cía. Ltda., durante el 2013.	43
Tabla 14. Consumo de agua potable Gibago Cía. Ltda., 2013.....	46
Tabla 15. PPC de aguas residuales Gibago Cía. Ltda.	47
Tabla 16. Clasificación de residuos sólidos Gibago Cía. Ltda. (2013).....	47
Tabla 17. Número de repeticiones de caracterización por fuente de generación de residuos sólidos comunes.....	49
Tabla 18. Registro de peso de residuos sólidos Gibago Cía. Ltda.....	50
Tabla 19. PPC de residuos sólidos en Gibago Cía. Ltda.....	51
Tabla 20. Composición típica general de los residuos sólidos de carácter domiciliario generados por todas las áreas de Gibago Cía. Ltda.	51
Tabla 21. Ventas de bloques de madera de balsa Gibago Cía. Ltda., 2013	53
Tabla 22. Producción anual de residuos industriales Gibago Cía. Ltda., 2013. ...	54
Tabla 23. Cálculo del combustible utilizado por el transporte de materia prima.	55
Tabla 24. Cálculo del combustible utilizado para el transporte del producto final al puerto de Guayaquil.	56
Tabla 25. Combustibles fósiles utilizados para la extracción de la materia prima.	58
Tabla 26. Coordenadas de ubicación de la estación meteorológica Tumbaco.....	61

Tabla 27. Identificación flora existente Gibago Cía. Ltda.	65
Tabla 28. Identificación fauna existente Gibago Cía. Ltda.....	66
Tabla 29. Factores de emisión de combustibles en kg CO ₂ /TJ	67
Tabla 30. Transformación de los F-E de kg CO ₂ /m ³ a t CO ₂ /L	68
Tabla 31. Transformación de litros de combustible a t CO ₂	69
Tabla 32. Transformación de kg de balsa a t CO ₂	69
Tabla 33. Factores de emisión de metano y óxidos de nitrógeno	70
Tabla 34. PCI y densidad de combustibles usados en Gibago Cía. Ltda.	70
Tabla 35. Emisiones de GEI en Gibago Cía. Ltda., por el uso de combustibles. .	71
Tabla 36. Transformación a CO ₂ equivalente por cada tipo de combustible	72
Tabla 37. Scope 1 de Gibago Cía. Ltda. 2014	72
Tabla 38. Transformación de kWh a t CO ₂	73
Tabla 39. Transformación de gasolina utilizada para el transporte de materia prima en tCO ₂ eq.	74
Tabla 40. Transformación del diésel utilizado para el transporte del producto terminado en tCO ₂ eq.	74
Tabla 41. Toneladas de CO ₂ emitidas como consecuencia del transporte de balsa.	74
Tabla 42. Transformación de gasolina utilizada en el proceso de poda a tCO ₂ eq.	75
Tabla 43. Valores por defecto para CH ₄ proveniente de descargas líquidas.....	77
Tabla 44. Valores por defecto para óxido de nitrógeno proveniente de las aguas residuales.....	80
Tabla 45. Valores por defecto planteados por el IPCC.....	81
Tabla 46. Composición anual de residuos sólidos domiciliarios.	82
Tabla 47. Composición anual de residuos sólidos industriales.....	82
Tabla 48. Obtención de resultado de gas metano proveniente de los residuos sólidos domiciliarios.	82
Tabla 49. Obtención de resultado de gas metano proveniente de los residuos sólidos industriales.	83
Tabla 50. Estratificación de insumos adquiridos por Gibago Cía. Ltda., 2013. ...	84
Tabla 51. Toneladas de dióxido de carbono emitidas por la compra de productos de acero galvanizado.	85

Tabla 52. Toneladas de dióxido de carbono emitidas por la compra de productos de PVC.	85
Tabla 53. Toneladas de dióxido de carbono emitidas por la compra de resina acetato polivinilo.	85
Tabla 54. Toneladas de dióxido de carbono emitidas por la compra de aceites lubricantes.	86
Tabla 55. Toneladas de dióxido de carbono emitidas por la compra de cemento.	86

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Ubicación geográfica Gibago Cía. Ltda.....	4
<i>Figura 2.</i> Organigrama estructural Gibago Cía. Ltda.....	5
<i>Figura 3.</i> Edificaciones de Gibago Cía. Ltda.....	6
<i>Figura 4.</i> Cambio de temperatura experimentado a nivel mundial y continental.....	8
<i>Figura 5.</i> Emisiones mundiales de GEI antropógenos.....	9
<i>Figura 6.</i> Terminología relacionada con el alcance de un ACV.....	12
<i>Figura 7.</i> Huella ecológica global.....	13
<i>Figura 8.</i> Escenarios de HE y biocapacidad.....	15
<i>Figura 9.</i> Serie Histórica de huella ecológica y biocapacidad del Ecuador.....	16
<i>Figura 10.</i> Pasos generales para el cálculo de la H-C.....	17
<i>Figura 11.</i> Principales actividades de un habitante de un país desarrollado que generan GEI.....	19
<i>Figura 12.</i> Flujograma de procesos Gibago Cía. Ltda.....	37
<i>Figura 13.</i> Flujograma del proceso de extracción de materia prima.....	57
<i>Figura 14.</i> Área de influencia directa e indirecta, Gibago Cía. Ltda.....	59
<i>Figura 15.</i> Temperatura media mensual 2013.....	61
<i>Figura 16.</i> Precipitación mensual 2013.....	62
<i>Figura 17.</i> Velocidad del viento 2013.....	62
<i>Figura 18.</i> Humedad ambiente media mensual 2013.....	63
<i>Figura 19.</i> Promedio de PM, último trimestre del 2013.....	64
<i>Figura 20.</i> Scopes GIBAGO 2013.....	88

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, permitió determinar la huella de carbono del producto de GIBAGO CIA. LTDA., DMQ, cuyo valor obtenido fue de 427,95 toneladas de dióxido de carbono equivalente por cada bloque de balsa de madera, para el año 2013.

Se aplicó el protocolo de gases de efecto invernadero o GHG Protocol como metodología, cual establece tres alcances, denominados Scopes para la determinación de toneladas de dióxido de carbono equivalente del producto. El primer scope se relaciona al uso de combustibles, el segundo scope considera al consumo eléctrico y el tercer scope tiene que ver con la adquisición y utilización de insumos, por las descargas líquidas y descomposición de residuos sólidos orgánicos.

Es importante realizar la Línea Base de la empresa para determinar el Área de Influencia Directa, cual es de 1168.02 m², donde netamente se desarrolla las actividades para la elaboración de bloques de balsa de madera.

Se efectuó una entrevista con el gerente general de Gibago CIA. LTDA., para conocer el proceso productivo de la empresa, además se realizó el inventario de todas las facturas del año 2013 y se empleó el software SimaPro 7.3, para poder cuantificar los datos y generar resultados de consumo plasmados en toneladas de dióxido de carbono equivalentes para determinar la huella de carbono del producto.

Finalmente para controlar la cantidad de huella de carbono de los bloques de balsa de madera, se planteó alternativas de control para garantizar una menor generación de gases de efecto invernadero en Gibago CIA. LTDA.

ABSTRACT

The following research work, allowed to determine the carbon footprint product of GIBAGO CÍA LTDA., whose value was 42795 tons of carbon dioxide equivalent per block of balsa for the year 2013.

Was applied the GHG Protocol as methodology which establishes three scopes, for determination of tons of carbon dioxide equivalent of product. The first relates scope to the use of fuels, the second scope considered the use of electricity and the third scope is related to the purchase and use of inputs, by liquid discharges and decomposition of organic solid wasted.

It's important develop the base line of the Industry for determinate the direct influence area, whose result was 1168.02 m², where clearly develops activities for the elaboration of block of balsa.

An interview was undertaken, with the general manager of Gibago Cia Ltda., for learn the productive process of the industry, and also was verified inventory of all invoices of the year 2013 and was used the software SimaPro 7,3 to quantify data and generate results of consumption embodied in tons of carbon equivalent to determinate the footprint carbon of product.

Finally for control alternative control to ensure won't generate less greenhouse gases Gibago Cía. Ltda.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es uno de los problemas ambientales más importante al que se ha enfrentado el ser humano por razones de origen antrópico, derivado del aumento de las prácticas consumistas de la sociedad y el incontrolable desarrollo industrial, lo cual ha provocado que se generen altas emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), contribuyendo al calentamiento global del planeta.

El cambio climático no se refiere únicamente el aumento en la temperatura ambiente, también engloba las variaciones en las condiciones climáticas del planeta.

El informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) entregado el año 2007, concluyó que las pruebas del cambio climático son inequívocas y que se debe mayormente a la actividad humana, considera que el mundo va a registrar un aumento medio de la temperatura de aproximadamente 3°C en los próximos 50 años, además el IPCC, pronostica que el cambio climático tendrá un impacto potencial enorme, ya que se prevé falta de agua potable, grandes cambios en las condiciones para la producción de alimentos y un aumento en los índices de mortalidad debido a las inundaciones, tormentas, sequías y olas de calor.

Por estas razones, el cambio climático es considerado como el mayor problema ambiental a nivel global, debido a que los resultados de las alteraciones medioambientales influirán directamente en el desarrollo de la humanidad y su entorno, motivo por el cual, es necesario dar a conocer a todas las personas que habitamos en este mundo, la magnitud de nuestras actividades diarias respecto al cambio climático, promoviendo una cultura de prevención y conservación ambiental.

La Republica del Ecuador, ha firmado y ratificado múltiples acuerdos nacionales e internacionales sobre la protección del medio ambiente. Siendo el protocolo de Kioto el más importante por su estrato a nivel mundial, debido a que demanda la disminución de seis gases denominados como de efecto invernadero, que contribuyen directamente a la intensificación del calentamiento global.

Cualquier actividad de producción industrial, artesanal o de servicio que este destinada para la satisfacción de las necesidades del ser humano, tienen una tasa de emisión de dióxido de carbono equivalente (CO₂) a la atmósfera, razón por la cual GIBAGO CIA.

LTDA., para el desarrollo de sus actividades de producción maderera, diariamente producen un grado de impacto ambiental, provocado directamente por el tipo de actividad que desarrollan dentro de sus instalaciones, contribuyendo a las emisiones de GEI emitidas por el resto del parque industrial dentro del Distrito Metropolitano de Quito y que paulatinamente inciden en el cambio climático del planeta.

La determinación de la huella de carbono, permite obtener la totalidad de gases de efecto invernadero emitidos hacia la atmósfera y permite representarlos en masa de dióxido de carbono equivalente. (Dávila & Varela, 2014). Al obtener un valor total de dióxido de carbono equivalente, de todo el proceso de producción de bloques de balsa de madera de la empresa GIBAGO CIA. LTDA., es posible determinar alternativas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y adicionalmente establecer mejoras dentro del proceso productivo.

El cálculo de la huella de carbono, actualmente es indispensable para empresas que exportan sus productos, debido a que por iniciativas comerciales de los países desarrollados, ésta se transforma en un indicador reconocido internacionalmente para intervenir en los procesos de toma de decisiones para reducir las emisiones de gases de efecto. (Otilia , 2011)

En esta investigación, se utilizó la metodología establecida en el protocolo de gases de efecto invernadero desarrollada y distribuida por el Instituto de Recursos Mundiales (WRI) y el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD), para el cálculo de la huella de carbono tanto de organizaciones como de productos.

Objetivo General

Determinar la huella de carbono generada por la fabricación de bloques de balsa de madera en Gibago Cía. Ltda., Distrito Metropolitano de Quito.

Objetivos Específicos

- Obtener información relevante sobre todas las actividades realizadas dentro de la organización Gibago Cía. Ltda., para la obtención de bloques de balsa de madera, relacionadas con el calentamiento global.
- Identificar las fuentes de emisión de gases de efecto invernadero en Gibago Cía. Ltda., Distrito Metropolitano de Quito.

- Cuantificar los gases de efecto invernadero generados en la fabricación de bloques de balsa en Gibago Cía. Ltda., Distrito Metropolitano de Quito.
- Desarrollar hoja de cálculo en Excel para la cuantificación de toneladas de CO₂ emitidas durante el año 2013, en Gibago Cía. Ltda., Distrito Metropolitano de Quito.
- Dar alternativas de disminución de los gases de efecto invernadero.

CAPÍTULO 1

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Antecedentes.

Gibago Cía. Ltda., es una empresa forestal ecuatoriana creada el 30 de diciembre del 2003, durante el gobierno del Ing. Lucio Gutiérrez en una época de rehabilitación de sistema económico nacional afectado gravemente por la crisis bancaria suscitada durante el año de 1999.

Gibago Cía. Ltda., fue creada con la misión de satisfacer las necesidades y exigencias de sus clientes, poniendo énfasis en la alta calidad de sus productos y en el cumplimiento puntual de sus despachos.

Gibago Cía. Ltda., se encuentra ubicada en la provincia de Pichincha, Distrito Metropolitano de Quito, parroquia de Pifo sobre el kilómetro 20 de la avenida Interoceánica S/N. Sus coordenadas geográficas son 0°12'00.86''S 78°22'14.15''N y se encuentra a una altura de 2410 msnm.



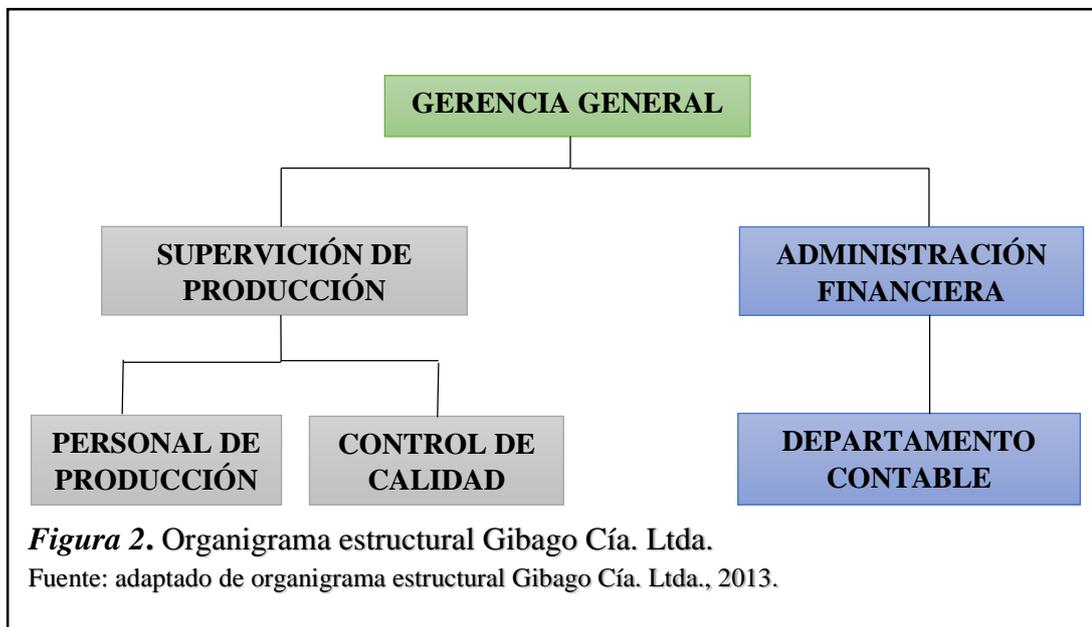
Figura 1. Ubicación geográfica Gibago Cía. Ltda.

Fuete: adaptado de Google Earth 2014

1.1.1 Organización.

1.1.1.1 Organigrama estructural.

El organigrama estructural de la industria forestal Gibago Cía. Ltda., se detalla a continuación.



1.1.2 Distribución de planta industrial.

Este estudio fue realizado dentro de las instalaciones de Gibago Cía. Ltda., que cuenta actualmente con un galpón industrial para el desarrollo de sus actividades productivas y administrativas con un área de 1168.02 m², el mismo que se encuentra dividido en cinco secciones detalladas a continuación:

- Secaderos de madera de balsa.
- Línea productiva (despuntado, sierra de blanco, cepillado, pesado, clasificación y plantillado).
- Encolado y prensado.
- Zona de carga de producto terminado.
- Oficinas administrativas.

Además cuenta con un área de 1417.82 m², destinado como patio de recepción de materia prima.

En la siguiente imagen se observa cada una de las instalaciones descritas en el punto anterior:



Para determinar el cálculo de la huella de carbono se puede usar varias metodologías específicas; la CEPAL presentó en uno de sus informes las metodologías actualmente más usadas a nivel mundial, las cuales son: el protocolo de gases de efecto invernadero, la PAS 2050:2011, la norma ISO 14064-1:2006 y el MC3. (CEPAL, 2010).

“En la actualidad existen dos tipos de enfoques metodológicos para el cálculo de la huella de carbono, los cuales se enfocan hacia empresas o a productos.” (Dávila & Varela, 2014).

El proyecto investigativo está enfocado en el cálculo de la huella de carbono del producto, que en este caso son los bloques de madera de balsa producidos por Gibago Cía. Ltda., en dónde se recopilará datos relativos a los consumos de materia prima, energéticos e insumos de la industria forestal, con el objetivo de convertirlos en toneladas de dióxido de carbono equivalentes.

1.2 Generalidades.

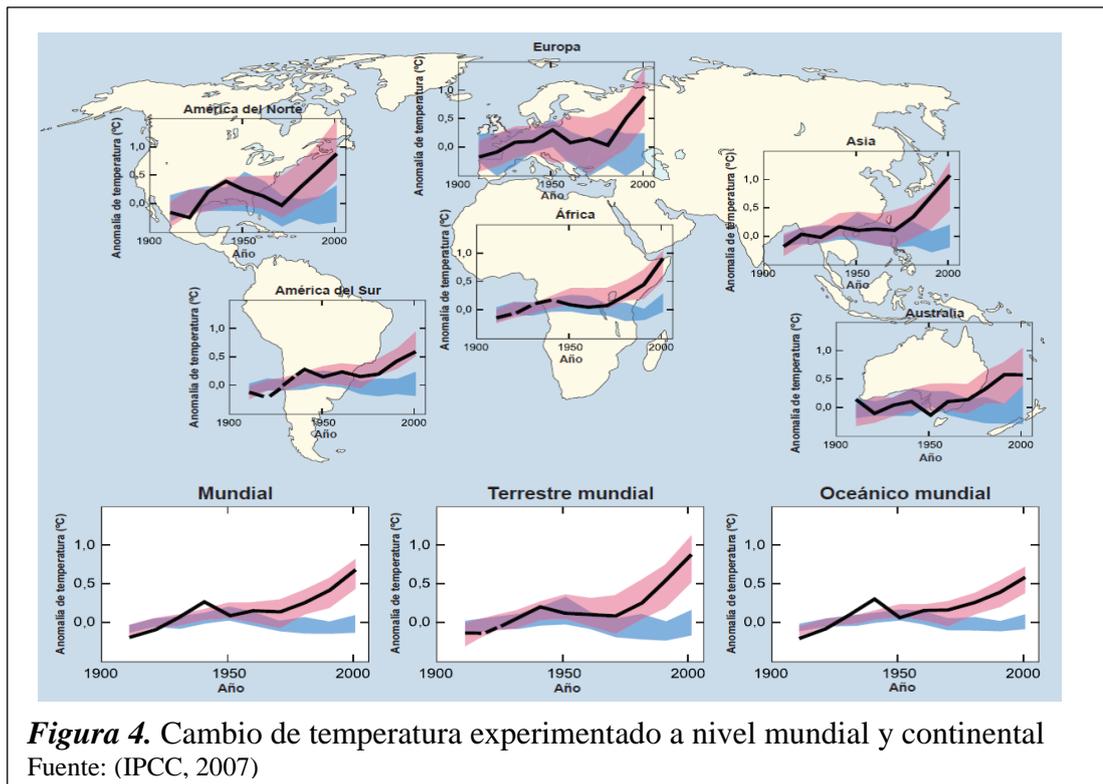
1.2.1 Cambio climático.

El estudio del clima es un campo de investigación complejo y en rápida evolución, debido a la gran cantidad de factores que intervienen. El clima del planeta Tierra nunca ha sido estático. Como consecuencia de alteraciones en el balance energético, está sometido a variaciones en todas las escalas temporales, desde decenios a miles y millones de años. Entre las variaciones climáticas más destacables, que se han producido a lo largo de la historia de la Tierra, figura el ciclo de unos 100.000 años de períodos glaciares, seguido de períodos interglaciares. (MAAM, 2008).

El IPCC, se refiere al cambio climático como la variación del estado del clima identificable (por ejemplo, mediante prueba estadísticas) en las variaciones del valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales, a forzamientos externos o a cambios antropógenos persistentes de la composición de la atmósfera o del uso de la tierra. (IPCC, 2007).

La Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC) de las Naciones Unidas, en su artículo 1, define el cambio climático como “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”. (CMNUCC, 1992).

La CMCC diferencia, pues, entre el cambio climático atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad climática atribuible a causas naturales.



1.2.2 Efecto invernadero

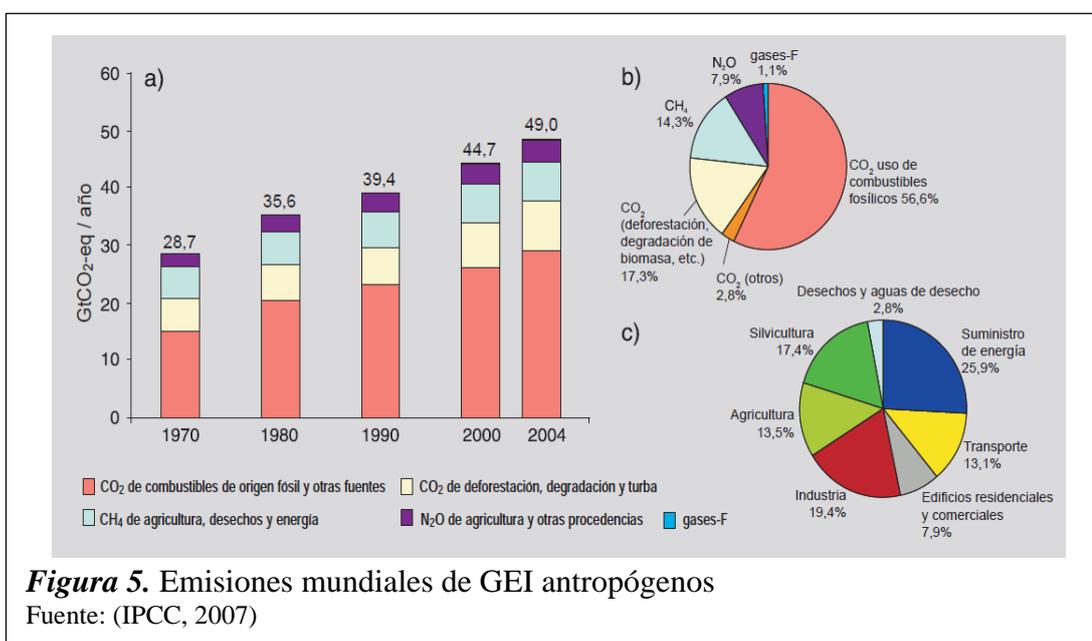
El efecto invernadero, es definido como el aumento de la temperatura en la biosfera, causado por la retención de gases en la atmósfera. Las propiedades de ciertos gases en la atmósfera elevan la temperatura media global de manera constante.

Los gases de efecto invernadero, absorben eficazmente la radiación infrarroja emitida por la superficie de la Tierra. La radiación atmosférica es emitida en todas las direcciones posibles, particularmente hacia la superficie de la Tierra. Por ello, los gases de efecto invernadero, retienen calor en el sistema superficie-troposfera. Este fenómeno se denomina efecto invernadero.

1.2.2.1 Gases de efecto invernadero

El IPCC, define a los gases de efecto invernadero (GEI), como un componente gaseoso de la atmósfera, natural o antropógeno, que absorbe y emite radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación infrarroja térmica emitida por la superficie de la Tierra, por la propia atmósfera y por las nubes. Esta propiedad da lugar al efecto invernadero. (IPCC, 2007).

El vapor de agua (H₂O), el dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄) y el Ozono (O₃); son los gases de efecto invernadero primarios de la atmósfera terrestre. La atmósfera contiene, además, cierto número de gases de efecto invernadero enteramente antropógenos, como los halocarbonos u otras sustancias que contienen cloro y bromo, contemplados en el Protocolo de Montreal. Además del dióxido de carbono, el óxido nitroso y el metano, el Protocolo de Kioto contempla los gases de efecto invernadero hexafluoruro de azufre (SF₆), los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC). (IPCC, 2007, p. 82).



En la Figura 5, se puede evidenciar que el aumento periódico en el uso de combustibles fósiles y otras fuentes de combustible (biomasa, biocombustibles, electricidad), con fines de generación de energía producen la mayor cantidad de dióxido de carbono emitido a la atmósfera de manera global.

1.3 Instrumentos jurídicos del cambio climático

1.3.1 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

La Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, celebrada en el año 1992 y que entró en vigor en 1994, fue ratificada por 186 países; en su artículo 2 indica que tiene como objetivo, lograr 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. (CMNUCC, 1992).

Además señala que todos los países que ratificaron este compromiso deberán “elaborar, actualizar periódicamente, publicar y facilitar a la Conferencia de las Partes Interesadas, inventarios nacionales de las emisiones antropógenos por las fuentes y de la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal” (CMNUCC, 1992, p. 6), utilizando metodologías comparables que habrán de ser acordadas por la conferencia de las partes interesadas.

1.3.2 Protocolo de Kioto

El Protocolo de Kioto de la Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC) de las Naciones Unidas, fue adoptado en el tercer período de sesiones de la Conferencia de las Partes (COP) en la CMCC, que se celebró en 1997 en Kioto. El 31 de mayo de 2002, la Unión Europea ratificó el protocolo de Kioto, que entró en vigor el 16 de febrero de 2005, tras la ratificación de Rusia, debido a que para su entrada en vigor este debía ser ratificado por al menos 55 países, que representaran el 55% de las emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, varios países industrializados se negaron a ratificar el protocolo, entre ellos, Estados Unidos y Australia.

Este protocolo, tiene los mismos objetivos, principios e instituciones de la CMCC, pero la refuerza de manera significativa, ya que a través de este las partes incluidas en el anexo I (países industrializados), se comprometen a lograr objetivos individuales y jurídicamente vinculantes, para limitar o reducir sus emisiones de GEI.

Los objetivos individuales para las partes incluidas en el anexo I se enumeran en el anexo B del Protocolo de Kioto. El objetivo principal de este compromiso, es recortar las emisiones de gases de efecto invernadero al menos el 5% con respecto a los niveles registrados en 1990 durante el periodo 2008-2012.

Además, con el objetivo de promover el desarrollo sostenible, cada una de las partes incluidas en el anexo I (países industrializados), deberán elaborar y/o aplicar políticas y medidas de conformidad y mecanismos flexibles descritas en el artículo 2 de este protocolo.

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

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), fue fundado en 1988, por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) con la finalidad de analizar la información existente sobre el problema del cambio climático.

Las publicaciones realizadas por el IPCC, han representado un papel primordial para el establecimiento de políticas de respuesta al cambio climático y desarrollo sostenible por parte de los gobiernos comprometidos con la reducción de GEI. Además, representan una respuesta a las necesidades de asesoramiento fidedigno de la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC), constituida en 1992, y de su Protocolo de Kioto de 1997.

El último informe del IPCC correspondiente al año 2007, es el cuarto informe de evaluación, ofrece un resumen que menciona específicamente los temas de interés para los responsables de políticas respecto al cambio climático: confirma que el cambio climático es ya una realidad, fundamentalmente por efecto de las actividades humanas; ilustra los impactos del calentamiento mundial que están sucediendo, pero el potencial de adaptación de la sociedad logran hacer reducir su vulnerabilidad; por último, ofrece un análisis de los costos, políticas y tecnologías que traerá aparejada una limitación de la magnitud de los cambios futuros (IPCC, 2007).

1.4 Argumentación de la huella de carbono

1.4.1 Análisis de ciclo de vida

El análisis de ciclo de vida, se define como una herramienta metodológica usada exclusivamente para identificar y medir el impacto ambiental de un producto, proceso o sistema a lo largo de todo su ciclo de vida (desde que se obtienen las materias primas hasta el fin de su vida útil). Su argumentación consiste en la recopilación y análisis de las entradas y salidas del sistema (inputs y outputs), para obtener resultados que determinen sus impactos ambientales potenciales, con la finalidad de poder prevenirlos o en su defecto plantear alternativas de reducción para poder mitigarlos. (IHOBE, 2009)

El análisis de ciclo de vida de un producto, se enfoca principalmente en el rediseño de los productos bajo el criterio de que los recursos energéticos y materias primas no son ilimitados y que, normalmente se utilizan más rápido de cómo se generan, reemplazan o como surgen nuevas alternativas. Por tal motivo, el análisis de ciclo de vida privilegia la conservación de recursos mediante la reducción de la cantidad de residuos generados a través de la fabricación de un producto, debido a que los mismos aun presentan un valor económico y productivo potencial.

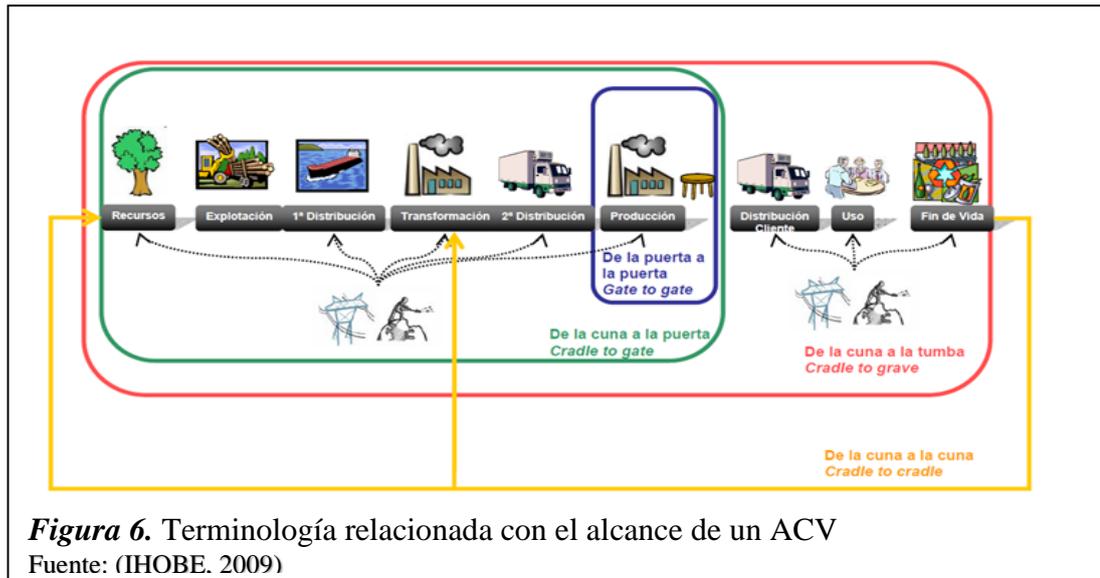


Figura 6. Terminología relacionada con el alcance de un ACV
Fuente: (IHOBE. 2009)

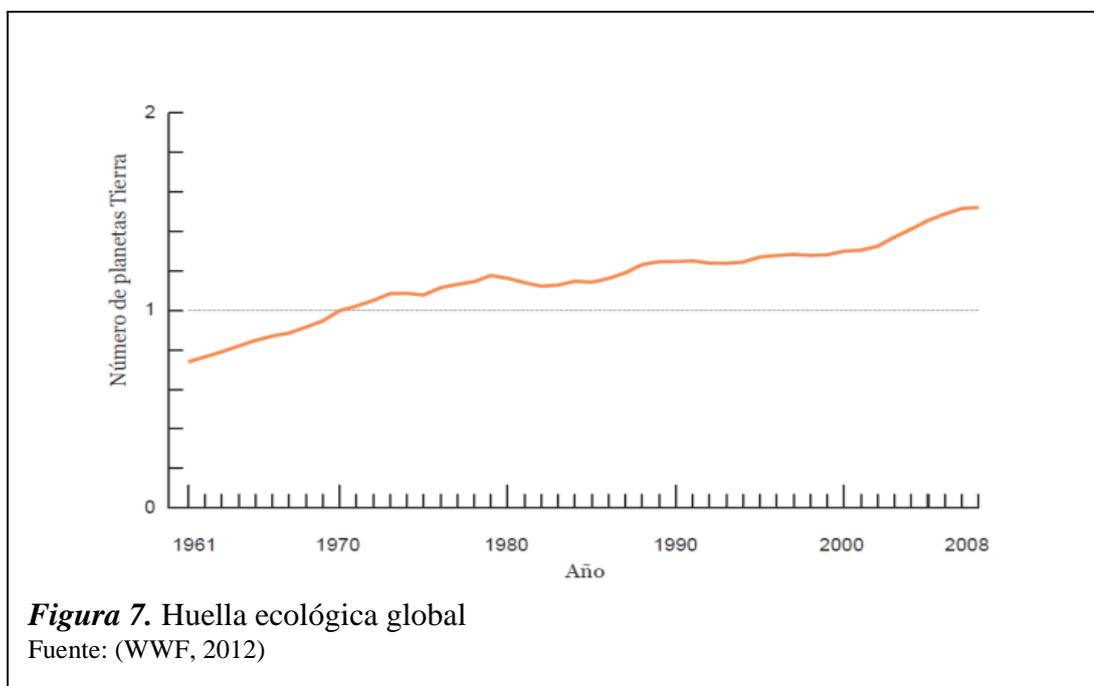
1.4.2 Huella ecológica

La huella ecológica (HE), es un indicador de sostenibilidad desarrollado a principios de los 90 por William Rees y Mathis Wackernagel de la Universidad de British Columbia.

La HE relacionado inicialmente con el estudio de la sustentabilidad de los territorios, y que en los últimos años ha diversificado su aplicación a organizaciones y a empresas alcanzando cierta relevancia dentro del sistema de gestión medio ambiental. (Carballo, García, Domenech, Rodríguez, & Villasante, 2009)

La HE, es un indicador ampliamente empleado para el análisis de la demanda de la humanidad sobre la biosfera comparada con la capacidad regenerativa del planeta; también, es ampliamente utilizada para determinar si la demanda humana de recursos renovables y la absorción de dióxido de carbono (CO₂) se pueden mantener dentro de los estándares actuales de consumo.

La huella ecológica (que representa la demanda de recursos) como la biocapacidad (que representa la disponibilidad de recursos) se expresan en unidades denominadas hectáreas globales (*hag*), siendo 1 *hag* la capacidad productiva de 1 hectárea de tierra de producción media mundial. (Ministerio del Ambiente Peru, 2012, p. 3).



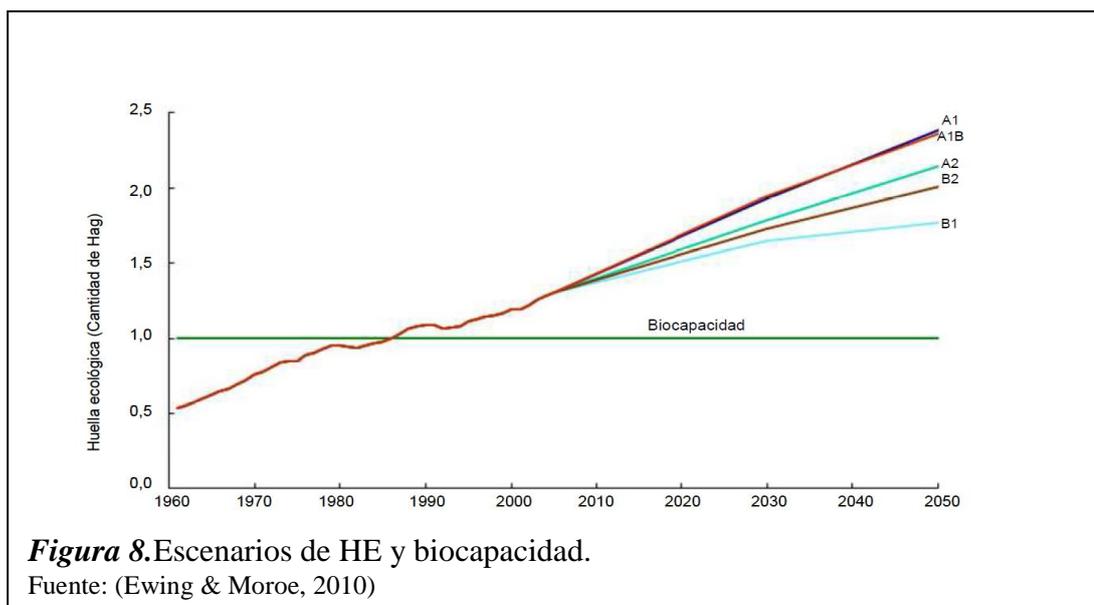
De la Figura 7, se puede concluir, que la demanda actual de bienes y servicios de la humanidad han superado significativamente la biocapacidad del planeta, observando que para el año 2008 era necesario 1.6 planetas con el mismo dimensionamiento y capacidad productiva de la tierra para poder abastecer a la población global con sus actuales patrones de consumo.

Dentro del informe planeta vivo 2012, expuesto por la organización WWF, los 10 países que tienen la mayor H-E per cápita son: Qatar, Emiratos Árabes Unidos, Australia, Dinamarca, Irlanda, Estados Unidos, Kuwait, Canadá, Países Bajos y Bélgica.

La H-E en el año 2008 fue 18200 millones de *hag* (2,7 *hag* por persona). (WWF, 2012, pág. 38). Indica que cada persona en el mundo necesitaba 2,7 *ha* para poder vivir y prosperar. La biocapacidad per cápita del planeta es de 1,8 hectáreas globales, este valor es lo máximo que debería utilizar un ser humano al año para no afectar al planeta. (Dávila & Varela, 2014)

El IPCC ha establecido cuatro conjuntos de escenarios de emisiones, denominados familias:

- El escenario A1, describe un mundo futuro con rápido crecimiento económico, con una población que se estabiliza hacia mediados del siglo XXI sumado a la introducción de tecnologías nuevas y más eficientes respecto al cuidado del ambiente.
- El escenario A2, describe un mundo muy diverso. La población mundial está en continuo crecimiento y el desarrollo económico por habitante, el cambio tecnológico está más fragmentado y es mucho más lento que en las otras familias de escenarios.
- El escenario B1, describe un mundo cuya población evoluciona igual que en el escenario A1, pero con rápidos cambios de las estructuras económicas orientados a una economía de servicios y de información, complementada con una menor utilización intensiva de materias primas y de la introducción de tecnologías limpias con un aprovechamiento eficaz de los recursos naturales.
- Además, el escenario B2, describe un mundo en el que predominan las soluciones enfocadas a la sostenibilidad económica, social y principalmente medioambiental, cuya población aumenta progresivamente pero a un ritmo menos que en el escenario A2, con unos niveles de desarrollo económico intermedios, y con un cambio tecnológico menos rápido y más diverso que en las líneas evolutivas de los escenarios B1 y A1. (Schneider & Samaniego, 2010).

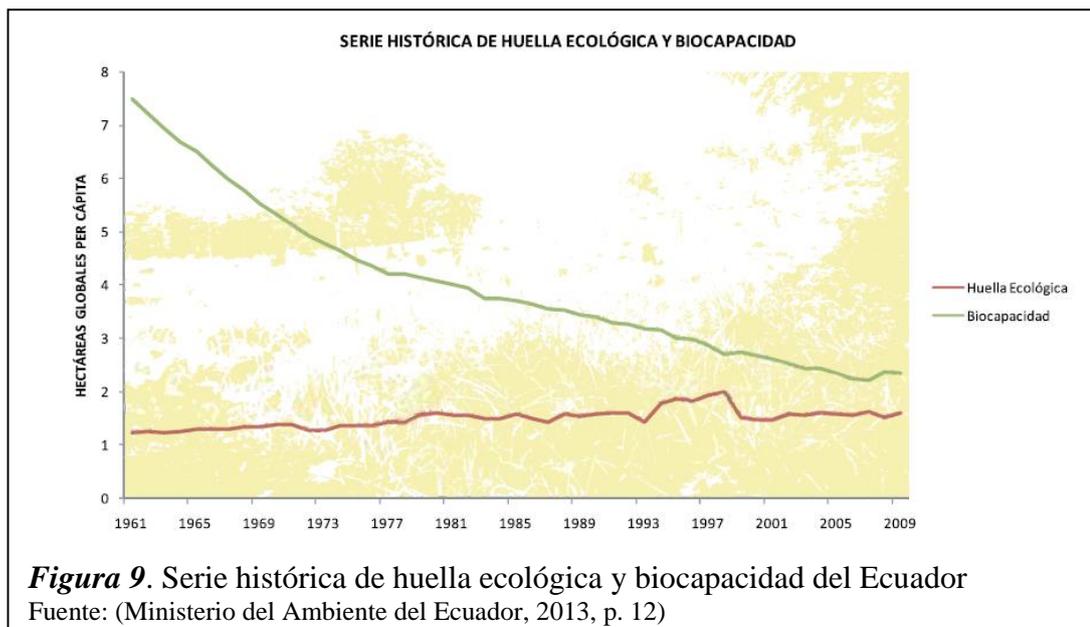


1.4.2.1 Huella ecológica en el Ecuador

Según el estudio realizado por el Ministerio del Ambiente Ecuador, de 2008 a 2009, la huella ecológica del Ecuador se incrementó en 8%, pasando de 22,08 millones a 23,85 millones de hectáreas globales.

Los resultados del estudio realizado, concluyeron que durante el año 2009, la huella ecológica del país fue de 1,62 hag per cápita, valor que aumentó 6,11% respecto al 2008. Aunque existe un incremento relativo de consumo, el Ecuador todavía no superaba la biocapacidad disponible localmente. Ecuador utiliza el 69% de su biocapacidad para su propio consumo y el 31% restante es destinado para el satisfacer la demanda del consumo internacional. Se concluye que la huella ecológica del país es 1,5 veces menor que su biocapacidad. (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2013).

Cabe recalcar que la huella ecológica per cápita de un ecuatoriano promedio es aproximadamente 1,6 veces menor que la huella ecológica per cápita mundial.



De la Figura 9, se puede concluir que la biocapacidad en el Ecuador se ha visto reducida progresivamente debido al incremento de la población y al aumento en la producción de bienes con fines de exportación lo que conlleva que el decrecimiento de la biocapacidad en el país sea paulatino.

1.4.3 Huella de carbono

Comúnmente, la huella de carbono se define como la cantidad de emisión de gases relevantes al cambio climático asociada a las actividades de producción o consumo de los seres humanos. (Wiedmann & Minx, 2007).

Aunque el espectro de definiciones varía desde un mirada simplista que contempla sólo las emisiones directas de CO₂, a otras más complejas, asociadas al ciclo de vida completo de las emisiones de gases de efecto invernadero, incluyendo la elaboración de las materias primas y el destino final del producto y sus respectivos embalajes. (Schneider & Samaniego, 2010).

El alcance de la huella de carbono, constituye la principal diferencia entre las definiciones actualmente existentes, debido a que todas las definiciones, consideran al dióxido de carbono como el principal eje de análisis en varias definiciones contemplan también la inclusión de los demás gases de efecto invernadero generados por las

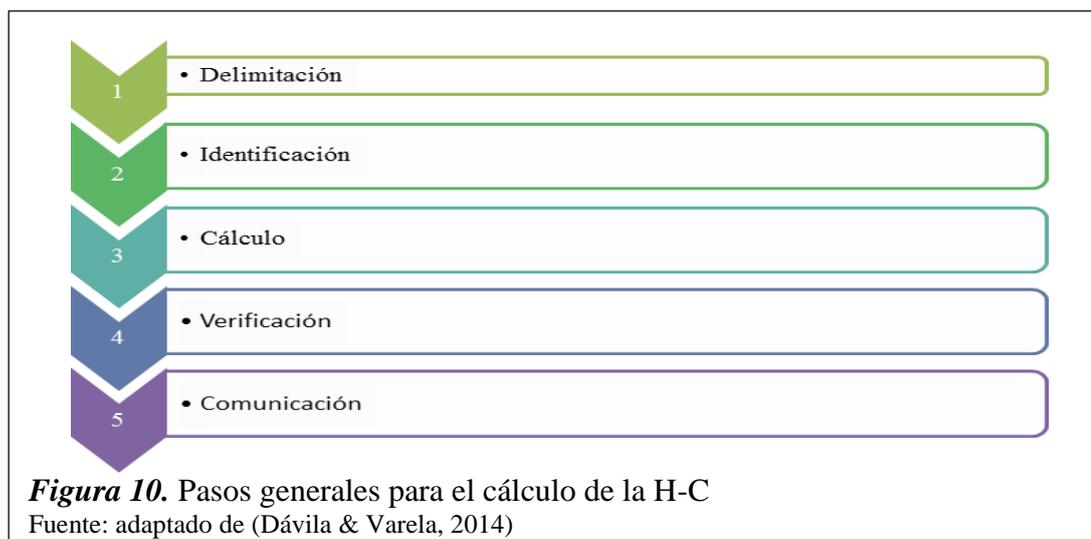
actividades humanas antropogénicas. La propiedad a la que frecuentemente se refiere la huella de carbono es el peso en kilogramos o toneladas de emisiones de gases de efecto invernadero emitida por persona o actividad.

El protocolo de gases de efecto invernadero menciona que para definir los límites máximos de emisiones, es necesario detallar y/o identificar cada una de las fuentes emisoras de una organización, con la finalidad de desarrollar el cálculo de su huella de carbono. (World Business Council for Sustainable Development, 2011).

1.4.3.1 Descripción de los pasos generales para el cálculo de la H-C.

- **Establecimiento de límites**

Establecer los límites del cálculo de la huella de carbono es el primer paso a realizar debido a que es sumamente importante, determinar hasta donde abarcara el proyecto identificando los límites operativos y organizacionales lo cual garantizara que los resultados obtenidos en el cálculo satisfagan tanto a las partes interesadas.



- **Identificación de emisiones**

Las organizaciones deben conocer claramente cuáles son sus fuentes generadoras de GEI. (Dávila & Varela, 2014).

A su vez las emisiones pueden ser clasificadas como directas e indirectas. Las emisiones directas se refieren a aquellas emisiones que se obtienen a partir de

la quema de combustibles fósiles o de biomasa para la generación de energía, mientras que las indirectas, están relacionadas con la generación de electricidad y la adquisición de insumos utilizados generalmente por las organizaciones para el desarrollo de sus actividades cotidianas.

- **Cálculo de la H-C**

Para realizar el cálculo de la H-C se emplea factores de emisión y se logra transformar la cantidad de combustible, consumo eléctrico e insumos en masa de dióxido de carbono equivalente.

La norma ISO 14064:2006 establece la siguiente fórmula para el cálculo de la H-C:

Ecuación 1. Cálculo general para la huella de carbono

$$\text{Emisiones de GEI (t GEI)} = \text{Dato de actividad} * (F - E)$$

Donde:

- Dato de actividad: es la cantidad de combustible, kWh consumidos, etc.
- F-E: es el factor de emisión para cada dato de actividad.

La ecuación 1 también es usada por el protocolo de gases de efecto invernadero.

- **Verificación del cálculo**

La verificación del cálculo para la huella de carbono se lleva a cabo mediante una auditoría realizada por una entidad externa, que califica y certifica metodología utilizada además del resultado, garantizando así la confiabilidad del valor obtenido durante el cálculo. (Dávila & Varela, 2014)

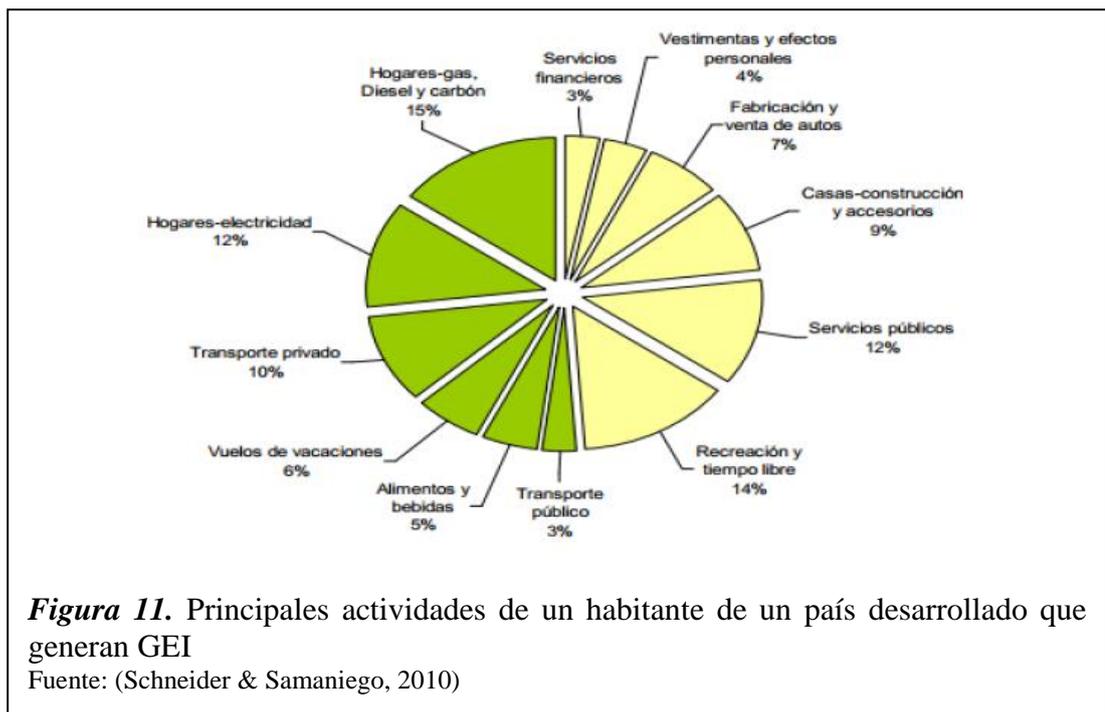
- **Comunicación de resultados**

Después de calcular y verificar su H-C, las organizaciones deben proceder a comunicar los resultados obtenidos mediante la creación de un informe de emisiones. (Dávila & Varela, 2014).

1.4.4 Huella de carbono a nivel mundial

Las emisiones de GEI a nivel mundial, siguen una tendencia muy marcada en la que se evidencia que los países altamente desarrollados industrialmente son los principales responsables de la contaminación global. Además, se evidencia que los países mayormente generadores de GEI, se han negado a firmar acuerdos internacionales para la reducción de sus emisiones como por ejemplo el protocolo de Kioto, argumentando que dentro de su política gubernamental se encuentra incluida actividades y programas destinadas al cuidado ambiental por lo que consideran innecesario sumarse a las diferentes iniciativas internacionales para la conservación ambiental.

A continuación, se muestra una gráfica en donde se especifica el nivel de contaminación por GEI generados por una persona en un país industrializado a razón del desarrollo de las sus actividades cotidianas



Finalmente, se muestra los valores de la huella de carbono per-cápita de varios países.

Tabla 1. Valores de H-C de varios países.

País	Huella de Carbono (tCO₂ eq/hab*año)
Estados Unidos	17,6
Rusia	12,2
Japón	9,2
Irlanda	8,9
Reino Unido	7,9
China	6,2
España	5,9
Francia	5,6
Argentina	4,5
México	3,8
Brasil	2,2
Ecuador	2,2
Perú	2
India	1,7
Colombia	1,6

Nota: datos tomados del (Banco Mundial, 2013), Emisiones de CO₂ (toneladas métrica per-cápita)

La información presentada en la tabla 1 representa los datos de CO₂ eq generado por habitante, es así que a pesar de que China es el país con mayor nivel de generación de GEI a nivel mundial, tiene un valor de tan sólo 6,2 toneladas de CO₂ eq por habitante. Para la obtención de este valor se debe considerar que la población de China en el año 2012 fue de 1351 millones de habitantes según el banco mundial, entonces se obtendría un resultado impresionante de 8'376'200'000 toneladas de CO₂ emitidas hacia la atmósfera cada año. Así mismo Estados Unidos con sus 313,9 millones de habitantes y al tener una H-C de 17,6 tCO₂eq/hab*año, representaría a nivel global 5'524'640'000 toneladas de CO₂, un valor menor que el de China. (Banco Mundial, 2013, p. 1).

1.4.5 Huella de carbono en Sudamérica

A pesar de que en Sudamérica todavía no existen procesos regulatorios enmarcados en la reducción de GEI, en la región se han desarrollado numerosos proyectos sobre la aplicación de mecanismos de desarrollo limpio (MDL), que constituyen un aporte importante en términos de mediciones, concientización, transferencia tecnológica y

fortalecimiento institucional. Esto sumando a las presiones ejercidas por empresas importadoras especialmente en el mercado Europeo, se han presentado algunas iniciativas con respecto a la implementación voluntaria de la huella de carbono, particularmente en productos. (CEPAL, 2010, p. 30).

Dentro del contexto sudamericano, se pueden detallar algunos ejemplos de países dentro de los cuales se ha enfatizado en promover los mecanismos de desarrollo limpio y por ende minimizar la generación de GEIs, indicados a continuación:

Brasil durante el año 2006, creó su propio mercado de carbono, que tiene como meta el apoyo a la generación de proyectos MDL que podrán abastecer de bonos de carbono a los países desarrollados sujetos a cuotas de emisiones en el marco del Protocolo de Kioto. Además en el 2009 Brasil firmó, el Plan Nacional sobre el Cambio Climático (PNMC), que plasma los lineamientos de la lucha contra el cambio climático. Este plan se transformó en ley federal, adoptando metas voluntarias de reducción de emisiones de GEI, entre 36,1% y 38,9% de las emisiones proyectadas para 2020. (CEPAL, 2010, p. 31)

En el caso de Argentina, su preocupación radica en los cada vez más fuertes requerimientos europeos y norte americanos respecto a los productos que actualmente se importan teniendo mayor preferencia los que cuentan con etiquetado de carbono, lo que podría afectar gravemente al mercado de productos agrícolas exportados por la mencionada nación. Pero a pesar de la evidente preocupación por parte de la Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable lo cierto es que hasta la fecha no se evidencian en este país procesos estatales de investigación y análisis de adaptación en términos de huella de carbono. (CEPAL, 2010, p. 32).

En el caso de Chile, es el país sudamericano que ha presentado los mayores avances respecto a la reducción de los GEI, ya que ha empezado un proceso institucional de análisis de adaptación/respuesta a los desafíos planteados por las orientaciones europeas y estadounidenses, con la visión clara de lograr mantener y fortalecer su competitividad.

Pero independientemente del gobierno chileno cuyas exigencias determinan que todos los productos que tiene carácter de exportación deben contar con el cálculo de su HC, en el resto de Sudamérica los avances más significativos se observan a través de

iniciativas voluntarias principalmente en el ámbito privado. La posición del resto de gobiernos en Sudamérica ha sido de espera y negociación de los impactos y soporte de gastos potencialmente generados por la implementación de las medidas proyectadas en Europa y los Estados Unidos.

1.4.6 Huella de carbono en Ecuador

Dentro de los requerimientos establecidos por parte del Ministerio del Ambiente en el Ecuador no se considera aún a la huella de carbono, como una normativa regulatoria para la distribución de productos y servicios a nivel nacional, es por eso que el cálculo de la misma aún se encuentra en su etapa inicial y las únicas referencias que se poseen son de algunas empresas aisladas que han determinado su huella de carbono como iniciativa propia de su sistema de gestión ambiental.

Por esta razón es que actualmente es muy difícil encontrar los factores de emisión de los diferentes insumos utilizados por las organizaciones, debido a que actualmente los softwares que contienen el eco-inventario tienen un elevado costo monetario, por lo cual se dificulta el acceso a los mismos. Se debe considerar también que existen versiones demo de estos softwares pero su eco-inventario es muy limitado.

La importancia del cálculo de la huella de carbono en instituciones públicas o privadas radica en que con el actual cambio de la matriz energética promovida por el gobierno central conlleva a que todas las organizaciones deben plantearse mecanismos de mejora dentro de su consumo energético y mediante la huella de carbono se puede determinar en qué procesos de producción o de administración se puede administrar de mejor manera un combustible o un insumo.

(Dávila & Varela, 2014), mencionan que de acuerdo a la Segunda comunicación nacional sobre cambio climático se estableció que los GEI más importantes emitidos en este país son: el óxido nitroso y el dióxido de carbono.

Los incrementos en la generación y emisión de GIE están enmarcados en las siguientes consideraciones:

- El aumento en el número de animales de pastoreo y las actividades de agricultura se ven directamente involucrados en la generación de NO₂, el cambio del uso de suelo principalmente de bosques y pastizales con el objetivo de establecer zonas urbanas y la generación de energía y las actividades del sector industrial influyen directamente en la generación y emisión de dióxido de carbono.

En el año 2006 la cantidad de dióxido de carbono emitida hacia la atmósfera estimada fue 188 973,6 kilotoneladas. (Cáceres & Núñez, 2011, p. 11).

Las actividades agrícolas son la principal fuente de generación de metano en el Ecuador y en menor grado se produce metano por el manejo de los desechos.

“De acuerdo a la subsecretaria de cambio climático del MAE, en 2006 las emisiones de metano aumentaron un 54, 6 % debido al crecimiento poblacional y por ende de desechos tanto sólidos como líquidos.” (Dávila & Varela, 2014, p. 28)

La tabla siguiente muestra la cantidad total de emisiones netas de CO₂ eq del Ecuador.

Tabla 2. Inventario Nacional de GEI Ecuador

Sector	Emisiones de CO ₂ (tCO ₂ eq)	Remociones de CO ₂ (tCO ₂ eq)	Emisiones de N ₂ O (tCO ₂ eq)	Emisiones de CH ₄ (tCO ₂ eq)	Total (tCO ₂ eq)
Agricultura	0	0	201 049 627,98	9 059 192,97	210 108 820,95
Cambio de uso de suelo y silvicultura	161 327 861,27	-1 695 246,67	231 686,48	2 282 893,2	162 147 194,29
Energía	26 586 361,66	0	111 681,09	197 373,08	26 895 415,82
Desechos	0	0	187 787,36	7 916 943,32	8 104 730,68
Industria	2 754 590,34	0	0	0	2 754 590,34
Total (tCO₂ eq)	190 668 813,27	-1 695 246,67	201 580 782,92	19 456 402,56	410 010 752,08

Nota: tCO₂ eq = toneladas de dióxido de carbono equivalente.

Fuente: Cáceres & Núñez (2011). *Segunda comunicación nacional sobre cambio climático*

Analizando los valores representados en la tabla 2, se puede verificar que la mayor producción de toneladas de CO₂ equivalente se debe principalmente a las actividades

desarrolladas por el sector agrícola cuyo valor de CO₂ emitido a la atmósfera fue de 210108820,95 t CO₂ eq; seguido por la generación de CO₂ derivadas del cambio del uso de suelo y silvicultura cuyo valor de CO₂ emitido fue de 162147194.29 t CO₂ eq; los últimos lugares pertenecen al sector de energía, de desechos e industrial, cuyos valores en t CO₂ eq son: 26 895 415,82, 8 104 730,68, 2 754 590,34 respectivamente.

1.4.7 Perspectivas de la huella de carbono en Gibago Cía. Ltda.

Las expectativas de la industria forestal con el desarrollo de esta investigación es determinar el nivel de contaminación que ejerce la misma, anualmente sobre el medio ambiente como consecuencia del desarrollo de sus actividades industriales. Para de esta manera plantear alternativas de mejora en el proceso productivo, mejorar el uso de materia prima y en caso de ser posible mejorar los sistemas de transporte de materia prima y de producto final para reducir el nivel de emisiones como consecuencia de las actividades anteriormente descritas.

Para el Ing. Nelson Gándara, Gerente General de Gibago Cía. Ltda., con el desarrollo de esta investigación se podrá verificar si las estimaciones de reforestación consideradas por los proveedores de la materia prima (listones de balsa), son las adecuadas asegurando de esta manera la explotación sostenible de este recurso natural renovable, mencionando también la importancia que representa este estudio para la aceptación de su producto en el mercado internacional ya que en caso de certificar el mismo el mercado de exportación de los bloques de madera de balsa se verá ampliado de manera notable. (N. Gándara, comunicación personal, 25 de septiembre de 2014).

1.5 Metodologías de cálculo de la huella de carbono.

Las metodologías más importantes para el cálculo de la huella de carbono son generadas por los propios gobiernos y buscan facilitar la definición de estándares nacionales de conservación ambiental. Otras tienen por objeto reducir las emisiones en los procesos productivos y algunas solo persiguen el propósito de ofrecer información ambiental de mayor calidad a clientes y gobiernos. (Otilia , 2011, p. 15).

Las metodologías usadas mayormente a nivel mundial son descritas brevemente a continuación:

1.5.1 Protocolo de gases de efecto invernadero

El protocolo de gases de efecto invernadero o GHG Protocol, es una guía metodológica utilizada para el cálculo de emisiones de GEI, siendo una de las primeras metodologías desarrolladas para el cálculo de la HC, por lo que ha logrado un alto reconocimiento mundial y es actualmente constituye una de las principales referencias en lo que respecta al cálculo de la huella de carbono (World Business Council for Sustainable Development, 2011, p. 3).

Dentro de esta metodología se consideran tres tipos de alcances también denominados scopes los cuales se indican en la siguiente tabla:

Tabla 3. Alcance de emisiones GEI

Alcance/Scope	Descripción
Alcance 1	- Emisiones directas de GEI. - Por ejemplo: fuentes de combustión fija como calderos hornos y equipos móviles utilizados en tareas como poda del césped o vehículos propios de la Institución.
Alcance 2	- Emisiones indirectas de GEI - Gastos realizados por la organización para abastecer de energía eléctrica.
Alcance 3	- Otras emisiones Indirectas - Es de carácter opcional. - Por ejemplo: transporte de combustibles adquiridos, el uso de productos y servicios vendidos.

Nota: (World Business Council for Sustainable Development, 2011). Protocolo de gases de efecto invernadero.

1.5.2 Publicly Available Specification. 2050:2011

La PAS 2050, es una norma internacional para la evaluación de las emisiones de GEI derivada del análisis del ciclo de vida de los bienes y servicios. Fue desarrollada en 2008 por la BSI (British Standards Institution) y copatrocinada por Carbon Trust y Defra (Department for Environment Food and Rural Affairs), con el objetivo de facilitar a las empresas y demás organizaciones un método claro y consistente para realizar el análisis de ciclo de vida de sus productos y servicios, logrando además medir su Huella de Carbono. (British Standards Institution, 2011, p. 6).

1.5.3 ISO 14064-1:2006

La norma ISO 14064-1:2006 es una metodología estandarizada para la medición de la HC y gracias a su carácter internacional enfoca en la contabilización, reducción y verificación de GEI de empresas y administraciones. Por lo que constituye la herramienta más adecuada para que las organizaciones puedan realizar y comunicar sus inventarios de emisiones, esto es, calcular su huella de carbono corporativa. (IHOBE, 2009, p. 5)

1.5.4 Método compuesto de las cuentas contables

Conocido como MC3, es una metodología que facilita la determinación de la huella de carbono para organizaciones, bienes, servicios y empresas. Esta técnica difiere de las anteriores, debido a que utiliza documentos contables y balances de todos los bienes y servicios ocupados y adquiridos por la organización estableciendo un vínculo entre el aspecto económico y el ambiental. (Dávila & Varela, 2014, p. 25)

1.5.5 Metodología Bilan Carbone

Fue elaborada e implementada en el 2004 por ADEME, dedicada exclusivamente a la medición de emisiones de GEI. Esta fue acaparada, ampliamente difundida y utilizada en Francia, además esta regula el marco general francés en términos de medición de HC, influenciando también en los países limítrofes. Es muy exitoso debido a que el gobierno francés otorga subvenciones a las entidades que realizan la medición de huella de carbono con este método. (CEPAL, 2010, p. 11).

1.6 GEI generados por la descomposición de desechos

Tanto desechos como residuos sólidos orgánicos pueden ser fuentes generadoras de GEI, debido a su descomposición, puesto que el ambiente predominante en un relleno sanitario o cualquier otro sitio de eliminación de desechos sólidos (SEDS) es anaeróbico (ausente de oxígeno), el principal gas que se produce es el denominado biogás el mismo que está compuesto mayormente por metano (entre 50 y 60 por ciento) y dióxido de carbono (entre el 27 al 45 por ciento); además contiene valores pequeños de nitrógeno, ácido sulfúrico e hidrógeno.

(Dávila & Varela, 2014, p. 26), mencionan que la descomposición de los residuos sólidos orgánicos se desarrolla durante dos fases descritas a continuación: la primera fase, corresponde a la descomposición se realiza con presencia de oxígeno y se obtiene algunos subproductos, como: dióxido de carbono, agua y energía. En la segunda fase, intervienen las bacterias metanógenas, debido a que todo el oxígeno presente en el medio se agotó durante la degradación aeróbica, generando así el biogás.

1.6.1 Carbono orgánico degradable

El DOC es definido como la cantidad de carbono orgánico que se encuentra presente en los residuos sólidos que puede someterse a un proceso de degradación bioquímica. Los valores de DOC para cada tipo de residuos que pueden descomponerse generando metano, son planteados por defecto de acuerdo al IPCC.

Tabla 4. Valores por defecto de DOC

Carbono Orgánico Degradable (DOC)		
Residuos	Intervalo	Valor por defecto
Comida	0,08 - 0,20	0,15
Jardín	0,18 - 0,22	0,2
Papel	0,36 - 0,45	0,4
Madera y paja	0,39 - 0,46	0,43
Textiles	0,20 - 0,40	0,24
Pañales desechables	0,18 - 0,32	0,24

Nota: *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.*
Fuente: (Panel intergubernamental del cambio climático, 2006).

1.6.2 Factor de corrección para el metano

El factor de corrección del metano nos indica que la misma cantidad de residuos orgánicos va a producir más metano en un sitio de eliminación de desechos gestionado, que en uno no gestionado y al incluir este factor en los cálculos es posible obtener resultados más exactos. (Dávila & Varela, 2014, p. 27).

En los SEDS no gestionados, una fracción mayor de desechos se descompone aeróbicamente en la capa superior. (Panel intergubernamental del cambio climático, 2006, p. 15).

Tabla 5. MCF y porcentaje de distribución de residuos

Factor de corrección de metano (MCF)		Distribución de residuos
Tipo de Sitio		Valor por defecto
Gestionado anaeróbico	1,0	25%
Gestionado semi-aeróbico	0,5	5%
No gestionado profundo	0,8	30%
No gestionado poco profundo	0,4	25%
No categorizado	0,6	15%

Nota: *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.*
Fuente: Panel intergubernamental del cambio climático (2006).

El valor de distribución de residuos presentado en la tabla 5, permite determinar un promedio ponderado de MCF, presentado a continuación:

$$MCF = (1 * 0,25) + (0,5 * 0,05) + (0,8 * 0,30) + (0,4 * 0,25) + (0,6 * 0,15)$$
$$MCF = \text{Promedio ponderado de MCF} = 0,71$$

1.6.3 Fracción del carbono orgánico degradable que se descompone

Es una apreciación del carbono liberado en un SEDS, puesto que esta pequeña fracción se descompone al final y lo hace de una manera muy lenta.

El valor por defecto recomendado para DOC_f es de 0,5. (Panel intergubernamental del cambio climático, 2006, p. 16).

Este valor del DOC_f se establece tomando en cuenta que el DOC de la madera de la tabla 4; comprende a la lignina y que las condiciones dominantes en un SEDS son anaeróbicas.

1.6.4 Tiempo de vida medio

El (Panel intergubernamental del cambio climático, 2006, p. 17) lo define como el “tiempo necesario para que el DOC_m de los desechos se descomponga hasta la mitad de su masa inicial”. Tiempo de vida medio está estrechamente relacionado con la tasa constante de generación de metano, tal y como se puede observar en la ecuación 2.

Algunos residuos, especialmente aquellos con gran porcentaje de humedad (comida, jardín), tienen un tiempo de vida medio corto. Mientras que los residuos más secos, como la madera, paja, papel, textiles, se degradan más lentamente y por ende tienen un tiempo de vida medio mucho mayor. (Dávila & Varela, 2014, p. 28).

1.6.5 Tasa constante de generación de metano (k)

Es un valor constante para cada tipo de residuo que permite calcular su tiempo de vida medio.

Ecuación 2. Tiempo de vida medio de descomposición

$$\text{Tiempo de vida medio} = \frac{\ln(2)}{k}$$

Los valores de k se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 6. Valores de k para cada tipo de residuo

Tasa constante de generación de metano (k)		
Residuos	Intervalo	Valor por defecto (1/año)
Comida	0,1 - 0,2	0,185
Jardín	0,06 - 0,1	0,1
Papel	0,05 - 0,07	0,06
Madera y paja	0,02 - 0,04	0,03
Textiles	0,05 - 0,07	0,06
Pañales desechables	0,06 - 0,1	0,1

Nota: *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.*
Fuente: Panel intergubernamental del cambio climático (2006).

1.6.6 Fracción de metano en el gas de vertedero generado (F)

(Dávila & Varela, 2014, p. 29), indican que el gas que mayormente generado en un SEDS es el biogás, como producto de la degradación de desechos orgánicos y que contiene aproximadamente un 50% de gas metano; por este motivo el valor por defecto establecido por el IPCC para F es 0,5.

1.6.7 Tiempo de retardo

Es el tiempo estimado en el que un desecho con una fracción de carácter orgánico empieza a generar metano luego de su disposición final, debido a que este gas no se produce de manera inmediata. El IPPC ha estimado que la producción de metano se da desde el sexto mes después de la disposición final del residuo y este valor se ha utilizado en los cálculos matemáticos de esta investigación.

1.6.8 Masa de carbono orgánico degradable disuelto

Definido como la cantidad de carbono orgánico que se descompone durante un año específico y generalmente es abreviado como $DDOC_m$, es calculado mediante la aplicación de la siguiente ecuación:

Ecuación 3. Carbono orgánico degradable disuelto

$$DDOC_m = W_T * DOC * DOC_f * MCF$$

Donde:

- W_T : masa de residuos del año T, de acuerdo al tipo
- DOC: carbono orgánico degradable del año T
- DOC_f : fracción de DOC
- MCF: factor de corrección de metano para el año T
- T: año de cálculo

1.6.9 Masa de carbono orgánico degradable disuelto no reaccionado

Es la cantidad de masa de carbono orgánico degradable disuelto que no reacciona y que queda como residuo durante el año de cálculo, es calculado mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

Ecuación 4. $DDOC_m$ no reaccionado

$$DDOC_{mremT} = DDOC_m * e^{-k * (13 - M) / 12}$$

Donde:

- $DDOC_m$: masa de carbono orgánico degradable disuelto
- k : tasa constante de generación de metano
- M : tiempo de retardo + 7, en meses

1.6.10 Masa de carbono orgánico degradable disuelto descompuesto durante el año de deposición

Es la cantidad de $DDOC_m$ que se ha descompuesto totalmente al final del año de cálculo, su valor es obtenido mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

Ecuación 5. $DDOC_m$ descompuesto al final del año

$$DDOC_{mdecr} = DDOC_m * (1 - e^{-k * (13 - M) / 12})$$

1.6.11 DOC_m acumulado al final del año y DOC_m descompuesto

Los valores de $DDOC_{maT}$ y $DDOC_{mdecompT}$ se obtienen, utilizando los resultados de las ecuaciones 4 y 5, respectivamente.

Ecuación 6. DOC_m acumulado al final del año

$$DDOC_{maT} = DDOC_{mremT} + (DDOC_{maT-1} * e^{-k})$$

Ecuación 7. DOC_m descompuesto durante el año

$$DDOC_{mdecompT} = DDOC_{mdecrT} + DDOC_{maT-1} * (1 - e^{-k})$$

Donde:

- $DDOC_{maT}$: $DDOC_m$ acumulado en los SEDS al final del año T
- $DDOC_{maT-1}$: $DDOC_m$ acumulado en los SEDS al final del año (T-1)
- $DDOC_{mdecompT}$: $DDOC_m$ descompuesto durante el año T

Para obtener el valor final de metano, se debe utilizar el valor de DOC_m descompuesto, obtenido en la ecuación 7.

Ecuación 8. Cantidad de metano generado a partir de los residuos sólidos

$$CH_4\text{generado}_T = DDOC_m\text{descomp}_T * F * 16/12$$

Donde:

- $CH_4\text{generado}_T$: cantidad de metano generado a partir del $DDOC_m$ que se descompone - F: fracción de metano en el gas de vertedero generado
- 16/12: factor de conversión de carbono a metano

Mediante la aplicación de estas ecuaciones es posible determinar la cantidad de metano generado a partir de la descomposición de los desechos orgánicos, posteriormente esta masa de CH_4 debe transformarse en masa de CO_2 eq utilizando el PCA correspondiente.

1.7 GEI generados por la descomposición de las aguas residuales

Debido a la presencia de materia orgánica en las aguas residuales, estas pueden ser fuente de emisiones de GEI como metano y óxido nitroso en condiciones anaeróbicas.

Dentro de las descargas líquidas se puede identificar a las aguas residuales domésticas y se obtienen del resultado de aguas utilizadas en los hogares para fines de lavado de alimentos, vajilla, etc., mientras que las aguas residuales industriales se obtienen de los procesos industriales en los cuales utiliza agua y por lo tanto se generan descargas líquidas. Las aguas residuales domésticas como industriales pueden ser tratadas in situ o transferidas por el sistema de alcantarillado a una estación de tratamiento o simplemente puede ser vertida a ríos y lagos sin tratamiento previo, afectando considerablemente el medio acuático donde son descargadas.

1.7.1 Tratamiento y vías de eliminación de las aguas residuales

Las aguas residuales producidas por Gibago Cía. Ltda., son depositadas en una poza séptica ubicada a 200 metros de las instalaciones productivas; desde las cuales son

enviadas directamente al sistema de evacuación de aguas residuales del sector que desemboca en las riberas del río Chiche.

1.7.2 Gas metano proveniente de las aguas residuales

Las degradación de las aguas residuales generan metano, si este proceso se desarrolla en condiciones anaeróbicas, la cantidad de gas producido depende directamente de la cantidad de materia orgánica presente en las aguas residuales; dependiendo además de la temperatura, ya que a temperaturas mayores a 15 grados centígrados la producción de metano tiende a aumentar, mientras que a temperaturas inferiores, es muy poco probable que exista producción de metano. (Dávila & Varela, 2014, p. 33)

Además se consideran otros dos parámetros que ayudan a determinar el potencial de generación de gas metano y estos son; la demanda química de oxígeno (DQO) y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Debido a que en aguas donde exista mayor cantidad de estos dos parámetros, se produce en general mayor cantidad de metano. (Panel intergubernamental del cambio climático, 2006, p. 10)

1.7.3 Óxido nitroso proveniente de las aguas residuales

La degradación del nitrógeno presente en las aguas residuales, da como resultado la generación del óxido nitroso, debido a que las aguas residuales son vertidas directamente en un medio acuoso (ríos, lagos, mares, etc.) La generación del óxido nitroso se realiza principalmente por los procesos de nitrificación y desnitrificación.

El proceso de nitrificación se produce en condiciones aeróbicas y como resultado final se obtendrá el nitrato (NO_3^-), mientras que en condiciones eros se produce el proceso de desnitrificación y como resultado tenemos la conversión biológica del nitrato en gas di-nitrógeno (N_2). (Dávila & Varela, 2014, p. 33).

CAPÍTULO 2

MATERIALES Y MÉTODOS

La determinación de la huella de carbono planteada para este proyecto se desarrolló en base a los criterios establecidos en el “Protocolo de Gases de Efecto Invernadero”, del año 2006, mismo que está estrechamente relacionado con el ECCR, métodos internacionalmente reconocidos y aplicados en diversas empresas, agencias gubernamentales y ONGs.

El desarrollo de la presente investigación, se la desarrolló en cuatro fases a continuación descritas:

La primera, se recopiló la información relevante de Gibago Cía. Ltda., su entorno natural y socioeconómico obteniendo la línea base de la organización.

La segunda, englobó la recopilación de la información disponible en la industria maderera Gibago Cía. Ltda., identificando fuentes fijas y móviles emisoras de gases de efecto invernadero (GEI).

La tercera, abarcó el cálculo matemático de la huella de carbono, mediante el uso y aplicación de factores de emisión y reacciones estequiométricas, con la finalidad de transformar los combustibles (fósiles y biomasa), la energía e insumos en masa de dióxido de carbono equivalente.

Finalmente, se analizaron los datos obtenidos de la investigación generando alternativas de reducción de gases de efecto invernadero y mejoras en el proceso de producción en Gibago Cía. Ltda.

2.1 Identificación de fuentes generadoras de GEI.

Para el desarrollo de una cuantificación lógica de la huella de carbono de Gibago Cía. Ltda., se procedió a estratificar las fuentes generadoras de gases de efecto invernadero de acuerdo al tipo de fuente.

2.2 Potencial de calentamiento atmosférico de GEI.

Tabla 7. Potencial de calentamiento atmosférico.

Gas	Fórmula	Potencial de calentamiento IPCC 1995
Dióxido de carbono	CO ₂	1
Metano	CH ₄	21
Óxido nitroso	N ₂ O	310
HFC-23	CHF ₃	11700
HFC-32	CH ₂ F ₂	650
Perfluorometano	C ₄ F ₈	6500
Perfluoroetano	C ₂ F ₆	9200

Nota: Adaptado de (Dávila & Varela, 2014, p. 36)

2.3 FASE I

El levantamiento de la línea base de la empresa forestal incluyó la revisión de referencias bibliográficas, obtención de datos históricos proporcionado por las entidades gubernamentales sumado a la observación directa del área donde fue desarrollado el proyecto.

Con la objetivo de facilitar el levantamiento de la línea base y el posterior análisis de la situación ambiental de la zona en estudio se tomara en cuenta el Área de Influencia (AI) de la investigación clasificándola en Área de Influencia Directa (AID) y Área de Influencia Indirecta (AII), considerando el grado de interrelación que tendrá el estudio con las distintas variables socio-ambientales; además para definir con mayor exactitud el AI se considerará los siguientes parámetros:

a) Medio físico

- Uso de suelo
- Geomorfología
- Hidrografía

b) Clima:

- Temperatura
- Precipitación
- Dirección y velocidad del viento
- Humedad relativa

c) Calidad de aire y ruido

- Material particulado
- Dióxido de azufre
- Dióxido de nitrógeno
- Monóxido de carbono
- Ruido

d) Medio biótico

- Flora
- Fauna

e) Medio socioeconómico

- Población

La evaluación del medio físico, clima, calidad de aire y del medio socioeconómico se los levantará mediante la revisión bibliográfica de diferentes fuentes consultadas como:

- Plan parcial de Ordenamiento Territorial de las parroquias nororientales: Puembo, Pifo, Tababela, Yaruqui, Checa, el Quinche y Guayllabamba.
- Actualización del estudio de Impacto Ambiental del Nuevo Aeropuerto de Quito
- Informe de la Calidad del Aire de Quito 2013.
- INEC 2010, Censo de población y vivienda.

La evaluación del medio biótico será levantada mediante la observación de campo y su posterior comparación con bibliografía de flora y fauna del lugar.

Los datos levantados sobre el parámetro calidad del aire fueron tomados de la estación meteorológica de Tumbaco, debido a la cercanía de la misma con el Área de Influencia del estudio.

2.4 FASE II

La información necesaria para el desarrollo de este estudio fue facilitada por la gerencia general de Gibago Cía. Ltda., del Distrito Metropolitano de Quito.

Se actualizó el flujograma de procesos existente en la organización, detallando las entradas y salidas de materia en cada subproceso.

Además, se revisó minuciosamente los ingresos y egresos existentes durante el período comprendido entre enero a diciembre del 2013, de la cual se logró recopilar:

- Guías forestales con el volumen de madera de balsa expresado en metro cúbico, adquirido por la Gibago Cía. Ltda., durante el año base.
- Facturas de combustible utilizado.
- Facturas de consumo eléctrico del 2013.
- Facturas de agua potable utilizada por Gibago Cía. Ltda.
- Facturas de insumos adquiridos durante el año 2013.
- Facturas de pago a transportistas a razón de movilización de madera.
- Facturas de ventas totales de bloques de balsa durante al año base.

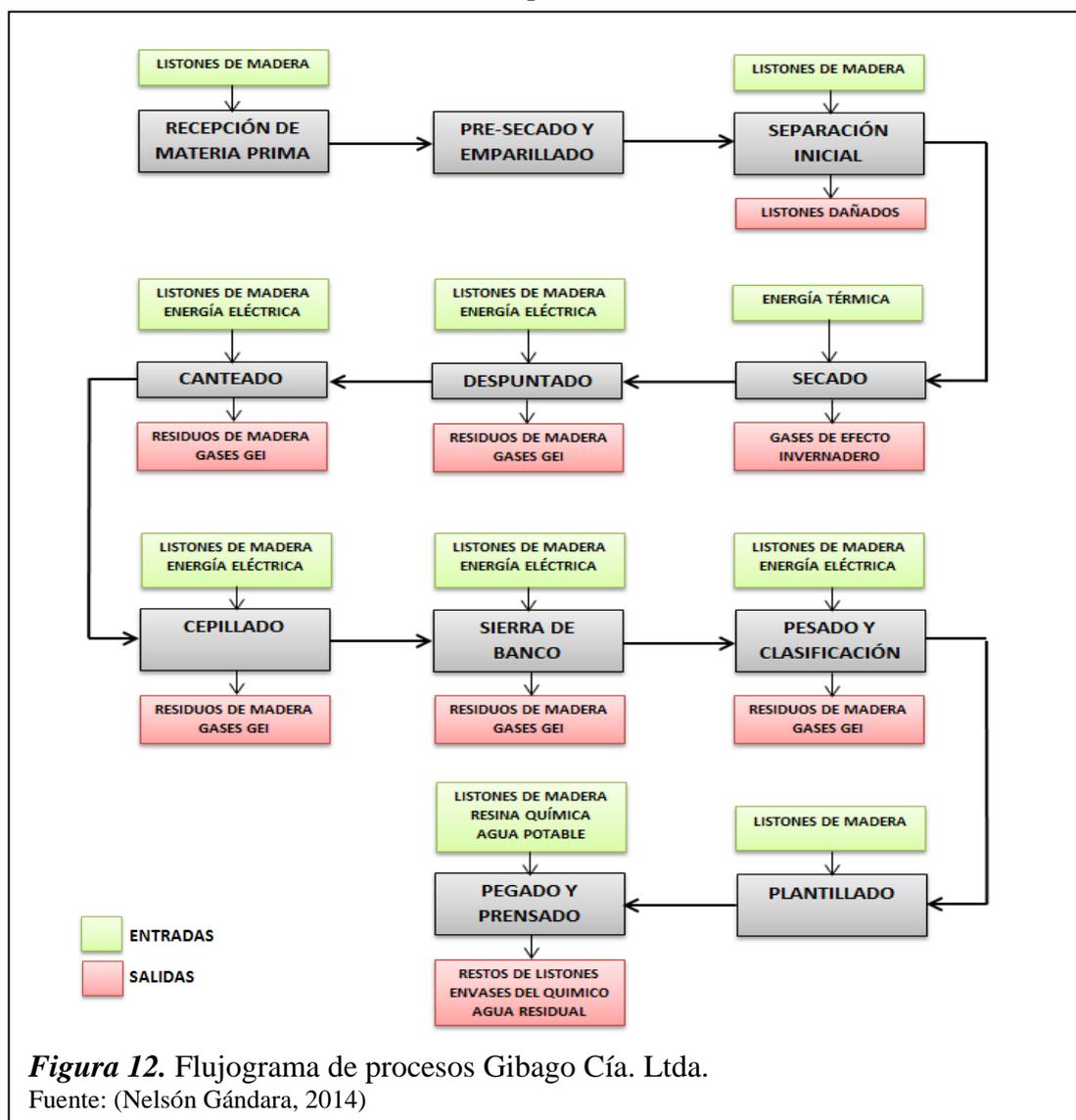


Figura 12. Flujograma de procesos Gibago Cía. Ltda.
Fuente: (Nelsón Gándara, 2014)

Tabla 8. Volumen de madera de balsa adquirido por Gibago Cía. Ltda., durante el año 2013.

MES	VOLUMEN EXPLOTADO (m ³)	VOLUMEN MOBILIZADO(m ³)
Enero	44.68	22.34
Febrero	0.0	0.0
Marzo	767.1	383.55
Abril	656.2	328.01
Mayo	439.8	219.9
Junio	1502.82	751.41
Julio	980.62	490.31
Agosto	729.84	364.92
Septiembre	1084.32	542.16
Octubre	911.12	455.56
Noviembre	733.12	366.53
Diciembre	357.62	178.81
TOTAL	8207.18	4103.59

Nota: Guías Forestales Gibago Cía. Ltda., 2013.

Los datos demostrados en la Tabla 8, indican los volúmenes de madera de balsa adquiridos por la empresa Gibago Cía. Ltda., con el objetivo de cumplir sus objetivos de producción y comercialización de bloques de balsa durante el año 2013.

El volumen total de balsa extraída desde las zonas forestales es de 8207.18 m³, de los cuales después del proceso de descortezado y corte a forma de listones su volumen se reduce a 4103.59 m³ los cuales son transportados a la empresa forestal y posteriormente ingresan al proceso productivo.

2.4.1 Determinación del consumo de biomasa como fuente generadora de energía térmica.

Para la determinación del volumen de madera utilizada como fuente generadora de energía térmica se tomó en consideración los dos secaderos existentes en la industria forestal, los mismos que desempeñan funciones de eliminación de humedad y control de insectos y plagas en los listones de balsa, para lo cual se utiliza dos quemadores industriales, en los que son depositados los restos de madera de balsa a modo de viruta (reducción del tamaño de partículas) que se obtiene de dos fuentes generadoras detalladas a continuación:

Viruta proveniente del proceso productivo.- generada en las distintas maquinas que conforman el proceso productivo de Gibago Cía. Ltda., (sierra despuntadoras, de corte, cepillos) los cuales son recolectados a través de extractores de partículas de madera y son enviados a los silos de almacenamiento de la biomasa.

Viruta proveniente del chipeado de los residuos.- generado a partir de los restos de madera con tamaño de partícula mayor a 20cm, los cuales son sometidos a un proceso de reducción de volumen a través de una chipeadora (máquina de reducción de tamaño de partículas mediante el uso de una serie de cuchillas), los cuales son depositados en la parte inferior de la chipeadora junto a la cintas transportadores de madera con el objetivo de garantizar el ingreso de la biomasa necesario en el proceso de secado de madera.

Los residuos de madera en forma de viruta son transportados desde los lugares de acopio (parte inferior de la chipeadora o bolsas recolectoras de partículas de madera) hacia los silos a través de cintas de transporte, las cuales son activadas de manera manual por un operador, quien es el encargado de verificar que el nivel de los residuos en los silos sea el adecuado, posteriormente de acuerdo a la requerimientos térmicos de los listones de madera a secar la viruta de balsa es enviada desde los silos hacia los quemadores de manera constante asegurando de esta manera cumplir con los requerimientos térmicos establecidos en lo proceso de secado de madera.

Para la obtención de la cantidad de residuos utilizados en los quemadores se consideró tanto el peso de la viruta del proceso como de la chipeada, lo que se determinó mediante una prueba de peso de la viruta a volumen conocido descrita a continuación:

Prueba Número 1. Viruta chipeada.

$$P_{viruta_chipeada} = P_{r_con_viruta} - P_{r_vacío}$$

$$P_{viruta_chipeada} = 2.656 \text{ kg} - 1.086 \text{ kg}$$

$$P_{viruta_chipeada} = 1.57 \text{ kg}$$

Donde:

Peso del recipiente vacío: 1.086 kg

Volumen del recipiente: 0.0196 m³

Peso del recipiente con viruta: 2.656 kg

Prueba Número 2. Viruta del proceso.

$$P_{viruta_proceso} = P_{r_con_viruta} - P_{r_vacío}$$

$$P_{viruta_proceso} = 2.18 \text{ kg} - 1.088 \text{ kg}$$

$$P_{viruta_proceso} = 1.092 \text{ kg}$$

Donde:

Peso del recipiente vacío: 1.088 kg

Volumen del recipiente: 0.0196 m³

Peso del recipiente con viruta: 2.18 kg

Las pruebas de peso de viruta a volumen conocido fueron desarrolladas mediante el uso de una balanza electrónica previamente calibrada por el personal de metrología de la empresa forestal.

A continuación se procedió a analizar las características de los silos del almacenamiento de la biomasa, con la finalidad de determinar la capacidad de almacenamiento de viruta de madera expresado en metros cúbicos de cada uno de los silos, tal y como se demuestra en la siguiente tabla.

Tabla 9. Características de los silos de Gibago Cía. Ltda.

CARACTERÍSTICAS SILO #1	UNIDADES	CARACTERÍSTICAS SILO #2	UNIDADES
ALTURA TOTAL	2,24 metros	ALTURA TOTAL	2,2 4 metros
DIÁMETRO	1,74 metros	DIÁMETRO	1,7 4 metros
RADIO	0,87 metros	RADIO	0,8 7 metros
VOLUMEN TOTAL	5,33 m ³	VOLUMEN TOTAL	5,3 3 m ³
ALTURA UTILIZADA	1,12 metros	ALTURA UTILIZADA	1,1 2 metros
VOLUMEN UTILIZADO	2,66 m ³	VOLUMEN UTILIZADO	2,6 6 m ³

Nota:

Elaborado por: César Chamorro Avilés & Enrique Romero

A continuación se procedió a cuantificar el volumen de viruta utilizado en el proceso de generación de energía térmica relacionando, el peso obtenido en las pruebas de cuantificación de la viruta de balsa a volumen conocido, con el volumen utilizado en los silos para la generación de la energía térmica en un periodo de tiempo de 12 horas, considerando que el quemador N. 1 utiliza exclusivamente la viruta obtenida mediante el proceso de chipeado y el quemador N. 2 utiliza mayormente la viruta recolectada del proceso productivo.

Tabla 10. Volumen de biomasa utilizado por Gibago Cía. Ltda., 2013.

VOLUMEN DE BIOMASA UTILIZADO EN EL QUEMADOR N. 1		VOLUMEN DE BIOMASA UTILIZADO EN EL QUEMADOR N. 2	
PERÍODO DE TIEMPO	UNIDADES	PERÍODO DE TIEMPO	UNIDADES
VIRUTA USADA EN 12H	213,47 kg	VIRUTA USADA EN 12H	148,2 kg
VIRUTA USADA EN 1 DIA	426,93 kg	VIRUTA USADA EN 1 DIA	296,4 kg
VIRUTA USADA AL MES (25 DÍAS)	10673,40 kg	VIRUTA USADA AL MES (25 DÍAS)	7410 kg
VIRUTA USADA ANUALMENTE	128080,87 kg	VIRUTA USADA ANUALMENTE	88920 kg

Nota:

Elaborado por: César Chamorro Avilés & Enrique Romero

Finalmente se procedió a cuantificar el volumen de residuos utilizados anualmente por Gibago Cía. Ltda., para la generación de energía térmica utilizada en el proceso de secado de los listones de balsa mediante la suma de los volúmenes de viruta utilizados en los dos quemadores que actualmente posee la organización.

$$P_{VirutaT} = P_{VQuemador1} + P_{VQuemador2}$$

$$P_{VirutaT} = 128080,87 (kg) + 88920(kg)$$

$$P_{VirutaT} = 128080,87 (kg) + 88920(kg)$$

$$P_{VirutaT} = 217000,87 kg$$

2.4.2 Cálculo de combustibles Usados por Gibago Cía. Ltda.

Tabla 11. Consumo de combustible Gibago Cía. Ltda., 2013.

MES	GASOLINA	UNIDADES	DIESEL	UNIDADES
ENERO	78,725	Gal	38,68	gal
FEBRERO	49,338	Gal	85,45	gal
MARZO	68,582	Gal	49,52	gal
ABRIL	21,583	Gal	64,699	gal
MAYO	29,542	Gal	36,812	gal

JUNIO	54,405	Gal	32,798	gal
JULIO	21,297	Gal	61,879	gal
AGOSTO	30,23	Gal	73,94	gal
SEPTIEMBRE	36,786	Gal	45,858	gal
OCTUBRE	46,835	Gal	38,404	gal
NOVIEMBRE	0	Gal	82,43	gal
DICIEMBRE	0	Gal	39,575	gal
TOTAL	437,323	Gal	650,045	gal

Nota: Facturas consumo de combustible Gibago Cía. Ltda., 2013.

El uso de combustibles fósiles dentro la estructura organizativa de Gibago Cía. Ltda., se debe exclusivamente a la movilización del departamento administrativo, dentro y fuera de la ciudad para lo cual se cuenta con dos vehículos una camioneta marca Nissan de funcionamiento a diésel y un vehículo marca Chevrolet de funcionamiento a gasolina.

2.4.3 Cálculo del consumo eléctrico de Gibago Cía. Ltda.

Tabla 12. Consumo eléctrico de Gibago Cía. Ltda., 2013.

MES	CONSUMO MEDIO (kw/h)		DEMANDA (kw/h)	TOTAL (kw/h)
	07:00-22:00	22:00-07:00		
ENERO	7556	2628	41	10225
FEBRERO	5115	1385	36	6536
MARZO	5283	1035	34	6352
ABRIL	7988	2916	42	10946
MAYO	9095	3809	40	12944
JUNIO	8580	3187	39	11806
JULIO	9736	3157	40	12933
AGOSTO	7951	2258	39	10248
SEPTIEMBRE	6955	1637	38	8630
OCTUBRE	9673	3195	40	12908
NOVIEMBRE	7182	2043	39	9264
DICIEMBRE	6518	2093	39	8650

Nota: Facturas consumo eléctrico Gibago 2013

El consumo eléctrico de Gibago Cía. Ltda., expresado en la tabla 12, hace referencia a los valores registrados por parte de la empresa eléctrica del Distrito Metropolitano de Quito mediante el medidor con código 90001412-0 el cual se encuentra ubicado en la esquina izquierda, en la parte exterior de la planta de producción.

El consumo anual de electricidad durante el año 2013 fue de 121442 kw/h, de los cuales 91632 kw/h fueron registrados durante el turno de 7:00 a 22:00 horas, debido a

que las actividades de producción de Gibago Cía. Ltda., tienen una jornada laboral establecida entre las 7:00 a 17:00 horas.

2.4.3 Descripción de insumos adquiridos por Gibago Cía. Ltda.

Durante el año 2013, Gibago Cía. Ltda., adquirió varios bienes materiales con el objetivo de proporcionar mantenimiento preventivo y correctivo a las máquinas e instalaciones de la organización, los mismos que son considerados para el desarrollo del cálculo de la huella de carbono de Gibago Cía. Ltda.

Tabla 13. Insumos adquiridos por Gibago Cía. Ltda., durante el 2013.

INSUMO	CANTIDAD	UNIDAD
Breaker 32 amperios	5	unidades
Cemento	350	kilos
Brochas ¾	5	unidades
Boton impulsor P/WC	1	unidad
Perno hexagonal 1/4 x 1 ½	0,2948	kilos
Rodela plana ¼	0,17	kilos
Perno estufa 1/4 x 2 ½	0,11792	kilos
Abrazadera ¾	0,12	kilos
Pernos 3/8 x ¾	0,41616	kilos
Cemento africano	42	litros
Tubo galvanizado 2" x 1.5 mm	43,02	kilos
Cable de acero 3mm	206,145	kilos
Focos tubulares	2	unidades
Carbones de amoladora	4	unidades
Batería 110 V	1	unidad
Tubo de PVC 1/2"	4,84	kilos
Conectores de Alumino	12	unidades
Plancha caucho natural	3,7854	litros
Pintura caucho	3,7854	litros
Pintura latex	7,4906	litros
Vinil refrigeración	50	metros
Plancha galvanizada	8,53	Kilos
Disco C/m Norto 7"	3,3	Kilos
Machete 24"	4	Unidades
Balanza PSI 15 kg	1	Unidad
Flexémtro 3m	5	Unidades
Cinta teflón 1/2"	2	Unidades
Tarjetas de cartulina 17 x 12 cm	3	Unidades
Rollo plástico Strech 50 cm	1	Unidad
Perno C/Redo 3/8 x 3	0,4	Kilos
Perno C/Exagonal 3/8 x 2 ½	0,3	Kilos
Perno C/Exagonal 3/8 x 2	0,37	Kilos

Cabo fortex 3mm de 1/8	0,8	Kilos
Tornillo autorosc 8x1	1,52	Kilos
Cable saran negro R6 8X1	4,29	Kilos
Pintura blanca	1	Litros
Thiñer	23	Litros
Perno c/red 1/4 x 5	0,35	Kilos
Tarjetas en papel cauche 9 x 5,5cm	7,5	Kilos
Resina Wood Adhesives	2912	Kilos
Hojas papel bond	17,0352	Kilos
Cintas 5/8	2	Unidades
Sierra cinta 5/8	3	Unidades
Aceite URSA 40	52,9956	Litros
Mascarillas reforzadas	490	Pares
Guantes de neoprene	100	Pares
Guantes de pupos	162	Unidades
Sierras de cinta de soldar	7	Unidades
Cuchillas de 300	51	Kilos
Multimetró	1	Unidad
Crayones	378	Unidades
Carpeta folder	27	Unidades
Sacapunta	2	Unidades
Torner Samsung	1	Unidad
Tubo galvanizado ¾	7,5	Kilos
Cable general electric	1	Unidad
Sobres manila	1	Unidad
Archivadores	9	Unidades
Grapadora stanler	1	Unidad
Perno c/redo 1/4 x 4	0,27	Kilos
Perno c/redo 1/4 x 5	0,17	Kilos
Laca blanca	2	Litros
Letrero de seguridad A3	3	Unidades
Hojas pH natural	2	Unidades
Malla saranda gruesas	80,4	Kilos
Plastico negro	5,5	Kilos
Batería NS70L 12V	3	Unidades
Antisulfatantes	2	Unidades
Lamina para invernadero amarilla	22,93	Kilos
Sobre plástico	2	Unidades
Clavo acero 1"	5	Kilos
Silicon abro 1200	7	Unidades
Pintura latex	3,7854	Litros
Perno de acero 9/16 x 3	0,02	Kilos
Perno de acero 68 3/8 x 3	0,02	Kilos
Pega la brujita	2	Unidades
Prensa de 6"	2	Unidades
Gata hidráulica 3 Ton	280	Kilos

Perno de acero de 12cm	0,2	Kilos
Perno de acero unc 12 x 70	0,2	Kilos
Perno de acero unc 12 x 50	0,2	Kilos
Oxicortes 20mm	122,48	Kilos
Platina 50 x 9mm	1	Unidad
Oxicortes 15mm	47,26	Kilos
Pega E	45	Kilos
Separadores de hojas	11	Unidades
Esferos	36	Unidades
Broca de acero 5/8	0,2	Kilos
Alumband chova	10	Unidades
Perno rosca 2"	0,2	Kilos
Rodamiento 6307	4	Unidades
Cinta Epson	2	Unidades
Tubo plastico 2"	15,6	Kilos
Codos plásticos 2"	0,16	Kilos
Mangera de luz	3,75	Kilos
Clavo acero 4"	0,8	Kilos
Extintor PQS 10libras	3	Unidades
Varilla 16 x 12	25,2	Kilos
Libretines A5	4	Unidades
Interruptor doble banda	1	Unidad
Rodela plana ½	0,32	Kilos
Rodela presión ½	0,36	Kilos
Tuerca unc ½	3,2	Kilos
Boquilla baquelina reforzada	2	Unidades
Perno acero unc 3/8 x 1 ¼	1,5	Kilos
Perno acero unc 1/2 x 1 ½	0,8	Kilos
Pilas enerCELL AAA recargables	7	Unidades
Resortes	6	Unidades
Orejera 26 db	15	Unidades
Vidrio claro flotado 2mm	19	Metros
Rulimanes	2	Unidades
Teclado targus	1	Unidad
Cuaderno 100 hojas	1	Unidad
Polea simple para motor 06	1	Unidad
Varilla 8mm	4,79	Kilos
Codo de desague 4 x 90"	1	Unidad
Candado 30 mm	2,5	Kilos
Cilindro gas 15 kg	1	Unidad
Motofumigadora stihl 3,5 HP	1	Unidad
Foco ahorrador 11 w	2	Unidades
Boquilla de caucho	2	Unidades
Linterna alto impacto	1	Unidad
Motosierra stihl 7HP 30"	2	Unidades
Aceite stihl 2 tiempos	6	Litros

Lampara de emergencia	1	Unidad
Pala puntona	1	Unidad
Foco ahorrador 85w	1	Unidad
Foco ahorrador 20w	1	Unidad
Foco 200w	1	Unidad
Fundas polietileno 35 x 46	0,575	Kilos
Llantas ring 17	5	Unidades
Marcador permanente	8	Unidades
Lija de agua	6	Unidades
Tornillo negro 8 x 2 ½	8	Kilos
Tornillo de madera 5 x ¾	4,2	Kilos
Electrodo	10	Kilos

Nota: Insumos Gibago Cía. Ltda.

2.4.4 Cálculo del consumo de agua potable Gibago Cía. Ltda.

Tabla 14. Consumo de agua potable Gibago Cía. Ltda., 2013.

MES	CONSUMO DE AGUA POTABLE	UNIDAD
ENERO	28	m ³
FEBRERO	26	m ³
MARZO	33	m ³
ABRIL	30	m ³
MAYO	32	m ³
JUNIO	36	m ³
JULIO	31	m ³
AGOSTO	35	m ³
SEPTIEMBRE	28	m ³
OCTUBRE	33	m ³
NOVIEMBRE	37	m ³
DICIEMBRE	27	m ³
TOTAL AÑO	376	m³

Nota: Facturas consumo de agua potable Gibago Cía. Ltda., 2013.

La generación de aguas residuales se expresó en base al consumo anual de agua potable registrado durante el año base. El agua potable es utilizada principalmente para actividades de limpieza de maquinaria y para abastecer los sanitarios y fregaderos de la empresa forestal, razón por la cual son descargadas directamente al sistema de alcantarillado sin registrarse procesos de reciclaje o recirculación de agua.

Tabla 15. PPC de aguas residuales Gibago Cía. Ltda.

DETALLE	VALOR	UNIDAD
Promedio caudal	0,0145	L/s
Caudal diario	1253,2	L/día
Población trabajadora (Administrativa, operativa)	30	Individuos
PPC Aguas residuales	41,77	L/día*individuos
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	78,3	mg/L

Nota: Consumo de agua, Gibago Cía. Ltda.

Para la obtención del promedio per cápita de aguas residuales generadas por Gibago Cía. Ltda., se consideró el consumo mensual de agua potable registrado, el número total de días trabajados durante el mes y el número total de trabajadores de Gibago Cía. Ltda.

2.4.5 Caracterización y cuantificación de residuos sólidos producidos por Gibago Cía. Ltda.

Previo a la caracterización de residuos sólidos generados en Gibago Cía. Ltda., se procedió a identificar los diferentes tipos de residuos existentes dentro de la organización mediante la observación empírica en los diferentes puestos de trabajo, donde se evidencio la generación de residuos sólidos.

Estableciéndose la siguiente clasificación de residuos:

Tabla 16. Clasificación de residuos sólidos Gibago Cía. Ltda. (2013)

Tipo de Residuo	Lugar de Generación	Asimilación
Restos de madera de balsa	Línea Productiva	Residuo Industrial
Restos de envases de resina	Encoladoras	Residuo Industrial
Restos de comida	Personal operativo	Residuo Domiciliario
Guantes y mascarillas	Personal operativo	Residuo Domiciliario
Papel de baño	Personal operativo	Residuo Domiciliario
Papel, cartón, plásticos	Oficinas administrativas	Residuo Domiciliario

Nota: Gibago Cia. Ltda. (2013)

2.4.5.1 Planificación y logística de caracterización de residuos sólidos de carácter domiciliario.

La planificación consiste en una serie de pasos a considerar:

- a) Establecimiento de fuentes de generación: el establecimiento de las fuentes involucra una comparación con los residuos sólidos de carácter domiciliario y separando los desechos producidos en el área de producción y administración. (Heredia & González, 2013, p. 52).

b) Número de individuos a muestrear: Una vez identificadas las fuentes de generación de residuos sólidos, se procederá a calcular estadísticamente la cantidad de individuos a someter al análisis de caracterización, utilizando la fórmula estadística para determinación de muestras en poblaciones menores a 10000 habitantes: (Heredia & Gonzáles, 2013, p. 52).

$$n = \frac{N}{1 + \frac{e^2(N-1)}{z^2 \cdot pq}}$$

Donde:

n= Tamaño de la muestra individuos.

N= Tamaño conocido de la Población Individuos.

z= Nivel de confianza 95% valor estándar (z=1,96).

e= margen de error valor estándar (5% e= 0,05).

pq= 0,25

Para garantizar la confiabilidad de la cuantificación y caracterización de residuos sólidos se planificará la toma de muestras de al menos una semana laboral (cinco días), como señala la norma ASTM, D5231-92, 2008.

c) Caracterización de residuos sólidos comunes: se establecerá el programa de caracterización, evitando que se dificulten las actividades laborales de Gibago Cía. Ltda.

El lugar destinado para la caracterización de residuos debe cumplir con las siguientes características:

- ✓ Piso nivelado y recubrimiento rígido (hormigón, asfalto o concreto).
- ✓ Correcta ventilación para evitar acumulación de olores.
- ✓ Cercanía a toma eléctrica y fuentes de agua.
- ✓ Encontrarse alejado de los lugares de generación de residuos.

d) Cronograma de caracterización: se establecerá un cronograma de caracterización de residuos que permita obtener datos confiables sin

fluctuaciones producidas por feriados, u otra actividad que presente una desviación en la información obtenida. (Heredia & Gonzáles, 2013, p. 53).

2.4.5.2 Cuantificación de residuos sólidos de carácter domiciliario.

Los residuos sólidos de carácter no industrial generados por Gibago Cía. Ltda., se clasificaron en dos grupos de residuos:

- ✓ Residuos de carácter común asimilables a domiciliarios provenientes de las áreas de producción y administración.
- ✓ Residuos especiales provenientes de los diferentes procesos productivos.

Los residuos sólidos se caracterizaron siguiendo la planificación de muestreo descrito a continuación:

- a) Programa de caracterización: el programa consistirá en muestrear una cantidad determinada de residuos por varias ocasiones por día como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 17. Número de repeticiones de caracterización por fuente de generación de residuos sólidos comunes.

Fuente de generación	Nº de muestras a caracterizarse por día	Nº Días de caracterización
Fuente de generación Área de producción	1	5
Fuente de generación Área administrativa	1	5

Nota:

Adaptado de: (Heredia & Gonzáles, 2013, p. 29)

- b) Delimitación y adecuación del lugar de trabajo.
- c) Colección y etiquetado de residuos generados por cada fuente generadora utilizando bolsas de previamente etiquetadas para respaldar la tarea.
- d) Pesaje de los residuos generados: los pesos brutos y pesos tara de cada bolsa serán registrados en el formato “Registro de peso de residuos sólidos RG-PRS-01” Tabla 17, se procederá a restar los dos valores para obtener el peso neto y

calcular la Producción per cápita (PPC) de la población trabajadora de Gibago Cía. Ltda., mediante la Ecuación N 9 PPC (residuos sólidos):

$$PPC(\text{residuos sólidos}) = \frac{\text{Cantidad de Residuos Generados}}{\text{Población}}$$

Tabla 18. Registro de peso de residuos sólidos Gibago Cía. Ltda.

REGISTRO DE PESO DE RESIDUOS SÓLIDOS CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS GIBAGO CIA. LTDA. RG-PRS-01			
Supervisor:		Hora:	
Fecha:		Peso total:	
FUENTE	PESO BRUTO	TARA	OBSERVACIONES
COMENTARIOS:			

Nota:
Adaptado de: (Heredia & Gonzáles, 2013, p. 30)

Desarrollado el proceso de cuantificación de residuos sólidos de carácter domiciliario, se obtuvo los siguientes resultados de producción per cápita de residuos expresados en la siguiente tabla:

Tabla 19. PPC de residuos sólidos en Gibago Cía. Ltda.

ÁREA IDENTIFICADA		Generación Promedio (kg/día)	Generación Producción (kg/día)	Generación Administración (kg/día)	PPC Producción	PPC Administración
Uso Producción	Área Producción	2,936	2,936	0,000	0,1174	0,000
Uso Administrativo	Área Administrativa	0,240	0,000	0,240	0,000	0,048
PPC TOTAL (Kg)					0,1174	0,048
PPC TOTAL (g)					117,44	48

Nota:

Elaborado por: César Chamorro Avilés & Enrique Romero

De la tabla 19, se puede verificar que el promedio diario de producción residuos sólidos de carácter domiciliario 0,1174 kg/día/hab en el caso del personal operativo y de 0.048 kg/día/hab en el caso del personal administrativo, es mucho menor al promedio de producción de residuos dentro del Distrito Metropolitano de Quito cuyo valor aproximado para el año 2011 fue de 0.86 kg/día/hab.

Los valores obtenidos de producción per cápita de residuos sólidos, determinan que el nivel de gestión ambiental de la organización se encuentra ejecutándose de una manera adecuada, principalmente por actividades enfocadas en la sensibilización de los trabajadores.

Además se determinó la composición típica de los residuos sólidos generados en Gibago Cía. Ltda. Los resultados obtenidos son demostrados en la siguiente tabla:

Tabla 20. Composición típica general de los residuos sólidos de carácter domiciliario generados por todas las áreas de Gibago Cía. Ltda.

Residuos Totales GIBAGO					
CATEGORIA	SUBCATEGORIA	Peso Bruto (Kg)	Peso Tara (Kg)	Peso Neto (Kg)	%
Papel	Fundas Papel/Cartón	2,008	1,988	0,02	0,65
	Tetra Pack	1,088	1,042	0,046	1,50
	Papel Mezclado	3,292	3,104	0,188	6,12
	Papel Calca	1,118	0,992	0,126	4,10
	TOTAL PAPEL	7,506	7,13	0,38	12,38

Plástico	PET (1)	4,443	4,213	0,23	7,49
	HDPE COLOR (2)	5,122	5,03	0,092	3,00
	PVC (3)	5,012	4,976	0,036	1,17
	Fundas Plásticas LDPE (4)	6,376	6,176	0,2	6,51
	PP (5)	2	1,996	0,004	0,13
	Sachets	5,112	5,026	0,086	2,80
	TOTAL PLÁSTICO	28,065	27,417	0,648	21,11
Otros Orgánicos	Cocina/Comida	7,404	6,65	0,754	24,56
	Textiles	4,922	4,714	0,208	6,78
	Cuero	1,164	1,08	0,084	2,74
	Guantes con residuos orgánicos	1,136	1,046	0,09	2,93
	TOTAL OTROS ORGÁNICOS	14,626	13,49	1,136	37,00
Residuos Especiales	Papel de Baño	7,84	6,934	0,906	29,51
	TOTAL ESPECIALES	7,84	6,934	0,906	29,51
TOTAL		58,037	54,97	3,07	100,00

Nota:

Elaborado por: César Chamorro Avilés & Enrique Romero

Los resultados obtenidos en la tabla 20, indican que los residuos orgánicos representan el mayor porcentaje dentro de la segregación de los residuos sólidos, representando el 37% del total seguido por la producción de residuos especiales (papel higiénico usado) el cual representa el 29,51% del porcentaje total.

Es importante resaltar que todos los residuos orgánicos son depositados en la compostera que actualmente dispone la organización con el objetivo de minimizar su impacto ambiental por la generación de residuos sólidos de carácter domiciliario.

2.4.6 Cuantificación de residuos sólidos industriales.

2.4.6.1 Residuos de madera generados en el proceso industrial.

Para el desarrollo del proceso de cuantificación de residuos sólidos asimilables como industriales se procedió a verificar el ingreso total de madera de balsa a Gibago Cía. Ltda., durante el año base expresado en kilogramos, así mismo se comprobó el total de kilogramos de madera de balsa comercializados por la organización en el mismo periodo de tiempo lo que nos permitió estimar el total de kilogramos de madera de balsa desechados durante el proceso productivo y que representan el volumen de residuos de madera de Gibago Cía. Ltda., durante el año 2013.

Tabla 21. Ventas de bloques de madera de balsa Gibago Cía. Ltda., 2013

VENTAS DE BLOQUES DE MADERA DE Balsa GIBAGO 2013		
MES	VOLUMEN (m3)	PESO NETO (Kg)
ENERO	127,8807	25301,50
FEBRERO	127,4276	22851,75
MARZO	127,4842	23423,75
ABRIL	63,1475	10705,00
MAYO	127,2577	22127,95
JUNIO	189,4434	33959,81
JULIO	208,2505	37197,29
AGOSTO	127,5409	23360,75
SEPTIEMBRE	195,1974	34012,50
OCTUBRE	127,5739	23233,80
NOVIEMBRE	131,9260	23943,36
DICIEMBRE	127,7674	24319,25
TOTAL	1680,8972	304436,7100

Nota: Facturas de ventas de bloques de madera de balsa Gibago 2013.

Adicionalmente se tomó en cuenta los subproductos generados por Gibago Cía. Ltda., (láminas de balsa) para la distribución dentro de mercado nacional, una vez verificadas las facturas de ventas de láminas de balsa se procedió a obtener el valor de 2533,92 kg a razón de las ventas en el mercado nacional.

Para el cálculo total de los residuos de madera de balsa producidos por la organización se procedió a utilizar la siguiente fórmula:

$$PRI_{MB} P_{MM} - (P_{VIT} + P_{ET} + P_{SUBT}) \text{ kg}$$

$$PRI_{MB} = 615538,5 \text{ kg} - (217000.87 + 304436.71 + 2533.92) \text{ kg}$$

$$PRI_{MB} = 91567,1 \text{ kg}$$

Donde:

PRI_{MB} = Producción de residuos de madera de balsa expresado en kg

P_{MM} = Peso de la madera movilizada expresada en kg.

P_{VIT} = Peso de la viruta utilizada en los quemadores expresada en kg.

P_{ET} = Peso de las exportaciones de madera expresadas en kg

P_{SUBT} = Peso del subproducto expresado en kg.

Los residuos de madera que no son utilizados en el proceso de secado, son sometidos al proceso de reducción de tamaño de partículas (chipeado), para posteriormente ser entregados a personas naturales del sector que utilizan este subproducto para la elaboración de composteras, como base en el piso donde reposa el ganado y finalmente para la elaboración de abono de origen orgánico.

Es importante resaltar que durante todo el proceso de transformación de la madera de balsa no se utilizan insecticidas ni pesticidas para el control de plagas, por lo cual la composición de los residuos de madera es completamente orgánica biodegradable.

2.4.6.2 Residuos metálicos generados en el proceso industrial.

Los residuos metálicos provienen de los tambores que contienen la resina Acetato de Polivinilo, utilizada en el proceso de encolado y prensado, gatas hidráulicas que por el uso cotidiano pierden presión y son declaradas como obsoletas y finalmente las cuchillas de corte que después del uso continuo pierden su capacidad de corte y son desechadas por el personal operativo por lo que forman parte de los residuos metálicos generados por Gibago Cía. Ltda.

Para la determinación del peso de los residuos metálicos generados en Gibago Cía. Ltda., se tomó en cuenta la lista de insumos adquiridos por parte de la organización en la cual se detalla el número de tambores con la resina Acetato Polivinilo, y además se detalla el número de gatas hidráulicas remplazadas durante el mismo período de tiempo.

Tabla 22. Producción anual de residuos industriales Gibago Cía. Ltda., 2013.

RESIDUO	PRODUCCIÓN ANUAL	PESO UNITARIO (kg)	PESO TOTAL (kg)
Tambores vacíos de resina Acetato polivinilo	56	13.5	756
Gatas hidráulicas remplazadas	10	28	280
Cuchillas de corte	23	1.5	34.5
TOTAL AÑO (kg)			1070.5

Nota:

Fuente: Lista de insumos Gibago Cía. Ltda., 2013

Elaborado por: César Chamorro & Enrique Romero

Los residuos metálicos producidos por Gibago Cía. Ltda., no presentan características de peligrosidad para el medio ambiente, razón por la cual son comercializados por el personal administrativo debido al potencial económico que representan.

2.5 Cálculo del combustible utilizado por el transporte de materia prima y producto final de Gibago Cía. Ltda.

Para la determinación del total de galones utilizados por los transportistas de la materia prima (listones de balsa), como producto final (bloques de balsa), se tomara en cuenta un promedio de la distancia recorrida por cada uno de los camiones transportistas de balsa, desde las diferentes regiones donde se explota la materia prima hacia la industria forestal y la distancia existente entre las instalaciones productivas hasta el puerto de Guayaquil, lugar donde se embarca la mercadería para su posterior transporte por vía marítima.

Tabla 23. Cálculo del combustible utilizado por el transporte de materia prima.

ORIGEN MATERIA PRIMA	DISTANCIA PROMEDIO (km)	PROMEDIO DIESEL (litros)	UNIDADES	NÚMERO DE ENFERECAS	COMBUSTIBLE TOTAL (litros)	UNIDADES
BALZAR	375,6	30	galones	1	30	galones
LORETO	238,5	19	galones	18	342	galones
CHONTAPUNTA	222,53	17	galones	56	952	galones
PALMAR DEL RÍO	191,6	15	galones	13	195	galones
SHUSHUFINDI CAB. EN SAN VICENTE	313,5	25	galones	21	525	galones
EL DORADO DE CASCALES	243	19,5	galones	23	448,5	galones
ARCHIDONA	174	14	galones	4	56	galones
BELLAJUNGLA	246	20	galones	24	480	galones
RECINTO EL TRIUNFO	417	34	galones	4	136	galones
RECINTO LA ESTRELLA	398,2	32	galones	2	64	galones
TOACHI	141	11	galones	1	11	galones
RECINTO EL ROMERO	365,2	29	galones	1	29	galones
MANGA DEL CURA	412	33	galones	1	33	galones
COO. PRODUCCIÓN AGROPECUARIA SHUSHUFINDI	333,5	25	galones	14	350	galones
TOTAL COMBUSTIBLE					3651,5	galones

Nota:

Fuente: (Nelsón Gándara, 2014)

Elaborado por: César Chamorro & Enrique Romero

Tabla 24. Cálculo del combustible utilizado para el transporte del producto final al puerto de Guayaquil.

DESTINO DEL PRODUCTO FINAL	DISTANCIA PROMEDIO(km)	PROMEDIO DIESEL USADO	UNIDADES	NÚMERO DE ENTREGAS	COMBUSTIBLE TOTAL USADO	UNIDADES
PUERTO DE GUAYAQUIL	450	100	galones	24	2400	galones
TOTAL COMBUSTIBLE UTILIZADO					2400	galones

Nota:

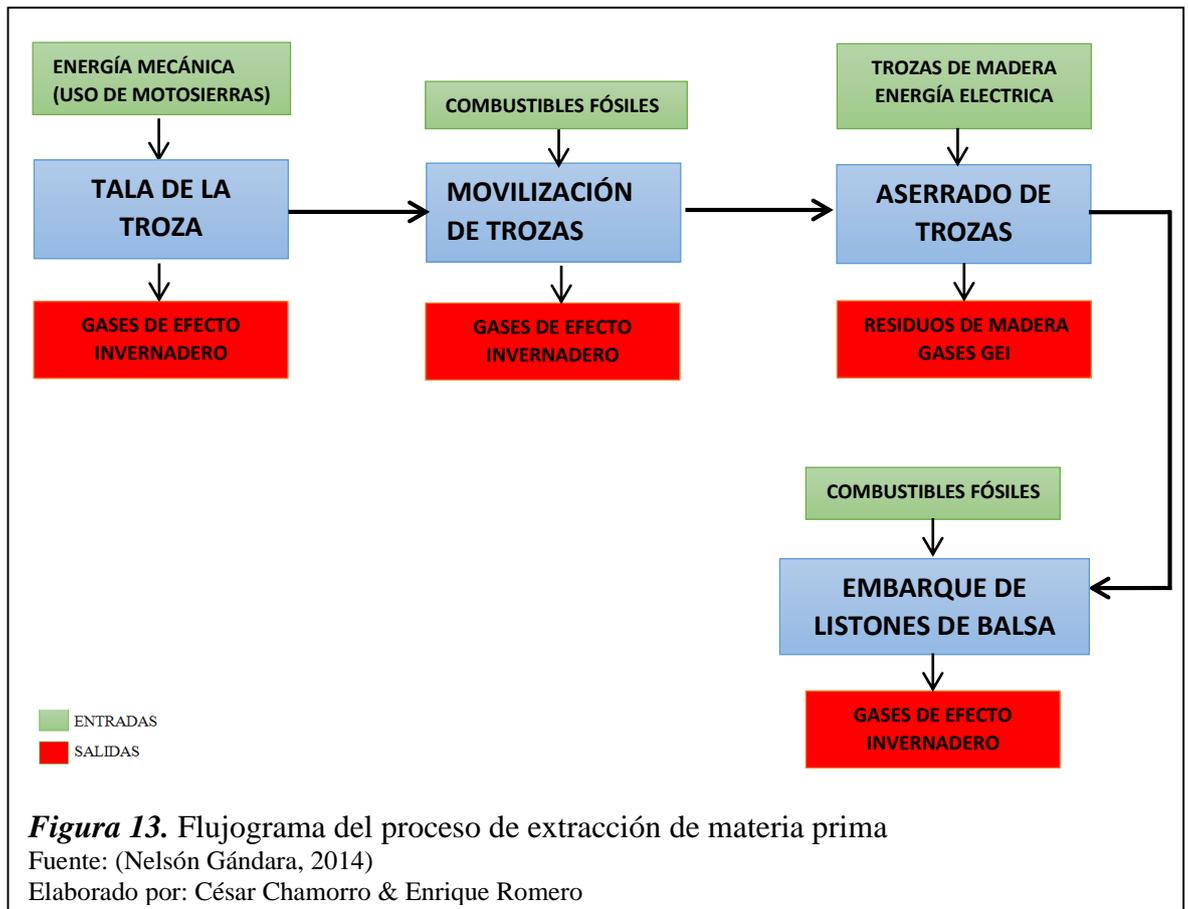
Fuente: (Nelsón Gándara, 2014)

Elaborado por: César Chamorro & Enrique Romero

Es importante señalar que el transporte de producto final se lo realiza únicamente mediante el uso de cabezales, razón por la cual, el consumo de diésel aumente considerablemente en comparación al diésel utilizado por camiones de menor cilindraje que transportan la materia prima desde el lugar de su origen hacia las instalaciones de la industria forestal.

2.6 Proceso de extracción de la materia prima.

Se debe mencionar que para la extracción de la materia prima también existe la emisión de GEI, debido al uso de combustibles fósiles y de energía eléctrica principalmente; para su mejor comprensión el proceso de extracción de materia prima es descrito en el siguiente flujograma de procesos:



Para una mejor cuantificación de los resultados se procederá a obtener un valor promedio de combustible utilizado para la tala de las trozas y de la energía eléctrica utilizada en el proceso de aserrado por cada metro cúbico de madera de balsa explotada.

Considerando la totalidad de los productores de madera de balsa utilizan motosierras de mano con hojas de corte de 30 y 36 pulgadas, con un peso aproximado de 13 kg por unidad.

Se optó por realizar un promedio de consumo por unidad funcional (m^3 de madera de balsa), debido a que los procesos de extracción de materia prima varían considerablemente entre cada uno de los productores.

Al obtener el promedio tanto de consumo de electricidad como de combustibles por la unidad funcional se procederá a multiplicar por la cantidad de metros cúbicos de balsa explotados con destino a la industria forestal Gibago; obteniendo de esta manera un valor representativo de las emisiones generadas a razón de la extracción de la materia prima.

Tabla 25. Combustibles fósiles utilizados para la extracción de la materia prima.

Consumo promedio de gal/gasolina* m ³	Metros cúbicos de madera explotada	Uso total de combustibles fósiles gal/gasolina*m ³
0,0502	8207,18	411,95

Nota:

Fuente: (Nelson Gándara, 2014)

Elaborado por: César Chamorro & Enrique Romero

Posteriormente se procederá a cuantificar el total de residuos generados en el proceso de extracción de materia prima; para lo cual se utilizara los volúmenes de madera registrados en las guías forestales de Gibago Cía. Ltda., aplicando la siguiente fórmula:

$$PR_{PEMT} = P_{ME} - P_{MM} (kg)$$

$$VR_{PEMT} = 1313148,8 - 615538,5(kg)$$

$$VR_{PEMT} = 697610,3 kg$$

Donde:

PR_{PEMT}= Peso de residuos generados en el proceso de explotación de materia prima

P_{ME}= Peso total de madera explotada

P_{MM}= Peso total de madera movilizada

2.7 FASE III

2.7.1 Línea base de Gibago Cía. Ltda.

2.7.1.1 Área de influencia directa– AID

La empresa maderera GIBAGO, se ubica en el Distrito Metropolitano de Quito, en la parroquia rural Puembo, en la vía Interoceánica Km 20. El área de influencia directa se la considera por la actividades que se realiza en la empresa GIBAGO, que es producir bloques de balsa, por medio de: clasificación, cortes, cepillado de listones de balsa, teniendo como impacto más significativo la dispersión de material particulado en el aire, así como la generación de residuos de balsa.

Debido a las actividades que se realizan en GIBAGO, el área de influencia directa está delimitada por el lugar donde se desarrolla los bloques de balsa, el área de almacenamiento y lugar de disposición de los residuos de balsa, que aproximadamente es 0,035 km², valor que fue obtenido por Free Map Tools de Google earth, por medio

de polígono sobre el levantamiento planimétrico de la Empresa, como se ve en la Figura 14.

2.7.1.2 Área de influencia indirecta – AII

El área de influencia indirecta está delimitada por empresas, locales comerciales y de comida, cercanos a la empresa GIBAGO, los cuales producen impactos ambientales (generación de residuos), que de cierta manera se vinculan con el componente ambiental y social de la zona, por esto se determinó un área de influencia indirecta de 0,117 km², valor obtenido por Free Map Tools de Google earth, por medio de polígono sobre el levantamiento planimétrico de la Empresa, como se aprecia en la Figura 14.

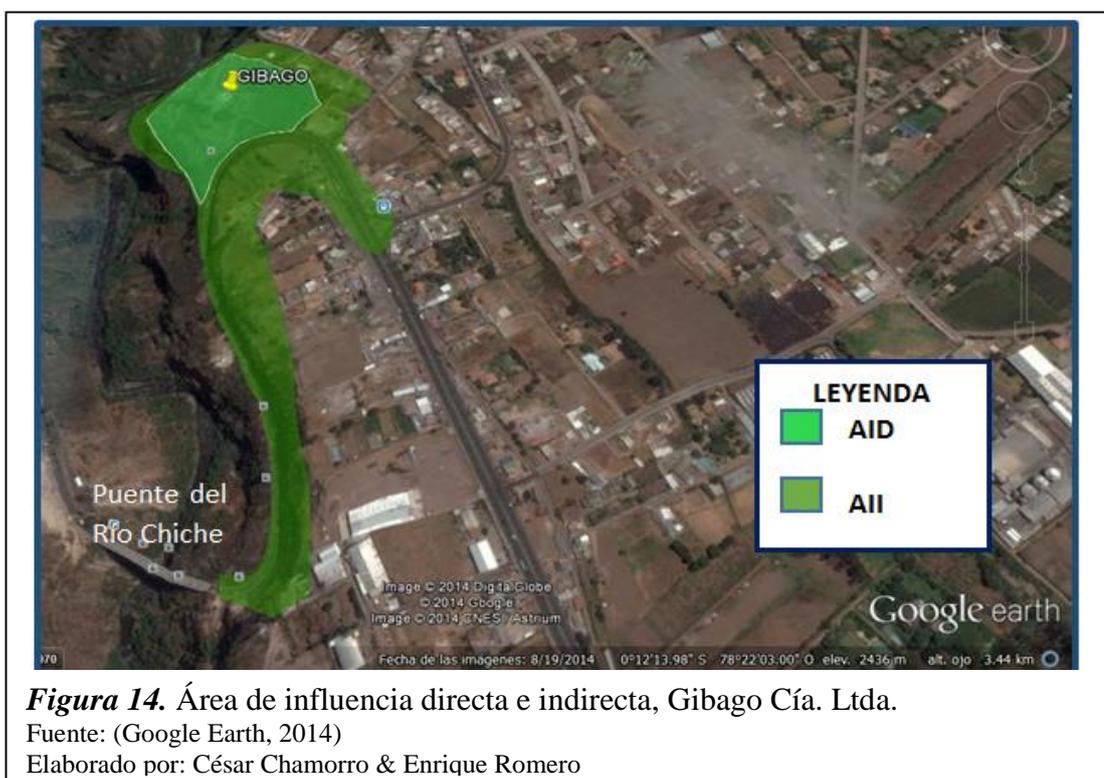


Figura 14. Área de influencia directa e indirecta, Gibago Cía. Ltda.

Fuente: (Google Earth, 2014)

Elaborado por: César Chamorro & Enrique Romero

2.7.1.3 Medio físico

Suelos

La mayor parte de Puenbo cuenta con suelos de tipo inceptisoles, el cual está representado en un 49,55%, con combinaciones de suelos tipo entisol y suelo misceláneo, y el resto de suelo ocupa un área urbana consolidada y en proceso de urbanización (Pichincha, 2012).

El uso actual de suelo en Puenbo son actividades antrópicas identificadas como: granjas avícolas, florícolas, plantaciones y otras empresas privadas como Gibago; además como el asentamiento de viviendas, vías y parques (Gobierno Provincial de Pichincha, 2012).

Geomorfología

En la parroquia rural Puenbo afloran las siguientes formaciones geológicas:

- Volcano-sedimentos San Miguel.
- Sedimentos chichi
- Cangahua sobre sedimentos chichi
- Terraza tipo cangahua (Gobierno Provincial de Pichincha, 2012).

El área de estudio comprende pendientes leves a altas debido a que se encuentra a colindando la quebrada del río del Chiche.

Hidrografía

Puenbo pertenece a la micro-cuenca del río Chiche de la sub-cuenca del río Guayllabamba, esta parroquia tiene como principales cuerpos hídricos a los ríos Guayllabamba, Chiche y Guambi, mismos que son los principales elementos naturales que limitan a la parroquia (Gobierno Provincial de Pichincha, 2012).

El río Chiche como el río Guambi son cuerpos hídricos receptores de las descargas de Tumbaco y Tababela, con especial atención al río Guambi ya que este proviene desde la Parroquia de Pifo.

Cerca de la propiedad donde se desarrolla las actividades para elaborar bloques de balsa atraviesan dos canales de riego, una con formación de carácter natural y otro con formación de carácter antrópico.

Clima

La información referente a clima, calidad de aire y ruido fueron tomadas de los datos de la red monitoreo Ambiental-Estación Tumbaco por ser la más cercana a la industria forestal, con una distancia aproximada de 2,46 km.

Tabla 26. Coordenadas de ubicación de la estación meteorológica Tumbaco.

Estación	Coordenadas UTM		Altitud msnm	Código
	X	Y		
TUMBACO	793125.64 m	9974612.50 m	2331	TUM

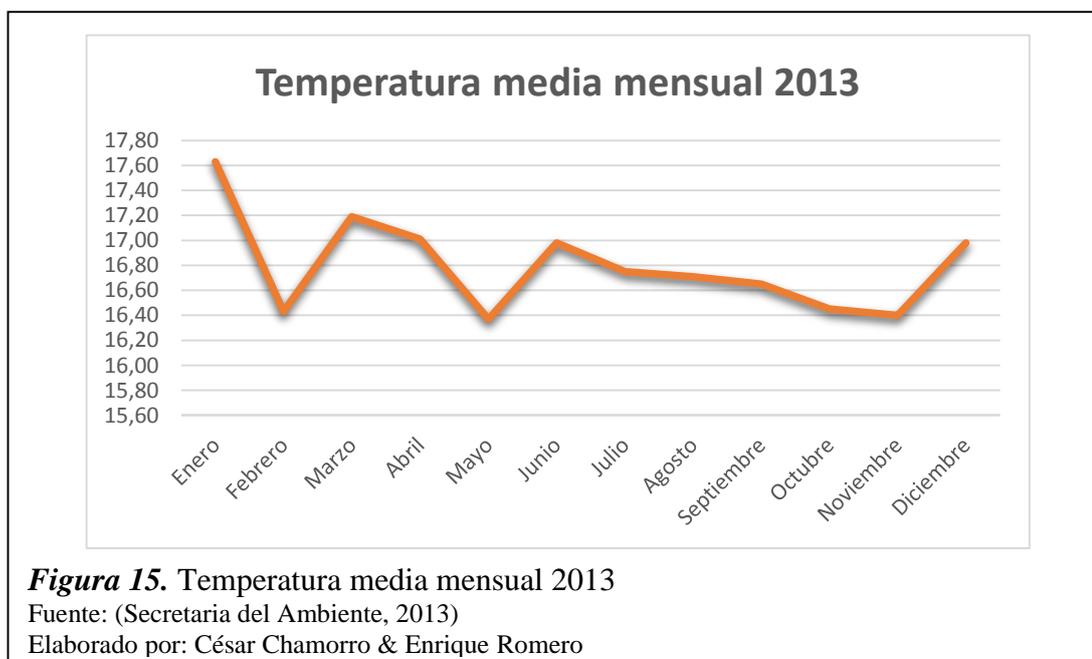
Nota:

Fuente: (Google Earth, 2014)

Elaborado por: César Chamorro & Enrique Romero

Temperatura

La temperatura media para el año 2013 tomada por la estación Tumbaco dio el valor de 16,80 °C. Enero fue el mes más caluroso con un promedio de 17,63 °C, mientras que el Mayo fue el mes menos caluroso con un valor de 16,37 °C como se evidencia en la Figura 15. Temperatura media mensual para el año 2013.



Precipitación

La estación meteorológica Tumbaco determinó la precipitación anual para el año 2013 de 686,50 mm, siendo el mes más lluvioso es Febrero con 159,00 mm, mientras que el mes con menos precipitación es Junio con un valor de 0,10 milímetros como se observa en la Figura 16.



Figura 16. Precipitación Mensual 2013
 Fuente: (Secretaría del Ambiente, 2013)
 Elaborado por: César Chamorro & Enrique Romero

Dirección y velocidad del viento

Los datos obtenidos por la estación Tumbaco por la Secretaría del Ambiente, registró que los valores mínimos de velocidad de viento fue de 1,38 m/s en el mes de mayo. (Ambiente, 2013).

El valor máximo de velocidad de viento fue de 1,73 m/s en el mes de agosto, como se observa en la Figura 17.

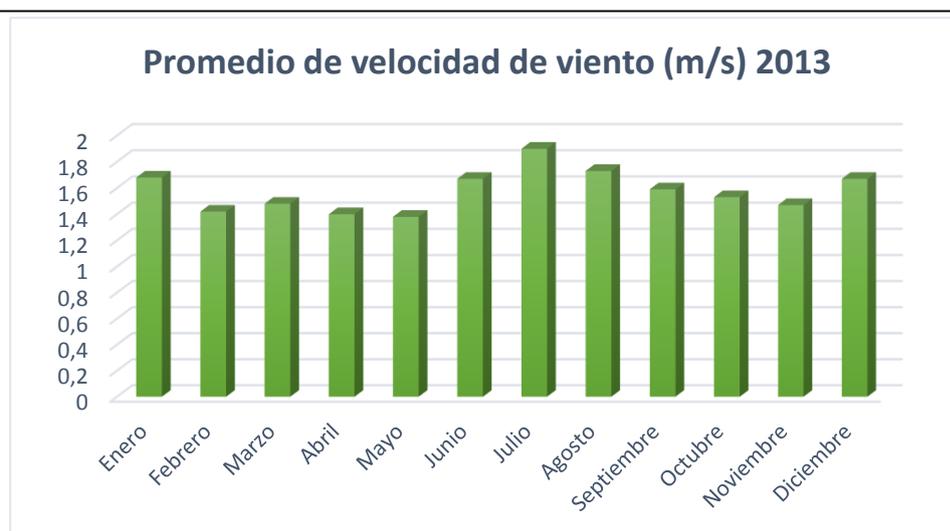
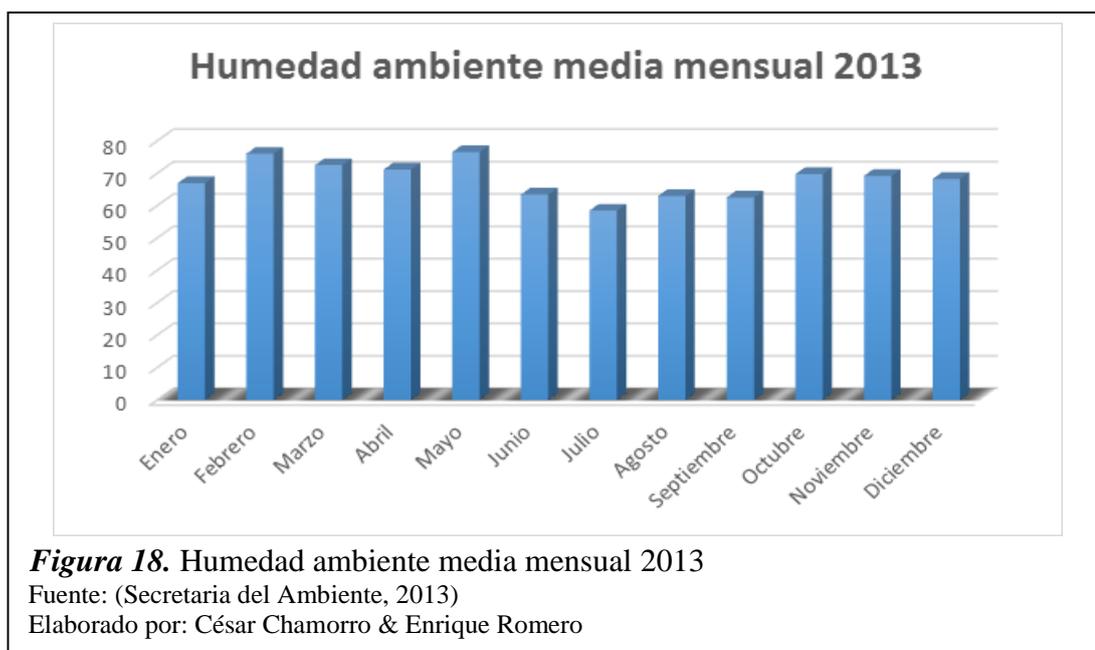


Figura 17. Velocidad del viento 2013
 Fuente: (Secretaría del Ambiente, 2013)
 Elaborado por: César Chamorro & Enrique Romero

Humedad relativa

La humedad relativa media para la estación Tumbaco para el año 2013 fue de 68,16%; siendo el mes de Julio con 58,47%, siendo el menor porcentaje de humedad ambiente, y con mayor humedad relativa fue Mayo con un promedio de 76,56%, como se observa en la Figura 18. (Secretaria del Ambiente, 2013).



Calidad de Aire y Ruido

Se considera como indicadores de la calidad de aire, a los análisis de material particulado 10 (PM10), dióxido de azufre (SO₂), óxidos nitrosos (NO₂) y monóxido de carbono (CO), debido a que GIBAGO CÍA. LTDA., desarrolla actividades manufactureras mediante el uso de combustibles fósiles, biomasa y por el uso de materia prima.

Las emisiones de dióxido de azufre, óxidos nitrosos y monóxido de carbono, son producidos principalmente por el uso de biomasa como combustible para la obtención de energía térmica.

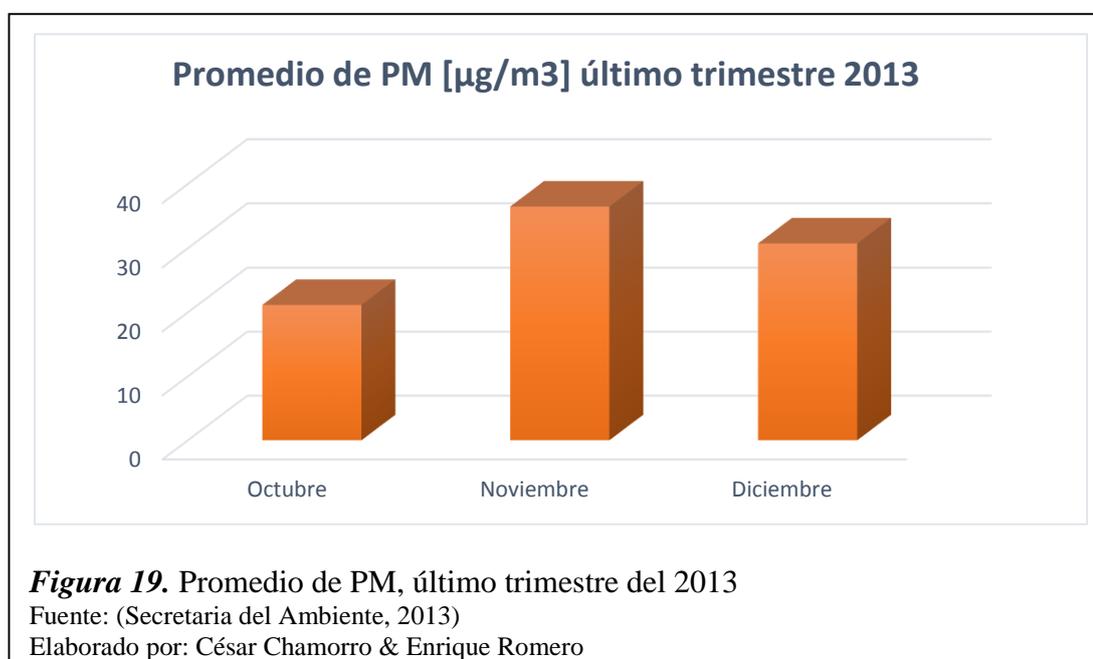
La cantidad de emisiones de material particulado 10 proceden principalmente por el proceso productivo de la organización, que a pesar de contar con extractores de partículas muchas de estas no son absorbidas por lo cual contaminan el ambiente.

A través de la Estación Tumbaco se monitorean las emisiones de material particulado 10, dióxido de azufre, óxidos nitrosos y monóxido de carbono que provienen de todas las fuentes emisoras del sector, dando como resultado los siguientes datos:

Material Particulado (PM10)

El promedio anual 2013 de material particulado menor a 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, obtenido por la estación Tumbaco es de aproximadamente 29,45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ entre los meses de octubre, noviembre y diciembre del 2013.

Estableciéndose en niveles no recomendados por la OMS de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y aceptables en base a la Norma de Calidad de Aire Ambiente Ecuatoriana (NCAA) que considera un valor de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, como se evidencia en la Figura 19. (Secretaría del Ambiente, 2013).



2.7.1.4 Medio biótico

Flora

GIBAGO CÍA. LTDA., se encuentra en la parroquia rural Puembo que yace dentro de la Administración Zonal Tumbaco, cual vegetación comparten las parroquias Yaruqui, Checa y Tababela, donde existe una gran variedad de especies propias de estos sectores, así podemos ver entre las siguientes: Eucalipto blanco (*Eucalyptus globulus*), Pino insigne (*Pinus radiata*), Cedro montaña (*Cedrela montana*), Cedro negro (*Juglans neotropica*), Arrayán negro (*Myrcianthes rhopaloides*), Kikuyo (*Pennisetum*

clandestinum), Chulco (*Oxalis lotoides*), Trébol rastrero (*Trifolium repens*), Muña (*Minthostachys mollis*), Hierba mora (*Solanum nigrescens*), Verbena (*Verbena litoralis*), Mora (*Rubus bogotensis*), Zapatitos de Quito (*Calceolaria crenata*), Sauce (*Cestrum peruvianum*), China-cacha (*Byttneria ovata*), Pispura (*Dalea coerulea*), Orejuela (*Hydrocotyle humboldtii*), Taraxaco (*Taraxacum officinale*), Ortiga Negra (*Urtica dioica*), Yahuachi (*Conyza bonaerensis*), Grama (*Pennisetum clandestinum*) y Llentén mayor (*Plantago major*). (Greenleaf., 2010).

Tabla 27. Identificación Flora Existente Gibago Cía. Ltda.

Muestra	Nombre científico	Nombre Común
	<p><i>Pinus radiata</i></p>	<p>Pino</p>
	<p><i>Bidens andicola</i></p>	<p>Taya</p>

Nota:

Fuente: (Greenleaf., 2010)

Elaborado por: César Chamorro & Enrique Romero

Fauna

En Gibago, dentro del terreno existe una cierta variedad de especies de mamíferos, aves, como también reptiles y anfibios, que son característicos de la zona. Figuran:

- Mamíferos: Zorrillo rayado (*Conepatus semistriatus*), Ratón campestre ecuatoriano (*Akodon sp.*), Rata negra (*Rattus rattus*), y Ratón casero (*Mus musculus*).
- Aves: Tórtola (*Zenaida auriculata*), Jilguero (*Carduelis spinescens*), Zozal negro (*Turdus serranus*) y Picogrueso amarillo (*Pheucticus chrysogaster*).
- Herpetofauna: Lagartija (*Pholidobolus montium*), Lagartija común (*Riama unicolor*). (Greenleaf., 2010).

Tabla 28. Identificación Fauna Existente Gibago Cía. Ltda.

MUESTRA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
	<i>Akodon sp.</i>	Ratones de hierba
	<i>Zenaida auriculata</i>	Tórtola
	<i>Passer Domesticus</i>	Gorrión Común
	<i>Riama unicolor</i>	Lagartija común

Nota:

Fuente: (Greenleaf., 2010)

Elaborado por: César Chamorro & Enrique Romero

2.7.1.5 Medio socioeconómico

Puembo pertenece a la administración zonal Tumbaco, se encuentra al noreste de la ciudad de Quito, en el valle de Tumbaco. Se extiende entre los ríos Chiche, al occidente y Guambi al Oriente, al norte Calderón y Zámiza y el sur Pifo. En Puembo se identifica actividades agrícola, ganadera y pecuaria como rama primaria de la actividad económica de la población y a su vez son las fuentes principales sobre las que se mueve y se dinamiza la economía propia de la población. Pero factores como la falta de

transporte público, el mal estado de las vías o accesos de conexión a los barrios, el bajo crecimiento parroquial, ha provocado que la fuerza productiva o mano de obra de la parroquia emigre hacia Quito dejando aún más abandonado el progreso y crecimiento parroquial. (Pichincha, 2012).

Población

Puembo según el censo de Población y Vivienda de 2010, posee 15 393 habitantes, por lo que hay 428 personas por km², de la cual 31,2% se la localiza en la cabecera parroquial. Cabe mencionar que 6809 habitantes son hombres y 6784 habitantes son mujeres. (Censo INEC, 2010).

2.7.2 Determinación del valor de la huella de carbono de GIBAGO CÍA. LTDA.

(Dávila & Varela, 2014, p. 47), mencionan que para la determinación de la huella de carbono es necesario el uso de factores de emisión previamente documentados y confiables, los mismos que deben ser determinados por varias entidades regulatorias, como el IPCC, la comisión europea entre otras; también es posible utilizar inventarios nacionales de GEI de varios países e informes anuales de uso de energía.

Para el desarrollo de este estudio, se tomó como base el año 2013, tal y como lo exige el protocolo de gases de efecto invernadero, el cual exige que la primera vez que se desarrolle el cálculo de la H-C, es necesario establecer un año base, con el objetivo de registrar los resultados obtenidos de manera anual; con el objetivo de comparar los valores obtenidos año a año estableciendo de esta manera si el valor de huella de carbono se redujo, aumento o se ha mantenido.

2.7.3 Determinación de scope 1

Los factores de emisión de los combustibles utilizados en la GIBAGO CÍA. LTDA., son descritos en la siguiente tabla:

Tabla 29. Factores de emisión de combustibles en kg CO₂/TJ

Combustible	F-E (kg CO₂/TJ)
Diésel	74 100
Gasolina	69 300
Biomasa de balsa	112 000

Nota: (Panel intergubernamental del cambio climático, 2006, p. 18)

Elaborado por: César Chamorro & Enrique Romero

Para realizar el cálculo del scope 1 es necesario transformar las unidades de los factores de emisión, como se muestra a continuación:

Tabla 30. Transformación de los F-E de kg CO₂/m³ a t CO₂/L

Combustible	F-E (kg CO ₂ /m ³)	F-E (t CO ₂ /L)
Diésel	2 677	2,677 x 10 ⁻³
Gasolina	2 242	2,242 x 10 ⁻³

Nota: (Panel intergubernamental del cambio climático, 2006, p. 18)

Elaborado por: César Chamorro & Enrique Romero

Para el desarrollo del F-E de la biomasa de balsa se consideró el F-E establecido en el IPPC para quema de residuos de productos por actividades madereras y además se procedió a utilizar el poder calorífico establecido por el personal técnico de GIBAGO CÍA. LTDA., para el adecuado funcionamiento de los secadores como se puede observar en el siguiente demostración.

Donde:

$$F-E_{\text{QRM}} = 112000 \text{ kg CO}_2/\text{TJ}$$

$$PC_{\text{MB}} = 19,5 \text{ GJ} = 0,0195 \text{ TJ}$$

$$112000 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{TJ}} \left[\frac{0,0195 \text{ TJ}}{1 \text{ Ton métrica}} \right] = 2184 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{Ton métrica}}$$

Además, se procedió a utilizar la densidad específica de los residuos de la madera de balsa, la cual no indica que por cada metro cúbico de volumen se encuentran 170 kg de madera de balsa.

Luego, se procede a calcular el volumen de madera utilizado por una tonelada métrica de residuos de balsa como se observa a continuación:

$$\frac{1 \text{ m}^3}{170 \text{ kg}} \left[\frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ Ton métrica}} \right] = 5,8823 \frac{\text{m}^3}{\text{Ton métrica}}$$

Posteriormente, se calcula el factor de emisión de los residuos de balsa expresados en kg de CO₂/ metro cúbico:

$$2184 \frac{kg CO_2}{Ton\ métrica} \left[\frac{1\ Ton\ métrica}{5,8823\ m^3} \right] = 371,28\ kg\ CO_2/m^3$$

Es necesario transformar los galones de combustibles fósiles utilizados a litros mediante el uso de los siguientes factores de conversión:

Para la gasolina:

$$437,323\ gal \left[\frac{3,78\ L}{1\ gal} \right] = 1653,09\ L$$

Para el diesel:

$$650,045\ gal \left[\frac{3,78\ L}{1\ gal} \right] = 2457,17\ L$$

Para la determinación del valor en toneladas de dióxido de carbono equivalente del scope 1, se utilizara la Ecuación 1. Los resultados obtenidos luego de aplicar la ecuación para el cálculo general para la huella de carbono son expresados en la siguiente tabla:

Tabla 31. Transformación de litros de combustible a t CO₂

Combustible	Volumen (L)	F-E (t CO ₂ /L)	t CO ₂
Gasolina	1653,09	2,241 x 10 ⁻³	3,70
Diésel	2457,17	2,676 x 10 ⁻³	6,57

Nota:

Elaborado por: César Chamorro & Enrique Romero

La transformación del F-E de la biomasa de balsa expresado en kg CO₂/m³ a t CO₂/kg se lo desarrollo de la siguiente manera:

$$371,28 \frac{kg\ CO_2}{m^3} \left[\frac{1\ t}{1000\ kg} \right] \left[\frac{1\ m^3}{170\ kg} \right] = 0,002184 \frac{t\ CO_2}{kg}$$

Tabla 32. Transformación de kg de balsa a t CO₂

Combustible	Volumen (kg)	F-E (t CO ₂ /kg)	t CO ₂
Biomasa de balsa	217000,87	2,184 x 10 ⁻³	473,92

Nota:

Elaborado por: César Chamorro & Enrique Romero

Además, el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero, señala que es necesario también obtener las toneladas de metano y óxido nitroso los cuales son los otros dos gases GEI más representativos para la determinación de la H-C.

Por lo que se utilizaron los factores de emisión documentados en el IPPC, el mismo que ha sido utilizado a lo largo del desarrollo de esta investigación.

Tabla 33. Factores de emisión de metano y óxidos de nitrógeno

COMBUSTIBLE	Factor de emisión	
	CH ₄	N ₂ O
Gasolina	3,8	5,7
Diésel	3	0,6
Madera	30	4

Nota: *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.*
Fuente: (Panel intergubernamental del cambio climático, 2006).

Es necesario contar también con el poder calorífico inferior de los combustibles utilizados en Gibago para determinar el cálculo exacto de emisión de CH₄ Y N₂O.

Tabla 34. PCI y densidad de combustibles usados en Gibago Cía. Ltda.

Combustible	PCI (kcal/kg)	Densidad (kg/m ³)
Madera de balsa	4645	170
Diésel	10273	840
Gasolina	10583	730

Nota:

Adaptado de: (Dávila & Varela, 2014, p. 50)

Se procedió a realizar la transformación de los combustibles utilizados por Gibago Cía. Ltda., a toneladas de metano y óxidos de nitrógeno, mediante el uso de factores de conversión, tomando en cuenta los siguientes datos:

Datos:

$$1m^3 \text{ diésel} = 1000 L \text{ diésel}$$

$$840 \text{ kg diésel} = 1m^3 \text{ diésel}$$

$$1 \text{ kcal} = 4,1868 \text{ kJ} \text{ y } 1 \text{ kJ} = 1 \times 10^{-9} \text{ TJ}$$

Cálculo de emisión de metano y óxidos de nitrógeno para el diésel:

$$10273 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \left| \frac{840 \text{ kg}}{1 m^3} \right| \left| \frac{1 m^3}{100 L} \right| = 8629,32 \frac{\text{kcal}}{L}$$

$$8629,3 \frac{\text{kcal}}{L} \left| \frac{4,1868 \text{ kJ}}{1 \text{ kcal}} \right| \left| \frac{1 \times 10^{-9}}{1 \text{ kJ}} \right| = 3,613 \times 10^{-5} \frac{\text{TJ}}{L}$$

Con lo cual, utilizando los factores de emisión de metano y óxidos de nitrógeno, se procederá a cuantificar las toneladas de estos gases emitidos a la atmósfera por el uso de diésel en Gibago Cía. Ltda.

$$3,613 \times 10^{-5} \frac{TJ}{L} \left| \frac{3 \text{ kg } CH_4}{TJ} \right| \left| \frac{2457,17 \text{ L}}{1} \right| \left| \frac{1 \text{ t } CH_4}{1000 \text{ kg } CH_4} \right| = 2,27 \times 10^{-4} \text{ t } CH_4$$

$$3,613 \times 10^{-5} \frac{TJ}{L} \left| \frac{0,6 \text{ kg } N_2O}{TJ} \right| \left| \frac{2457,17 \text{ L}}{1} \right| \left| \frac{1 \text{ t } N_2O}{1000 \text{ kg } N_2O} \right| = 5,32 \times 10^{-5} \text{ t } N_2O$$

Desarrollando la misma metodología para la gasolina y los restos de madera de balsa se obtienen también las toneladas de metano y óxidos de nitrógeno emitidos a la atmósfera, cuyos resultados se expresan en la siguiente tabla:

Tabla 35. Emisiones de GEI en Gibago Cía. Ltda., por el uso de combustibles.

TIPO DE COMBUSTIBLE	TONELADAS DE GEI EMITIDAS A LA ATMÓSFERA		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Gasolina	3,70	2,03 x 10 ⁻³	3,04 x 10 ⁻³
Diésel	6,57	2,27 x 10 ⁻⁴	5,32 x 10 ⁻⁵
Madera de balsa	473,92	0,127	9,90 x 10 ⁻⁴

Nota:

Elaborado por: César Chamorro Avilés & Enrique Romero

(Dávila & Varela, 2014), recalcan que la manera de transformar las toneladas de metano y óxidos de nitrógeno a t CO₂ equivalente es utilizando los valores de potencial de calentamiento atmosférico previamente mencionados en este documento. Para lo cual se puede desarrollar la siguiente fórmula:

Ecuación 10. Transformación de GEI a CO₂ equivalente

$$\text{toneladas } CO_2 \text{ eq} = \text{toneladas } GEI \times PCA$$

Donde:

Toneladas de GEI: son los valores totales de cualquier gas de efecto invernadero.

PCA: es el potencial de calentamiento atmosférico específico de cada gas de efecto invernadero.

Los resultados obtenidos al aplicar la fórmula de transformación de GEI a CO₂ equivalente son expuestos en la siguiente tabla:

Tabla 36. Transformación a CO₂ equivalente por cada tipo de combustible

DIÉSEL								
t CO ₂	PCA	t CO ₂ eq	t CH ₄	PCA	t CO ₂ eq	t N ₂ O	PCA	t CO ₂ eq
6,57	1	6,57	2,27x10 ⁻⁴	21	4,76x10 ⁻³	5,32x10 ⁻⁵	310	0,016
GASOLINA								
t CO ₂	PCA	t CO ₂ eq	t CH ₄	PCA	t CO ₂ eq	t N ₂ O	PCA	t CO ₂ eq
3,70	1	3,70	2,03x10 ⁻³	21	4,26x10 ⁻²	3,04x10 ⁻³	310	0,942
MADERA DE BALSA								
t CO ₂	PCA	t CO ₂ eq	t CH ₄	PCA	t CO ₂ eq	t N ₂ O	PCA	t CO ₂ eq
473,92	1	473,92	0,127	21	2,667	9,90 x 10 ⁻⁴	310	0,307

Nota:

Elaborado por: César Chamorro Avilés & Enrique Romero

Al realizar la suma de las toneladas de CO₂ equivalente expresados en la tabla 36, se puede determinar la magnitud de emisiones de CO₂ alcanzadas en Gibago Cía. Ltda., por el uso de combustibles fósiles y de biomasa para el desarrollo de sus actividades manufactureras.

Tabla 37. Scope 1 de Gibago Cía. Ltda. 2014

COMBUSTIBLE	SUMA	TOTAL (t CO ₂ eq)
Diésel	6,57+4,76x10 ⁻³ +0,016	6,59
Gasolina	3,70+4,26x10 ⁻² +0,942	4,69
Madera de Balsa	473,92 + 2,667+0,307	477,50
SCOPE 1		478,78

Nota:

Elaborado por: César Chamorro Avilés & Enrique Romero

Finalmente se determinó que, el valor del scope 1 de Gibago Cía. Ltda., fue de 478,78 toneladas de CO₂ equivalente.

2.7.4 Determinación de scope 2

Para la determinación del scope 2, se procedió a utilizar el total de consumo eléctrico de Gibago Cía. Ltda., durante el año 2013 el cual fue de 121 442 kWh.

El valor de consumo obtenido se procedió a multiplicar por el factor de emisión de la electricidad, por lo que se procedió a utilizar el *Factor de emisión del sistema nacional interconectado al año 2012* desarrollado conjuntamente por: CONELEC, CENACE, MAE y el Ministerio de electricidad y energía renovable del Ecuador, se concluyó que: “El factor de emisión de CO₂ del Sistema Nacional Interconectado al año 2012, combinado para proyectos termoeléctricos e hidroeléctricos es de 0,4597 tCO₂/MWh”. (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2012, p. 15).

Adicionalmente, se procede a transformar las unidades de consumo eléctrico de kWh a MWh, para no tener inconvenientes al momento de multiplicar por el factor de emisión de la electricidad.

$$\frac{121442 \text{ kWh}}{1} \left| \frac{1 \text{ MWh}}{1000 \text{ kWh}} \right| = 121,442 \text{ MWh}$$

La conversión de MWh a toneladas de CO₂ equivalente se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 38. Transformación de kWh a t CO₂

CONSUMO ELÉCTRICO TOTAL (kWh)	CONSUMO ELÉCTRICO TOTAL (MWh)	FACTOR DE EMISIÓN (tCO ₂ /MWh)	SCOPE 2 (t CO ₂ eq)
121442	121,442	0,4597	55,83

Nota:

Elaborado por: César Chamorro Avilés & Enrique Romero

El scope 2 de Gibago Cía. Ltda., para el año 2013 fue de 55.83 toneladas de CO₂ equivalente.

2.7.5 Determinación de scope 3

La evaluación del scope 3, consta de la cuantificación de emisiones de dióxido de carbono equivalente, producidas por las actividades más relevantes desarrolladas por Gibago Cía. Ltda., durante el año 2013. Se tomará en cuenta las siguientes actividades:

- Transporte de materia prima
- Transporte de producto terminado
- Uso de combustibles para la obtención de materia prima
- Eliminación de residuos sólidos
- Eliminación de aguas residuales
- Adquisición de insumos

2.7.5.1 Transporte de materia prima

Para determinar las emisiones de dióxido de carbono equivalente, como consecuencia del uso de combustibles fósiles para el transporte de la materia prima se procede a utilizar la metodología utilizada durante el desarrollo del scope 1 de este trabajo investigativo. Enfatizando que el único tipo de combustible fósil utilizado por el sistema de transporte de carga pesada es el diésel. Así se pudo obtener los siguientes resultados:

Tabla 39. Transformación de gasolina utilizada para el transporte de materia prima en tCO₂ eq.

COMBUSTIBLE UTILIZADO GASOLINA								
t CO ₂	PCA	t CO ₂ eq	t CH ₄	PCA	t CO ₂ eq	t N ₂ O	PCA	t CO ₂ eq
36,93	1	36,93	1,49x10 ⁻³	21	0,031	2,29x10 ⁻⁴	310	0,092

Nota:

Elaborado por: César Chamorro Avilés & Enrique Romero

2.7.5.2 Transporte de producto terminado

De igual manera se utilizará la metodología descrita anteriormente debido a que la movilización del producto terminado se la realiza por vía terrestre mediante el uso de transporte pesado que funciona a base de diésel. Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 40. Transformación del diésel utilizado para el transporte del producto terminado en tCO₂ eq.

COMBUSTIBLE UTILIZADO DIÉSEL								
t CO ₂	PCA	t CO ₂ eq	t CH ₄	PCA	t CO ₂ eq	t N ₂ O	PCA	t CO ₂ eq
24,27	1	24,27	9,83x10 ⁻⁴	21	0,020	1,96x10 ⁻⁴	310	0,061

Nota:

Elaborado por: César Chamorro Avilés & Enrique Romero

Posteriormente, se procedió a realizar la suma del total de emisiones de CO₂ eq como consecuencia del transporte de la madera de balsa como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 41. Toneladas de CO₂ emitidas como consecuencia del transporte de balsa.

LUGAR DE ORIGEN-DESTINO	SUMA	TOTAL (t CO ₂ eq)
Zona de extracción-Gibago	36,93+0,031+0,092	37,05
Gibago-Puerto de Guayaquil	24,27+0,020+0,061	24,35
TOTAL		61,4

Nota:

Elaborado por: César Chamorro Avilés & Enrique Romero

2.7.5.3 Uso de combustibles para la obtención de materia prima

Se calcula es estimado de emisiones de dióxido de carbono arrojadas a la atmósfera, como consecuencia del combustible utilizado por las motosierras en el proceso de poda de los árboles de balsa y su posterior movilización a los aserraderos de los productores de la materia prima.

Tabla 42. Transformación de gasolina utilizada en el proceso de poda a tCO₂ eq.

COMBUSTIBLE UTILIZADO DIÉSEL								
t CO ₂	PCA	t CO ₂ eq	t CH ₄	PCA	t CO ₂ eq	t N ₂ O	PCA	t CO ₂ eq
3,49	1	3,49	1,69x10 ⁻⁴	21	3,54x10 ⁻³	4,44x10 ⁻⁴	310	0,14

Nota:

Elaborado por: César Chamorro Avilés & Enrique Romero

Finalmente, se puede establecer que para la extracción de 8207,18 m³ de madera de balsa se emiten 3,66 toneladas de CO₂ equivalente.

2.7.5.4 Eliminación de aguas residuales (Descargas líquidas)

Las emisiones de metano provenientes de las descargas líquidas de Gibago Cía. Ltda., se ha calculado con la siguiente ecuación:

Ecuación 11. Metano proveniente de las aguas residuales

$$Emisiones = \left[\sum_{i,j} (U_i * T_{i,j} * EF_j) \right] * (TOW - S) - R$$

Donde:

- Emisiones de metano: emisiones de metano durante el año de cálculo
- TOW: total de materia orgánica en las aguas residuales
- S: componente orgánico separado como lodo
- U_i: Población
- T_{i,j}: grado de utilización de vía o sistema de tratamiento y/o eliminación
- i: grupo de ingresos: rural, urbano de altos ingresos y urbano de bajos ingresos
- j: cada vía o sistema de tratamiento/eliminación
- EF_j: factor de emisión, kg de CH₄/kg de DBO₅
- R: cantidad de metano recuperado

En primer lugar se halla el TOW que es la cantidad total de materia orgánica degradable presente en las aguas residuales.

Ecuación 12. Total de materia orgánica en las aguas residuales

$$TOW = (P * DOB * 0,001 * 312)$$

Donde:

- P: Población
- DOB: DOB₅ per cápita
- 0,001: conversión de gramos de DBO a kilogramos de DBO

Se usa el valor de 312 días debido a que son los días al año que se realizan actividades de producción dentro de las instalaciones de Gibago Cía. Ltda.

En segundo lugar, se procede a calcular el factor de emisión de metano para cada vía o sistema de tratamiento y/o eliminación de aguas residuales domésticas se tiene la siguiente ecuación (Dávila & Varela, 2014, p. 59):

Ecuación 13. Factor de emisión, kg de CH₄/kg de DBO

$$EFj = Bo * MCFj$$

$$EFj = 0,6 * 0,1$$

$$EFj = 0,06 \text{ (kgCH}_4\text{/Kg DBO)}$$

Donde:

- EFj: factor de emisión, kg de CH₄/kg de DBO
- Bo: capacidad máxima de producción de CH₄.
- MCFj: factor corrector para el metano.

Según las directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de GEI, Volumen 6 sobre tratamiento y eliminación de aguas residuales, se indica algunos valores importantes los cuales se debe seguir para poder calcular las emisiones de CO₂

eq (Panel intergubernamental del cambio climático, 2006). A continuación se detallarán estos valores en la siguiente tabla.

Tabla 43. Valores por defecto para CH₄ proveniente de descargas líquidas

Emisiones de CH₄		
Capacidad máxima de producción de CH₄ (Bo)		
Aguas Residuales	valor por defecto	
Domésticas	0,6	
Valores de MCF por defecto para las aguas residuales domésticas		
Tipo de vía de eliminación	MCF 1	Intervalo
Sin tratamiento	0,1	0 – 0,2
Eliminación en quebrada		
Valores para la urbanización (U), grado de utilización de la vía del tratamiento (Ti,j)		
Vía del tratamiento (Ti,j)		
Urbanización(Ui)	U=urbana de ingresos bajos	
País	Urbana baja	Otro
Ecuador	0,20	0,80
Factor de corrección para DBO		
No recolectado	1,00	

Nota: *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.*

Fuente: (Panel intergubernamental del cambio climático, 2006).

Es importante mencionar que los residuos líquidos descargados no presentan características de toxicidad, ya que dentro del proceso productivo no se utilizan productos tóxicos con propiedades de bioacumulación. Por ende las descargas líquidas son categorizadas como descargas domésticas.

Se procede a obtener el valor de la DBO per cápita (g/persona*día) de la siguiente manera:

$$DOB \text{ per cápita} = \frac{DBO_5 \left(\frac{mg \text{ de DBO}}{L} \right) * \text{Caudal Diario} \left(\frac{L}{día} \right)}{\text{Población trabajadora (individuos)}}$$

$$DBO \text{ per cápita} = \frac{78,3 \left(\frac{mg \text{ de DBO}}{L} \right) * 1253,2 \left(\frac{L}{día} \right)}{35 \text{ individuos}}$$

$$DBO \text{ per cápita} = 2803,58 \text{ mg de DBO individuo} * \text{ día}$$

$$DBO \text{ per cápita} = 2,80358 \text{ g de DBO individuo} * \text{ día}$$

A continuación se procede a calcular el TOW usando la ecuación 12:

$$TOW = 35 \text{ individuos} * 2,80358 \frac{\text{g de DBO}}{\text{individuo} * \text{día}} * (0,001) * \frac{312 \text{ días}}{1 \text{ año}}$$

$$TOW = 30,615 \frac{\text{kg de DBO}}{\text{año}}$$

Además, para poder hallar el EFj es necesario utilizar la ecuación 13 y los valores de la tabla 43, así:

$$EFj = 0,6 \frac{\text{kg de CH}_4}{\text{kg de DBO}} * (0,1)$$

$$EFj = 0,06 \frac{\text{kg de CH}_4}{\text{kg de DBO}}$$

Después, utilizando la ecuación 11, se calcula las emisiones de metano.

$$Emisiones = \left[0,20 * 0,80 * 0,06 \frac{\text{kg de DBO}}{\text{año}} \right] * \left(30,615 \frac{\text{kg de DBO}}{\text{año}} - 0 \right) - 0$$

$$Emisiones = 0,0002939 \frac{\text{t de CH}_4}{\text{año}}$$

Como en todo proceso de obtención del nivel de emisiones es necesario transformar el resultado previamente obtenido en función del metano a toneladas de dióxido de carbono equivalente, mediante la multiplicación del valor obtenido por el potencial de calentamiento atmosférico del gas metano, de la siguiente manera:

$$Emisiones = 0,0002939 \frac{\text{t de CH}_4}{\text{año}} * \left(\frac{21 \text{ t CO}_2 \text{ eq}}{1 \text{ t de CH}_4} \right)$$

$$Emisiones = 0,006171 \frac{\text{t CO}_2 \text{ eq}}{\text{año}}$$

Las directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de GEI, estipulan la siguiente ecuación para obtener las emisiones de óxidos de nitrógeno provenientes de la descarga y eliminación de aguas residuales (Dávila & Varela, 2014, p. 61).

Ecuación 14. Óxidos de nitrógeno proveniente de las aguas residuales

$$Emisiones = N \text{ efluente} * EF \text{ efluente} * 44/28$$

Donde:

- Emisiones: emisiones de N₂O durante el año de cálculo
- N efluente: nitrógeno en el efluente eliminado en medios acuáticos, kg de N/ año.
- EF efluente: factor de emisión para las emisiones de N₂O provenientes de la eliminación en aguas servidas, kg de N₂O/kg de N.
- Factor 44/28.- corresponde a la conversión de kg de N₂O-N en kg de N₂O.

En lo que concierne a la elección del factor de emisión para óxido de nitrógeno, tenemos por defecto el valor del IPCC para aguas servidas domésticas con efluentes con nitrógeno, éste es 0,005 kg N₂O-N/kg N (Dávila & Varela, 2014, p. 62).

Para poder calcular nitrógeno efluente se procede a utilizar la siguiente ecuación:

Ecuación 15. Masa de nitrógeno en el efluente

$$N \text{ efluente} = (P * Proteína * F_{npr} * F_{non-con} * F_{ind-com}) - N \text{ lodo}$$

Donde:

- P: población (individuos)
- Proteína: consumo per cápita anual de proteínas, kg/individuos*año.
- F npr: fracción de nitrógeno en las proteínas, por defecto = 0,16, kg de N/kg de proteína.
- F non-con: factor de las proteínas no consumidas añadidas a las aguas residuales.
- F ind-com: factor para las proteínas industriales y comerciales co-eliminadas en los sistemas de alcantarillado.
- N lodo = nitrógeno separado con el lodo residual (por defecto = 0), kg de N/año.

A continuación se muestran algunos valores por defecto del IPCC para emisiones de óxido de nitrógeno, relevantes para el cálculo de las emisiones de aguas residuales.

Tabla 44. Valores por defecto para óxido de nitrógeno proveniente de las aguas residuales

Emisiones de N ₂ O			
Factor de emisión	Descripción	Valor por defecto	Intervalo
Proteína	Consumo anual de proteína per cápita	0,057	± 10 %
F_{NPR}	Fracción de nitrógeno contenido en la proteína	0,16	0,15 – 0,17
F_{NON-CON}	Factor de ajuste para la proteína no consumida	1,4 para los países con eliminación de basura	1,0 – 1,5
F_{IND-COM}	Factor introducido para tomar en cuenta las co-descargas de nitrógeno en los alcantarillados.	1,25	1,0 – 1,5
E_{EFLUENTE}	Factor de emisión, (kg. de N ₂ O-N/kg. de N)	0,005	0,0005 - 0,25

Nota: Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero

Fuente: (Panel intergubernamental del cambio climático, 2006).

Usando la ecuación 15:

$$N_{\text{efluente}} = \left(35 \text{ individuos} * 0,057 \frac{\text{kg de N}}{\text{individuos} * \text{año}} * 0,16 * 1,4 * 1,25 \right) - 0$$

$$N_{\text{efluente}} = 0,5586 \frac{\text{kg de N}}{\text{año}}$$

Una vez hallado este valor es posible calcular las emisiones de óxido de nitrógeno de las aguas residuales, para lo cual se usa la ecuación 14 de esta manera:

$$\text{Emisiones} = 0,5586 \frac{\text{kg de N}}{\text{año}} * 0,005 \frac{\text{kg N}_2\text{O} - \text{N}}{\text{kg de N}} * \frac{44}{28}$$

$$\text{Emisiones} = 0,000004389 \frac{\text{t de N}_2\text{O}}{\text{año}}$$

Finalmente se utiliza el PCA del N₂O para obtener el valor en t CO₂ equivalente:

$$\text{Emisiones} = 0,000004389 \frac{\text{t de N}_2\text{O}}{\text{año}} * \frac{310 \text{ t CO}_2 \text{ eq}}{1 \text{ t de N}_2\text{O}} = 0,00136 \frac{\text{t de CO}_2 \text{ eq}}{\text{año}}$$

Al sumar las emisiones de dióxido de carbono equivalente generadas por las aguas residuales de Gibago Cía. Ltda., se obtiene un valor de 0,007532 toneladas de CO₂ eq.

2.7.5.5 Eliminación de residuos sólidos

Para el desarrollo del cálculo de emisiones de metano generadas por la disposición final de los residuos sólidos, se consideró tanto a los residuos sólidos domiciliarios así como los residuos sólidos industriales.

En el desarrollo de este trabajo se aplicara el método de descomposición de primer orden del IPCC, empleado para el cálculo del metano generado debido a la descomposición de residuos orgánicos.

Los valores de generación de metano de los principales residuos de carácter domiciliario e industrial han sido desarrollados por el IPCC, dentro del informe del 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 45. Valores por defecto planteados por el IPCC.

Carbono orgánico degradable (DOC)		
Residuos	Intervalo	Valor por defecto
Comida	0,08 - 0,20	0,15
Jardín	0,18 - 0,22	0,2
Papel	0,36 - 0,45	0,4
Madera y paja	0,39 - 0,46	0,43
Textiles	0,20 - 0,40	0,24
Pañales desechables	0,18 - 0,32	0,24
Tasa constante de generación de metano (k)		
Residuos	Intervalo	Valor por defecto (1/año)
Comida	0,1 - 0,2	0,185
Jardín	0,06 - 0,1	0,1
Papel	0,05 - 0,07	0,06
Madera y paja	0,02 - 0,04	0,03
Textiles	0,05 - 0,07	0,06
Pañales desechables	0,06 - 0,1	0,1
Fracción de carbono orgánico que se descompone (DOCf)		
Residuos		0,5
Tiempo de retardo		
Residuos		6 meses
Fracción de metano en el gas generado (F)		
Residuos		0,5
Factor de conversión (C a CH₄)		
Residuos		Valor por defecto
		1,33

Nota: Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

Fuente: (Panel intergubernamental del cambio climático, 2006).

Tabla 46. Composición anual de residuos sólidos domiciliarios.

RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS									
Año	# individuos	RESIDUOS SÓLIDOS DEPOSITADOS (kg/año)	RESIDUOS COMIDA (kg/año)	PAPEL (kg/año)	TEXTILES (kg/año)	OTROS ORGÁNICOS (kg/año)	PAPEL HIGIÉNICO (kg/año)	INERTES (kg/año)	TOTAL
2008	18	492,60	134,48	60,94	33,40	14,43	145,37	103,94	
2009	18	492,60	134,48	60,94	33,40	14,43	145,37	103,94	
2010	22	602,07	164,37	74,48	40,82	17,64	177,67	127,04	
2011	26	711,54	194,25	88,02	48,24	20,85	209,97	150,13	
2012	19	519,97	141,95	64,32	35,25	15,24	153,44	109,71	
2013	35	957,84	261,49	118,48	64,94	28,06	282,66	202,10	
2014	38	1039,94	283,90	128,64	70,51	30,47	306,89	219,43	

Nota:

Elaborado por: César Chamorro Avilés & Enrique Romero

Tabla 47. Composición anual de residuos sólidos industriales.

RESIDUOS SÓLIDOS INDUSTRIALES				
Año	# individuos	MADERA (kg/año)	METAL (kg/año)	TOTAL (kg/año)
2008	18	405862,66	550,54	406413,21
2009	18	405862,66	550,54	406413,21
2010	22	496054,37	672,89	496727,25
2011	26	586246,07	795,23	587041,30
2012	19	428410,59	581,13	428991,72
2013	35	789177,40	1070,50	790247,90
2014	38	856821,18	1162,26	857983,43

Nota:

Elaborado por: César Chamorro Avilés & Enrique Romero

Tabla 48. Obtención de resultado de gas metano proveniente de los residuos sólidos domiciliarios.

AÑO	TIPO RESIDUO	Tiempo de vida medio (años)	exp 1	Inicio de proceso de deposición	exp 2	DOC que se puede descomponer (DDOCm)	DDOCm no reaccionado	DDOCm descompuesto (año deposición)	DDOCm acumulado al final del año	DDOCm descompuesto	CH4 generado (kg/año)
2013	COMIDA	3,75	0,83	13,00	1,00	13,83	13,83	0	19,54	3,30	2,20
	OTROS ORGÁNICOS	11,55	0,90	13,00	1,00	2,37	2,37	0	7,59	0,72	0,48
	PAPEL	11,55	0,94	13,00	1,00	16,71	16,71	0	58,15	3,39	2,26
	TEXTILES	11,55	0,94	13,00	1,00	5,49	5,49	0	42,18	2,46	1,64
	PAÑALES DESECHABLES	6,93	0,90	13,00	1,00	23,91	23,91	0	50,20	4,78	3,18
TOTAL											9,76

Nota:

Elaborado por: César Chamorro Avilés & Enrique Romero

Tabla 49. Obtención de resultado de gas metano proveniente de los residuos sólidos industriales.

AÑO	TIPO RESIDUO	Tiempo de vida medio (años)	exp1	Inicio de proceso de deposición	exp2	DOC que se puede descomponer (DDOCm)	DDOCm no reaccionado	DDOCm descompuesto (año deposición)	DDOCm acumulado al final del año	DDOCm descompuesto	CH4 generado (kg/año)
2013	RESTOS DE MADERA	23,10	0,97	13,00	1,00	119619,56	119619,56	0,00	389602,28	8222,20	5481,47
TOTAL											5481,47

Nota:

Elaborado por: César Chamorro Avilés & Enrique Romero

Es necesario indicar, que no se utiliza la representación de “1 año = 365 días”, debido que la generación de residuos sólidos en Gibago Cía. Ltda., se realiza únicamente durante los días laborables por el personal de la organización, por lo que se toma el valor de “1 año = 312 días”.

Finalmente, se procede a sumar los valores obtenidos en kg de metano para posteriormente transformar la cantidad de metano obtenida a toneladas de dióxido de carbono equivalente, para lo cual se debe multiplicar el valor obtenido en la tabla anterior por el PCA del gas metano, obteniendo así:

$$kg CH_4 = 9,76 + 5481,47 kg$$

$$kg CH_4 = 5491,23 kg$$

$$5491,23 kg CH_4 \left[\frac{1 t CH_4}{1000 kg CH_4} \right] \left[\frac{1 t CO_2 eq}{21 t CH_4} \right] = 115,32 t CO_2 eq$$

2.7.5.6 Insumos.

Al analizar la tabla 13, se procedió a estratificar los materiales adquiridos de acuerdo a su composición estructural y su representatividad dentro del total de insumos adquiridos por Gibago Cía. Ltda., como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 50. Estratificación de insumos adquiridos por Gibago Cía. Ltda., 2013.

INSUMO	CANTIDAD	UNIDAD
ACERO GALVANIZADO	948,18	kilos
PVC	52,78	kilos
PEGAMENTO	2957	kilos
ACEITES LUBRICANTES	84	litros
CEMENTO	350	kilos

Nota:

Elaborado por: César Chamorro Avilés & Enrique Romero

2.7.5.6.1 Calculo de emisiones producidas por la adquisición de productos de acero.

Se considerara el factor de emisión establecido dentro del Software SIMAPRO 7.3, para la fabricación de acero galvanizado cuyo factor de emisión es de 2,74 kg de CO₂ eq por cada kg de acero galvanizado producido.

Finalmente, se procede a obtener el total de emisiones de dióxido de carbono generadas por la adquisición de productos de acero durante el año 2013 como se demuestra en la siguiente tabla:

Tabla 51. Toneladas de dióxido de carbono emitidas por la compra de productos de acero galvanizado.

Cantidad	F-E (kg CO ₂ /kg de acero)	Kg CO ₂	t CO ₂
948,18	2,74	2598.013	2,59

Nota:

Elaborado por: César Chamorro Avilés & Enrique Romero

2.7.5.6.2 Calculo de emisiones producidas por la adquisición de productos de PVC.

Al igual que para el cálculo de las emisiones generadas debido a la fabricación de productos de acero galvanizado, se tomara en consideración el factor de emisión establecido dentro del Software SIMAPRO 7.3 para los productos de PVC, el cual señala que por cada kilogramo de productos de PVC fabricados se emiten a la atmósfera 1,62 kg de CO₂.

Tabla 52. Toneladas de dióxido de carbono emitidas por la compra de productos de PVC.

Cantidad	F-E (kg CO ₂ /kg de PVC)	Kg CO ₂	t CO ₂
52,78	1,62	85,02	0,085

Nota:

Elaborado por: César Chamorro Avilés & Enrique Romero

2.7.5.6.3 Calculo de emisiones producidas por la adquisición de la resina acetato polivinilo.

Se considera como factor de emisión el establecido en la base de datos del software SIMAPRO 7.3 para resinas de polivinilo con fines de uso industrial, el cual ha establecido que por cada kilogramo de resina acetato polivinilo producida se generan 0,326 kg de CO₂ equivalente.

Tabla 53. Toneladas de dióxido de carbono emitidas por la compra de resina acetato polivinilo.

Cantidad	F-E (kg CO ₂ /kg de resina acetato polivinilo)	Kg CO ₂	t CO ₂
2957	0,326	963,98	0,96

Nota:

Elaborado por: César Chamorro Avilés & Enrique Romero

2.7.5.6.4 Calculo de emisiones producidas por la adquisición de aceites lubricantes.

Se considera como factor de emisión para los aceites lubricantes el establecido por el IPCC, que indica que por litro de aceite lubricante producido se emiten a la atmósfera 3,07 kg de CO₂ equivalente.

Tabla 54. Toneladas de dióxido de carbono emitidas por la compra de aceites lubricantes.

Cantidad	F-E (kg CO ₂ / l de aceite)	Kg CO ₂	t CO ₂
84	3,07	257,88	0,258

Nota:

Elaborado por: César Chamorro Avilés & Enrique Romero

2.7.5.6.5. Calculo de emisiones producidas por el uso de cemento para la construcción.

Se tomara en cuenta el factor de emisión establecido en el Software SIMAPRO 7.3 para productos en base a conglomerados, formados a partir de una mezcla de piedra caliza y arcilla calcinadas, que tiene la propiedad de endurecerse al contacto con el agua (cemento de construcción), que señala que por cada kilogramo de conglomerado producido se emite a la atmósfera 1,29 kg de CO₂ equivalente.

Tabla 55. Toneladas de dióxido de carbono emitidas por la compra de cemento.

Cantidad	F-E (kg CO ₂ / kg de cemento)	Kg CO ₂	t CO ₂
350	1,29	451,5	0,451

Nota:

Elaborado por: César Chamorro Avilés & Enrique Romero

Por último, se procedió a sumar los diferentes valores obtenidos en los diferentes parámetros evaluados en el cálculo del Scope 3. Es así que se obtiene un resultado de 184,73 toneladas de CO₂ equivalente.

2.8 Fase IV

A continuación se proponen una serie de alternativas para la reducción de emisiones de dióxido de carbono equivalente producido por Gibago Cía. Ltda.

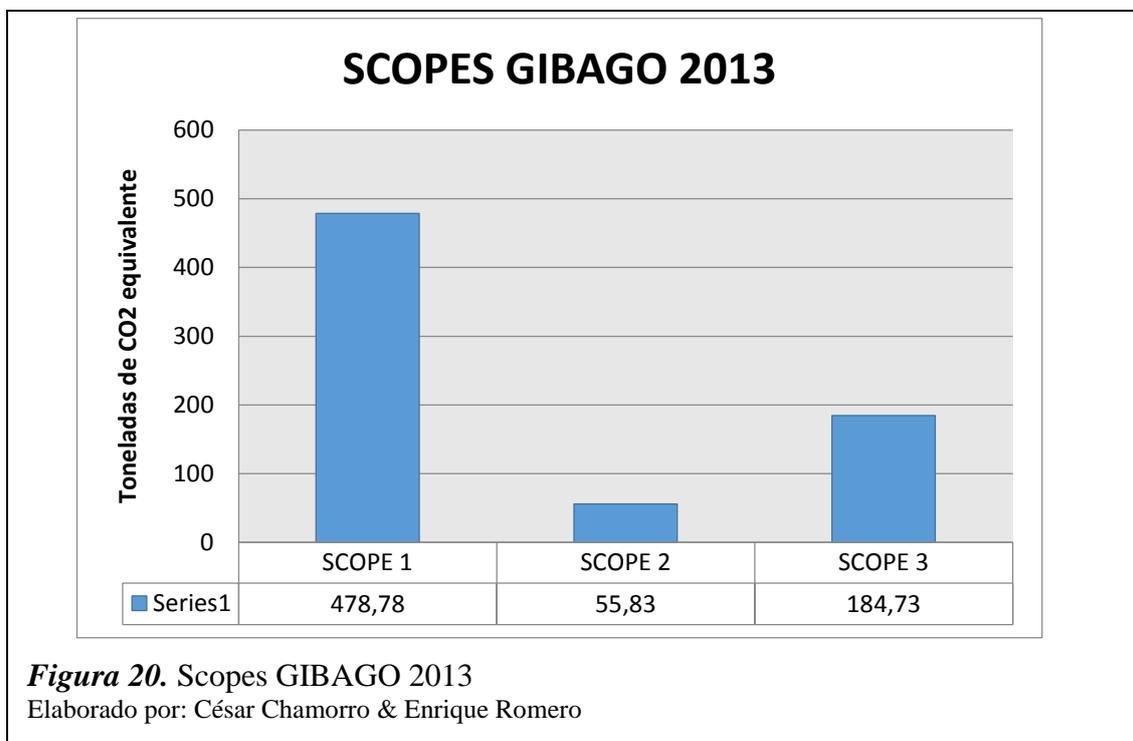
- Realizar el mantenimiento periódico a las diferentes máquinas con las que cuenta la organización con el fin de optimizar el consumo eléctrico de las máquinas pertenecientes a Gibago Cía. Ltda.
- Apagar las maquinas forestales cuando estas no sean utilizadas por el personal de producción de Gibago Cía. Ltda.

- Usar lámparas y bombillos de bajo consumo eléctrico en las instalaciones administrativas e industriales.
- Apagar las computadoras de las instalaciones administrativas cuando éstas no sean utilizadas o configurarlas en modo ahorrador de energía.
- Aprovechar los residuos orgánicos de carácter domiciliario que se producen en Gibago Cía. Ltda., utilizándolos en las composteras de la organización.
- Realizar el mantenimiento preventivo de las maquinarias con el objetivo de prevenir posibles averías, lo que provocaría en la adquisición de un mayor número de insumos y por ende el aumento de la huella de carbono.
- Promover el transporte de balsa en camiones modernos o a su vez aprovechar la máxima capacidad de los mismos, de esta manera se garantizará el eficaz aprovechamiento de combustibles para el transporte de la materia prima y el producto final.
- Motivar al personal administrativo y operativo el cuidado de las instalaciones y bienes de la organización, con el objetivo de disminuir la cantidad de insumos comprados anualmente.
- Contribuir a la disminución de la huella de carbono de la organización mediante la contribución a la siembra de árboles de balsa y otras especies en los diferentes proyectos forestales que proveen de la materia prima a Gibago.
- Realizar mantenimiento periódico a los secaderos de madera, para de esta manera se garantizara el óptimo funcionamiento de los mismos garantizando la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero como consecuencia del inadecuado proceso de incineración de los residuos industriales.
- Promover dentro del personal administrativo y operativo el uso de las 3R's: reducir, reciclar, reutilizar.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Analizando los resultados de los scopes, se puede obtener el valor total de la huella de carbono de Gibago Cía. Ltda., para el año 2013.



El scope número 1 tiene mayor representatividad, debido a que se utiliza biomasa para la generación de energía térmica en los secaderos los mismos que funcionan durante 26 días seguidas, las 24 horas.

Al desarrollar la suma de los resultados obtenidos en los diferentes scopes, se obtiene un valor de 719,84 toneladas de dióxido de carbono equivalente, emitidas a la atmósfera como resultado de la transformación de la madera de balsa a bloques de balsa de exportación mediante la aplicación de un proceso industrial.

Una vez obtenido el valor total de dióxido de carbono equivalente producido durante el 2013, se puede desarrollar el cálculo necesario para determinar la H-C por cada bloque de balsa producida dentro de Gibago Cía. Ltda., como se muestra a continuación:

$$H - C \text{ producto} = \frac{719,34 \text{ t}}{1680,9 \text{ m}^3} \left[\frac{1 \text{ m}^3}{1 \text{ bloque de balsa}} \right] \left[\frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ t}} \right]$$

$$H - C \text{ producto} = 427,95 \frac{\text{kg CO}_2 \text{ eq}}{\text{bloque de balsa}}$$

3.1 Exclusiones

- Se excluye, las emisiones generadas por la adquisición de insumos de las diferentes plantas productoras de la materia prima, debido a que Gibago Cía. Ltda., no se encarga de adquirir directamente los insumos utilizados de manera anual por las mismas.
- Se excluye, también las emisiones generadas por el consumo de energía eléctrica en los aserraderos de los productores de balsa, debido a que no se tiene estandarizado un proceso de aserrío de madera, siendo en algunos casos aserrados de manera manual sin el uso de electricidad ni combustibles fósiles.
- También se excluyen, las emisiones generadas por el uso de vehículos por parte del personal operativo y administrativo de la organización con fines de movilización a las instalaciones industriales, debido a que solo se consideró las emisiones generadas por los bienes pertenecientes a la organización.
- Finalmente, se excluye las emisiones de dióxido de carbono producto de la descomposición aerobia de las aguas residuales, puesto a que éstas son de origen biogénico. (IPCC, 2006).

3.2 Comparación con el software SimaPro 7.3

El software SimaPro ha sido desarrollado para realizar análisis de ciclo de vida de diferentes productos, determinar la H-C de un producto o una organización, así como su huella hídrica, en este se pudo determinar varios impactos ambientales producidos por una empresa u organización.

Éste software SimaPro, cuenta con una base de datos de materiales y procesos muy completa que incluye bases de datos científicas de reconocido prestigio internacional entre las que destacan Ecoinvent v3 o la European Life Ciclo Database (ELCD) entre otras. (SIMAPRO, 2013)

En conclusión, se procedió a comprobar el valor de la huella de carbono de Gibago Cía. Ltda., obtenida durante el desarrollo de este proyecto, para lo cual se utilizó la versión 7.3 del mencionado Software de verificación.

Los resultados arrojados por el software, determinaron un valor de H-C de 578,39 toneladas de CO₂ equivalente; el cual es inferior al valor obtenido mediante el uso de la metodología del GHG Protocol, lo cual es fácilmente justificado debido a que dentro de las consideraciones del software no se registra las emisiones provenientes de la descomposición de los residuos sólidos orgánicos, ni de las descargas líquidas. El resultado obtenido al utilizar el SimaPro se puede ver en el anexo 6.

CONCLUSIONES

- Mediante el desarrollo de este trabajo de investigación se logró determinar la huella de carbono por unidad bloque de balsa producido por Gibago Cía. Ltda., estableciéndose como valor referencial 427,95 kilogramos de dióxido de Carbono equivalente por cada bloque de balsa producido dentro de las instalaciones de Gibago Cía. Ltda.
- Se obtuvo el valor total de emisiones generadas por las actividades industriales de Gibago Cía. Ltda., durante el año 2013, obteniendo un resultado total de 719,34 toneladas de dióxido de carbono equivalente.
- Se obtuvieron valores independientes para cada uno de los scopes con el objetivo de determinar cuál scope genera mayores emisiones de dióxido de carbono; se determinó para el scope 1 un valor de 478,78 toneladas de dióxido de carbono equivalente; para el scope 2 un valor de 55,83 toneladas de dióxido de carbono equivalente y finalmente el scope 3 presentó un valor de 184,73 toneladas de dióxido de carbono equivalente.
- El scope 1 representa el 65,5% de las emisiones totales generadas por las actividades de Gibago Cía. Ltda., esto es justificable debido al continuo suministro de biomasa a los secaderos con fines de producción de energía térmica.
- Las principales actividades de Gibago Cía. Ltda., que generan dióxido de carbono equivalente son: la quema de biomasa para la obtención de energía térmica, el uso de combustibles fósiles para el transporte de la materia prima desde su lugar de origen hacia las instalaciones industriales, así como el transporte del producto final desde las instalaciones de Gibago Cía. Ltda., hacia el puerto de Guayaquil y finalmente la generación de dióxido de carbono como consecuencia de la degradación de los residuos industriales de carácter orgánico.

- Es importante señalar que los resultados obtenidos mediante el uso de la metodología del GHG Protocol y mediante el uso del software SIMAPRO difieren considerablemente debido a que dentro de las consideraciones del software no se establece criterios para el cálculo del dióxido de carbono emitido por parte de los residuos orgánicos y que en el caso de nuestra investigación se obtuvo un valor de 115,32 toneladas de dióxido de carbono equivalente que representa el 16% del total de las emisiones producidas por Gibago Cía. Ltda., de manera anual.
- El uso de biomasa como fuente generadora de energía térmica disminuye considerablemente los niveles de emisión generados por los secaderos de la organización si se asumiese que los mismos funcionaran con combustibles fósiles debido a que el factor de emisión de la quema de residuos de balsa es inferior al factor de emisión de la quema de combustibles fósiles.
- A pesar de ser una industria forestal, las emisiones de GEI son bajas y además se verifica un correcto sistema de gestión ambiental (SGA) dentro de la organización, el cual contribuye a reducir considerablemente las emisiones de GEI generadas por Gibago Cía. Ltda.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda, desarrollar el cálculo de la huella de carbono de la organización de manera anual, para de esta manera poder comparar los resultados respecto al resultado obtenido en el año base, para de esta manera verificar si la huella de carbono de Gibago Cía. Ltda., ha aumentado, se ha mantenido o ha disminuido.
- Se recomienda registrar el consumo de diésel utilizado durante el transporte de la materia prima a la industria forestal, así como el consumo de diésel utilizado para el transporte del producto final hacia el puerto de Guayaquil, para de esta manera facilitar la obtención de los datos provenientes del consumo de diésel.
- Se recomienda contactar a un gestor ambiental calificado por el ministerio del ambiente, con el objetivo de gestionar los residuos industriales metálicos obtenidos durante el año base, contando además con las guías de gestión de los residuos previniendo cualquier tipo de inconveniente con el MAE, debido a la inexistencia de registros de gestión de residuos.
- Se recomienda tomar muestras periódicas de las descargas líquidas de la organización para ser analizadas, con el objetivo de demostrar que la calidad de agua descargada se encuentra dentro de los límites establecidos en el TULSMA, previniendo la contaminación de fuentes hídricas cercanas.
- En caso de registrarse la adquisición de insumos que no fueron cuantificados durante el desarrollo de esta investigación, es necesario calcular las emisiones provenientes de la generación de los mismos mediante el uso de factores de emisión validados de forma internacional.
- Los resultados obtenidos mediante el desarrollo de esta investigación, pueden ser sujeto de verificación por parte de la organización mediante la intervención de organismos verificadores de huella de carbono, con el propósito de obtener la certificación de Huella de Carbono altamente codiciada en el mercado Europeo.

- Se recomienda utilizar el software desarrollado en esta investigación para calcular la huella de carbono en años posteriores y mantenerlo actualizado para poder conocer la evolución de los GEI de Gibago Cía. Ltda.

LISTA DE REFERENCIAS

- Gobierno Provincial de Pichincha. (2012). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE PUEMBO 2012-2025*. Quito: Gobierno Provincial de Pichincha.
- Ambiente, S. d. (2013). *QuitoAmbiente*. Retrieved from <http://190.152.144.75/reportes/ReporteDiariosData.aspx>
- Banco Mundial. (2013). *Emisiones de CO2, (toneladas métricas per cápita)* . Banco Mundial.
- British Standards Institution. (2011). *Publicly Available Specification. 2050:2011*. Londres: BSI.
- Cáceres, L., & Núñez, A. M. (2011). *Segunda comunicación nacional sobre el cambio climático* . Quito: Ministerio del Ambiente Ecuador.
- Carballo, A., García, M., Domenech, J., Rodríguez, G., & Villasante, C. (2009). *LA HUELLA ECOLÓGICA CORPORATIVA: CONCEPTO Y APLICACIÓN A DOS EMPRESAS PESQUERAS DE GALICIA*. Santiago de Compostela: Universidad de Santiago de Compostela.
- CEPAL. (2010). *Metodologías de cálculo de la Huella de Carbono y sus potenciales implicaciones para América Latina*. Santiago: NNUU.
- CMNUCC. (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático*. Nuev York: CMNUCC.
- Dávila, F., & Varela, S. (2014). *DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, SEDE QUITO, CAMPUS SUR*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- Euskadi. (2009, 01 21). *Resumen del Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Ciudad de México: Euskadi Publicaciones . Retrieved from *Resumen del Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*: http://www.stopco2euskadi.net/documentos/Protocolo_Kyoto.pdf

Ewing, B., & Moroe, D. (2010). *Ecological footprint ATLAS 2010*. Oakland: Global footprint network.

Google Earth. (2014, 08 25). *Google Earth*. Retrieved from Google Earth: <https://www.google.es/intl/es/earth/index.html>

Greenleaf., A. C. (2010). *Estudio de Impacto Ambiental Definitivo (EIAD) para la Construcción y Operación de la Subestación El Inga*. Quito: CELEC EP.

Heredia, E., & Gonzáles, K. (2013). *Estudio de caracterización y cuantificación de residuos sólidos y líquidos de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito, campus Sur*. QUITO: UPS.

Heredia, E., & González, K. (2013). *Estudio de caracterización y cuantificación de residuos sólidos y líquidos de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Campus Sur*. Quito: UPS.

IHOBE. (2009). *Análisis de Ciclo de Vida y Huella de Carbono*. País Vasco: IHOBE S.A.

IPCC. (2007). *Cambio Climático 2007, informe de síntesis* . Ginebra: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el cambio climático.

MAAM. (2008, Junio). *Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente*. Retrieved from Ministerio de Agrigcultura, Alimentación y Medio Ambiente: <http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/que-es-el-cambio-climatico-y-como-nos-afecta/>

Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (2012). *FACTOR DE EMISIÓN DEL SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO AL AÑO 2012*. Quito: MEER.

Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2013). *Reporte de la Huella Ecológica Ecuador: 2008 y 2009* (Primera ed.). Quito, Ecuador: Ministerio del Ambiente del Ecuador.

Ministerio del Ambiente Peru, L. (2012). *Huella ecológica en el Peru*. Lima: Solvima Graf SAC.

Nelsón Gándara. (2014, Septiembre 25). Expectativas de Gibago Cía. Ltda., sobre la huella de carbono del producto. (C. Chamorro, Interviewer)

NNUU. (1998). *PROTOCOLO DE KYOTO DE LA CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO*. Kyoto: Naciones Unidas.

Otilia , C. (2011). *CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO SEGÚN LA METODOLOGÍA FRANCESA BILAN CARBONE: APLICACIÓN A LA SOCIEDAD DE LOS TRANSPORTES PÚBLICOS DE LA CIUDAD LIMOGES S.T.C.L. EN EL AÑO 2009* . Zaragoza: Universidad de Zaragoza.

Panel intergubernamental del cambio climático. (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. Hayama: IGES.

Pichincha, G. P. (2012). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE PUEMBO 2012-2025*. Quito: Gobierno Provincial de Pichincha.

Schneider , E., & Samaniego, J. (2010). *La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios*. Santiago de Chile: CEPAL.

Secretaria del Ambiente. (2013, Diciembre). *QuitoAmbiente*. Quito: Secretaria del Ambiente. Retrieved from QuitoAmbiente: <http://190.152.144.75/reportes/ReporteDiariosData.aspx>

SIMAPRO. (2013, ENERO). SIMAPRO 7.3 DEMO. Mexico .

Wiedmann , T., & Minx, J. (2007). *Definición de Huella de Carbono*. Londres: Research & Consulting.

World Business Council for Sustainable Development. (2011). *Protocolo de Gases de Efecto Invernadero*. Washington: SEMARNAT.

WWF. (2012). *Planeta Vivo Informe 2012*. Gland: WWF.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **Análisis de ciclo de vida.-** Es un método de evaluación de aspectos e impactos ambientales relacionados con un producto consumido o elaborado, tomando en cuenta las entradas y salidas de su proceso productivo.
- **Biocapacidad.-** Cuantifica la capacidad de la naturaleza para producir recursos renovables, proporcionar tierra para construir y ofrecer servicios de absorción como el de la captura de carbono. (WWF, 2012)
- **Biomasa.-** Materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía
- **Bloques de balsa.-** unidad funcional de venta de productos en base a madera de balsa con una densidad de 170 kg/m³.
- **Cambio Climático.-** Importante variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un período prolongado (normalmente decenios o incluso más). El cambio climático se puede deber a procesos naturales internos o a cambios del forzamiento externo, o bien a cambios persistentes antropogénicos en la composición de la atmósfera o en el uso de las tierras. (IPCC, 2007)
- **Clima.-** En sentido estricto, se suele definir el clima como ‘estado medio del tiempo’ o, más rigurosamente, como una descripción estadística del tiempo en términos de valores medios y variabilidad de las cantidades pertinentes durante períodos que pueden ser de meses a miles o millones de años. (IPCC, 2007)
- **Densidad de madera.-** propiedad física de la madera que determina su peso en relación a su volumen.
- **DBO₅.-** Parámetro que en una muestra líquida, mide la cantidad de materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos transcurridos cinco días de reacción. (Dávila & Varela, 2014, p. 79)
- **Eco-inventario.-** base de datos que cuenta con los factores de emisión de varios productos y subproductos de diferentes industrias.
- **Efecto invernadero.-** Fenómeno de aumento térmico ocasionado por la acumulación de GEI en la atmósfera terrestre que impiden que la energía emitida por el sol, regrese al espacio exterior.
- **Emisiones biogénicas.-** Son las emisiones de CH₄ provenientes de la materia vegetal.

- **Factor de emisión.-** Es la masa estimada de dióxido de carbono emitido por cada unidad de volumen de combustible, de MWh de energía eléctrica generada y de cantidad de insumos utilizados.
- **GEI.-** Gases de efecto invernadero, son gases de origen natural y antropogénico, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de ondas del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera, y las nubes. Entre estos gases tenemos: vapor de agua (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄), y ozono (O₃). Además de los halocarbonos, hexafluoruro de azufre (SF₆), los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC).
- **Huella de Carbono.-** Totalidad de gases de efecto invernadero emitidos directos o indirectamente por un individuo, organización, evento o producto.
- **Huella Ecológica.-** indicador ampliamente empleado para el análisis de la demanda de la humanidad sobre la biosfera comparada con la capacidad regenerativa del planeta.
- **Material particulado.-** El material particulado presente en la atmósfera es una mezcla compleja de sustancias orgánicas e inorgánicas, desde sal de mar y partículas de suelo hasta partículas de hollín producido por el uso de combustibles fósiles. (CEPAL, 2010).
- **Poder calorífico inferior.-** Es la cantidad de energía que se desprende, en forma de calor, como producto de la combustión completa de cualquier combustible. (Dávila & Varela, 2014, p. 80) .
- **Protocolo de Kioto.-** Protocolo aprobado el 11 de diciembre de 1997 en Japón y que forma parte de la convención marco de las naciones unidas sobre cambio climático, éste pretende que los países pertenecientes a su Anexo 1, disminuyan sus emisiones de GEI por lo menos un 5% hasta el 2012, tomando como base el año 1990. (Dávila & Varela, 2014, p. 80)
- **Scope 1.-** Emisiones directas de GEI que ocurren en fuentes que son propiedad de la industria forestal.
- **Scope 2.-** Emisiones indirectas de GEI asociadas a la electricidad consumida por la industria forestal.
- **Scope 3.-** Emisiones indirectas que son consecuencia de las actividades de la empresa, pero ocurren en fuentes que no son propiedad, ni están controladas por la empresa. (World Business Council for Sustainable Development, 2011).

GLOSARIO DE SIGLAS

- ACV.-** Análisis de ciclo de vida.
- ARD.-** Aguas residuales domésticas.
- CENACE.-** Centro nacional de control de energía.
- CEPAL.-** Comisión económica para américa latina y el caribe.
- CMNUCC.-** Convención marco de las naciones unidas sobre cambio climático.
- CONELEC.-** Consejo nacional de electricidad.
- CO₂ eq.-** Dióxido de carbono equivalente.
- DOC:** Carbono Orgánico Degradable.
- DBO.-** Demanda biológica de oxígeno.
- DQO.-** Demanda química de oxígeno.
- HE.-** Huella ecológica.
- F-E.-** Factor de emisión.
- GEI.-** Gases de efecto invernadero.
- INEC.-** Instituto nacional de estadísticas y censos.
- IPCC.-** Panel intergubernamental de cambio climático.
- ISO.-** Organización internacional de la estandarización.
- H-C.-** Huella de carbono.
- kWH.-** kilovatio hora.
- MAE.-** Ministerio del ambiente Ecuador.
- MC3.-** Método de cuentas contables.
- MCF.-** Factor de corrección de metano.
- OMM.-** Organización Meteorológica Mundial.
- OMS.-** Organización Mundial de la Salud.
- MWh.-** Megavatio hora.
- NO_x-** Óxidos de nitrógeno.
- PAS 2050.-** Publicly Available Specification. 2050:2011.
- PCA.-** Potencial de calentamiento atmosférico.
- PCI.-** Poder calorífico inferior.
- PNUMA.-** Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
- SEDS.-** Sitios de eliminación de desechos sólidos.
- SGA.-** Sistema de gestión ambiental.
- TOW.-** Total de materia orgánica en las aguas residuales.
- TULSMA.-** Texto unificado de legislación secundaria medio-ambiental.

ANEXOS

Anexo 1. Factura de consumo eléctrico de Gibago Cía. Ltda., mes noviembre 2013.



EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S.A. E.E.Q.
R.U.C. 1790053881001

Las Casas E1-24 y Av. 10 de Agosto
CONTRIBUYENTE ESPECIAL
Resolución N° 5368 - 1995 - 06 - 02

FACTURA DE GRANDES CLIENTES

Autorización SRI: 1112142505
Fecha de autorización: 14/01/2013
Válida hasta: 07/01/2014

Fecha Emisión: 01/12/2013
Factura N° 001-007-003298041
No. Control: 9000141201-81

CODIGO ÚNICO ELÉCTRICO NACIONAL: 1490001412

Suministro: 90001412-0 GIBAGO CIA. LTDA. Fax: 022390943 R.U.C.: 1791911962001

DIRECCIÓN NOTIFICACIÓN:

Geocódigo: 97-01-033-0460
Calle: VIA INTEROCEANICA
Barrio/Urb.: EL CHICHE

Numero: S/N Piso: Dpto: Interseccion: VIA ANTIGUA PUEMBO
Parroquia: PUEMBO Canton: DISTRITO METROPOLITANO QUITO

DIRECCIÓN DEL SERVICIO:

Plan: 95 Geocódigo: 98-01-056-0670
Calle: VIA INTEROCEANICA
Interseccion: VIA ANTIGUA PUEMBO

Numero: E103 Piso: PB Dpto: Canton: DISTRITO METROPOLITANO QUITO
Parroquia: PUEMBO

INFORMACIÓN DE CONSUMO:

Periodo Consumo Desde: 30/10/2013 Hasta: 28/11/2013 Dias Factu.: 27
Factor de multiplicación: 1.00 Constante: 1.00
Recargo Pérdidas en Transformación: 2 %

Medidor	Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Tipo Lect
90000513	22h00-07h00	60382.280	58379.540	2043.00	Leido
90000513	Reactiva	79959.460	77620.870	2385.00	Leido
90000513	Demanda 18h:10 - 22h00	28.600	29.000	29.00	Leido
90000513	Demanda 22h00 - 18h00	38.100	39.000	39.00	Leido

* Includa la energia de 22h00 - 18h00 (S.D.F)
Factor Potencia: 0.97 Factor Correccion: 0.74

INFORMACIÓN DE CONCEPTOS FACTURADOS:

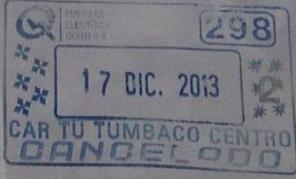
Tarifa: 922
Punto de entrega: Baja Tension-Trafo propio

Concepto	Valor
DEMANDA	39.00 KW 120.69
COMERCIALIZACION	1.41
SERV ALUM PUB	54.06
CONSUMO 22h - 07h	2043.00 kWh 288.28
CONSUMO 22h - 07h	2043.00 kWh 110.32
I.V.A (0%)	0.00
SUBTOTAL SERVICIO ELECTRICO	774.86
IMPUESTO BOMBEROS	19.08
TASA RECOLECCION BAS	108.12
SUBTOTAL VALORES DE TERCEROS	127.20
TOTAL A PAGAR:	902.06

Fecha Facturación: 01/12/2013
Pagar Hasta: 18/12/2013

(**) BASE PARA RETENCION 1%: 0.00

ejecutivo de cuenta: WLADIMIR ALEJANDRO VALENCIA CORDOVA
Telfs: 2553010/2542860 ext: 3711
e_mail: wvalencia@eeq.com.ec



DISEÑO POR GRÁFICAS AYERBE C.A. - R.U.C. 1790043479001

Anexo 2. Factura de consumo de agua potable Gibago Cía. Ltda., mes noviembre 2013.

EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO		MATRIZ, Av. Mariana de Jesús entre Alemania e Italia - Apartado 1370		www.emapaq.gob.ec - Atención al cliente: 1800-242424 / 2994 400 / Ext. 5025 / 2994 450	
RUC: 1768154260001		CONTRIBUYENTE ESPECIAL		11-04-2013	
Cuenta N°: 9960996321		FECHA DE EMISIÓN: 11-04-2012		VALIDO HASTA	
CLIENTE: ANDARA DAVALOS NELSON		RUC/CI: 1704442969		CONSUMIDOR FINAL	
DIRECCIÓN: BA CHICHE VIA QUITO LT SIN		SECTOR: Puenbo		TELÉFONO:	
PLACA PREDIAL: 035929		CTA ESP: 0			
N° DE MEDIDOR:		FECHA Y LECTURA ANTERIOR		FECHA Y LECTURA ACTUAL	
		08-10-2012 2,031		08-11-2012 2,168	
EVOLUCIÓN DE SU CONSUMO					
PERIODO	M3				
1-11	81				
1-12	166				
2-01	109				
2-02	120				
2-03	94				
2-04	88				
2-05	88				
2-06	144				
2-07	161				
2-08	226				
2-09	211				
2-10	154				
<p>Pague únicamente el monto facturado en nuestros Centros Integrales de Atención al Cliente y puntos autorizados. No se permite el cobro a domicilio. ¡Denuncie estos casos! Llame al 1 800 24 24 24.</p> <p>MONTO SUBSIDIADO USD: 38,25</p> <p>"ESTIMADO CLIENTE!" CANCELE EL VALOR DE SU FACTURA, HASTA LA FECHA LIMITE DE PAGO Y EVITESE LA SUSPENSIÓN DEL SERVICIO Y VALORES POR JUICIO COACTIVO</p>					
SUBTOTAL				52.76	
IVA 0 %				0.00	
MESES DEUDA				52.76	
TOTAL A PAGAR		USD			

Anexo 3. Pruebas de volumen viruta.

<p>Prueba Número 1</p>	<p>Prueba Número 2</p>
<p>Peso de la Tara</p>	<p>Peso de la Tara</p>
 <p>A black plastic bucket is placed on a digital scale. The scale's display shows a weight of 1086g. The scale has a keypad with numbers 0-9 and various function buttons.</p>	 <p>A black plastic bucket is placed on a digital scale. The scale's display shows a weight of 1086g. The scale has a keypad with numbers 0-9 and various function buttons.</p>
<p>Resultado</p>	<p>Resultado</p>
 <p>The black plastic bucket, now filled with wood shavings, is placed on the digital scale. The scale's display shows a total weight of 2180g.</p>	 <p>The black plastic bucket, filled with wood shavings, is placed on the digital scale. The scale's display shows a total weight of 2656g.</p>

Anexo 4. Caracterización de residuos sólidos domiciliarios.



Anexo 5. Informe de resultado de DB₅ CICAM EPN.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL CENTRO DE INVESTIGACIONES Y CONTROL AMBIENTAL

Campus Politécnico José Rubén Orellana Ricaurte • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel.: (00593-2) 3938780 Ext.: 2151 • Telefax: (00593-2) 221306 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicamepn@gmail.com
Quito – Ecuador



LABORATORIO DE
ANÁLISIS
N° OAE LE 20 06-012

INFORME DE RESULTADOS

Quito, 8 de diciembre de 2014

No. IR141528

EMPRESA

Ref. ST14297

Solicitado por: CÉSAR CHAMORRO AVILÉS

Atención:

Teléfono: 2638364

Dirección: Quito Sur

Fax:

Identificación de la muestra (cliente): ninguna

Origen: agua residual doméstica

Fecha de recolección: 26 de noviembre de 2014

Tipo de muestra: puntual

Responsable de toma de muestra: cliente

Tipo de envase: plástico

Llegó refrigerada: no

Se utilizó preservante: no

LABORATORIO

Número de ingreso al laboratorio: M-1528

Fecha de ingreso al Laboratorio: 26 de noviembre de 2014

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	***LÍMITE Alcantarillado	***LÍMITE Cauce de agua	FECHA DEL ANÁLISIS	PROCEDIMIENTO
*Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	mg/L	78,3	170	100	02/12/2014	PEE/CICAM/06 (APHA 5210 B)

NOTA: ESTE INFORME SOLO AFECTA A LA MUESTRA SOMETIDA A ENSAYO

*El Centro de Investigaciones y Control Ambiental está acreditado por el OAE en estos parámetros y su rango es: DBO₅ entre 2,0 y 500 mg/l, DQO entre 10 y 10000 mg/l, pH entre 4 y 10 unidades, Tensoactivos entre 0,025 y 100 mg/l, Fenoles entre 0,020 y 2 mg/l.

***Límites máximos permisibles por cuerpo receptor, según RESOLUCIÓN 02-SA-2014, Tabla No. 1

Realizado por: Rubén Calahorrano
ANALISTA RESPONSABLE



Revisado por: Ing. Carola Fierro
DIRECTORA DE CALIDAD

Anexo 6. Valor de H-C obtenido con ayuda del SIMAPRO.

C:\Users\Public\Documents\Simapro\Database\Demo; Introduction to Simapro 7 - [Comparar procesos (Excluyendo procesos de infraestructura)]

Archivo Editar Calcular Herramientas Ventana Ayuda

Análisis de impacto | Inventario | Contribución de proceso | Configuración de cálculo | Revisiones (402) | Vista gral. productos

Caracterización Normalización

Omitir categorías: Nunca Excluir largo plazo

✓/	Categoría de impacto	Unidad	Diesel (kg)	_98 Waste treatment,	_66 Electricity, steam and hot	Gasoline, at refinery//US	Co-products of glue laminated	_45 Cement, virgin, DK	Galvanized steel sheet, at	Lubricant oil	Chlorine, production mix
✓	Photochemical oxidation	kg C2H4	19,9	-51	7,46	1,77	0,801	0,0611	1,05	0,0979	0,018
✓	Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	4,23	0	0	0,377	0,257	0	0,399	-0,156	1,01
✓	Marine aquatic ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	1,13E8	0	0	1,01E7	4,42E5	0	7,37E3	2,19E3	126
✓	Fresh water aquatic ecotox.	kg 1,4-DB eq	3,08E4	0	0	2,75E3	119	0	1,3E3	-4,67	0,0192
✓	Human toxicity	kg 1,4-DB eq	8,6E4	-1,29E3	183	7,67E3	401	0,566	-67,4	3,88	0,48
✓	Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	3,63E-6	0	0	3,25E-7	1,15E-8	0	1,17E-5	4,67E-5	0
✓	Global warming (GWP100)	kg CO2 eq	1,48E4	-4,9E5	6,8E4	1,32E3	966	452	2,6E3	258	60
✓	Eutrophication	kg PO4--- eq	13,2	-138	19,7	1,18	0,446	0,0561	-2,99	3,14	0,0193
✓	Acidification	kg SO2 eq	201	-799	117	17,9	8,28	1,29	11,5	1,91	0,449
✓	Abiotic depletion	kg Sb eq	663	-2,96E3	419	59,1	7,18	1,59	13,1	0,662	0,318