



Universidad
Continental

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de
Ingeniería Ambiental

Tesis

**Mejoramiento del desempeño ambiental del
proceso de producción de la cerveza Wayayo a partir
del análisis de ciclo de vida utilizando OPENLCA**

Angela Mely Salcedo Lazo

Huancayo, 2019

Para optar el Título Profesional de
Ingeniera Ambiental



Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

ASESORA

MSc. Vianca Vanesa Madrid Brañes

AGRADECIMIENTOS

Inicio agradeciendo a Dios por protegerme día a día y guiar mi camino en mi vida universitaria, por darme fuerzas para poder superar cada uno de los obstáculos y dificultades a lo largo de mi vida, gracias Dios por hoy poder alcanzar uno de mis objetivos trazados.

A la Universidad Continental mi alma mater, por haber contribuido en mi formación profesional. Así mismo a cada uno de los docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental, por compartir sus conocimientos y experiencias profesionales.

Al Grupo Wayayo, al ingeniero Eduardo Quispe Coz, por confiar en mi persona y brindarme la información requerida para poder realizar este proyecto y apoyarme en todo lo solicitado. En particular, a mi asesora, MSc. Vianca Vanesa Madrid Brañes, por apoyarme en esta investigación.

A mi familia por apoyarme en cada decisión tomada, en particular a Hermelinda, Andrés y Daniel gracias por confiar en mí, sin su apoyo no lo hubiera logrado y hago presente mi gran amor hacia ustedes.

DEDICATORIA

A mis amados padres Andrés y Hermelinda, en merito a su incondicional amor, a mis queridos hermanos, por sus consejos y su motivación constante que me impulsaron a terminar mi carrera universitaria; a Daniel por acompañarme en todo momento y por la confianza que siempre deposito en mí.

INDICE DE CONTENIDOS

ASESORA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA	iv
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiii

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planeamiento y formulación del problema	14
1.1.1. Planteamiento del problema.....	14
1.1.2. Formulación del problema.	15
1.2. Objetivos.....	16
1.2.1. Objetivo general.....	16
1.2.2. Objetivos específicos.	16
1.3. Justificación e importancia	16
1.3.1. Justificación metodológica.	16
1.3.2. Justificación práctica.....	17
1.3.3. Justificación económica.....	17
1.3.4. Justificación Ambiental.	17
1.4. Hipótesis y descripción de variables	18
1.4.1. Hipótesis.	18
1.4.2. Variables.	18

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema.....	20
2.1.1. Análisis de ciclo de vida.	24
2.1.1.1. Definición del análisis de ciclo de vida.....	26
2.1.1.2. Marco de referencia del Análisis de ciclo de vida.....	27
2.1.1.3. Terminología para definir el alcance de un análisis de ciclo de vida.	31
2.1.1.4. Metodología de evaluación de impactos.	32
2.1.1.5. Bases de datos.	37
2.1.1.6. Herramientas de software ACV.	38
2.1.1.7. Simulación Monte Carlo:	41

2.1.1.8.	Categorías de Impacto.....	41
2.1.2.	Cerveza.....	43
2.1.2.1.	Definición de la cerveza.....	43
2.1.2.2.	Historia de la cerveza.....	44
2.1.2.3.	Cerveza en América Latina.....	45
2.1.2.4.	Historia de la Cerveza Artesanal.....	46
2.1.2.5.	Cerveza Artesanal en el Perú.....	47
2.1.2.6.	Cerveza Wayayo.....	49
2.1.2.7.	Descripción del proceso de producción de la cerveza Wayayo.....	50
2.2.	Definición de términos básicos.....	51

CAPITULO III METODOLOGÍA

3.1.	Método y alcance de la investigación.....	53
3.1.1.	Método de la investigación.....	53
3.1.2.	Alcances de la investigación.....	55
3.2.	Diseño de la investigación.....	55
3.2.1.	Tipo del diseño de investigación.....	56
3.3.	Población y muestra.....	56
3.3.1.	Población.....	56
3.3.2.	Muestra.....	56
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	56
3.4.1.	Instrumentos de recolección de datos.....	56
3.4.2.	Técnicas de recolección de datos.....	57

CAPITULO IV ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS Y RESULTADOS

4.1.	Alcance del sistema.....	58
4.1.1.	Unidad Funcional.....	58
4.1.2.	Límites del sistema.....	58
4.2.	Datos para la producción de 53.4524 kg de cerveza Wayayo.....	60
4.3.	Resultados de tratamiento de datos en openLCA.....	65
4.3.1.	Resultados generales para la producción de 100 botellas de cerveza.....	65
4.3.2.	Resultados de contribución a cada categoría de impacto.....	66
4.4.	Resultados del proceso de Mejora.....	78
4.5.	Análisis de Incertidumbre.....	88

CONCLUSIONES.....	92
RECOMENDACIONES.....	93
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	94
ANEXOS	98

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Metodología de Evaluación de Impacto de Ciclo de vida (14).....	34
Tabla 2. Balance de masa para la molienda.	60
Tabla 3. Balance de masa para la maceración.	60
Tabla 4. Balance de masa para la filtración.	61
Tabla 5. Balance de masa para la Cocción.....	62
Tabla 6. Balance de masa para la Sedimentación.	62
Tabla 7. Balance de masa para el Enfriamiento.....	63
Tabla 8. Balance de masa para la Fermentación.....	63
Tabla 9. Balance de masa para la Maduración.....	64
Tabla 10. Balance para el envasado.	64
Tabla 11. Resultados del tratamiento de datos en openLCA (por categorías de impactos ambientales).....	65
Tabla 12. Comparación de los impactos para la producción de 53.4525 kg de cerveza (100 botellas)	79
Tabla 13. Análisis de incertidumbre de las tres variantes en la producción de 53.4524 kg de cerveza.	90
Tabla 14. Comparación de los resultados por categoría de impacto.....	101

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas del ciclo de vida de un producto	26
Figura 2. Marco de referencia del análisis de ciclo de vida.....	27
Figura 3. Elementos de la Fase de EICV	29
Figura 4. Terminología utilizada para la definición del alcance de un ACV.	32
Figura 5. Aplicaciones de Análisis de Ciclo de Vida.	40
Figura 6. Categorías de Impacto CML 2001	43
Figura 7. Proceso de producción de la cerveza Wayayo.	50
Figura 8. Flujos del proceso de producción de la cerveza artesanal Wayayo	59
Figura 9. Contribuciones al cambio climático GPW-100años para la producción de 53.4524 kg de cerveza (100 botellas).	66
Figura 10. Contribuciones a la categoría de Potencial de Eutrofización (kg PO ₄ -Eq) para la producción de 53.4524 kg de cerveza (100 botellas).	67
Figura 11. Contribuciones a la categoría de Ecotoxicidad Acuática de agua dulce (Kg 1,4-DCB-Eq) para la producción de 53.4524 kg de cerveza (100 botellas). .	68
Figura 12. Contribuciones a la categoría de Toxicidad Humana (HTP inf) para la producción de 53.4524 kg de cerveza (100 botellas).	69
Figura 13. Contribuciones a la categoría de Radiación Ionizante (DALYs) para la producción de 53.4524 kg de cerveza (100 botellas).	70
Figura 14. Contribuciones a la categoría de Uso de suelo (m ²) para la producción de 53.4524 kg de cerveza (100 botellas).	71
Figura 15. Contribuciones a la categoría mal olor del aire (m ³) para la producción de 53.4524 kg de cerveza (100 botellas).	72
Figura 16. Contribuciones a la categoría de Ecotoxicidad Acuática Marina para la producción de 53.4524 kg de cerveza (100 botellas).	73
Figura 17. Contribuciones a la categoría Potencial de Oxidación para la producción de 53.4524 kg de cerveza (100 botellas).	74
Figura 18. Contribuciones a la categoría de Agotamiento de Recursos Abióticos para la producción de 53.4524 kg de cerveza (100 botellas).	75
Figura 19. Contribuciones a la categoría de Agotamiento de la Capa de Ozono para la producción de 53.4524 kg de cerveza (100 botellas).	76
Figura 20. Contribuciones a la categoría de Ecotoxicidad Terrestre para la producción de 53.4524 kg de cerveza (100 botellas).	77
Figura 21. Contribuciones a la categoría Potencial de Acidificación para la producción de 53.4524 kg de cerveza (100 botellas).	78
Figura 22. Comparación de las variantes para la categoría Potencial de acidificación.	80
Figura 23. Comparación de las variantes para la categoría Cambio climático.	81
Figura 24. Comparación de variantes para la categoría Potencial de Eutrofización.	81
Figura 25. Comparación de las variantes para la categoría Ecotoxicidad Acuática de agua dulce.	82
Figura 26. Comparación de las variantes para la categoría Toxicidad Humana.	83
Figura 27. Comparación de las variantes para la categoría Radiación Ionizante.	83
Figura 28. Comparación de las variantes para la categoría Uso de Suelo.	84
Figura 29. Comparación de las variantes para la categoría Mal Olor del Aie.	85
Figura 30. Comparación de las variantes para la categoría Ecotoxicidad Marina.	85
Figura 31. Comparación de las variantes para la categoría Oxidación Fotoquímica-NO _x alta.	86
Figura 32. Comparación de las variantes para la categoría Agotamiento de Recursos Abióticos.	87

Figura 33. Comparación de las variantes para la categoría Agotamiento de la Capa de Ozono.	87
Figura 34. Comparación de las variantes para la categoría de Ecotoxicidad Terrestre.	88
Figura 35. Distribución de incertidumbre de la simulación Monte Carlo para la categoría Mal Olor del Aire.	91
Figura 36. Diagrama del sistema de producción de la cerveza Wayayo.	99
Figura 37. Diagrama sankey_openLCA	100
Figura 38. Comparación de las variantes en cada una de las categorías de impacto.	102
Figura 39. Simulación Montecarlo para la categoría Mal Olor del Aire.	103
Figura 40. Planta de producción de la Cerveza Wayayo	104
Figura 41. Toma de Temperatura en el Proceso de Maduración.	104
Figura 42. Imagen de la marca Wayayo.	105
Figura 43. Tanques para los diferentes procesos de producción.	105
Figura 44. Ingeniero Ciro Eduardo Quispe Coz representante de la Cervecería Wayayo firmando el Plan de Manejo Ambiental y Cronograma de cambio de envase.	111
Figura 45. Creación de un Flujo Paso 1 (Clic Derecho)	112
Figura 46. Creación de un Flujo Paso 2	112
Figura 47. Creación de un Proceso Paso 1 (Clic Derecho)	113
Figura 48. Creación de un Proceso Paso 2	113
Figura 49. Ventana de Entrada y Salida.	114
Figura 50. Ventana de entradas al sistema.	115
Figura 51. Ventana para modificar Incertidumbre y distribución	115
Figura 52. Ventana para creación del sistema de producto	116
Figura 53. Ventana para colocación del nombre y selección de la referencia del producto.	116
Figura 54. Ventana de Parámetros dentro de un Sistema de Producto.	117
Figura 55. Ejemplo de un Modelo Grafico Conectado.	117
Figura 56. Búsqueda de Proveedores Paso 1 Clic Derecho	118
Figura 57. Búsqueda de Proveedores Paso 2.	118
Figura 58. Maneras de Cálculo de un sistema de producto.	119
Figura 59. Propiedades de Cálculo.	119
Figura 60. Paso 1 Datos de Incertidumbre.	120
Figura 61. Paso 2 Datos de incertidumbre.	120
Figura 62. Inicio de la Simulación Monte Carlo.	121
Figura 63. Resultados Simulación Monte Carlo.	122

RESUMEN

La presente investigación se centra en mejorar el desempeño ambiental del proceso para la producción de 53.4524 kg de cerveza Wayayo lo que equivale a la producción de 100 botellas de cerveza de capacidad de 330 ml cada una, esto se realiza con ayuda del software openLCA y la base de datos Ecoinvent 3.4 y Agribalyse 1.3.

La tesis muestra los impactos ambientales que ocasiona dicha producción, en referencia a las categorías de impacto, con ayuda del análisis de ciclo de vida de la metodología CML2001, donde se identifican a los mayores contribuyentes de los impactos ambientales ocasionados, para luego con esta información mejorar el desempeño ambiental del proceso de producción de la cerveza artesanal Wayayo.

Es así como se determinó que uno de los mayores contribuyentes a los impactos es el envase de vidrio marrón, por lo que es sustituido por el envase de vidrio verde y transparente; determinando así que con la modificación del tipo de envase empleado en el proceso de envasado se pudo mejorar el desempeño ambiental, en particular al emplear el envase de vidrio verde, puesto que con esta modificación el sistema presenta un mejor desempeño ambiental. También se realiza la simulación Montecarlo para poder dar veracidad a los datos obtenidos donde se muestran que los coeficientes de variación de las categorías de impactos son menores al 25%, lo cual indica que tiene una precisión aceptable. A excepción de la categoría de Uso de suelo (land use) que presenta 28.58% en el sistema con envase verde y 31.48% en el sistema de envase transparente; y en la categoría Agotamiento de Recursos abióticos (resources-depletion of abiotic) en el sistema con envase color marrón la cual presenta 41.29%, siendo estas estimaciones pocas precisas.

Palabra clave: Análisis de ciclo de vida, metodología CML2001, desempeño ambiental, impacto ambiental, simulación Montecarlo.

ABSTRACT

The present investigation focuses on improving the environmental performance of the process for the production of 53.4524 kg of Wayayo beer which is equivalent to the production of 100 beer bottles of capacity of 330 ml each, this is done with the help of the openLCA software and the database Ecoinvent 3.4 and Agribalyse 1.3.

The thesis shows the environmental impacts caused by this production, in reference to the impact categories, with the help of the life cycle analysis of the CML2001 methodology, where the major contributors of the environmental impacts are identified, and then with this information Improving the environmental performance of the production process of the craft beer Wayayo.

Thus, it was determined that one of the biggest contributors to the impacts is the brown glass container, so it is replaced by the green and transparent glass container; thus determining that with the modification of the type of container used in the packaging process it was possible to improve the environmental performance, in particular when using the green glass container, since with this modification the system presents a better environmental performance. The Montecarlo simulation is also carried out in order to give accuracy to the data obtained where it is shown that the coefficients of variation of the impact categories are less than 25%, which indicates that it has an acceptable precision. With the exception of the category of land use (land use) that presents 28.58% in the system with green packaging and 31.48% in the transparent packaging system; and in the category Abiotic Resource Depletion (resources-depletion of abiotic) in the system with brown packaging which presents 41.29%, these estimates being not precise.

Keyword: Life cycle analysis, CML2001 methodology, environmental performance, environmental impact, Monte Carlo simulation.

INTRODUCCIÓN

El análisis de ciclo de vida (ACV), es una herramienta que permite analizar entradas y salidas de un proceso durante el ciclo de vida de un producto en relación con el impacto ambiental que generan. Algunas empresas comenzaron a tener interés por optimizar sus procesos y manejar mejor sus recursos, desembocando esto en estudios de figura rastreo de materiales y flujos de energía. Luego el gobierno norteamericano implementa el control y seguimiento de los residuos peligrosos, con el análisis de recursos y perfil ambiental (Resource and Environmental Profile Analysis). Entre tanto en Europa se implementa el Ecobalance, herramienta que permite cifrar los recursos en los procesos (1). Con el paso de los años, los resultados y los procesos de análisis de ciclo de vida de un producto evolucionaron hasta que hoy en día los procesos de análisis de ciclo de vida son regulados bajo normas internacionales como la ISO 14040.

Actualmente, la industria cervecera en el Perú no cuenta con estudios referenciales que puedan cifrar el impacto ambiental que genera la elaboración de dicho producto, por lo que, el proyecto tiene como objetivos identificar los impactos ambientales mediante el análisis de ciclo de vida del proceso de producción de la cerveza en particular de la marca Wayayo, evaluar los tipos de impactos ambientales que genera la producción de 53.4524 kg de la cerveza en mención lo que equivale a 100 botellas de 330 ml cada una.

El propósito del proyecto es proponer una alternativa más favorable del proceso de producción de la cerveza, para reducir los impactos ambientales que se generen durante el proceso de producción de esta, buscando de esta manera identificar oportunidades de mejora que puedan ser aprovechadas para generar un mejor desempeño ambiental y una mejor producción.

La Autora

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planeamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema.

En la actualidad existe un gran deterioro de los ecosistemas a nivel nacional y mundial, el cual se agrava con el pasar de los días debido a los elevados niveles de consumo de los recursos naturales y a la contaminación del agua, aire y suelo generados principalmente por la actividad humana. Como una medida ante ello distintas naciones han instaurado instituciones y políticas que regulen el uso de los recursos naturales y de las distintas actividades industriales que se realicen (2). El desarrollo industrial ha permitido un crecimiento rápido de las industrias, permitiendo la creación y elaboración de diferentes productos que han cambiado el estilo de vida de las personas; sin embargo, estas también han aportado emisiones de sustancias tóxicas para el medio ambiente.

La industria cervecera es uno de los grupos industriales de gran consumo y que en los últimos años ha ido creciendo con gran frecuencia (3); en la producción de la cerveza se desarrollan distintas actividades las cuales pueden generar distintos impactos en el medio ambiente.

El presente trabajo de investigación tiene por finalidad evaluar a través del análisis de ciclo de vida los impactos ambientales que se producen durante el proceso de producción de la cerveza Wayayo para luego poder mejorar el desempeño ambiental de esta producción; esta investigación se desarrollara utilizando el openLCA versión 1.7.

1.1.2. Formulación del problema.

A. Problema general.

- ¿Cómo mejorar el desempeño ambiental del proceso de producción de la cerveza Wayayo a partir del análisis de ciclo de vida (ACV), utilizando openLCA versión 1.7.?

B. Problemas específicos.

- a. ¿Cuáles son los tipos impactos ambientales que se generan en el proceso de producción de la cerveza Wayayo?
- b. ¿En qué medida afectan los impactos ambientales que se generan en el proceso de producción de la cerveza Wayayo?
- c. ¿De qué manera se puede reducir los impactos ambientales en el proceso de producción de la cerveza Wayayo?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general.

- Mejorar el desempeño ambiental del proceso de producción de la cerveza Wayayo a partir del análisis de ciclo de vida (ACV), utilizando openLCA versión 1.7.

1.2.2. Objetivos específicos.

- a. Identificar los impactos ambientales mediante el análisis de ciclo de vida del proceso de producción de la cerveza Wayayo utilizando openLCA versión 1.7.
- b. Evaluar los tipos de impactos ambientales mediante el análisis de ciclo de vida del proceso de producción de la cerveza Wayayo utilizando openLCA versión 1.7.
- c. Proponer una alternativa más favorable para reducir los impactos ambientales en el proceso de producción de la cerveza Wayayo.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación metodológica.

Actualmente se observa la poca difusión de los impactos ambientales que pueda generar un proceso de producción, ya sean estos industriales o artesanales, debido al desconocimiento de la obtención de la base de datos de los impactos que se puedan generar durante los procesos de producción de determinados productos, en este caso en particular de la producción de cerveza artesanal y la aplicación práctica que se le podría dar en busca de hacer más eficientes sus procesos, conllevando esto a un mejor desempeño ambiental del proceso de producción o del producto.

1.3.2. Justificación práctica.

El presente estudio se desarrolla en base a la determinación de los impactos una mejora más favorable y de menos impacto ambiental. Al determinar los impactos ambientales que genere este proceso se podrá plantear mejoras que se vean reflejadas en un desempeño ambiental mucho más eficiente en el sentido que se generen menos daños a nuestro medio ambiente.

1.3.3. Justificación económica.

La industria cervecera es una actividad que genera impactos en los recursos naturales que son utilizados durante su proceso de producción, además es una de las industrias que va en aumento con el pasar de los años, siendo una necesidad determinar cuáles son esos impactos, para poder plantear una mejora que se vea reflejada en el uso y reúso adecuado de estos recursos. Logrando así que este proceso sea más rentable económicamente.

1.3.4. Justificación Ambiental.

El desempeño ambiental son los resultados medibles de la gestión que realiza una organización de sus actividades, productos y/o servicios que puedan interactuar con el medio ambiente (4). La organización no solo debe conocer este desempeño sino también debe evaluarlo para identificar cuáles son los avances y retrocesos en la relación de la organización con el medio ambiente.

El conocer el desempeño ambiental de este proceso nos permitirá identificar oportunidades de mejora que puedan ser aprovechadas para generar un mejor desempeño ambiental y una mejor producción.

1.4. Hipótesis y descripción de variables

1.4.1. Hipótesis.

Se plantean las siguientes hipótesis a fin de comprobarlas en el proceso de desarrollo del trabajo de investigación.

A. Hipótesis general.

Hi: Es posible mejorar el Desempeño Ambiental del proceso de producción de la cerveza Wayayo a partir del análisis de ciclo de vida utilizando el software openLCA.

Ho: No es posible mejorar el Desempeño Ambiental del proceso de producción de la cerveza Wayayo a partir del análisis de ciclo de vida utilizando el software openLCA.

B. Hipótesis específica.

- a. Es factible identificar, cuantificar y evaluar los impactos ambientales mediante el análisis de ciclo de vida del proceso de producción de la cerveza Wayayo utilizando openLCA.
- b. Es posible proponer una alternativa más favorable para reducir los impactos ambientales en el proceso de producción de la cerveza Wayayo.

1.4.2. Variables.

A. Variable independiente:

- Proceso para la producción de 53.4524 kg de la cerveza Wayayo (100 botellas de 330 ml).

B. Variable dependiente:

- Desempeño Ambiental del proceso de producción de 53.4524 kg de la cerveza Wayayo (100 botellas de 330 ml).

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

Según SANES ORREGO (5), quien realizó la investigación: “*El análisis de ciclo de vida (ACV) en el desarrollo sostenible: propuesta metodológica para la evaluación de la sostenibilidad de sistemas productivos*”, en el Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad Nacional de Colombia. La investigación parte de la necesidad de evaluar los impactos más allá del medio biofísico de pequeños sistemas productivos utilizando el Análisis de Ciclo de Vida. Su objetivo fue elaborar una propuesta para mejorar el ACV dentro del contexto de evaluación de sostenibilidad en procesos productivos. Este trabajo se desarrolló de la siguiente manera: primero se realizó un análisis crítico de ACV para identificar los puntos que deban complementarse, segundo establecen factores del sistema ergonómico para identificar el tipo de modificación y

por último se realizó una propuesta a manera de ejemplo de una herramienta de evaluación que incluya los indicadores. El estudio resalta que el ACV puede verse como una metodología estratégica, ya que permite un acercamiento a la industria por ser una propuesta en el marco internacional de la producción limpia y la eco-eficiencia, que son finalmente un camino a la competitividad, de esta manera se encuentra inmersa en la visión del análisis económico estándar, que pretende evaluar como un producto resultado del modelo económico y de producción actual, impacta sobre el patrimonio natural. Lo importante entonces es que esa evaluación que busca la industria en términos económicos se construya en el ACV desde el concepto del desarrollo sostenible para incluir a partir de nuevas herramientas, indicadores de desarrollo sostenible, que, con la visión sistémica propia del concepto del ciclo de vida, permitan identificar y evaluar no solo los impactos al medio biofísico sino también los impactos ecológicos y sociales. Esta investigación está basada en el ACV de un proceso productivo.

Según BUITRAGO TELLO (6), quien realizó la investigación: “*Evaluación de los efectos ambientales de la gasolina, diésel, biodiesel y etanol carburante en Colombia por medio del análisis de ciclo de vida*”, en la Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental en la Universidad Nacional de Colombia. Esta investigación nace de la necesidad de conocer cuáles son los efectos ambientales que ocasionan la gasolina, diésel, biodiesel y etanol carburante en Colombia. El objetivo planteado fue realizar la evaluación de los efectos ambientales de la gasolina, E10, diésel y biodiesel en Colombia como fuente de energía para vehículos de transporte de pasajeros por medio del Análisis de Ciclo de Vida. Para desarrollar esta investigación se realizó la definición del objetivo, análisis del inventario y por último se evaluó el impacto que producen. La tesis fue realizada con el uso del Software de uso libre y

abierto openLCA para el desarrollo de estos ACVs para la cadena de producción de combustibles y biocombustibles colombianos. Donde se concluye que: Los resultados obtenidos con openLCA son similares a los reportados por el consorcio CUE (Consortio CUE, 2012), el cual empleo como herramienta el software comercial Simapro. De este modo se determina que openLCA es una herramienta adecuada para adelantar este tipo de estudios dado que se pueden incorporar los mismos métodos de análisis de impactos y la base de datos de Ecoinvent. Esta tesis usa el software openLCA concluyendo que es una herramienta adecuada para poder realizar este tipo de investigación, software que será empleada en esta investigación a desarrollar.

Según CUELLAR ÁLVAREZ (7), quien realizó la investigación: “*Análisis de Ciclo de Vida para diferentes fuentes energéticas usadas en los vehículos de transporte de pasajeros de la ciudad de Bogotá*”, en la Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental en la Universidad Nacional de Colombia. La investigación nace con el fin de conocer los medios de transporte que puedan garantizar impactos mínimos sobre la calidad del aire y la salud de las personas. El objetivo fue evaluar los impactos ambientales de los distintos medios de transporte de pasajeros utilizados en Bogotá, de acuerdo con las fuentes energéticas usadas, mediante la realización de un Análisis de Ciclo de Vida DEL POZO A LA RUEDA. La investigación se desarrolló siguiendo las normas ISO 14040 e ISO 14044, con el fin de cuantificar los impactos ambientales asociados a las categorías de impacto seleccionadas. De acuerdo con las etapas definidas en la metodología de Análisis de Ciclo de Vida, para luego describir los objetivos y el alcance, el análisis de inventario y la Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida esto utilizando el software openLCA. Donde se concluye que: El software openLCA que se eligió para el desarrollo del presente trabajo es un programa

no comercial, flexible y de fácil uso, por lo cual se recomienda para próximas investigaciones relacionadas con la realización de Análisis de Ciclo de Vida.

Según CHANG ALVARADO (8), quien realizó la investigación: “*Análisis de ciclo de vida de la producción industrial de una cerveza de tipo lager envasada en botella de 330 centímetros cúbicos en la ciudad de Guayaquil*” en la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Departamento de Ciencias Químicas y Ambientales de la Escuela Superior Politécnica del Litoral. La investigación nace con el fin de dotar a los directivos de las cervecerías del Ecuador, a los responsables del proceso productivo industrial y, a las cervecerías artesanales de una base de resultados referencial para futuros estudios de ciclo de vida aplicable en otras marcas de cerveza u otras cervecerías, con la finalidad de comparar las contribuciones ambientales que faciliten la toma de decisiones o implementación de políticas sostenibles. El objetivo fue cuantificar el impacto ambiental de la elaboración de una cerveza tipo lager envasada en una botella de 330 cm³ mediante la metodología de análisis de ciclo de vida. La investigación se desarrolló siguiendo las normas ISO 14040 y la metodología CML (baseline) con el fin de cuantificar los impactos ambientales asociados a las categorías de impacto seleccionadas. De acuerdo con las etapas definidas en la metodología de Análisis de Ciclo de Vida, para luego describir los objetivos y el alcance, el análisis de inventario y la Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida esto utilizando el software SimaPRO. Concluyendo esta investigación en: Los resultados en este análisis determinaron que la producción de botella de vidrio es el principal proceso crítico dentro del ciclo de vida de la cerveza ya que presenta contribuciones por encima del 54.43% al 75.38% en todas las categorías de impacto, excepto en la eutrofización en la cual la producción agrícola de cebada tiene el 58.84% de contribución; además que los

procesos de malteado, cocción, fermentación, maduración y filtración no presentan contribuciones significativas al análisis de ciclo de vida.

Según MIMÚN MOHAMED (9), quien realizó la investigación: “*Evaluación de los impactos ambientales de una incineradora de residuos sólidos urbanos con recuperación de energía mediante el análisis de ciclo de vida*” en el Departamento de expresión gráfica, diseño y proyectos, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de la Universidad de Málaga. La investigación nace con el fin de proponer mejoras y modificaciones tanto en los procesos como en los materiales utilizados de mayor impacto para reducir su contribución a los impactos medioambientales de la incineradora de RSU. El objetivo fue identificar los impactos medioambientales provocados por una incineradora de RSU mediante la elaboración de un ACV. La investigación se desarrolló siguiendo la metodología CML (baseline) con el fin de cuantificar los impactos ambientales asociados a las categorías de impacto seleccionadas utilizando el software SimaPRO. Concluyendo esta investigación en: el peor perfil de la incineradora de RSU en la categoría de eco-toxicidad marina corresponde a las emisiones de contaminantes (88%), metales pesados, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno. En la eutrofización su contribución al impacto ambiental es de 80%. Esta categoría se caracteriza por el nitrógeno (N_2), el amoníaco (NH_3) y los óxidos de nitrógeno (NO_x). En la toxicidad humana los impactos ambientales que presentan estas emisiones son del (56%).

Bases teóricas

2.1.1. Análisis de ciclo de vida.

El análisis de ciclo de vida (ACV) es una herramienta que permite analizar las entradas y salidas de un proceso durante el ciclo de vida de un producto en relación con su impacto ambiental.

Empresas comenzaron a tener interés en optimizar sus procesos y manejar mejor sus recursos, desembocando en estudios de rastreo de materiales y flujos de energía. Es entonces que el gobierno norteamericano implementó el control y seguimiento de los residuos peligrosos y en Europa se implementa el Ecobalance (1).

“En 1993 el Organismo de Estandarización Internacional (ISO) implementó un comité para elaborar las normativas del análisis de Ciclo de Vida, que permita estandarizar lineamientos a nivel internacional. Los trabajos culminaron en 1997 con la publicación de la ISO 14040, hasta la actualidad se han realizado revisiones y actualizado dos normativas ISO sobre análisis de Ciclo de Vida” (1):

- ISO14040:2006, la que establece los principios y marco de referencia para la evaluación del análisis de Ciclo de Vida. Que incluye: “ *i) la definición del objetivo y ámbito de su aplicación, ii) el análisis de inventario de ciclo de vida (AICV), iii) la evaluación del impacto del ciclo de vida EICV), iv) la fase de interpretación del ciclo de vida, presentación de informes, y v) la revisión crítica del Análisis de Ciclo de Vida, y sus limitaciones” (10).*
- ISO 14044:2006, la cual menciona los requisitos y proporciona directrices para la evaluación del ciclo de vida, incluyendo las fases de la norma previa (ISO 14040:2006), realizando un análisis detallado de los requisitos del Análisis de Ciclo de Vida y brindando una mayor información respecto al inventario de ciclo de vida.

2.1.1.1. Definición del análisis de ciclo de vida.

La ISO 14040:2006, presenta la siguiente definición: “*El Análisis de Ciclo de Vida trata los aspectos e impactos ambientales potenciales a lo largo de todo el ciclo de vida de un producto desde la adquisición de la materia prima, pasando por la producción, utilización, tratamiento final, reciclado, hasta su disposición final*”, tal como se observa en la figura 1.

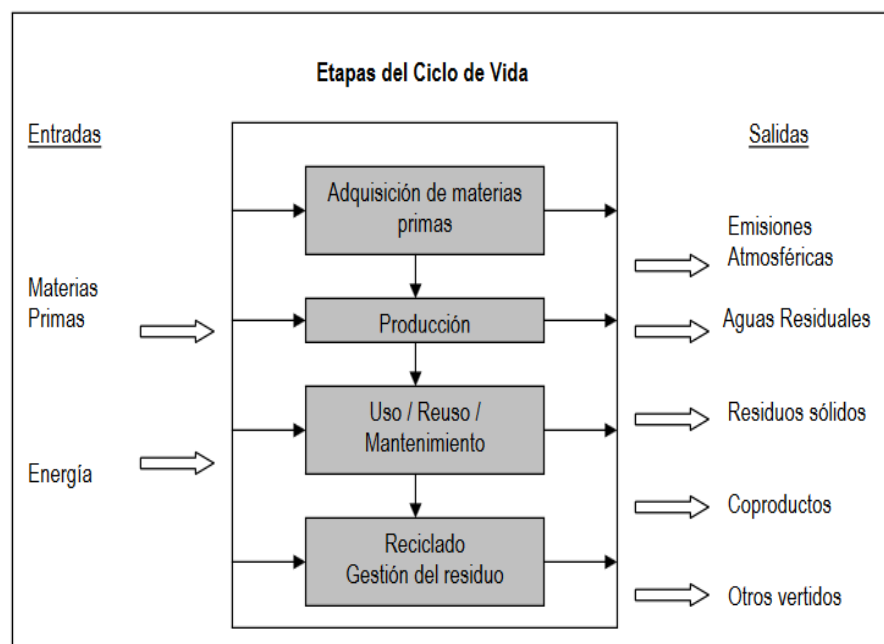


Figura 1. Etapas del ciclo de vida de un producto
Fuente: (11)

Cualquier producto, servicio o actividad realizada por la actividad humana tiene un impacto sobre el medio ambiente, es por ello por lo que las herramientas ACV permite determinar y evaluar los impactos, cuyos objetivos son:

- Poner en marcha procedimientos para obtener mejoras en el sistema, o comparar alternativas de producción similares con menores impactos ambientales.

- Contrastar dos o más productos; ya sean innovaciones, o entre uno existente y otro en desarrollo para la toma de decisiones.
- Seleccionar los indicadores de desempeño ambiental pertinentes incluyendo técnicas de medición.

2.1.1.2. Marco de referencia del Análisis de ciclo de vida.

La norma ISO 14040:2006 propone un marco de referencia para la elaboración del ACV que consta de cuatro etapas fundamentales. (ver Figura 2)

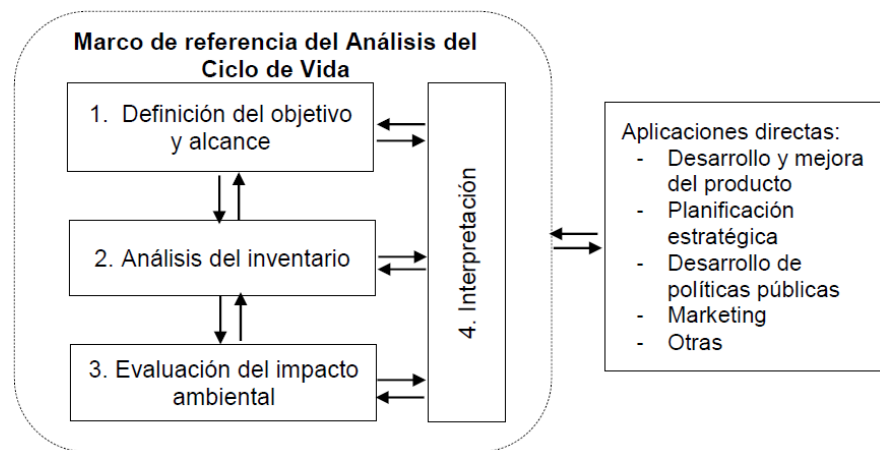


Figura 2. Marco de referencia del análisis de ciclo de vida
Fuente: (10)

A continuación, se explica las cuatro etapas extraídas de la norma ISO 14040:2006:

A. Objetivo y alcance del estudio.

En este apartado se establece el objetivo y el alcance del estudio, se indica si los resultados serán utilizados con fines comparativos para ser revelados al público.

El alcance debe ser bien definido para asegurar que la amplitud, profundidad y el nivel de detalle del estudio sean compatibles y suficientes para alcanzar el objetivo establecido. En el alcance se describe los detalles de la metodología, la unidad funcional y los límites del sistema. Asimismo, se indica la asignación de cargas ambientales y las categorías de impactos ambientales.

B. Análisis del Inventario de Ciclo de Vida (AICV).

En el análisis del inventario se obtiene los datos correspondientes a los consumos de materia y energía, y a las emisiones de cada una de las diferentes etapas del ciclo de vida del producto; también los procedimientos de cálculo para identificar y cifrar todos los efectos ambientales adversos asociados a la unidad funcional (12).

La realización de un análisis de inventario es un proceso iterativo ya que a medida que se recopilan los datos y se aprende más sobre el sistema, se pueden identificar nuevos requisitos o limitaciones, que requieren cambios en los procedimientos de recopilación de datos (12).

C. Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV).

La fase de evaluación de impacto de un análisis de Ciclo de Vida tiene como propósito evaluar cuan significativos son los

impactos ambientales potenciales utilizando los resultados del Impacto de Ciclo de Vida.

Este proceso implica la asociación de los datos de inventario con las categorías de impactos ambientales específicos y con los indicadores de esas categorías para entender estos impactos (10).

En la figura 3, se muestra los elementos de la fase de Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida:

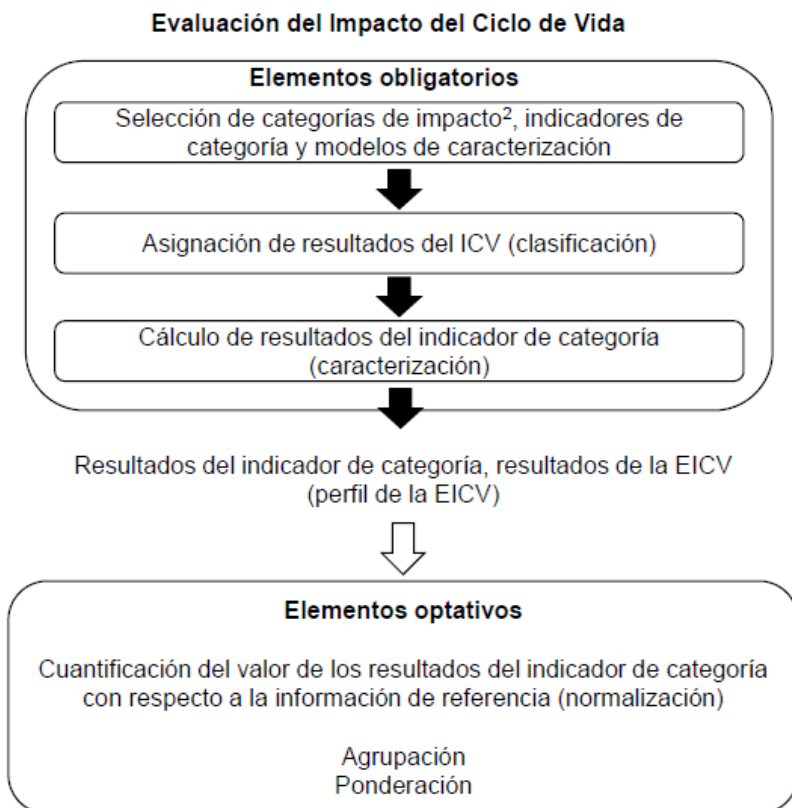


Figura 3. Elementos de la Fase de EICV
Fuente: (10)

D. Interpretación del Ciclo de Vida.

Se consideran en forma conjunta los hallazgos del Análisis del Inventario del Ciclo de Vida y la Evaluación del Impacto del

Ciclo de Vida. Los resultados deben ser consistentes con el objetivo y el alcance del estudio. Los hallazgos de esta interpretación pueden dar como resultado conclusiones y recomendaciones para quienes toman decisiones, que debe ser coherentes con el objetivo y alcance del estudio.

E. Limitaciones del Análisis de Ciclo de Vida.

El análisis de Ciclo de Vida es una de las diversas técnicas de gestión ambiental existentes, otras son: evaluación del riesgo, evaluación del desempeño ambiental, auditoría ambiental y evaluación del impacto ambiental; podría no ser la técnica más apropiada para usar en todas las situaciones. Generalmente el Análisis de Ciclo de Vida no considera los asuntos económicos o sociales de un producto, pero el enfoque del ciclo de vida y las metodologías descritas en esta norma internacional se pueden aplicar a estos otros aspectos (10).

Según GUINNÉ et al (13), el Análisis de Ciclo de Vida es una metodología sujeta a interpretación, desde la determinación del alcance del estudio, que puede incluir o excluir procesos del objeto de estudio; es por ello por lo que existen investigación con el mismo propósito, pero con resultados diferentes.

2.1.1.3. Terminología para definir el alcance de un análisis de ciclo de vida.

Se describe la terminología utilizada para la definición del alcance de un Análisis de Ciclo de Vida según IHOBE S.A. (14), en la figura 4 se señala los límites de cada una:

- A. De la cuna a la tumba (cradle to grave): incluye todas las entradas y salidas de los procesos que participan a lo largo de su ciclo de vida: la extracción de materias primas, la producción de los materiales (precursores) y del producto final, el uso del producto y finalmente su reciclaje y/o gestión final. El transporte, almacenaje, distribución y otras actividades intermedias entre las fases del ciclo de vida también se incluyen cuando tienen la relevancia suficiente (14).
- B. De la cuna a la puerta (cradle to gate): se limita a las entradas y salidas desde que se obtienen las materias hasta que el producto se pone en el mercado (a la salida de la planta de fabricación) (14).
- C. De la puerta a la puerta (gate to gate): considera las entradas y salidas del sistema productivo (procesos de fabricación) (14).
- D. De la cuna a la cuna (cradle to cradle): incluye todas las entradas y salidas de los procesos, y considera que las corrientes de salida del fin de vida del sistema pueden ser valoradas como materias primas y/o entradas al mismo sistema o a otro (14).

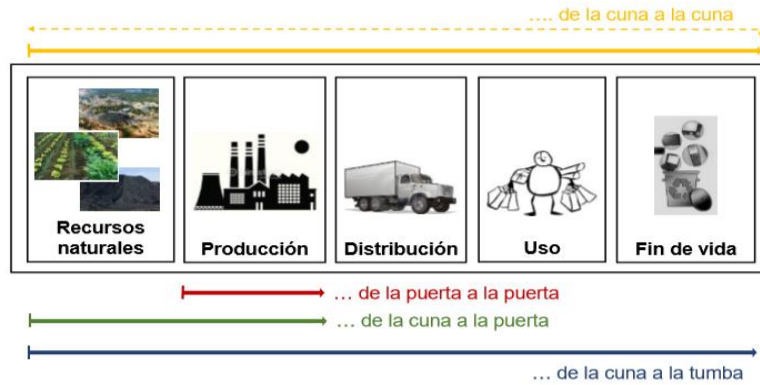


Figura 4. Terminología utilizada para la definición del alcance de un ACV.
Fuente: (14)

2.1.1.4. Metodología de evaluación de impactos.

Los eco indicadores “*son números que cuantifican el impacto ambiental generado, atribuyendo una carga medioambiental a cada materia, proceso, desecho o cualquier particularidad que acontezca durante el ciclo de vida de los productos. Dicha cuantificación se realiza en base a las denominadas categorías de impacto que son daños ambientales a los cuales se asignan las entradas y salidas del sistema producto objeto del estudio en cuestión, tales como potencial de calentamiento global o el potencial de acidificación*” (15).

“Los modelos de caracterización pueden estar basados en efectos intermedios (midpoints) o efectos finales (endpoints). Es decir, pueden definirse cerca de su origen, o cerca del daño ambiental que estas pueden llegar a provocar” (15). Cuando más se aleja la definición del origen, mayor grado de incertidumbre se introduce en el estudio, ya que se encadenan suposiciones sobre los efectos ambientales de las sustancias en el medio (15).

Luego los efectos de las diferentes categorías de impacto se cuantifican refiriéndose a modelos de impacto, que unifican la forma de medirlos bajo una misma unidad medible. Un ejemplo es: las emisiones causantes de efecto invernadero se miden en kg de CO₂ equivalentes, para comparar emisiones de efecto invernadero de productos diferentes (15).

Las metodologías de uso más extendido en el ámbito internacional son las metodologías Eco-indicator 99 y CML 2000, representando el estado de arte de efecto final y efecto intermedio, respectivamente. Recientemente se ha desarrollado la metodología ReCiPe que integra y actualiza las metodologías Eco-indicator 99 y CML 2000, integrado y armonizado categorías de impacto intermedio y final (15).

La tabla 1 muestra las metodologías comúnmente empleadas en los estudios de ACV y disponibles en la mayoría de los programas informativos.

Tabla 1.*Metodología de Evaluación de Impacto de Ciclo de vida (14)*

Metodología	Creador	Categorías de Impacto Ambiental	Descripción
Eco-Indicador 99	Pré Consultants	<ul style="list-style-type: none"> • Carcinogénicos • Respiratorios • orgánicos • Respiratorios inorgánicos • Cambio Climático • Radiación • Destrucción capa ozono • Ecotoxicidad • Acidificación y eutrofización • Uso de suelo • Uso de recursos minerales • Uso de combustibles fósiles 	<p>Sucesor del Eco-Indicador 95, se cambió el sistema de evaluación de impactos: en lugar de evaluar cada una de las categorías de impacto, se evaluaron los diferentes daños causados por estas categorías de impacto, agrupándolos en tres niveles de daño: - Daños a la salud humana - Daños a la calidad del ecosistema - Daños a los recursos.</p> <p>http://www.pre.nl/eco-indicator99/default.htm</p>
ReCiPe	Pré Consultants	<ul style="list-style-type: none"> • Destrucción capa ozono • Toxicidad humana • Radiación • Smog fotoquímico • Formación partículas • Cambio climático • Ecotoxicidad al suelo • Acidificación al suelo • Ocupación suelo rural • Ocupación suelo urbano • Transformación suelo natural • Ecotoxicidad marina • Eutrofización marina • Eutrofización agua dulce • Ecotoxicidad agua dulce 	<p>ReCiPe se desarrolló para combinar las ventajas de los métodos CML2001 y Eco-Indicador99. La ventaja del método CML es su solidez científica, mientras que la ventaja del Eco-indicador 99 es su facilidad de interpretación. Con ello se han mejorado los modelos para el cambio climático, la destrucción de la capa de ozono, acidificación, eutrofización, uso del suelo y agotamiento de recursos naturales. A su vez se han actualizado factores de caracterización para algunas categorías de impacto y para la normalización de los resultados.</p> <p>http://www.lcia-recipe.net/</p>

Metodología	Creador	Categorías de Impacto Ambiental	Descripción
CML 2001	Centre of Environmental Science (CML)	<ul style="list-style-type: none"> • Potencial de acidificación • Cambio climático • Agotamiento recursos abióticos • Potencial de eutrofización • Potencial de Ecotoxicidad Acuática • Potencial de Toxicidad Humana • Oxidación Fotoquímica • Destrucción de la capa de ozono • Potencial de Ecotoxicidad Terrestre 	<p>Método basado en el anterior CML 1992. Dispone de valores de referencia para la normalización de los indicadores de las categorías de impacto:</p> <p>https://www.universiteitleiden.nl/en/science/environmental-sciences</p>
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio climático 	<p>Este método, cuya definición comenzó en 1988, recoge los factores de caracterización para el potencial del calentamiento global directo debido a emisiones al aire.</p> <p>http://www.ipcc.ch/</p>
TRACI	Environmental Protection Agency (EPA US)	<ul style="list-style-type: none"> • Destrucción capa ozono • Cambio climático • Smog fotoquímico • Acidificación • Eutrofización • Efectos cancerígenos a la salud humana • Efectos no cancerígenos a la salud humana • Polución a la salud humana • Ecotoxicidad • Agotamiento de combustibles fósiles 	<p>Desarrollado en 1995, supone una herramienta informática para la evaluación de las 12 categorías de impacto que constituyen el método. Muchas de los mecanismos ambientales que soportan las categorías de impacto están importados de otras metodologías, como Eco-indicador 99 y CML2001. Aunque TRACI tiene definidos los pasos de normalización y ponderación, hoy en día no dispone del histórico suficiente de información que le permita realizar estos pasos con suficiente fiabilidad.</p> <p>https://www.epa.gov/chemical-research/tool-reductionand-assessment-chemicals-and-other-environmentalimpacts-traci</p>
IMPACT 2002+	Instituto de tecnología federal suizo de Lausanne (EPFL)	<ul style="list-style-type: none"> • Toxicidad humana • Efectos respiratorios • Radiación ionizante • Destrucción capa ozono • Smog fotoquímico • Ecotoxicidad acuática 	<p>Resulta de una combinación entre las metodologías IMPACT2002, Ecoindicador 99, CML2001 e IPCC.</p> <p>http://www.quantis-intl.com/impact2002.php</p>

Metodología	Creador	Categorías de Impacto Ambiental	Descripción
		<ul style="list-style-type: none"> • Ecotoxicidad del suelo • Acidificación acuática • Acidificación del suelo • Acidificación y eutrofización del suelo • Ocupación del suelo • Cambio climático • Energías no renovables • Uso de recursos 	

A pesar de ser una relación extensa, no todas las metodologías cubren todas las sustancias que se pueden encontrar en un inventario, esto puede dar lugar a que algunos métodos no incluya ciertas materias primas como categorías de impacto (16).

2.1.1.5. Bases de datos.

La elaboración del inventario de Análisis de Ciclo de Vida requiere una gran cantidad de datos, que consisten en identificar y cuantificar las entradas y salidas del sistema en estudio; desde la cantidad de materia prima, energía y recursos de transporte, así como las emisiones al aire, agua y suelo del sistema. Este proceso es el más complejo del Análisis de Ciclo de Vida porque requiere tiempo y recursos para realizarlo y generalmente resulta difícil disponer de datos adecuados para el sistema del producto de estudio. En los últimos años se han desarrollado diversas bases de datos que facilitan la elaboración de los inventarios y brindan una mayor fiabilidad sobre los datos de las materias primas y emisiones en el inventario del ciclo de vida.

El objeto de la base de datos es proporcionar los datos más relevantes, confiables, transparentes y accesibles para el Análisis de Ciclo de Vida, la calidad de los datos se mantiene mediante un sistema de validación y revisión rigurosa (17).

Al seleccionar la base de datos es importante evaluar: la procedencia geográfica de los datos, la facilidad de manejo, el manejo de distintos métodos de evaluación de impactos, la trazabilidad de los resultados y el costo de adquisición.

Cabe destacar que Ecoinvent es la base de datos reconocida como la mayor y más consistente en el mercado. Es transparente con

el acceso a los datos de los procesos, las relaciones matemáticas y parámetros utilizados para calcular las cantidades de los intercambios en los conjuntos de datos. Además, contiene información para la mayoría de las industrias, ofrece frecuentes actualizaciones y brinda una amplia documentación disponible en línea.

Los procesos disponibles en Ecoinvent abarcan los campos de la producción de energía, la extracción de recursos, químicos, papel, agricultura, servicios de transporte y gestión de residuos. Incluye también procesos de construcción y materiales como madera, pinturas, pegamentos, vidrio, metal, aislamiento, sistemas fotovoltaicos y colectores solares (17).

Así mismo la base de datos Agribalyse se construyó con dos objetivos principales, el primero fue el de construir una base de datos LCI para poder proporcionar datos para el etiquetado ecológico de los productos alimenticios, el segundo es el de compartir esos para que permitan a las industrias agrícolas y alimentarias la evaluación de su cadena de producción y de esta manera poder reducir los impactos ambientales; esta base de datos te entrega 136 conjuntos de datos LCI para arable, animales de granja y productos hortícolas. Los límites del sistema para el Agribalyse son de la cuna a puerta de la granja (18).

2.1.1.6. Herramientas de software ACV.

Existe una amplia variedad de herramientas de software para realizar el Análisis de Ciclo de Vida, las cuales tienen como

componentes principales una base de datos y las metodologías de Evaluación de Impacto del Ciclo de Vida.

A continuación, se describe las herramientas más utilizadas, según ROSCO (15):

- SimaPro: *“desarrollado en Holanda y comercializado por Pre’consulting. Utiliza bases de datos BUWAL 250 e incluye ecoindicadores como el Ecoindicador’99”* (15).
- GaBi: *“desarrollado en Alemania, este programa permite recrear procesos simples y procesos parametrizados que permiten simular entradas y salidas más complejas e incluso asociar costes a los flujos”* (15).
- Umberto: *“desarrollado en Alemania, se caracteriza por su gran calidad de datos y transparencia de los resultados, cuenta con una gran librería de procesos estándar”* (15).
- Team: *“comercializado por Ecobalance, con origen compartido europeo-estadounidense. Es uno de los programas más potentes y flexibles. No dispone de guía paso a paso y permite la introducción de información relativa a costes”* (15).

En un estudio elaborado entre los usuarios en Europa y Norteamérica sobre la utilización del Análisis de Ciclo de Vida, se muestra que los principales usos del ACV (ver figura 5) son estudios sobre la fabricación, construcción y en materiales de producción; y la realización del ACV con fines académicos (19)

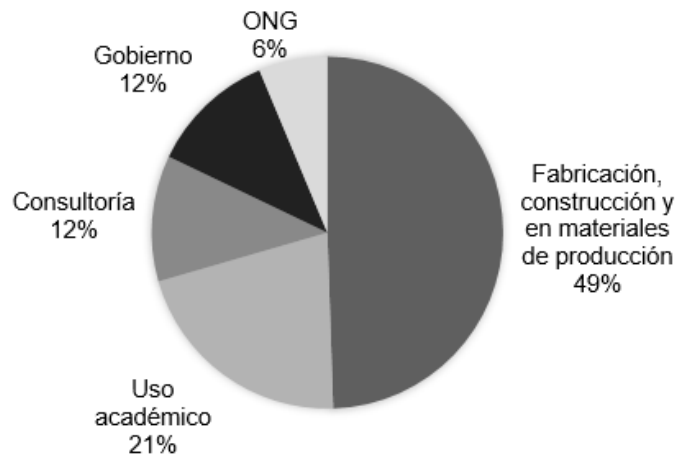


Figura 5. Aplicaciones de Análisis de Ciclo de Vida.
Fuente: (19).

Además, el 69% de los usuarios utilizan un software de uso generalizado disponible en el mercado para el análisis e interpretación de los datos de inventario y de los impactos. De estos, el 56% utilizan Gabi, el 30% SimaPro, el 12% Team y el resto usan BEES, ECO-IT, Umberto (19).

En el año 2006, GreenDelta desarrollo un software especializado para efectuar el análisis de ciclo de vida, llamado openLCA. Sus principales características son:

- Surgió como iniciativa de Pre Consultants y PE International, en la que participan instituciones como CML University of Leiden, University of Berkeley, EPFL Lausanne, Harvard School of Public Health, Sylvatica (Montreal), Universität Wuppertal, Joint Research Centre of the European Commission y el Centre de Ressources des Technologies pour l'Environnement (CRTE) de Luxemburgo (5).

- Es un software reciente, pero con un notable incremento en su adquisición por distintas empresas.
- Es un software de código abierto, lo que permite utilizar, cambiar, mejorar el software y redistribuirlo, ya sea en su forma modificada o en su forma original.
- Disponible de forma gratuita vía web.
- Proporciona una amplia variedad de bases de datos del ciclo de vida.
- Permite importar con facilidad nuevas bases de datos.

2.1.1.7. Simulación Monte Carlo:

El cálculo de la incertidumbre mediante la simulación Monte Carlo es posible en el openLCA, las distribuciones de incertidumbre que se definen en los flujos, parámetros y factores de caracterización se tienen en cuenta para la simulación con excepción la del producto de referencia del sistema. Esta herramienta simula un rango probable de resultados dado un conjunto de condiciones variables y se puede aplicar dentro de una evaluación de riesgos (20).

2.1.1.8. Categorías de Impacto.

Las categorías de impacto son los efectos sobre el medio ambiente que causan los aspectos ambientales del sistema o producto en estudio. Los efectos serán seleccionados y definidos según el

potencial de impacto que pueda generar el sistema o producto en estudio.

Las categorías de impacto se agrupan según los parámetros asociados a los flujos de entradas y salidas del sistema. El centro de Ciencias Ambientales (CML) de la universidad de Leiden – Holanda clasifico algunas de estas categorías de impacto; este método creado en 2001 por la universidad antes mencionada contiene más de 1700 flujos diferentes. El método CML 2001 se divide en línea de base y no línea de base, siendo la primera quien contiene las categorías de impacto más comunes que se usan en un análisis de ciclo de vida. A continuación, mostramos las categorías de CML 2001 (línea de base), metodología empleada en la investigación:

- ✓ Potencial de acidificación
- ✓ Cambio climático
- ✓ Agotamiento recursos abióticos
- ✓ Potencial de eutrofización
- ✓ Potencial de ecotoxicidad acuática de agua dulce
- ✓ Potencial de toxicidad humana
- ✓ Oxidación fotoquímica
- ✓ Destrucción de la capa de ozono
- ✓ Potencial de ecotoxicidad terrestre
- ✓ Potencial de ecotoxicidad acuática marina
- ✓ Irradiación ionizante
- ✓ Uso del suelo
- ✓ Mal olor (aire)

CATEGORIA DE IMPACTO	UNIDAD
Potencial de acidificación - genérico	Expresado en kg de dióxido de azufre equivalente (kg SO ₂ -Eq)
Cambio climático - GWP 100a	Expresado en kg de dióxido de carbono equivalente (kg CO ₂ -Eq)
Potencial de eutrofización - genérico	Expresado en kg de fosfato equivalente (kg PO ₄ -Eq)
Ecotoxicidad acuática de agua dulce - FAETP infinita	Expresado en kg de 1,4-diclorobenceno equivalente (kg 1.4-DCB-Eq)
Toxicidad humana - HTP infinito	Expresado en kg de 1,4-diclorobenceno equivalente (kg 1.4-DCB-Eq)
Radiación ionizante - radiación ionizante	Expresado en años de vida sometidos a una incapacidad (DALYs)
Uso del suelo - competencia	Expresado en metros cuadrados – área (m ² a)
Mal olor del aire - mal olor del aire	Expresado en metros cúbicos de aire (m ³ air)
Ecotoxicidad acuática marina - MAETP infinita	Expresado en kg de 1,4-diclorobenceno equivalente (kg 1.4-DCB-Eq)
Oxidación fotoquímica (smog de verano) - alta NOX POCP	Expresado en kg de etileno equivalente (kg ethylene-Eq)
Recursos - agotamiento de los recursos abióticos	Expresado en kg de antimonio equivalente (kg antimony-Eq9)
Agotamiento del ozono estratosférico - ODP estado estable	Expresado en kg de clorofluorocarbonado equivalente (kg CFC-11-Eq)
Ecotoxicidad terrestre - TAETP infinita	Expresado en kg de 1,4-diclorobenceno equivalente (kg 1.4-DCB-Eq)

Figura 6. Categorías de Impacto CML 2001
Fuente:openLCA.

2.1.2. Cerveza.

2.1.2.1. Definición de la cerveza.

La cerveza es una bebida alcohólica no destilada elaborada por medio de la fermentación de una solución de cereales, donde el almidón es parcialmente hidrolizado y ha conferido por infusión el sabor del lúpulo. *“En un sentido amplio, podemos considerar como cerveza a la bebida preparada a partir de cualquier cereal, pero normalmente el termino se refiere al producto elaborado a partir de malta de cebada, con o sin la adición de otros cereales no malteados”* (21).

A partir de esta mezcla resultan muchos tipos de cerveza que se clasifican por diversos criterios, sin embargo, si se clasifica para el

producto por tipo de fermentación se tiene a las cervezas de fermentación baja “lager” y a las cervezas de fermentación alta “ale”. Esta clasificación de cerveza se distingue en el uso de la temperatura utilizada en el proceso de fermentación (22).

Las principales materias primas utilizadas para la elaboración de la cerveza son: malta de cebada, levadura, agua y lúpulo (22).

2.1.2.2. Historia de la cerveza.

La cerveza es uno de los productos más antiguos de la civilización ya que se cree que ya existía en Mesopotamia y Sumaria en el año 10000 a. C. Sin embargo, la primera evidencia del producto como tal fue encontrada en una escritura del año 2800 a.C. ya que existía el Código de Hmurabi en el que se establecían normas precisas para la fabricación y venta de cerveza (23).

“Los hindúes y los chinos también elaboraban cerveza, así como las civilizaciones precolombinas de América que utilizaban maíz en lugar de cebada, algo similar sucedía en la antigua Britania en donde se elaboraba cerveza a base de trigo malteado” (24).

“En Europa, la cerveza era una bebida muy popular elaborada por las mujeres, como en todas las culturas primitivas y era considerado como un alimento esencial apodado como el “pan liquido” por su alto contenido de nutrientes; en el siglo XIV se realiza el pase de la elaboración de cerveza casera a una fabricación industrial y elaborada en su mayoría por hombres, en esta época, se

asienta la fabricación y el consumo monetario de esta bebida como un privilegio soberano” (24).

El clima del norte de Europa es frío y más propicio para el cultivo y conservación de la bebida, los países nórdicos como Alemania o Inglaterra favorecieron la producción y conservación de cerveza frente a la del vino, y estas regiones se convirtieron en renombradas productoras de cerveza (25).

La materia prima en la elaboración de la cerveza es la cebada, cuya existencia se remonta al año 3000 a.C.; otro de los componentes en la elaboración de la cerveza es el lúpulo, este ingrediente fue añadido a la receta en la Edad Media cuando la vida urbana giraba en torno a la iglesia católica, las abadías, monasterios y conventos, estas agrupaciones fomentan la elaboración, perfeccionamiento y popularidad sustituyendo una gran cantidad de hierbas por el lúpulo (25).

2.1.2.3. Cerveza en América Latina.

La historia de la cerveza en América latina inicia hace más de 7000 años atrás en México desde que los amerindios cultivaban maíz. Se desconoce la fecha exacta en la que comenzaron a fermentar este grano, pero, *“en las cartas de viaje de Cristóbal Colon se documenta que los indígenas le ofrecieron al conquistador una bebida fermentada a base de maíz, ya que como en la historia europea, la cerveza era símbolo de tradición y elogio hacia los invitados” (25).*

En el estudio elaborado por la organización Mundial de la Salud (OMS), en el año 2015 América Latina y el Caribe consumió 2,2 litros de alcohol puro más que el promedio mundial. Los países que más consumen en la región son Chile, Argentina y Venezuela mientras que el país con menos consumo es El Salvador. Perú ocupa el sexto lugar en este estudio (26).

2.1.2.4. Historia de la Cerveza Artesanal.

La cerveza artesanal tiene su origen a finales de la década de los 70 en el Reino Unido, y fue utilizada para describir a una generación de pequeñas cervecerías que se enfocaban en la producción tradicional de ale (cerveza de fermentación alta), mismas que por estas características pronto serían renombradas como micro cervecerías o brewpubs (27).

“Originalmente el término “micro cervecería” fue utilizado para describir el tamaño de las cervecerías, gradualmente paso a reflejar una actitud y un enfoque alternativo a la flexibilidad en la producción de cerveza, adaptabilidad y atención al cliente. Este concepto llegó a los Estados Unidos en la década de los 80, donde fue utilizado eventualmente para designar a aquellas cervecerías que producen menos de 15000 litros de cerveza por año” (27).

La industria cervecera artesanal a nivel global fundamenta su producción en la ley de la Pureza Alemana, que, de acuerdo con la Brewers Association, dictamina que para que una cerveza sea considerada artesanal, tiene que estar compuesta únicamente por

agua, malta de cebada, lúpulo y levadura. Además, su producción total debe ser menor a 7 millones de barriles al año, ser con independiente y tener capital familiar, es decir, no ser parte de una empresa transnacional (27).

Actualmente, las micro cervecerías adoptaron por una estrategia de mercadotecnia diferente a la de compañías de cerveza industrial, ofreciendo productos que compiten por su calidad y diversidad, en lugar de precios bajos y publicidad.

2.1.2.5. Cerveza Artesanal en el Perú.

“En el Perú se puede disfrutar de una variada oferta de cervezas artesanales. Se producen a partir de insumos naturales, libres de preservantes y conservantes, destacando que cada maestro cervecero tiene su propia receta secreta, lo que permite tener diversidad de sabores en el mercado” (28).

- **Elaboración de cerveza artesanal.**

Se elabora en pequeños lotes y casi siempre sin pasteurización, siendo sus ingredientes principales: agua, levadura, malta y lúpulos. Una de sus características principales es que no posee aditivos artificiales y químicos, a diferencia de la cerveza industrial (28).

La preparación es manual, desde el molido de las maltas hasta el embotellamiento. El tratamiento y selección de materia prima (cebada, agua, lúpulo y levadura) es exhaustivo y la

elaboración necesita una mínima ayuda de maquinarias. Cada maestro cervecero maneja su propia fórmula, una mezcla única que le permite obtener un producto de exquisito cuerpo, aroma y sabor (28).

- **Cifras en el Perú.**

“El mercado de la cerveza artesanal aún se encuentra en expansión en nuestro país. Se vende anualmente aproximadamente 1 millón y medio de litros, cuyos precios oscilan entre 15 y 20 soles por litro. Si bien es cierto la cerveza artesanal representa únicamente el 0.01 % del mercado total de cervezas, es un producto con alto potencial” (28).

“Si hablamos ya de cifras de cerveza en general, en tierras peruanas esta bebida es líder en consumo en comparación con las demás bebidas alcohólicas. Según la Cámara de Comercio de Lima, el consumo por persona es de 47 litros al año, lo que representa un promedio de 6 cajas de cerveza anuales por persona. Esto demuestra el potencial de este mercado con miras al futuro. Otra cifra para considerar es que, en 2016, los peruanos gastaron S/ 428.50 en cerveza, S/ 100 más que 5 años antes” (28).

- **Cadena Productiva.**

Entre los grandes beneficiados con la producción de cerveza artesanal en Perú están los agricultores de los andes, quienes siembran ingredientes básicos para su elaboración como la cebada. Gracias a ellos empieza la cadena productiva.

A pesar de que es más costosa que la industrial, las nuevas recetas que combinan diferentes tipos de lúpulo, maltas y granos andinos hacen que la cerveza artesanal continúe creciendo en producción y demanda (29).

2.1.2.6. Cerveza Wayayo

La cerveza Wayayo se elaborada con agua pura de manantial, con cebadas, lúpulos y levaduras de la mejor calidad. Además, cuentan con equipos cerveceros diseñados y fabricados en el valle del Mantaro con conocimientos y mano de obra local. Cuentan con un área de ingeniería de producción dirigida por el maestro cervecero Ing. Eduardo Quispe quien dirige todas sus operaciones, en el barrio San Pedro de Yauyo en la provincia de Chupaca al sur de Huancayo (30).

El grupo Wayayo cuenta con las siguientes marcas:

- Kuntur - indian pale ale
- Puka wira - red ale
- Muchik - blonde ale
- Yana waska

Las cuales se distinguen por el agregado de diferentes plantas aromáticas.

2.1.2.7. Descripción del proceso de producción de la cerveza Wayayo.



Figura 7. Proceso de producción de la cerveza Wayayo.
Fuente: Planta de producción de la cerveza Wayayo.

Los insumos que usa esta planta de producción son: malta, agua, lúpulo y levadura, entre tanto el proceso de envasado tiene como insumos la botella de 330 ml y tapas de aluminio.

El proceso de producción de la cerveza Wayayo inicia con la molienda de la malta, continua con la maceración en la cual se mezcla la malta molida y el agua manteniendo la mezcla a una temperatura de 70 °C, continua con el filtrado de la mezcla, para poder realizar seguidamente la cocción usando 0.06 kg de Gas, en dicha mezcla también se agregará el lúpulo, una vez cocida la mezcla esta es llevada a sedimentación y enfriamiento, para luego ponerla a fermentar agregando levadura, para dejarla madurar en cilindros durante un mes, para finalmente ser envasada en botellas de vidrio de 330 ml y sellarlos con una tapa de aluminio.

2.2. Definición de términos básicos

Ciclo de vida: es el proceso que abarca desde el nacimiento hasta la muerte de un organismo o proceso.

Análisis de ciclo de vida: es el análisis que se desarrolla para investigar y evaluar los impactos ambientales de un servicio o producto durante las etapas de su producción.

Cerveza Artesanal: son cervezas sin ningún tipo de aditivo ni conservante, es producida a base de cebada, agua, lúpulo y levadura.

Impacto ambiental: es el efecto que ocasiona la actividad humana sobre el medio ambiente.

Potencial de acidificación: es la tendencia del elemento a volverse acidificante.

Cambio climático: es el cambio de clima el cual es atribuido a la actividad humana, la que altera la composición de la atmósfera.

Agotamiento recursos abióticos: es la pérdida de los recursos abióticos.

Potencial de eutrofización: es la tendencia al enriquecimiento de nutrientes de un ecosistema acuático.

Potencial de ecotoxicidad acuática: tendencia a dañar a organismos acuáticos.

Potencial de toxicidad humana: tendencia a dañar la vida humana.

Oxidación fotoquímica: es la reacción de los óxidos con la presencia de la radiación ultravioleta de los rayos del sol.

Potencial de ecotoxicidad terrestre: tendencia a dañar el ambiente terrestre.

Radiación ionizante: es la radiación con energía suficiente para ionizar la materia.

Uso del suelo: es el uso que se le puede dar a la superficie tales como forestal, agrícola, etc.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método y alcance de la investigación

3.1.1. Método de la investigación.

A. Método general o teórico de la investigación

Se utilizará como método general el método deductivo, analítico y comparativo. Método Deductivo; para deducir los impactos ambientales que ocasiona el proceso productivo (31). Además, el método analítico: Se utiliza para evaluar los impactos ambientales que se producirán. Y el método comparativo, para una contrastación de mejora del desempeño ambiental del modelo de producción propuesto (32).

B. Método específico de la investigación

Partiremos del método del cual se basa en la norma ISO 14040:2006 (10), en el que se define el objetivo, el alcance del estudio y la recopilación de datos de inventario para realizar el análisis de los impactos ambientales. Se realiza el análisis del inventario y evaluación del ciclo de vida para el proceso de producción de la cerveza Wayayo.

La herramienta informática utilizada para realizar el Análisis de Ciclo de Vida es el software openLCA versión 1.7., mientras que el método usado para la evaluación del impacto del ciclo de vida es el CML 2001, se considera el estudio de las categorías: potencial de acidificación, cambio climático, agotamiento de recursos abióticos, potencial de eutrofización, potencial de ecotoxicidad acuática de agua dulce, potencial de ecotoxicidad acuática marina, potencial de toxicidad humana, oxidación fotoquímica, destrucción de la capa de ozono, potencial de ecotoxicidad terrestre, radiación ionizante, uso del suelo y mal olor del aire.

Se hace uso de la base de datos Ecoinvent versión 3.4 y la base de datos Agrobalyse 1.3. para realizar el análisis del inventario y la evaluación del impacto del Ciclo de Vida, el alcance del estudio es “De la cuna a la puerta” (14) puesto que se considera los procesos de extracción de materia prima y producción de la cerveza Wayayo; no se consideraron los co-productos resultantes de los procesos de elaboración de la cerveza artesanal; así como el transporte de las materias primas a la cervecería; el ciclo de vida de la infraestructura de la planta; los procesos de distribución y consumo del producto terminado

3.1.2. Alcances de la investigación.

A. Tipo de investigación

La investigación es experimental, porque se realiza la manipulación de la variable independiente, para analizar las consecuencias que tiene dicha manipulación sobre la variable dependiente, con el fin de mejorar el Desempeño Ambiental y con ello mejorar la eficiencia del proceso de producción de la cerveza Wayayo (33).

B. Nivel de investigación

La investigación es explicativa, porque se realiza la manipulación de una de las variables, para analizar las consecuencias que tiene esta manipulaciones parte de su interés el explicar de qué manera la variable independiente (proceso para la producción de 53.4525 kg de la cerveza Wayayo) influye en la variable dependiente (desempeño ambiental); de esta manera se buscará explicar de qué manera el proceso de producción de la cerveza Wayayo influye en el Desempeño Ambiental de la misma y como se puede mejorar el desempeño ambiental (31).

3.2. Diseño de la investigación

En la investigación se desarrollará la manipulación de las variables. Es así como la variable independiente (proceso para la producción de 53.4524 kg de la cerveza Wayayo) será manipulada con el cambio de envase utilizado, para analizar las consecuencias que tenga sobre la variable dependiente (desempeño ambiental).

3.2.1. Tipo del diseño de investigación.

En esta investigación el tipo de diseño de investigación es Experimental verdadero, puesto que se realizará la manipulación de la variable independiente (proceso para la producción de 53.4524 kg de la cerveza Wayayo) para luego poder analizar el cambio en la variable dependiente (desempeño ambiental), existiendo manipulación y control de variables (31).

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población.

Proceso de producción de la cerveza – Industria cervecera

3.3.2. Muestra.

Proceso para la producción de 53.4524 kg de la cerveza Wayayo envasada en botellas de vidrio marrón.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se utilizó información recopilada en la visita a la planta de producción de la cerveza Wayayo, ubicado en la provincia y distrito de Chupaca, también se realizó la consulta debida a las fuentes bibliográficas, logrando así poder recolectar datos a base de observaciones y conclusiones teóricos vinculados al tema de investigación.

3.4.1. Instrumentos de recolección de datos.

Los instrumentos que son utilizados para esta investigación son definidos de acuerdo con el trabajo que es realizado, el tratamiento de datos utiliza una computadora con el Software openLCA y con la base de datos de

Ecoinvent y Agribalyse para de esta forma poder obtener los impactos ambientales que generan este proceso y por ende su desempeño ambiental.

3.4.2. Técnicas de recolección de datos.

Las técnicas para la recolección de los datos empleadas son la observación Directa y la revisión bibliográfica (bibliotecas) (34), las cuales se detallan a continuación:

- En primer los datos son recolectados en la planta de producción de la cerveza, atreves de la observación directa.
- Estos datos son llevados a gabinete para poder realizar cálculos en relación con la muestra que se usara y a su vez son contrastados con la revisión bibliográfica para mejorar su calidad y precisión.
- Los datos son ingresados a openLCA, para poder ser procesados junto a la base de datos del Ecoinvent y Agribalyse 1.3.
- Con los resultados del proceso anterior, se analiza las correcciones que se puedan realizar al sistema de producción.
- Realizado los cambios o mejoras a este sistema de producción los datos son reingresados en busca de que el proceso tenga un mejor desempeño ambiental.

CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS Y RESULTADOS

4.1. Alcance del sistema

4.1.1. Unidad Funcional.

La unidad funcional es de 53.4524 kg de cerveza artesanal envasada en botella no retornable color marrón.; lo que supone que los datos del inventario y evaluación corresponden a 100 botellas de cerveza artesanal envasadas.

4.1.2. Límites del sistema.

Los procesos que se consideran para el análisis de ciclo de vida son: producción de materias primas (malta de cebada y lúpulo), molienda de la malta, maceración, filtración, cocción, sedimentación, enfriamiento, fermentación, maduración y envasado, tal como se muestra la **figura 8**, siendo este un análisis de ciclo de vida de la **cuna a la puerta**.

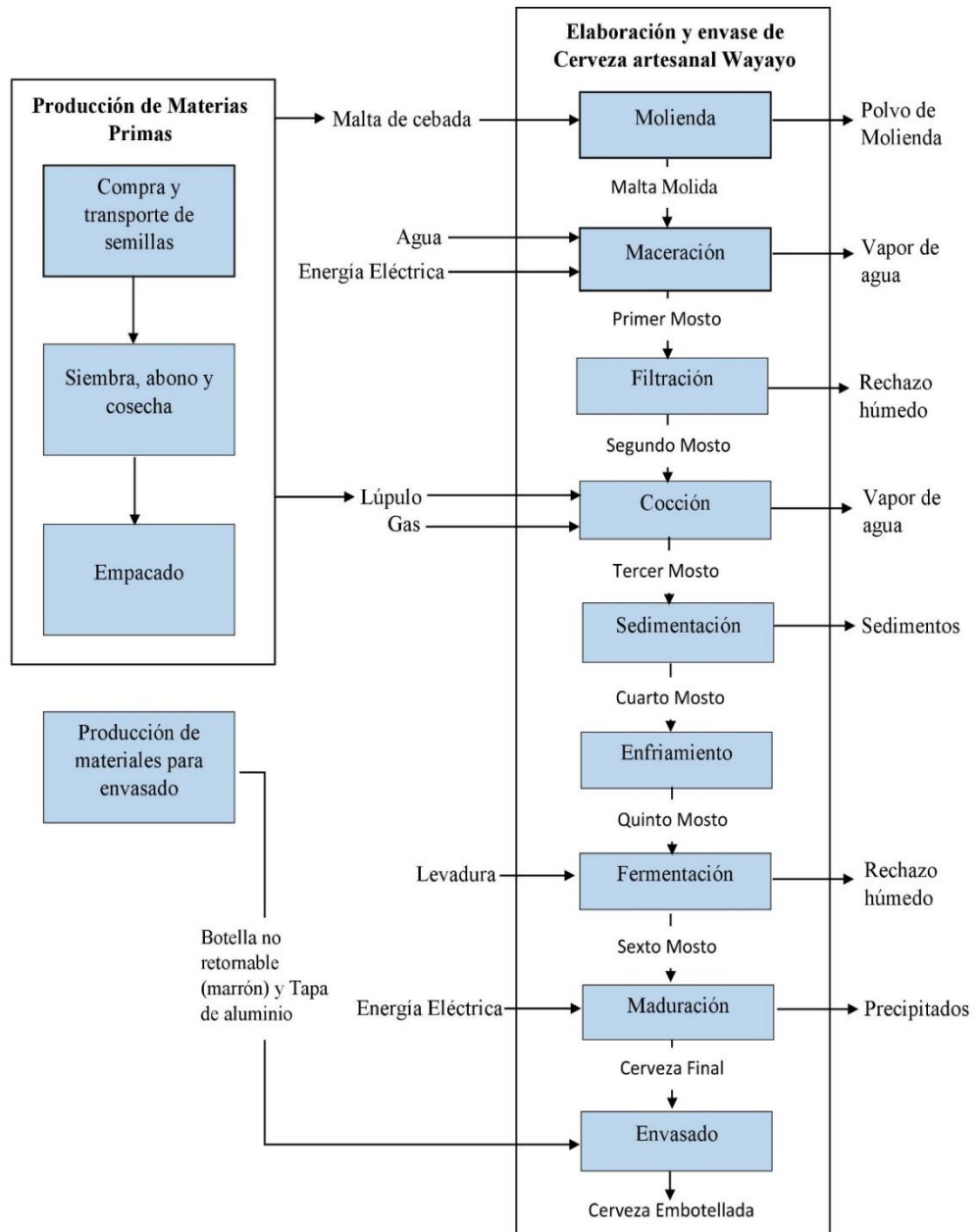


Figura 8. Flujos del proceso de producción de la cerveza artesanal Wayayo
Fuente: Elaboración Propia.

Dentro del análisis de ciclo de vida no se consideraron los co-productos resultantes de los procesos de elaboración de la cerveza artesanal; así como el transporte de las materias primas a la cervecería; el ciclo de vida de la infraestructura de la planta; los procesos de distribución y consumo del producto terminado.

4.2. Datos para la producción de 53.4524 kg de cerveza Wayayo

Los datos del balance de masa para esta investigación fueron calculados de acuerdo con los datos brindados en la planta de producción y la revisión de fundamentos teóricos para corroborarlos (inventario de ciclo de vida). Obteniendo así los siguientes datos:

A. Molienda.

Tabla 2.
Balance de masa para la molienda.

COMPONENTES	ENTRADAS (kg)		SALIDAS (kg)	
	A0	A1	B0	
Malta	0.120000	0.118800	0.001200	
Total	0.120000	0.118800	0.001200	
Balance	0.120000	0.120000		

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

A0: Malta (Grano)

A1: Malta Molida

B0: Polvo de Molienda

En la tabla 2, se muestra el balance de masa para la molienda, donde se pierde el 1% como polvo de molienda.

B. Maceración.

Tabla 3.
Balance de masa para la maceración.

COMPONENTES	ENTRADAS (kg)		SALIDAS (kg)	
	A1	B1	C1	B2
Malta	0.118800	0.000000	0.10890	0.00000
Agua	0.000000	0.450000	0.405000	0.045000
Total	0.118800	0.450000	0.523800	0.045000
Balance	0.568800		0.568800	

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

A1: Malta

B1: Agua

C1: Primer Mosto

B2: Vapor de Agua

En la tabla 3, se muestra el balance de masa Durante el proceso de Maceración, para este balance se tuvo en consideración que se tiene la pérdida del 10% de agua, se usa también 33.080043 kW/h de Energía Eléctrica buscando mantener a 70°C la mezcla.

C. Filtración.

Tabla 4.

Balance de masa para la filtración.

COMPONENTES	ENTRADAS (kg)		SALIDAS (kg)	
	C1	C2	R1	
Malta	0.118800	0.039600	0.079200	
Agua	0.405000	0.364500	0.040500	
Total	0.523800	0.404100	0.119700	
Balance	0.523800	0.523800		

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

C2: Segundo Mosto.

R1: Rechazo Húmedo.

En la tabla 4, se observa el balance para el proceso de filtración, en el que se tuvo en cuenta la pérdida de 66.66% de la malta y 10% del agua.

D. Cocción.

Tabla 5.
Balance de masa para la Cocción.

COMPONENTES	ENTRADAS (kg)		SALIDAS (kg)	
	C2	Lp	C3	B3
Malta	0.039600	0.000000	0.039600	0.000000
Agua	0.364500	0.000000	0.328050	0.036450
Lúpulo	0.000000	0.000660	0.000220	0.000440
Total	0.404100	0.000660	0.367870	0.036890
Balance	0.404760		0.404760	

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

Lp: Lúpulo

C3: Tercer Mosto

B3: Vapor de Agua

La tabla 5, muestra el balance de masa para el proceso de Cocción, donde se tiene en cuenta la pérdida del 10% de agua y 66.66% de lúpulo. Además, se utiliza 0.06 kg de gas para lograr la cocción de la mezcla.

E. Sedimentación.

Tabla 6.
Balance de masa para la Sedimentación.

COMPONENTES	ENTRADAS (kg)	SALIDAS (kg)	
	C3	C4	S1
Malta	0.039600	0.035640	0.003960
Agua	0.328050	0.301806	0.026244
Lúpulo	0.000220	0.000121	0.000099
Total	0.367870	0.337567	0.030303
Balance	0.367870	0.367870	

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

C4: Cuarto Mosto

S1: Sedimentos

La tabla 6, contiene el balance de masa para el proceso de sedimentación en la cual se perdió 10% de malta, 8% de agua y 45% de Lúpulo.

F. Enfriamiento.

Tabla 7.
Balance de masa para el Enfriamiento.

COMPONENTES	ENTRADAS (kg)		SALIDAS (kg)	
	C4		C5	
Malta	0.035640		0.035640	
Agua	0.301806		0.301806	
Lúpulo	0.000121		0.000121	
Total	0.337567		0.337567	
Balance	0.337567		0.337567	

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

C5: Quinto Mosto

La tabla 7, muestra el balance de masa para el proceso de enfriamiento, proceso en el cual no se tiene perdida alguna.

G. Fermentación.

Tabla 8.
Balance de masa para la Fermentación.

COMPONENTES	ENTRADAS (kg)		SALIDAS (kg)	
	C5	Lv	C6	R2
Malta	0.035640	0.00000	0.032076	0.003564
Agua	0.301806	0.00000	0.298788	0.003018
Lúpulo	0.000121	0.00000	0.000121	0.000000
Levadura	0.000000	0.000165	0.000022	0.000143
Total	0.337567	0.000165	0.331007	0.006725
Balance	0.337732		0.337732	

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

C6: Sexto Mosto

Lv: Levadura

R2: Rechazo Húmedo

La tabla 8, contiene el balance de masa para el proceso de Fermentación en el cual se pierde 10% de malta, 1% de agua y 86.5% de levadura.

H. Maduración.

Tabla 9.
Balance de masa para la Maduración.

COMPONENTES	ENTRADAS (kg)		SALIDAS (kg)	
	C6	C7	R3	
Malta	0.032076	0.031114	0.000962	
Agua	0.298788	0.297294	0.001494	
Lúpulo	0.000121	0.000121	0.000000	
Levadura	0.000022	0.000007	0.000016	
Total	0.331007	0.328535	0.002472	
Balance	0.331007	0.331007		

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

C7: Cerveza Final

R3: Precipitados

La tabla 9, muestra el balance de masa para el proceso de maduración, proceso en el cual se pierde 3% de malta, 0.5% de agua y 70% de levadura. Además, se utiliza 6.595195 kW/h para llevar la mezcla a 3°C para una óptima maduración. Donde resulta como contenido final 0.328535 kg de cerveza, lo que hace un aproximado de 330 ml de esta.

I. Envasado.

Tabla 10.
Balance para el envasado.

COMPONENTES	ENTRADAS (kg)			SALIDAS (kg)
	C7 (Total)	Botella de vidrio de 330 ml	Tapas de Aluminio	CE
Cerveza Final	0.328535	0.000000	0.000000	0.328535
Botella de Aluminio (330 ml)	0.000000	0.204221	0.000000	0.204221
Tapa de Aluminio	0.000000	0.000000	0.001768	0.001768
Total	0.328535	0.204221	0.001768	0.534524
Balance	0.534524			0.534524

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

CE: Cerveza Embotellada

La tabla 10, presenta el balance final de masa para el proceso de envasado, proceso en el cual además se realiza la colocación de la tapa de aluminio a la botella.

4.3. Resultados de tratamiento de datos en openLCA

A continuación, mostramos los resultados del tratamiento de datos obtenidos, en esta ocasión para la producción de 53.4524 kg de cerveza, lo que vendría ser la cantidad necesaria para la producción de 100 botellas de cerveza de 330 ml cada una.

4.3.1. Resultados generales para la producción de 100 botellas de cerveza.

Los resultados que se mostraran a continuación son de la evaluación de los impactos que genera por la producción de 100 botellas de cerveza Wayayo.

Tabla 11.
Resultados del tratamiento de datos en openLCA (por categorías de impactos ambientales)

Categoría de Impacto	Variante	Unidad
Potencial de acidificación - genérico	2.27515E-01	kg SO2-Eq
Cambio climático - GWP 100a	2.95719E+01	kg CO2-Eq
Potencial de eutrofización - genérico	6.37579E-02	kg PO4-Eq
Ecotoxicidad acuática de agua dulce - FAETP infinita	7.16007E+00	kg 1.4-DCB-Eq
Toxicidad humana - HTP infinito	2.04276E+01	kg 1.4-DCB-Eq
Radiación ionizante - radiación ionizante	3.73759E-08	DALYs
Uso del suelo - competencia	2.29825E+01	m ² a
Mal olor del aire - mal olor del aire	7.49447E+05	m ³ air
Ecotoxicidad acuática marina - MAETP infinita	3.94715E+04	kg 1.4-DCB-Eq
Oxidación fotoquímica (smog de verano) - alta NOX POCP	7.65957E-03	kg ethylene-Eq
Recursos - agotamiento de los recursos abióticos	2.83176E-01	kg antimony-Eq
Agotamiento del ozono estratosférico - ODP estado estable	4.04162E-06	kg CFC-11-Eq
Ecotoxicidad terrestre - TAETP infinita	2.46961E-01	kg 1.4-DCB-Eq

Fuente: Elaboración Propia openLCA

En la tabla 11, se muestran los resultados del tratamiento de datos obtenidos en la planta de producción, esto con ayuda del software openLCA y

la base de Datos Ecoinvent 3.4 y Agribalyse, donde se muestra las categorías de impacto, las unidades y los valores obtenidos.

4.3.2. Resultados de contribución a cada categoría de impacto.

A continuación, se muestra los resultados del tratamiento de datos para la producción de 53.4524 (100 botellas), resultados por categoría de impacto y contribuyentes.

a. Cambio climático

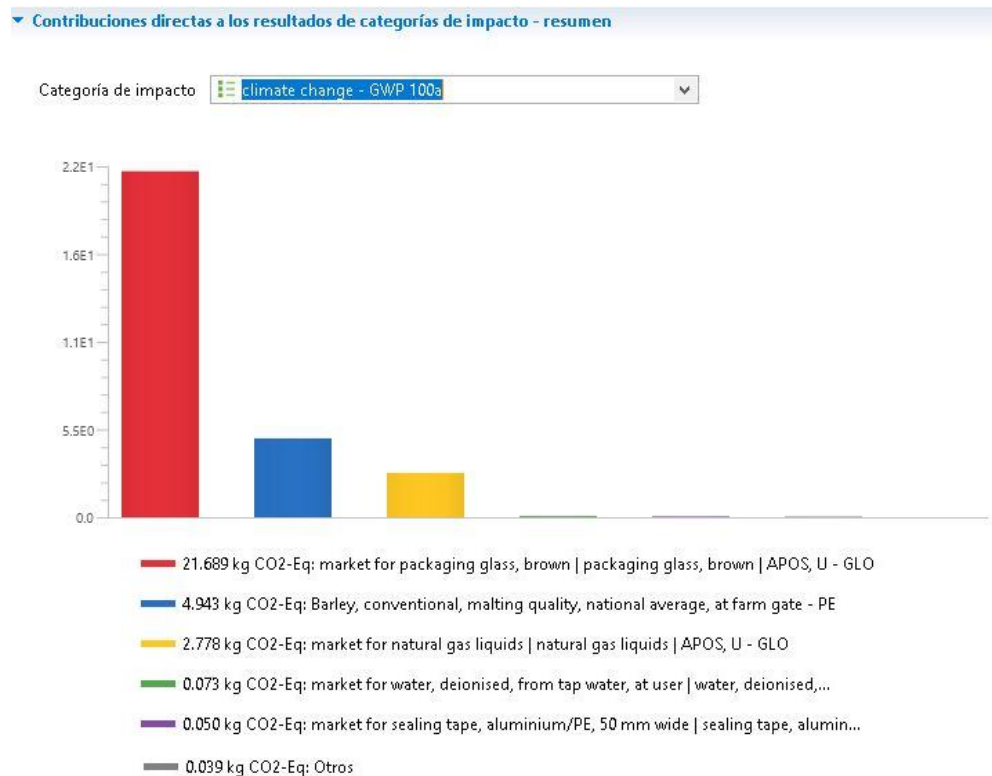


Figura 9. Contribuciones al cambio climático GPW-100años para la producción de 53.4524 kg de cerveza (100 botellas).

Fuente: Elaboración propia openLCA.

La figura 9, muestra a los contribuyentes a la categoría de impacto de Cambio Climático, donde se observa que el mayor contribuyente es el envase de vidrio color marrón, el cual aporta 21.689 kg CO₂-Eq, seguido de la malta de cebada la cual aporta 4.943 kg CO₂-Eq; es decir el vidrio de color marrón

contribuye con el 73.34% de emisiones y la malta de cebada aporta con el 16.72 %.

b. Potencial de eutrofización.

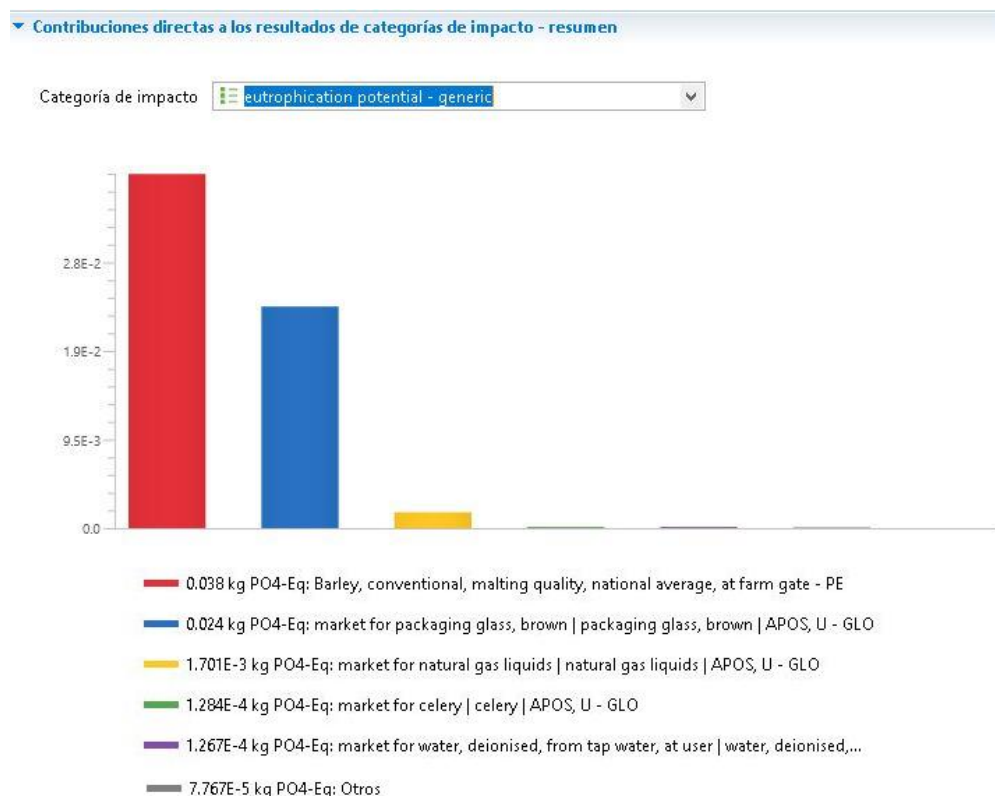


Figura 10. Contribuciones a la categoría de Potencial de Eutrofización (kg PO₄-Eq) para la producción de 53.4524 kg de cerveza (100 botellas).
Fuente: Elaboración propia openLCA.

En la figura 10, se detallan los resultados de los contribuyentes a la categoría de impacto de Potencial de Eutrofización en el cual se observa que el mayor contribuyente es la malta con 0.038 kg PO₄-Eq, seguida del envase de vidrio color marrón con 0.024 kg PO₄-Eq; es decir la malta contribuye con el 54.83% de emisiones y el envase de vidrio de color marron aporta 34.63%.

c. Ecotoxicidad Acuática de agua dulce.

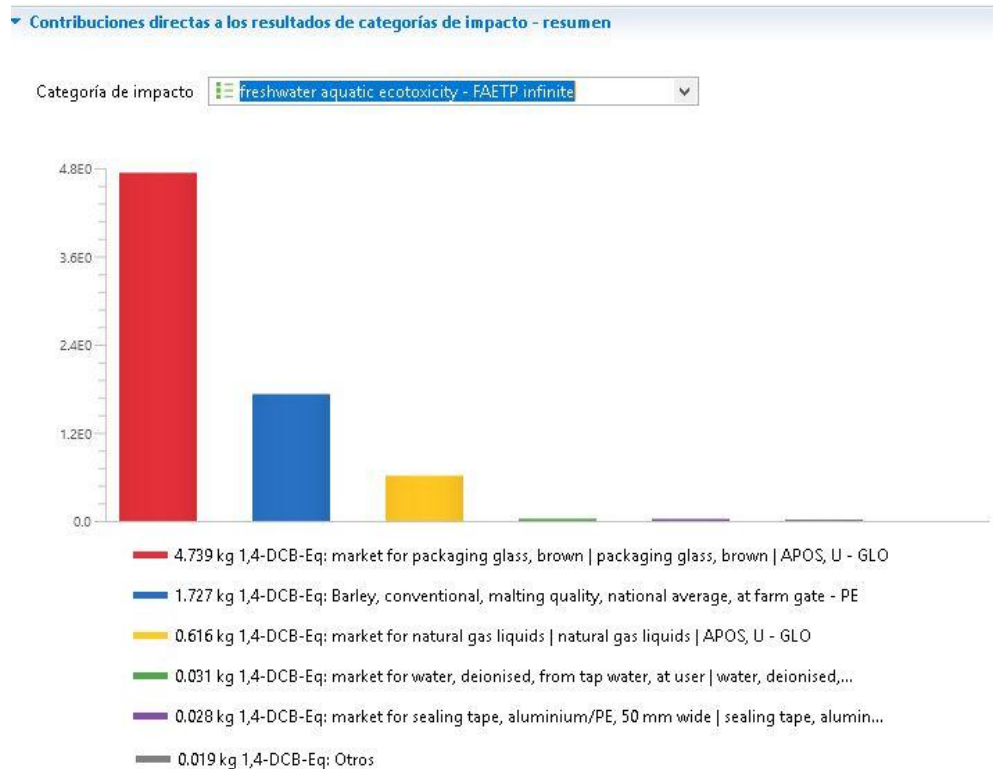


Figura 11. Contribuciones a la categoría de Ecotoxicidad Acuática de agua dulce (Kg 1,4-DCB-Eq) para la producción de 53.4524 kg de cerveza (100 botellas).
Fuente: Elaboración propia openLCA.

En la figura 11, se muestra la relación de contribuyentes a la categoría de Ecotoxicidad Acuática de agua dulce, donde el mayor contribuyente es el envase de vidrio color marrón con 4.739 kg 1,4-DCB-Eq, seguido de la malta 1.727 kg 1,4-DCB-Eq; es decir el envase de vidrio color marrón contribuye con el 66.19% de emisiones y la malta aporta el 24.12%.

d. Toxicidad Humana.

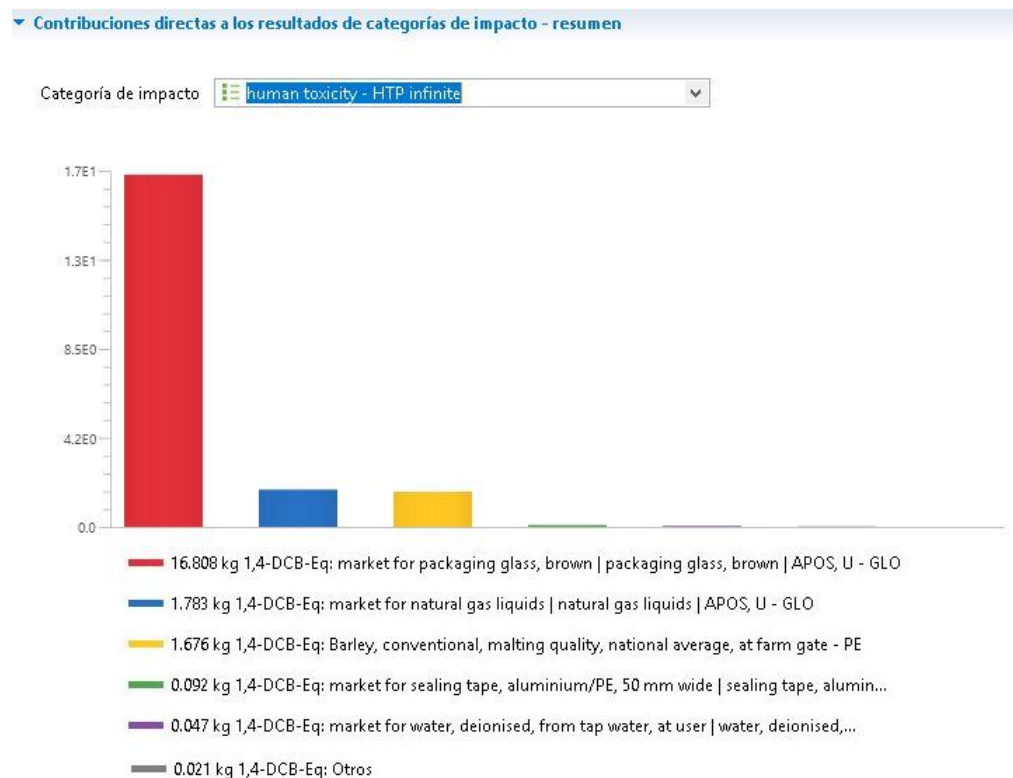


Figura 12. Contribuciones a la categoría de Toxicidad Humana (HTP inf) para la producción de 53.4524 kg de cerveza (100 botellas).
Fuente: Elaboración propia openLCA.

En la figura 12, se observa las contribuciones a la categoría de Toxicidad Humana donde el principal contribuyente es el envase de vidrio de color marrón con 16.808 kg 1,4-DCB-Eq, seguido del GLP con 1.783 kg 1,4-DCB-Eq; es decir en envase de vidrio color marrón contribuye con el 82.28% de emisiones y el GLP aporta el 8.73%.

e. Radiación Ionizante.

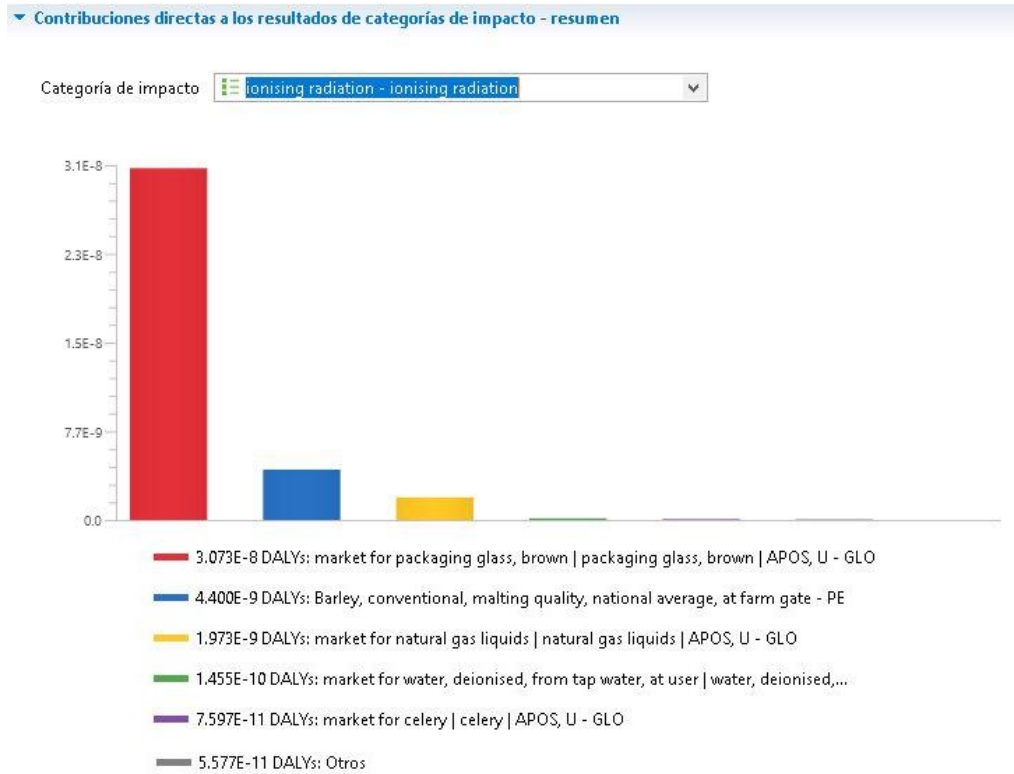


Figura 13. Contribuciones a la categoría de Radiación Ionizante (DALYs) para la producción de 53.4524 kg de cerveza (100 botellas).
Fuente: Elaboración propia openLCA.

En la figura 13, se muestra los resultados de los contribuyentes a la categoría de radiación ionizante, donde el principal contribuyente es el 3.073E-8 DALYs, seguido de la malta con 4.400E-9 DALYs; es decir el envase de vidrio color marrón contribuye con el 82.30% de emisiones y la malta aporta el 11.78%.

f. Uso de Suelo.

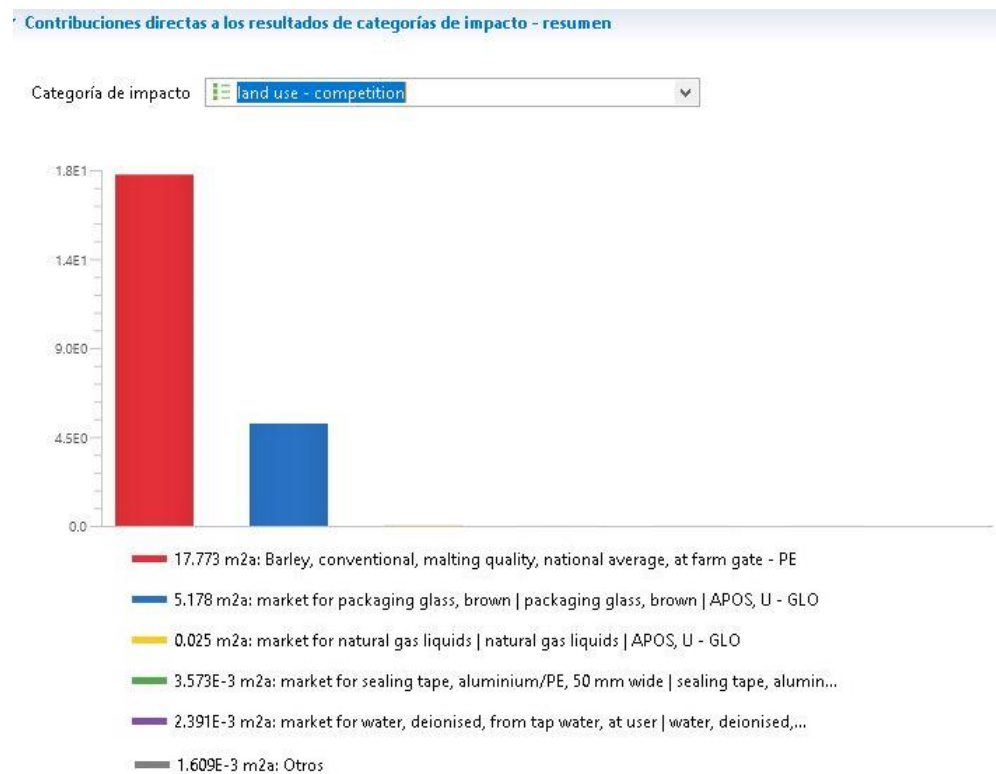


Figura 14. Contribuciones a la categoría de Uso de suelo (m^2) para la producción de 53.4524 kg de cerveza (100 botellas).

Fuente: Elaboración propia openLCA.

La figura 14, se observa los resultados de los contribuyentes a la categoría de Uso de Suelo, donde el mayor contribuyente es la malta con 17.773 m^2 , seguido del envase de vidrio color marrón con 5.178 m^2 ; es decir la malta contribuye con el 77.33% de emisiones y el envase de vidrio color marrón aporta el 22.53%.

g. Mal Olor del Aire.

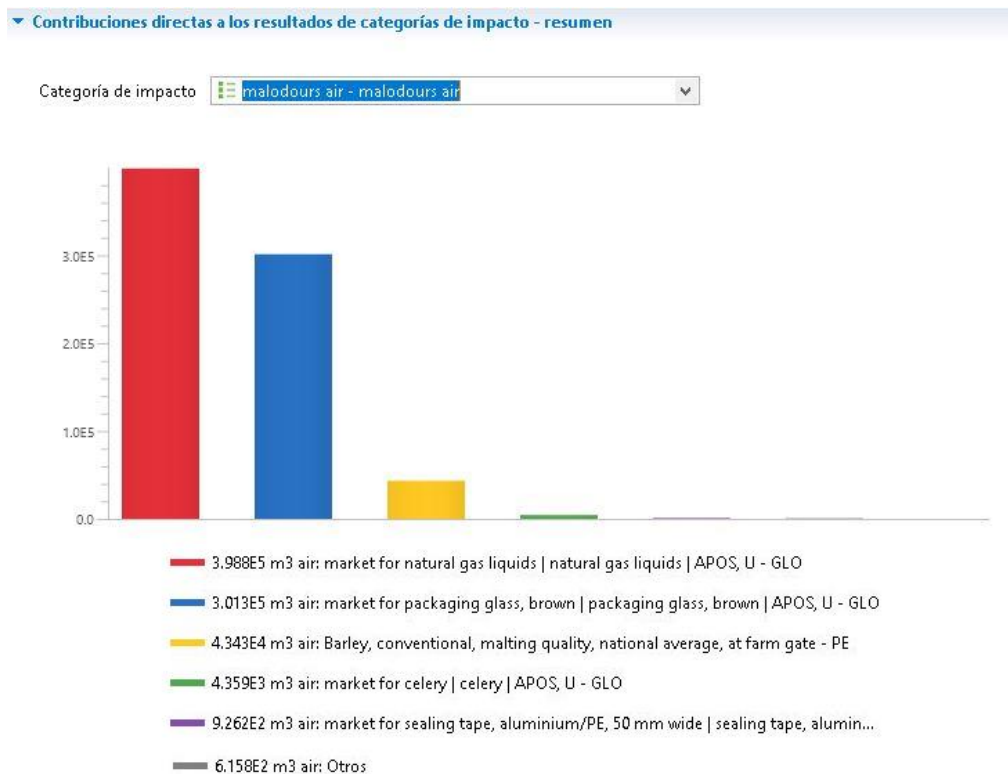


Figura 15. Contribuciones a la categoría mal olor del aire (m³) para la producción de 53.4524 kg de cerveza (100 botellas).

Fuente: Elaboración propia openLCA.

En la figura 15, se muestran los resultados de los contribuyentes a la categoría de mal olor del aire, donde el mayor contribuyente es el GLP con 398800 m³, seguido del envase de vidrio color marrón 301300 m³; es decir el GLP contribuye con el 53.21% de emisiones y el envase de vidrio color marrón aporta el 40.20%.

h. Ecotoxicidad Acuática Marina.

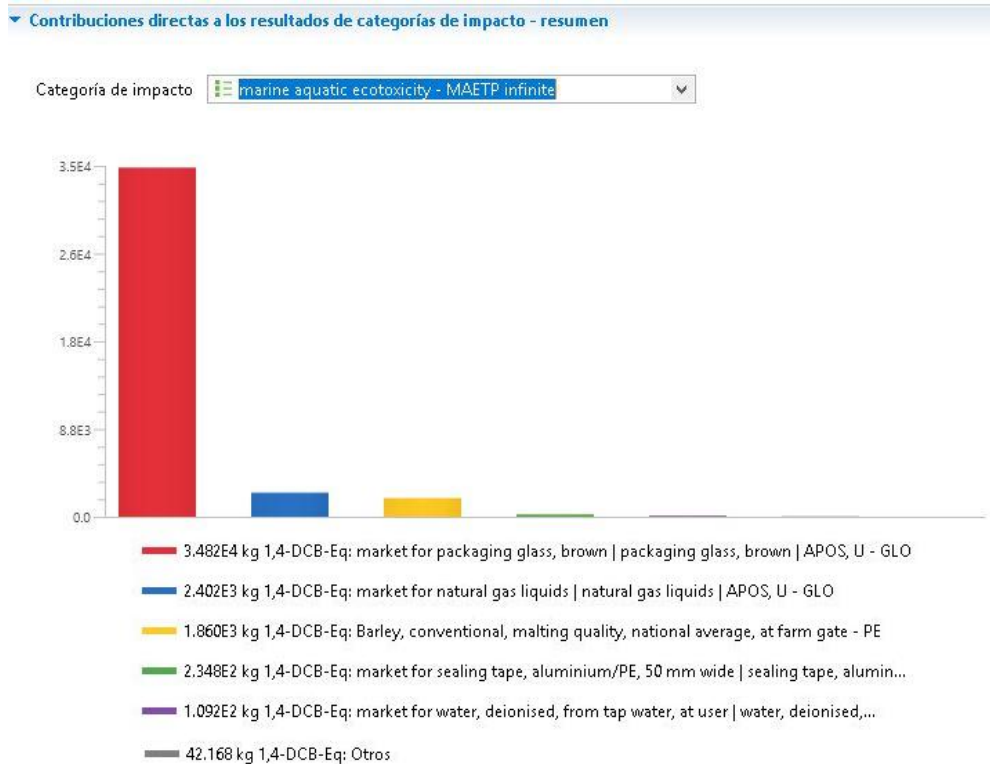


Figura 16. Contribuciones a la categoría de Ecotoxicidad Acuática Marina para la producción de 53.4524 kg de cerveza (100 botellas).
Fuente: Elaboración propia openLCA.

En la figura 16, se muestra los resultados de los contribuyentes al impacto de ecotoxicidad acuática marina, donde el mayor contribuyente es el envase de vidrio color marrón con 3.482E4 kg 1,4-DCB-Eq, seguido del GLP con 2.402E3 1,4-DCB-Eq; es decir el envase de vidrio contribuye con el 88.22% de emisiones y el GLP aporta el 6.09%.

i. Potencial de Oxidación.

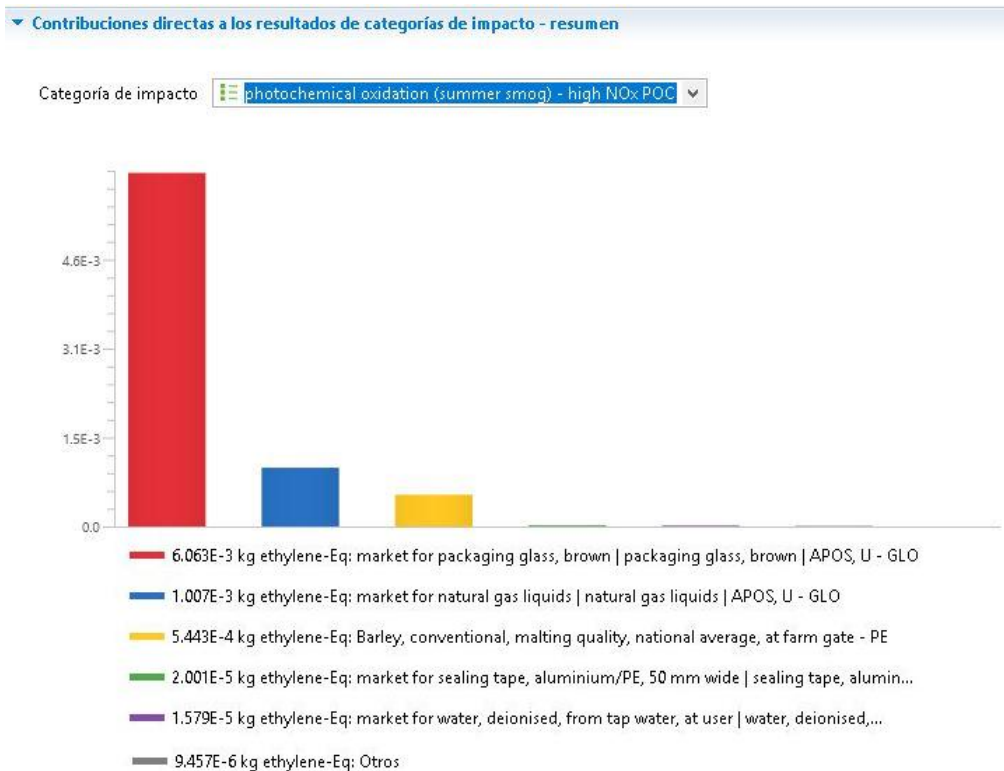


Figura 17. Contribuciones a la categoría Potencial de Oxidación para la producción de 53.4524 kg de cerveza (100 botellas).

Fuente: Elaboración propia openLCA.

En la figura 17, se muestran los resultados para la categoría potencial de Oxidación, donde el principal contribuyente es el envase de vidrio color marrón con 6.063E-3 kg ethylene-Eq, seguido del GLP con 1.007E-3 kg ethylene-Eq; es decir el envase de vidrio color marrón contribuye con el 79.16% de emisiones y el GLP aporta el 13.15%.

j. Agotamiento de Recursos Abióticos.

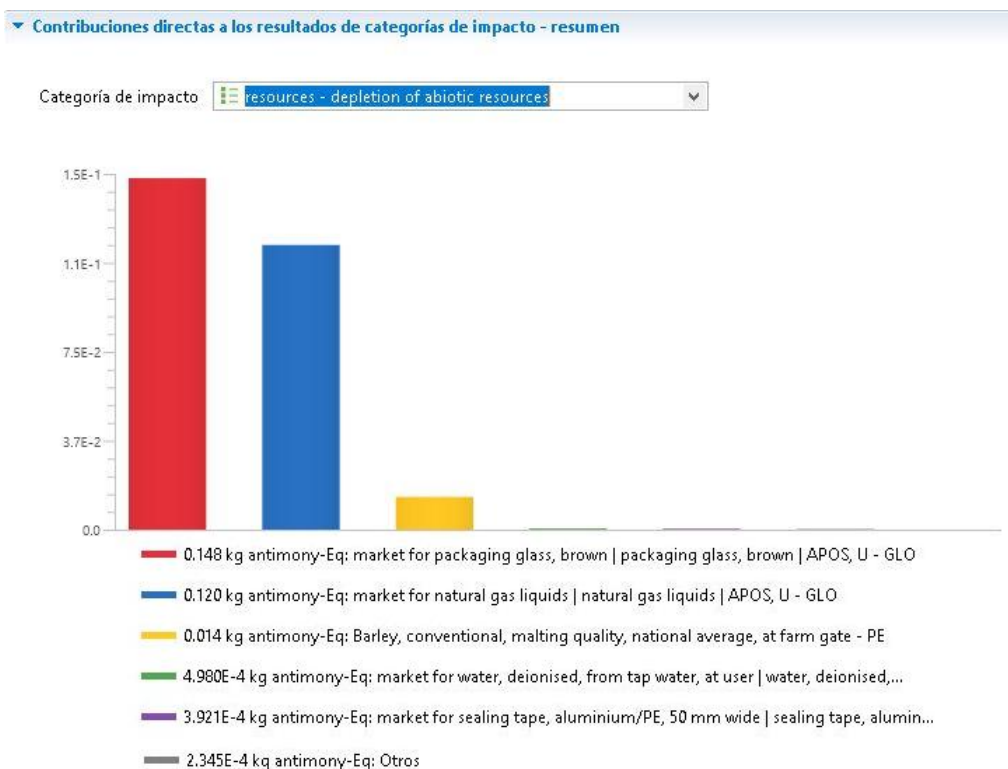


Figura 18. Contribuciones a la categoría de Agotamiento de Recursos Abióticos para la producción de 53.4524 kg de cerveza (100 botellas).
Fuente: Elaboración propia openLCA.

En la figura 18, se observan los resultados de la categoría de Agotamiento de Recursos Abióticos, donde el principal contribuyente es el envase de vidrio de color marrón con 0.148 kg antimonio-Eq, seguido del Gas con 0.120 kg antimonio-Eq; es decir el envase de vidrio color marrón contribuye con el 52.27% de emisiones y el GLP aporta el 42.38%.

k. Agotamiento de la Capa de Ozono.

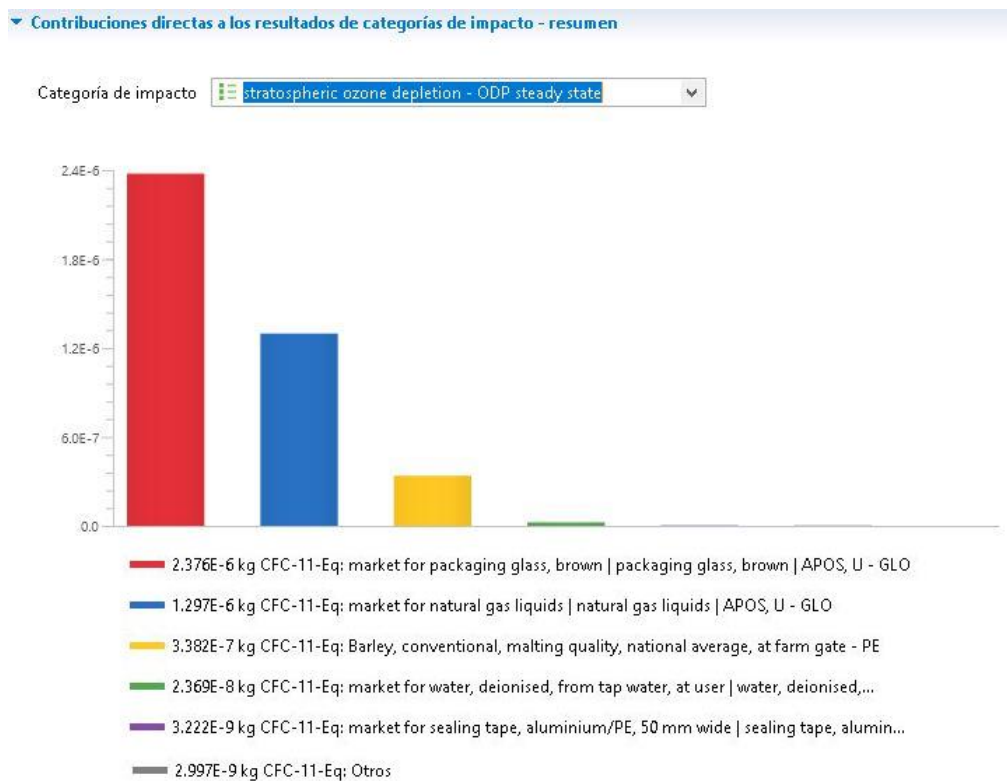


Figura 19. Contribuciones a la categoría de Agotamiento de la Capa de Ozono para la producción de 53.4524 kg de cerveza (100 botellas).
Fuente: Elaboración propia openLCA.

En la figura 19, muestra los resultados de los contribuyentes a la categoría de Agotamiento de la Capa de Ozono, donde el principal contribuyente es el envase de vidrio de color marrón con 2.376E-6 kg CFC-11-Eq, seguido del GLP con 1.297E-6 kg CFC-11-Eq; es decir el envase de vidrio color marrón contribuye con el 58.80% de emisiones y el GLP aporta el 32%.

1. Ecotoxicidad Terrestre.

Contribuciones directas a los resultados de categorías de impacto - resumen

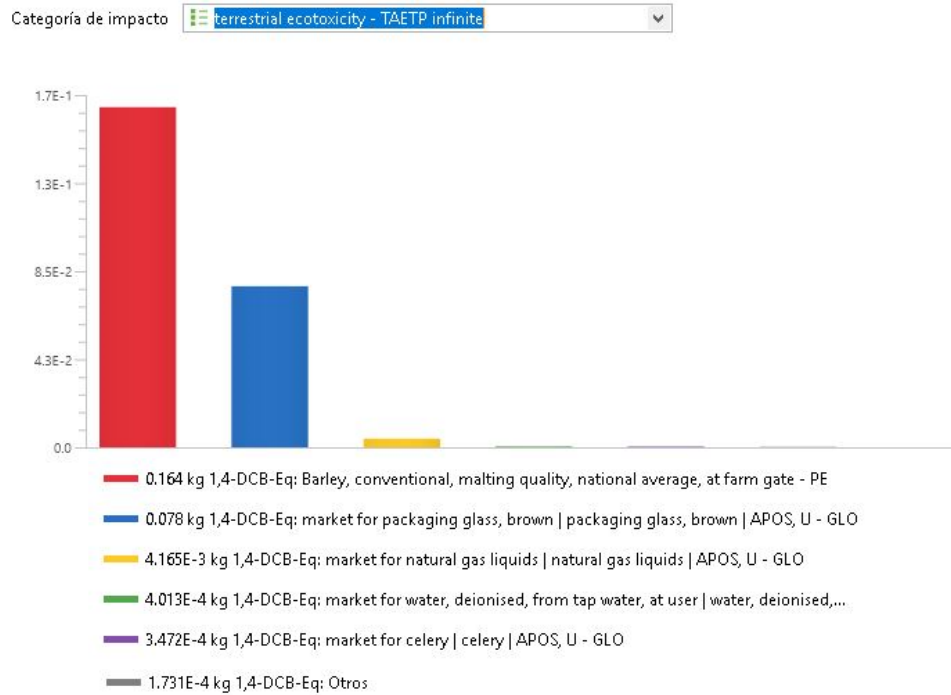


Figura 20. Contribuciones a la categoría de Ecotoxicidad Terrestre para la producción de 53.4524 kg de cerveza (100 botellas).
Fuente: Elaboración propia openLCA.

En la figura 20, se muestra los resultados de los contribuyentes a la categoría de Ecotoxicidad Terrestre, donde el principal contribuyente es la malta con kg 1,4-DCB-Eq, seguido del envase de vidrio color marrón con 0.078 kg 1,4-DCB-Eq; es decir la malta contribuye con el 66.37% de emisiones y el envase de vidrio color marrón aporta con el 31.57%.

m. Potencial de Acidificación.

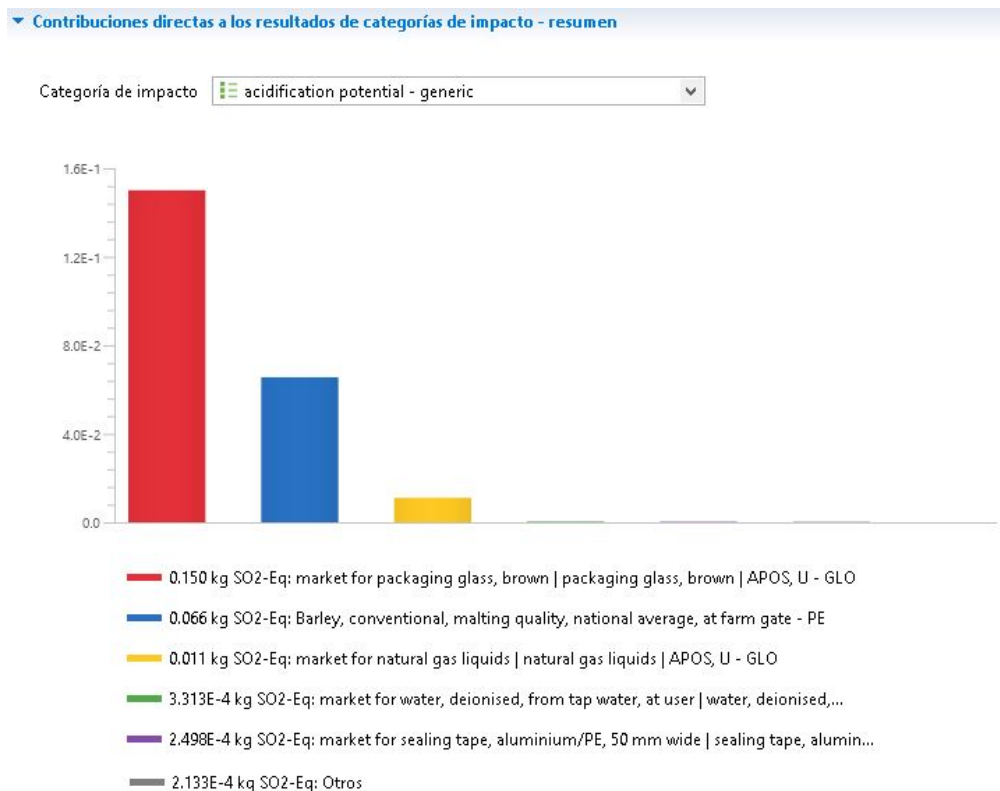


Figura 21. Contribuciones a la categoría Potencial de Acidificación para la producción de 53.4524 kg de cerveza (100 botellas).
Fuente: Elaboración propia openLCA.

En la figura 21, se observan los resultados para la categoría de Potencial de Acidificación, donde la mayor contribución es del envase de vidrio color marrón con 0.150 kg SO₂-Eq, seguido de la malta con 0.066 kg SO₂-Eq; es decir el envase de vidrio color marrón contribuye con el 65.92% de emisiones y la malta aporta el 29.01%.

4.4. Resultados del proceso de Mejora

En los resultados mostrados anteriormente se utilizó para el primer sistema el envase de vidrio color marrón, el cual es el envase actualmente utilizado; para las opciones de mejora en esta oportunidad se eligió modificar el tipo de envase a utilizar como lo son las botellas de vidrio color verde y el de presentación original (transparente), puesto que, en los resultados de los impactos anteriormente vistos se

observa que uno de los mayores contribuyentes en todas las categorías es el envase de vidrio.

Tabla 12.

Comparación de los impactos para la producción de 53.4525 kg de cerveza (100 botellas)

CATEGORIA DE IMPACTO	UNIDAD	VARIANTE 1 (Envase de vidrio marrón)	VARIANTE 2 (Envase de vidrio verde)	VARIANTE 3 (Envase de vidrio transparente)
Potencial de acidificación	kg SO ₂ -Eq	2.28E-01	2.25E-01	2.27E-01
Cambio climático	kg CO ₂ -Eq	2.96E+01	2.89E+01	2.95E+01
Potencial de eutrofización	kg PO ₄ -Eq	6.38E-02	6.32E-02	6.37E-02
Ecotoxicidad acuática de agua dulce	kg 1.4-DCB-Eq	7.16E+00	7.12E+00	7.15E+00
Toxicidad humana	kg 1.4-DCB-Eq	2.04E+01	2.02E+01	2.04E+01
Radiación ionizante	DALYs	3.74E-08	3.71E-08	3.73E-08
Uso del suelo	m ² a	2.30E+01	2.29E+01	2.30E+01
Mal olor del aire	m ³ air	7.49E+05	7.45E+05	7.49E+05
Ecotoxicidad acuática marina	kg 1.4-DCB-Eq	3.95E+04	3.94E+04	3.94E+04
Oxidación fotoquímica - NOX alta	kg ethylene-Eq	7.66E-03	7.58E-03	7.65E-03
Agotamiento de Recursos abióticos	kg antimony-Eq	2.83E-01	2.81E-01	2.83E-01
Agotamiento de la capa de ozono	kg CFC-11-Eq	4.04E-06	4.02E-06	4.04E-06
Ecotoxicidad terrestre	kg 1.4-DCB-Eq	2.47E-01	2.46E-01	2.47E-01

Fuente: Elaboración Propia openLCA

En la tabla 12, se muestra los resultados para cada categoría de impacto en cada una de las variantes, donde la primera variante es con el sistema original con envase de vidrio color marrón, la segunda variante es un sistema con envase de vidrio color verde y la tercera es con envase transparente (blanco), donde se puede determinar que la segunda variante tiene un mejor desempeño ambiental por ser la que ocasiona menos impacto, seguida de la tercera variante y por lo contrario la variante uno es la ocasiona mayores impactos ambientales.

A continuación, mostraremos la comparación de las variantes en cada una de las categorías para una mayor apreciación de estas y elegir la que tenga un mejor desempeño ambiental.

Donde:

Variante 1: envase de color marrón (Brown)

Variante 2: envase de color verde (Green)

Variante 3: envase de color Transparente (White)

a. Potencial de acidificación.

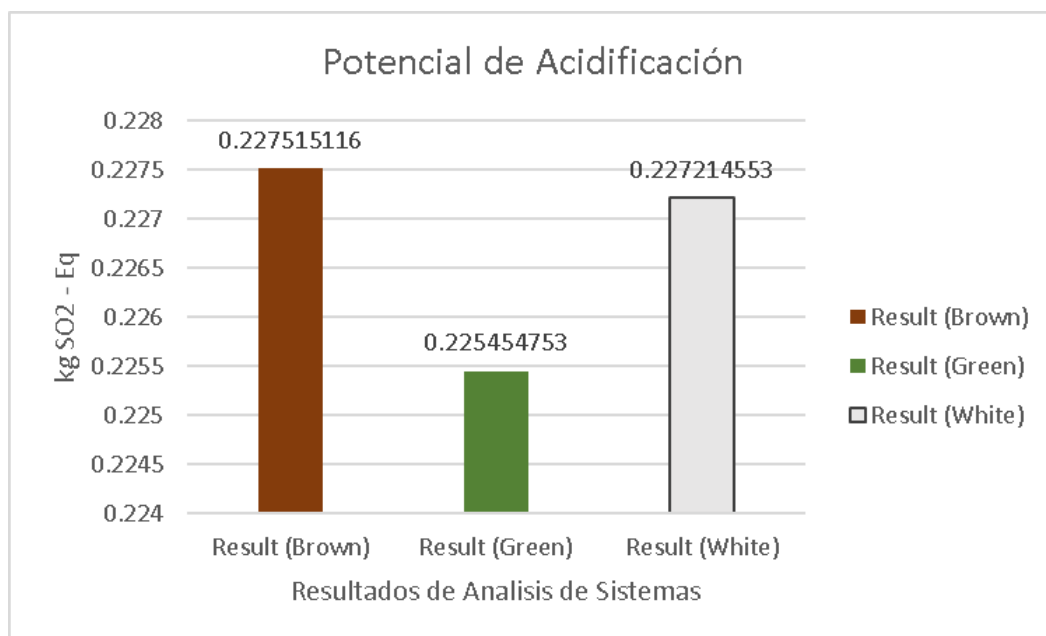


Figura 22. Comparación de las variantes para la categoría Potencial de acidificación.
Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 21, se observa la comparación del resultado de cada una de las variantes para la categoría de potencial de acidificación en la cual se puede distinguir que la variante 2 es la que ocasiona menor impacto (envase verde); seguida de la variante 3 (envase transparente).

b. Cambio climático.

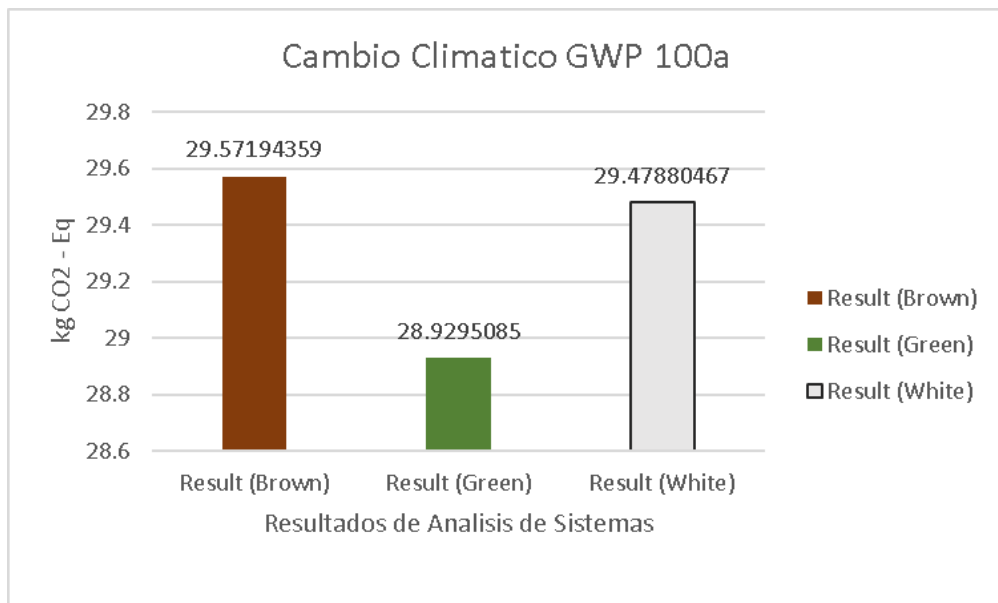


Figura 23. Comparación de las variantes para la categoría Cambio climático.
Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 22, se observa la comparación del resultado de cada una de las variantes para la categoría de cambio climático en la cual se puede distinguir que la variante 2 es la que ocasiona menor impacto (envase verde); seguida de la variante 3 (envase transparente).

c. Potencial de Eutrofización.

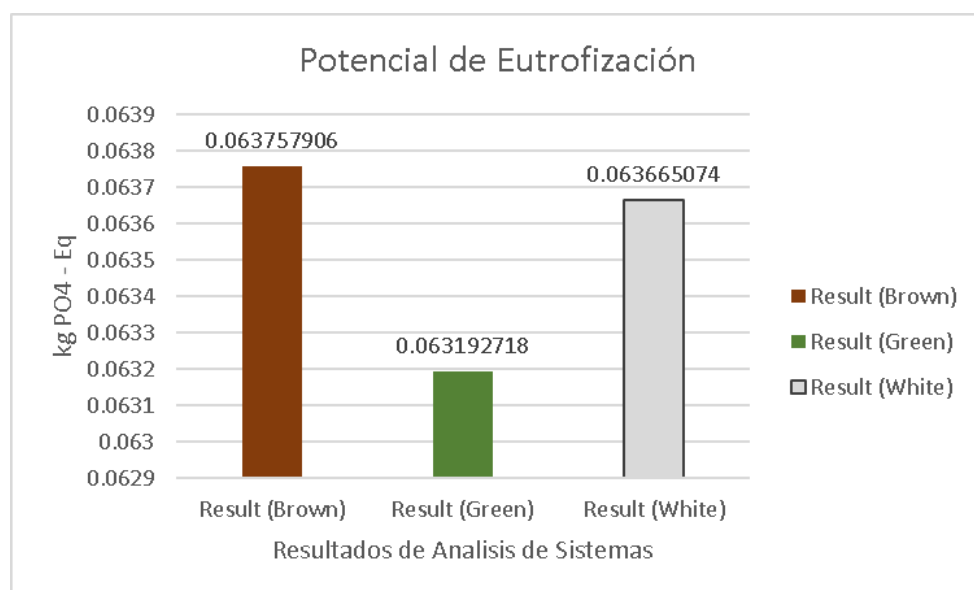


Figura 24. Comparación de variantes para la categoría Potencial de Eutrofización.
Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 23, se observa la comparación del resultado de cada una de las variantes para la categoría de potencial de Eutrofización en la cual se puede distinguir que la variante 2 es la que ocasiona menor impacto (envase verde); seguida de la variante 3 (envase transparente).

d. Ecotoxicidad Acuática de agua dulce.

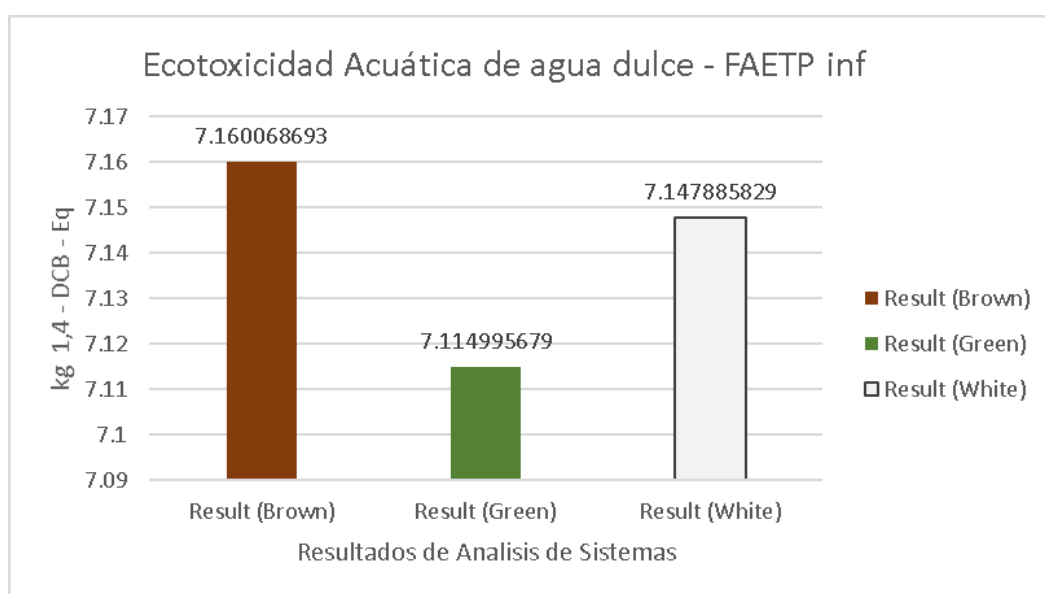


Figura 25. Comparación de las variantes para la categoría Ecotoxicidad Acuática de agua dulce. Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 24, se observa la comparación del resultado de cada una de las variantes para la categoría de ecotoxicidad acuática de agua dulce en la cual se puede distinguir que la variante 2 es la que ocasiona menor impacto (envase verde); seguida de la variante 3 (envase transparente).

e. Toxicidad Humana.

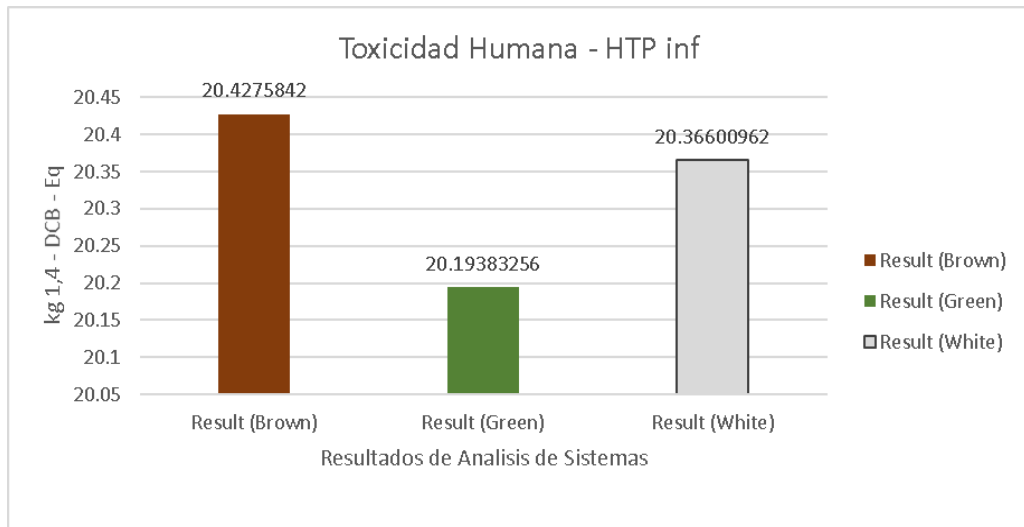


Figura 26. Comparación de las variantes para la categoría Toxicidad Humana.
Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 25, se observa la comparación del resultado de cada una de las variantes para la categoría de toxicidad humana en la cual se puede distinguir que la variante 2 es la que ocasiona menor impacto (envase verde); seguida de la variante 3 (envase transparente).

f. Radiación Ionizante.

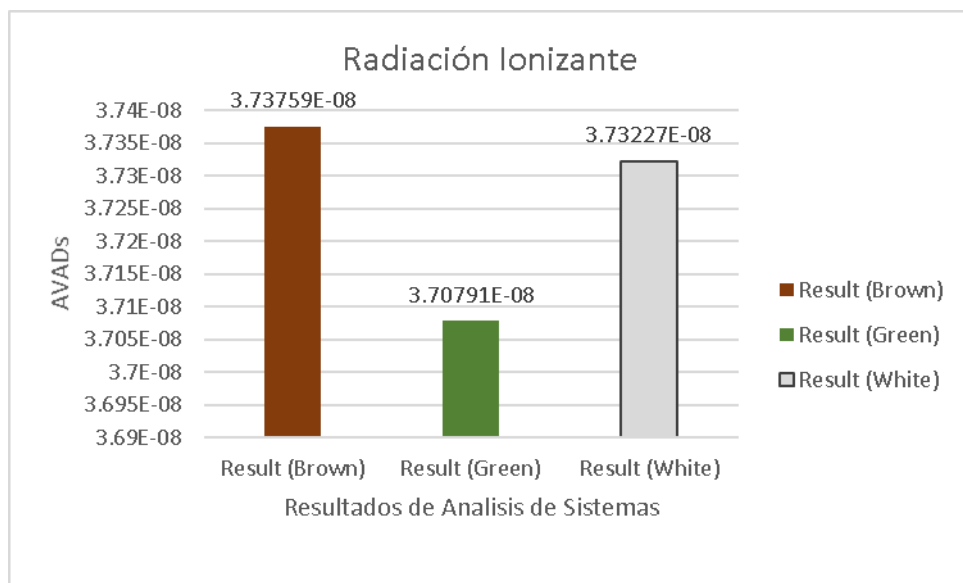


Figura 27. Comparación de las variantes para la categoría Radiación Ionizante.
Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 26, se observa la comparación del resultado de cada una de las variantes para la categoría de radiación ionizante en la cual se puede distinguir que la variante 2 es la que ocasiona menor impacto (envase verde); seguida de la variante 3 (envase transparente).

g. Uso del Suelo.

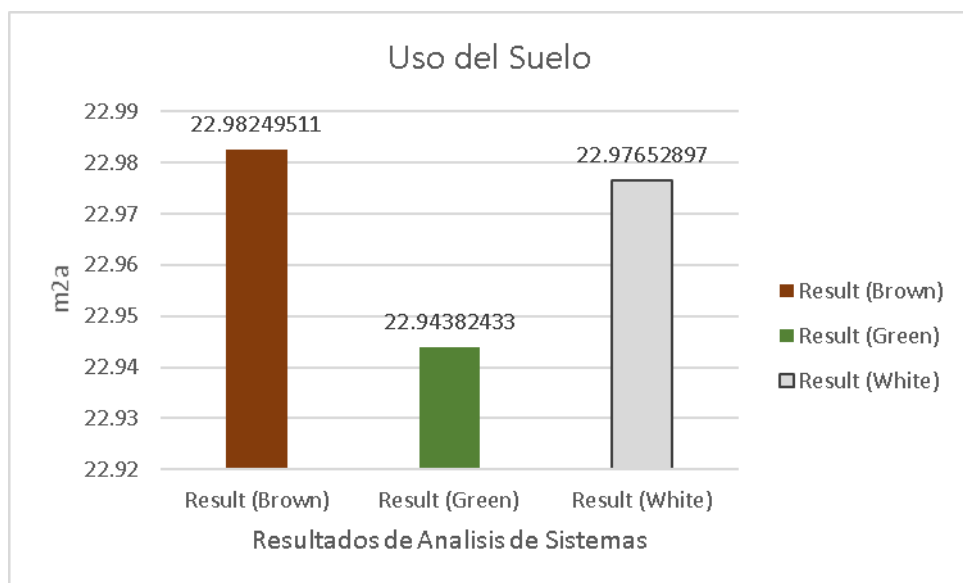


Figura 28. Comparación de las variantes para la categoría Uso de Suelo.
Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 28, se observa la comparación del resultado de cada una de las variantes para la categoría de uso de suelo en la cual se puede distinguir que la variante 2 es la que ocasiona menor impacto (envase verde); seguida de la variante 3 (envase transparente).

h. Mal Olor del Aire.

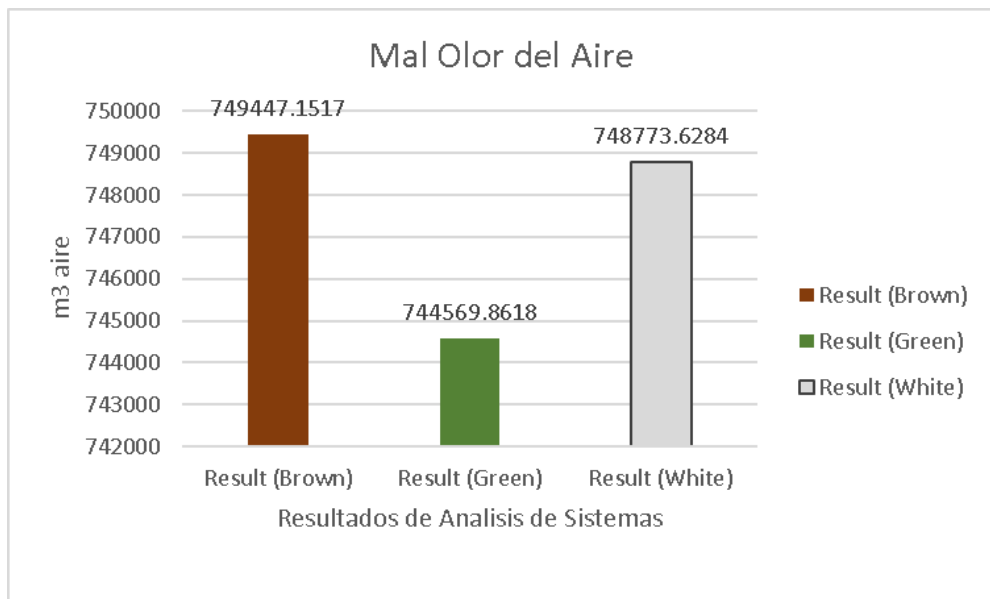


Figura 29. Comparación de las variantes para la categoría Mal Olor del Aire.
Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 28, se observa la comparación del resultado de cada una de las variantes para la categoría de mal olor del aire en la cual se puede distinguir que la variante 2 es la que ocasiona menor impacto (envase verde); seguida de la variante 3 (envase transparente).

i. Ecotoxicidad Acuática Marina.

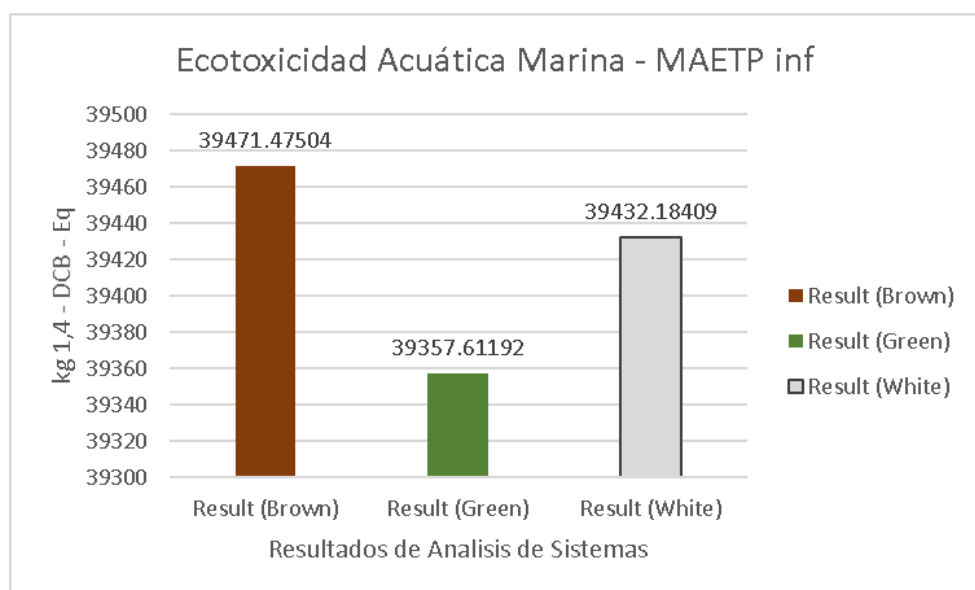


Figura 30. Comparación de las variantes para la categoría Ecotoxicidad Marina.
Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 29, se observa la comparación del resultado de cada una de las variantes para la categoría de ecotoxicidad marina en la cual se puede distinguir que la variante 2 es la que ocasiona menor impacto (envase verde); seguida de la variante 3 (envase transparente).

j. Oxidación Fotoquímica-NOX alta.

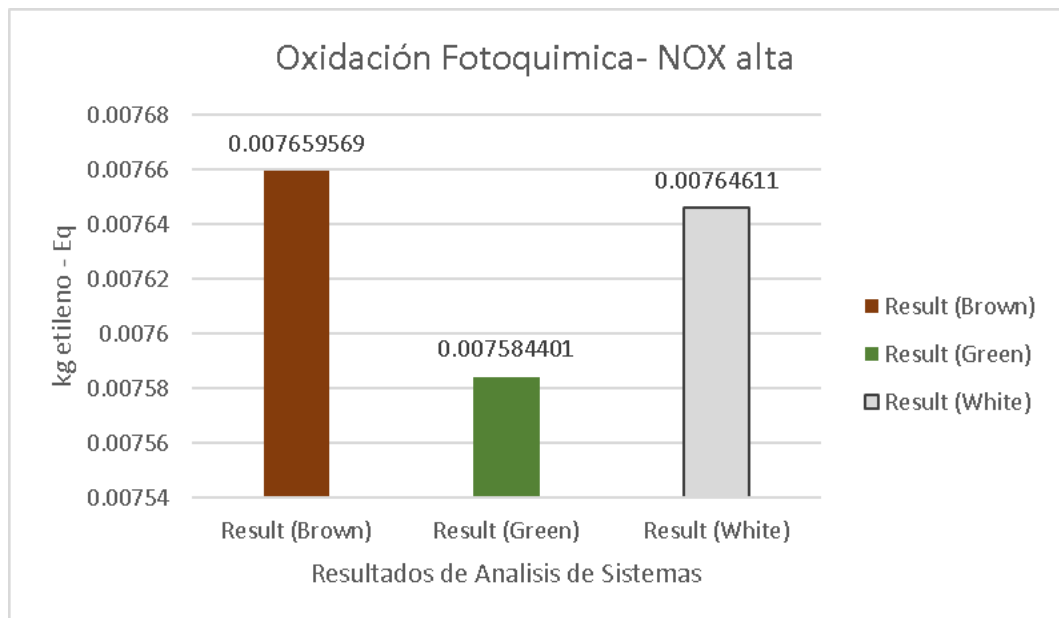


Figura 31. Comparación de las variantes para la categoría Oxidación Fotoquímica-NO_x alta. Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 30, se observa la comparación del resultado de cada una de las variantes para la categoría de oxidación fotoquímica- NO_x alta, en la cual se puede distinguir que la variante 2 es la que ocasiona menor impacto (envase verde); seguida de la variante 3 (envase transparente).

k. Agotamiento de Recursos Abióticos.

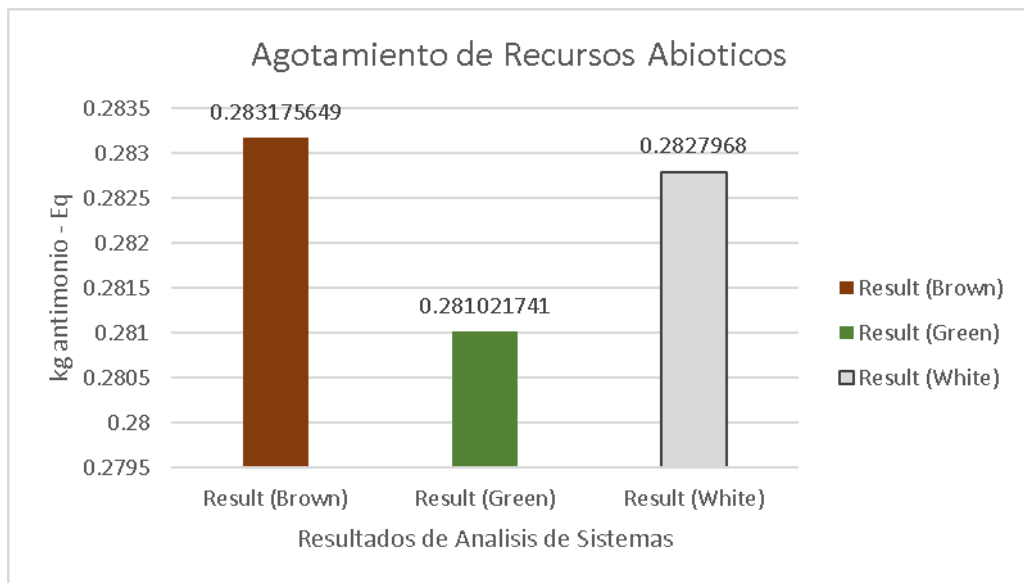


Figura 32. Comparación de las variantes para la categoría Agotamiento de Recursos Abióticos. Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 31, se observa la comparación del resultado de cada una de las variantes para la categoría de agotamiento de recursos abióticos, en la cual se puede distinguir que la variante 2 es la que ocasiona menor impacto (envase verde); seguida de la variante 3 (envase transparente).

l. Agotamiento de la Capa de Ozono.

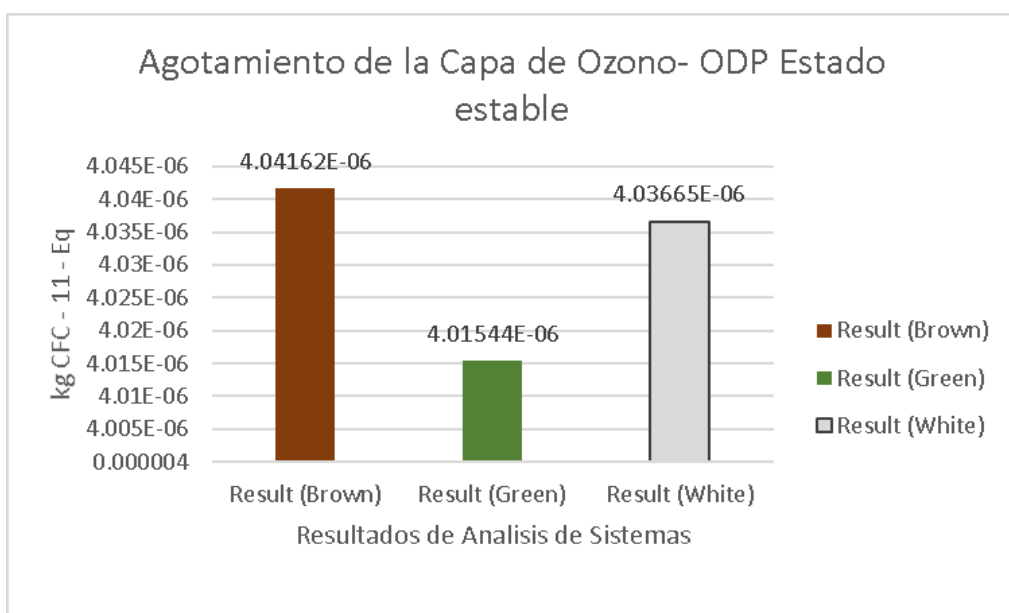


Figura 33. Comparación de las variantes para la categoría Agotamiento de la Capa de Ozono. Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 32, se observa la comparación del resultado de cada una de las variantes para la categoría de agotamiento de la capa de ozono, en la cual se puede distinguir que la variante 2 es la que ocasiona menor impacto (envase verde); seguida de la variante 3 (envase transparente).

m. Ecotoxicidad Terrestre.

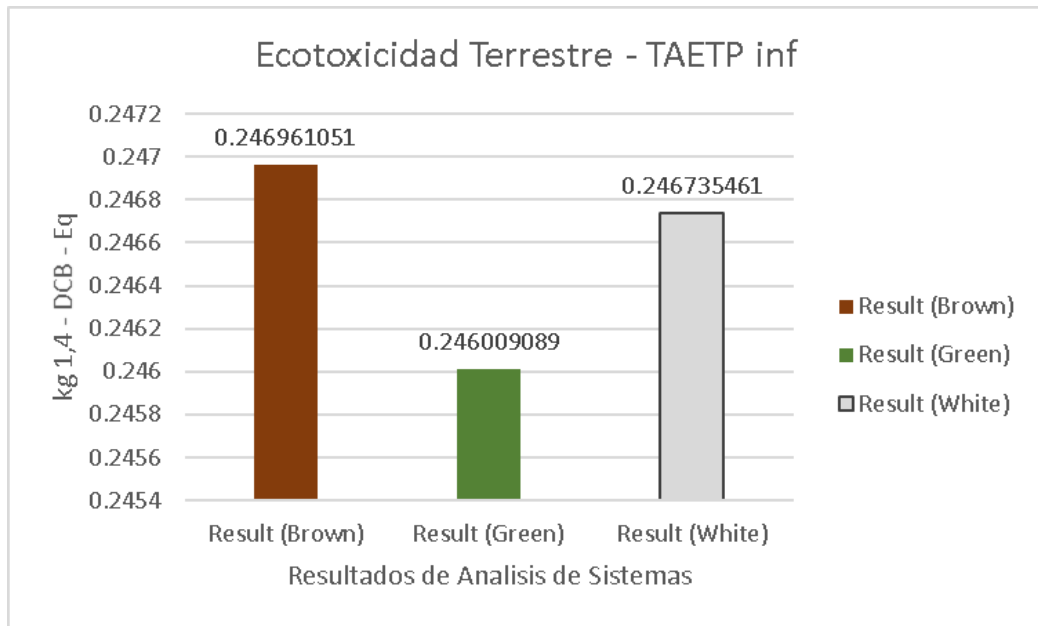


Figura 34. Comparación de las variantes para la categoría de Ecotoxicidad Terrestre. Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 33, se observa la comparación del resultado de cada una de las variantes para la categoría de ecotoxicidad terrestre, en la cual se puede distinguir que la variante 2 es la que ocasiona menor impacto (envase verde); seguida de la variante 3 (envase transparente).

4.5. Análisis de Incertidumbre

El software openLCA nos permite llevar a cabo el análisis Monte Carlo, el cual nos permitirá calcular así el margen de incertidumbre de los resultados del inventario, este método asume un valor arbitrario dentro de un margen de incertidumbre especificado y calcula los impactos definidos.

El proceso de Monte Carlo se realizó con un análisis de 500 ejecuciones y los valores de incertidumbre fueron observados en un índice de confiabilidad del 90%, valores con una probabilidad entre 5% y el 95%, por lo que se puede ser asumido las siguientes aseveraciones para el 90% de los impactos calculados(Tabla). Además, se calcula el coeficiente de variación, el cual indica que a mayor valor del coeficiente de variación mayor heterogeneidad; y por lo contrario a menor valor del coeficiente mayor homogeneidad en los valores.

Tabla 13.

Análisis de incertidumbre de las tres variantes en la producción de 53.4524 kg de cerveza.

CATEGORIA DE IMPACTO	UNIDAD DE REFERENCIA	WAYAYO CON ENVASE MARRON			WAYAYO CON ENVASE VERDE(1)			WAYAYO CON ENVASE		
		MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	COEFICIENTE DE VARIACION (%)	MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	COEFICIENTE DE VARIACION (%)	MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	COEFICIENTE DE VARIACION (%)
Potencial de acidificación - genérico	kg SO2-Eq	7409.94845	156601.8739	21.13400316	55709.69936	1240934.223	22.27501202	39680.02854	816702.5695	20.58220721
Cambio climático - GWP 100a	kg CO2-Eq	570992.706	11525801.36	20.18554921	12782733.29	286086225.8	22.38067707	9628802.278	203567457.2	21.1415139
Potencial de eutrofización - genérico	kg PO4-Eq	4349.25722	91691.54224	21.08211533	18514.82826	409884.3529	22.13816661	6559.253611	126649.2626	19.30848693
Ecotoxicidad acuática de agua dulce - FAETP infinita	kg 1,4-DCB-Eq	211853.134	4135806.521	19.52204552	4080633.202	91216851.78	22.35360231	2098626.004	44109265.59	21.01816402
Toxicidad humana - HTP infinito	kg 1,4-DCB-Eq	196463.216	3797919.005	19.33145087	7846987.2	175808762	22.40461945	6138643.207	130542510.9	21.26569448
Radiación ionizante - radiación ionizante	DALYs	0.00057409	0.010662066	18.57216247	0.014747953	0.329803133	22.36263741	0.006534697	0.13792516	21.10658834
Uso del suelo - competencia	m ² a	1958258.57	42866049.16	21.88988204	-636066.1204	18181733.74	28.58465992	625017.089	19676053.91	31.4808255
Mal olor del aire - mal olor del aire	m ³ air	6927883998	1.50647E+11	21.74497251	1.73075E+12	3.88282E+13	22.43433606	1.38883E+12	2.97355E+13	21.4104421
Ecotoxicidad acuática marina - MAETP infinita	kg 1,4-DCB-Eq	240421558	4306739453	17.91328319	12166365600	2.72529E+11	22.40023025	8119937151	1.72929E+11	21.29678836
Oxidación fotoquímica (smog de verano) - alta NOX POCP	kg ethylene-Eq	62.9214445	1177.645763	18.71612725	4152.428623	93107.31934	22.42237683	3488.420003	74402.30025	21.32836648
Recursos - agotamiento de los recursos abióticos	kg antimony-Eq	566.712303	23398.89246	41.28883799	391564.1983	8794065.013	22.45880765	419406.8372	8967263.986	21.38082451
Agotamiento del ozono estratosférico - ODP estado estable	kg CFC-11-Eq	0.02740325	0.600428484	21.91085181	4.262642912	95.70471576	22.45196648	4.492007626	95.9058989	21.35034196
Ecotoxicidad terrestre - TAETP infinita	kg 1,4-DCB-Eq	18532.4884	396256.8044	21.38173762	45576.21335	1001392.277	21.97181828	17958.91208	343327.6607	19.11739749

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 13, se muestran los coeficientes de variación de las categorías de impactos en los que se observa que son menor al 25%, lo cual indica que tiene una precisión aceptable. A excepción de la categoría de Uso de suelo (land use) que presenta 28.58% en el sistema con envase verde y 31.48% en el sistema de envase transparente; y en la categoría Agotamiento de Recursos abióticos (resources-depletion of abiotic) en el sistema con envase color marrón la cual presenta 41.29%, siendo estas estimaciones pocas precisas.

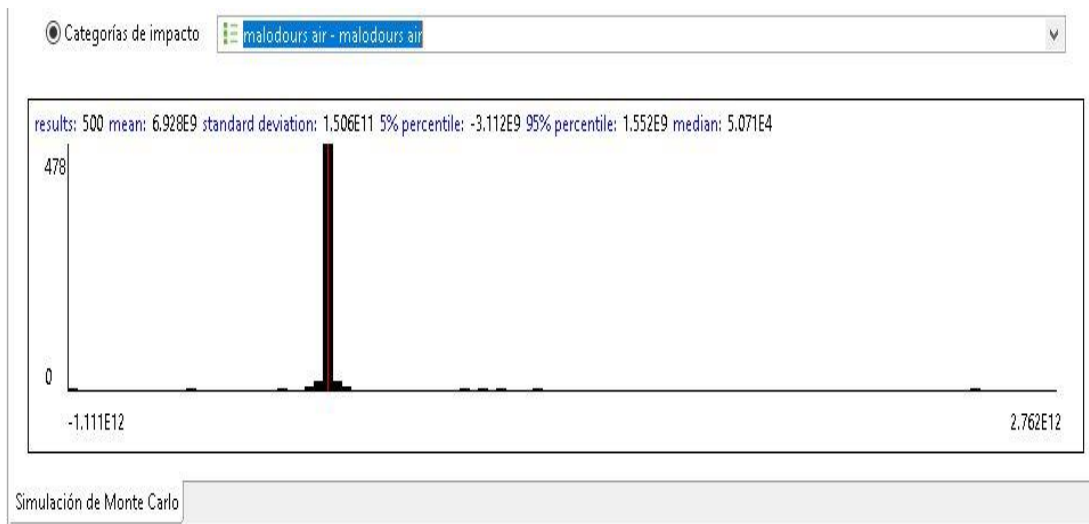


Figura 35. Distribución de incertidumbre de la simulación Monte Carlo para la categoría Mal Olor del Aire.
 Fuente: Simulación Montecarlo openLCA

CONCLUSIONES

Se realizó un análisis de ciclo de vida para la producción de 53.4524 kg de cerveza Wayayo (100 botellas de 330 ml cada una) en la provincia de Chupaca.

- Se determinó el valor de los impactos ambientales asociados al producto mediante la metodología CML 2001, en donde se obtuvieron los siguientes resultados: 2.27515E-1 kg SO₂-Eq para potencial de acidificación, 2.95719E+1 kg CO₂-Eq para cambio climático, 6.37579E-2 kg PO₄-Eq para potencial de eutrofización, 7.16007E+0 kg 1,4 -DCB-Eq para ecotoxicidad acuática de agua dulce, 2.04276E+1 kg 1,4-DCB-Eq para toxicidad humana, 3.73759E-8 DALYs para radiación ionizante, 2.29825E+1 m² para uso de suelo, 7.49447E+5 m³ para mal olor del aire, 3.94715E+4 kg ethylene-Eq para potencial de oxidación NO_x alta, 2.83176E-1 kg antimony-Eq para agotamiento de recursos abióticos, 4.04162E-6 kg CFC-11-Eq para agotamiento de la capa de ozono y 2.46961E-1 kg 1,4-DCB-Eq para ecotoxicidad terrestre.
- Mediante la evaluación de los impactos ambientales se determinó, que el envase de vidrio color marrón (envase utilizado por la empresa) es el mayor contribuyente de emisiones en todas las categorías de impacto analizadas y evaluadas.
- Se determinó que es posible mejorar el desempeño ambiental del proceso de producción de la cerveza Wayayo con el Análisis de Ciclo de Vida; este análisis nos permitió identificar el mayor contribuyente (envase de vidrio color marrón) a las emisiones para poder sustituirlo con otro que pueda generar menores emisiones (envase de vidrio color verde), con lo cual se logró mejorar el desempeño ambiental.
- Los procesos de molienda, maceración, filtrado, cocción, sedimentación, enfriamiento, fermentación, maduración no presentan contribuciones directas significativas al análisis de ciclo de vida, sino impactos derivados de la producción de sus materias prima empleadas en este proceso (ver anexo 2).

RECOMENDACIONES

- Se sugiere realizar más pruebas para mejorar el desempeño ambiental, el cual pueda abarcar la modificación de algún proceso, la sustitución de alguna materia prima o la mejora de esta en el proceso agrícola.
- Se recomienda realizar un análisis de ciclo de vida de la cuna a la tumba con lo que implicaría un análisis más completo del producto, puesto que análisis anterior mente realizado es de la cuna a la puerta.
- Se recomienda realizar un análisis de ciclo de vida que incluya el tratamiento de los residuos del proceso de producción de la cerveza Wayayo para poder mejorar el desempeño Ambiental.
- Se sugiere investigar sobre el análisis de ciclo de vida de la cerveza industrial para poder compararla con la artesanal y de esta forma brindar más información sobre los impactos que puedan generar estos procesos con el fin de que pueda existir una mejor toma de decisiones en una empresa de este rubro.
- Se sugiere realizar análisis de ciclo de vida con otras cervezas denominadas artesanales para compararlas con este proyecto.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. *Historia ampliada y comentada del análisis de ciclo de vida (ACV)*. **CHACÓN VARGAS, Jairo Raúl**. 72, s.l. : Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería, 2008. 121-5132.
2. **ESAN**. Conexiónesan: La gestión ambiental en el Perú: sus autoridades competentes. *Conexiónesan: La gestión ambiental en el Perú: sus autoridades competentes*. [En línea] Esan, 25 de Abril de 2016. [Citado el: 25 de septiembre de 2018.] <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2016/04/gestion-ambiental-peru-sus-autoridades-competentes/>. 5.
3. **Orejón, Eleazar Roberto Quispe**. " *la industria de la cerveza artesanal en el Perú y su proyección en el mercado peruano*". Lima, Perú : Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2018. 117.
4. **International Organization for Standardization**. *ISO 14034:2013 "Gestión ambiental - Evaluación del desempeño ambiental - Directrices"*. Switzerland : s.n., 2013.
5. **SANES ORREGO, Aida**. *El análisis de ciclo de vida (ACV) en el desarrollo sostenible: propuesta metodológica para la evaluación de la sostenibilidad de sistemas productivos*. Bogotá : sn, 2012. 106.
6. **BUITRAGO TELLO, Rodrigo**. *Evaluación de los efectos ambientales de la gasolina, diésel, biodiesel y etanol carburante en Colombia por medio del Análisis de Ciclo de Vida*. Bogotá : s.n, 2016. 139.
7. **CUÉLLAR ÁLVAREZ, Yohén**. *Análisis de Ciclo de Vida para diferentes fuentes energéticas usadas en los vehículos de transporte de pasajeros de la ciudad de Bogotá*. Bogotá : s.n, 2016. 139.
8. **Chang Alvarado, María Fernanda**. *Análisis de ciclo de vida de la producción industrial de una cerveza de tipo lager envasada en botella de 330 centímetros cúbicos en la ciudad de Guayaquil*. Guayaquil : Escuela Superior del Litoral, 2017. 105.
9. **Mimún Mohamed, Fauzi**. *Evaluación de los impactos ambientales de una incineradora de residuos sólidos urbanos con recuperación de energía mediante el análisis de ciclo de vida*. Málaga : Universidad de Málaga, 2015. 287.
10. **International Organization for Standardization**. *ISO 14040:2006: "Análisis de Ciclo de Vida: Principios y marco de referencia"*. Switzerland : s.n., 2006.

11. **RUIZ FERNÁNDEZ, Nilbia.** *Aplicación del Análisis del Ciclo de Vida en el estudio ambiental de diferentes Procesos Avanzados de Oxidación.* Barcelona : Universidad Autónoma de Barcelona, 2007.
12. *Análisis de ciclo de vida aplicado a horticultura protegida.* **ANTÓN VALLEJO, María Asunción.** 211-226, s.l. : Cuadernos de Estudios Agroalimentarios, 2012, Vol. 03. 2173-7568.
13. **Guinée, J. B., Gorrée, M. y Heijungs, R. et al.** *Life Cycle Assessment Operational Guide to the ISO Standards.* Netherlands : CML, 2002. 1-4020-0557-1.
14. **IHOBE S.A. (Sociedad Pública de Gestión Ambiental).** *Análisis de ciclo de vida y huella de carbono.* s.l. : Ihobe, 2009. 53.
15. **Rosco y E.** *Análisis del Ciclo de Vida de tres Instalaciones para el Tratamiento de aguas Domésticas.* Sevilla : s.n., 2011.
16. **Goedkoop, M., Heijungs, R., De Schryver, A., Struijs, J. & van Zelm, R.** ReCiPe 2008. A LCIA method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level. Report I: Characterisation. *ReCiPe 2008. A LCIA method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level. Report I: Characterisation.* [En línea] 16 de junio de 2011. [Citado el: 15 de Agosto de 2018.] https://www.rivm.nl/en/Topics/L/Life_Cycle_Assessment_LCA/ReCiPe.
17. **Hernández, F.** *Análisis de Ciclo de Vida como herramienta de decisión para el tratamiento de agua residual en América Latina y el Caribe.* s.l. : Universidad Autónoma de México., 2016.
18. **Peter Koch, Agroscope Thibault Salou, el INRA.** *Agribalyse: Metodología.* Angers, Francia. : ADEME, 2016. 322.
19. **Lozano., A.** *Análisis del Ciclo de Vida como instrumento de desarrollo de la ecología industrail: Aplicación al proceso de impresión de un periódico.* s.l. : Universidad de las Palmas de Gran Canaria, 2014.
20. **Claudia Di Noi, Dr. Andreas Citroth, Michael Srocka.** *openLCA 1.7, Comprehensive User Manual.* Berlin, Alemania. : s.n., 2017. 104.
21. **García Garibay, Quintero Ramírez, López Munguía.** *Bioteología Alimentaria.* Mexico D.F. : Editorial Limusa S.A., 2004. 635.

22. *Guía d mejores Técnicas Disponibles en España del sector cervecero*. **Ministerio de Medio Ambiente, España**. s.l. : Centro de Publicaciones Secretaría Técnica Mministerio del Medio Ambiente, 2005.
23. **Sociedad Ecuatoriana de Cerveceros Artesanales**. *Historia de la Cerveza*. [En línea] [Citado el: 24 de Junio de 2018.] <http://cerveceroslatinoamericanos.com/la-cerveza-en-america-latina/>.
24. **Kunze, Wolfgang**. *Tecnología para Cerveceros y Malteros*. Berlín : VLB, 2006. 1075.
25. **Cerveceros Latinoamericanos**. *Cerveza en Latinoamerica. La Cerveza en America Latina*. [En línea] [Citado el: 24 de junio de 2018.] <http://cerveceroslatinoamericanos.com/la-cerveza-en-america-latina/>.
26. **J. M. B. Mundo**. **BBC Mundo**. «*Los países que más beben en América Latina: la dramática radiografía del consumo de alcohol en la región*». [En línea] [Citado el: 24 de Junio de 2018.]
27. **Deloitte**. *La Cerveza Artesanal: Una Experiencia Multisensorial*. Reino Unido : s.n., 2017.
28. **Ministerio de Comercio Exterior y Turismo**. **Agronegocios**. *La Cerveza Artesanal en el Perú*. [En línea] [Citado el: 28 de Junio de 2018.] <https://peru.info/es-pe/comercio-exterior/noticias/7/29/la-cerveza-artesanal-en-el-peru>.
29. **Marca Perú**. **Perú - Comercio Exterior**. *Perú - Comercio Exterior*. [En línea] [Citado el: 30 de Septiembre de 2018.] <https://peru.info/es-pe/comercio-exterior/noticias/7/29/la-cerveza-artesanal-en-el-peru>. 2.
30. **Red de Negocios**. *Cerveza Wayayo*. [En línea] [Citado el: 2 de Septiembre de 2018.] <https://negocio.pe/distribucion/cerveza-wayayo>. 6.
31. **Bernal Torres, César Augusto**. *Metodología de la Investigación*. México : Pearson, 2006.
32. **Moguel, Ernesto A. Rodríguez**. *Metodología de la Investigación*. Tabasco, Mexico : Universidad Juarez Autonom de Tabasco, 2005.
33. **Namakforoosh, Mohammad Naghi**. *Metodología de la Investigación*. México : LIMUSA, 2005.

34. José Alberto Yuni, Claudio Ariel Urbano. *Técnicas para investigar y formular proyectos de investigación*. Argentina : Editorial Brujas, 2006.
35. Colin, Baird. *Química Ambiental*. Barcelona : Reverte S.A, 2001. 574.
36. Opina América Latina. Opina América Latina. *La voz de la gente*. [En línea] [Citado el: 25 de Junio de 2018.] <http://www.opinaamericalatina.com/>.

ANEXOS

Anexo 1: Diagrama del Sistema de Producción de la Cerveza Wayayo.

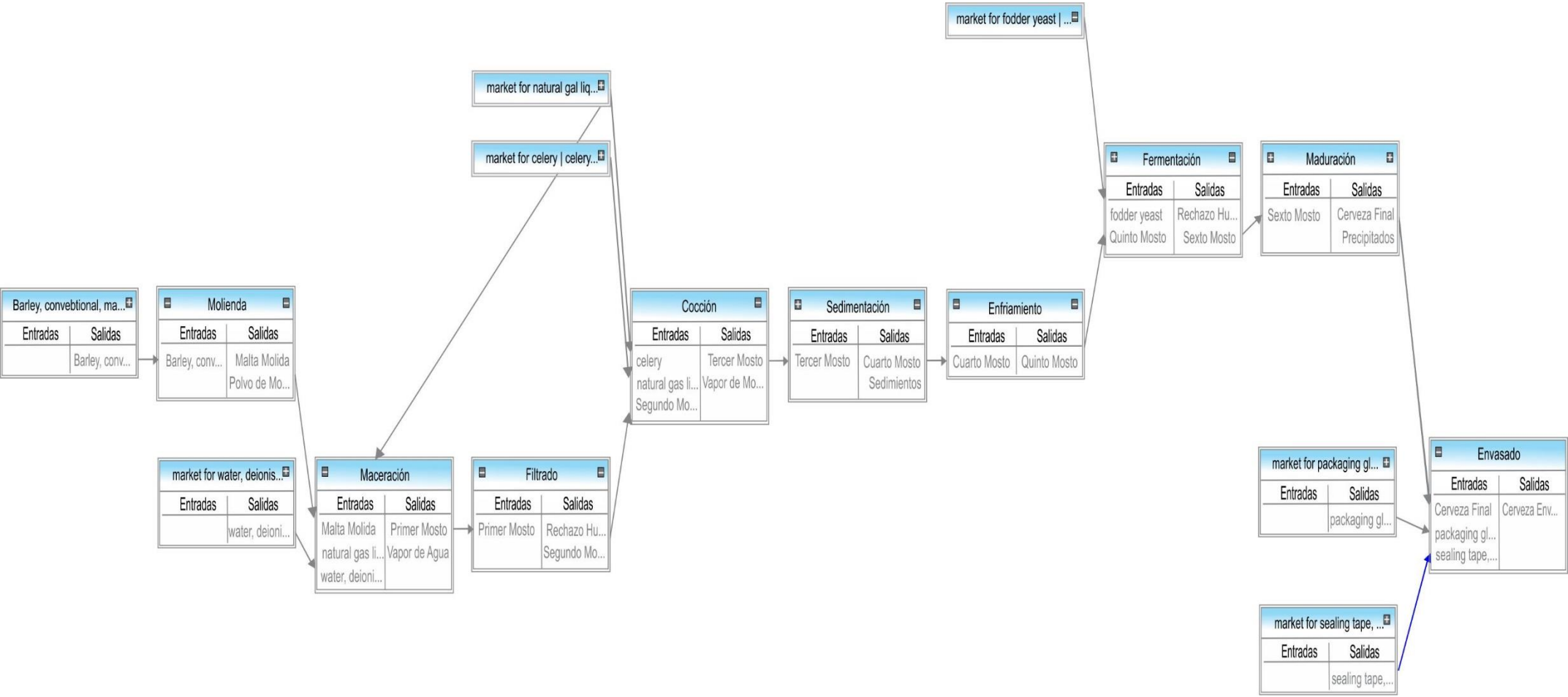


Figura 36. Diagrama del sistema de producción de la cerveza Wayayo.

Anexo 2: Diagrama Sankey de la Producción de la Cerveza Wayayo.

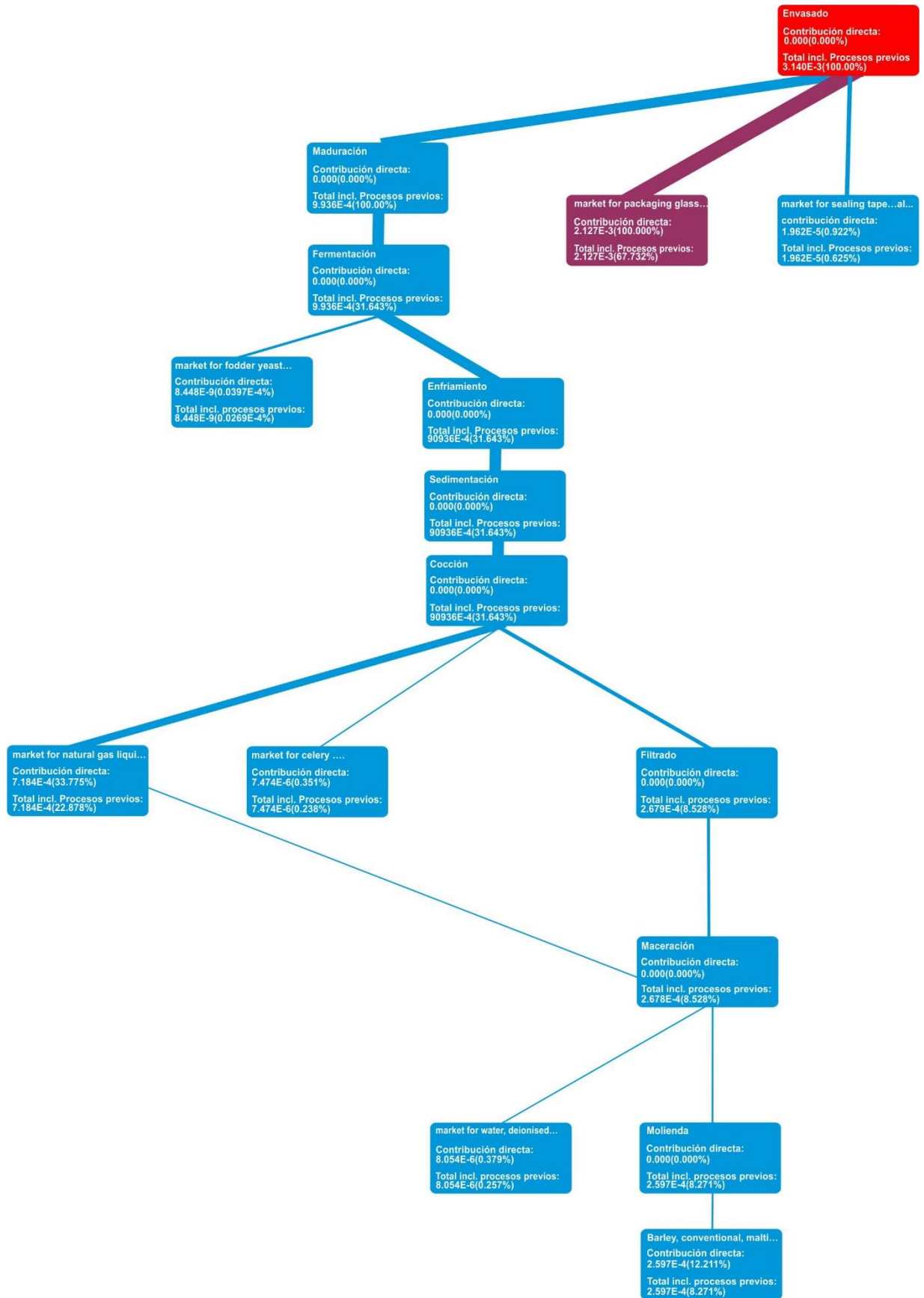


Figura 37. Diagrama sankey_openLCA

Anexo 3: Comparación de Resultados por categorías de impacto.

Tabla 14.

Comparación de los resultados por categoría de impacto

CATEGORIAS DE IMPACTO		UNIDADES DE REFERENCIA	RESULTADOS		
Impact category	Categoría de Impacto	unidades	Result (BROWN)	Result (GREEN)	Result (WHITE)
acidification potential - generic	Potencial de Acidificación	kg SO2-Eq	0.227515116	0.225454753	0.227214553
climate change - GWP 100a	Cambio Climático GWP 100a	kg CO2-Eq	29.57194359	28.9295085	29.47880467
eutrophication potential - generic	Potencial de Eutrofización	kg PO4-Eq	0.063757906	0.063192718	0.063665074
freshwater aquatic ecotoxicity - FAETP infinite	Ecotoxicidad Acuática de agua dulce - FAETP inf	kg 1,4-DCB-Eq	7.160068693	7.114995679	7.147885829
human toxicity - HTP infinite	Toxicidad Humana - HTP inf	kg 1,4-DCB-Eq	20.4275842	20.19383256	20.36600962
ionising radiation - ionising radiation	Radiación Ionizante	DALYs	3.73759E-08	3.70791E-08	3.73227E-08
land use - competition	Uso del Suelo	m2a	22.98249511	22.94382433	22.97652897
malodours air - malodours air	Mal Olor del Aire	m3 air	749447.1517	744569.8618	748773.6284
marine aquatic ecotoxicity - MAETP infinite	Ecotoxicidad Acuática Marina - MAETP inf	kg 1,4-DCB-Eq	39471.47504	39357.61192	39432.18409
photochemical oxidation (summer smog) - high NOx POCP	Oxidación Fotoquímica- NOX alta	kg ethylene-Eq	0.007659569	0.007584401	0.00764611
resources - depletion of abiotic resources	Agotamiento de Recursos Abióticos	kg antimony-Eq	0.283175649	0.281021741	0.2827968
stratospheric ozone depletion - ODP steady state	Agotamiento de la Capa de Ozono- ODP Estado estable	kg CFC-11-Eq	4.04162E-06	4.01544E-06	4.03665E-06
terrestrial ecotoxicity - TAETP infinite	Ecotoxicidad Terrestre - TAETP inf	kg 1,4-DCB-Eq	0.246961051	0.246009089	0.246735461

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4: Comparación de los resultados de los resultados del análisis de los procesos donde se usan los diferentes tipos de botellas, distinguidas por el color (marrón, transparente y verde), resultados que se muestran en sus distintas categorías.

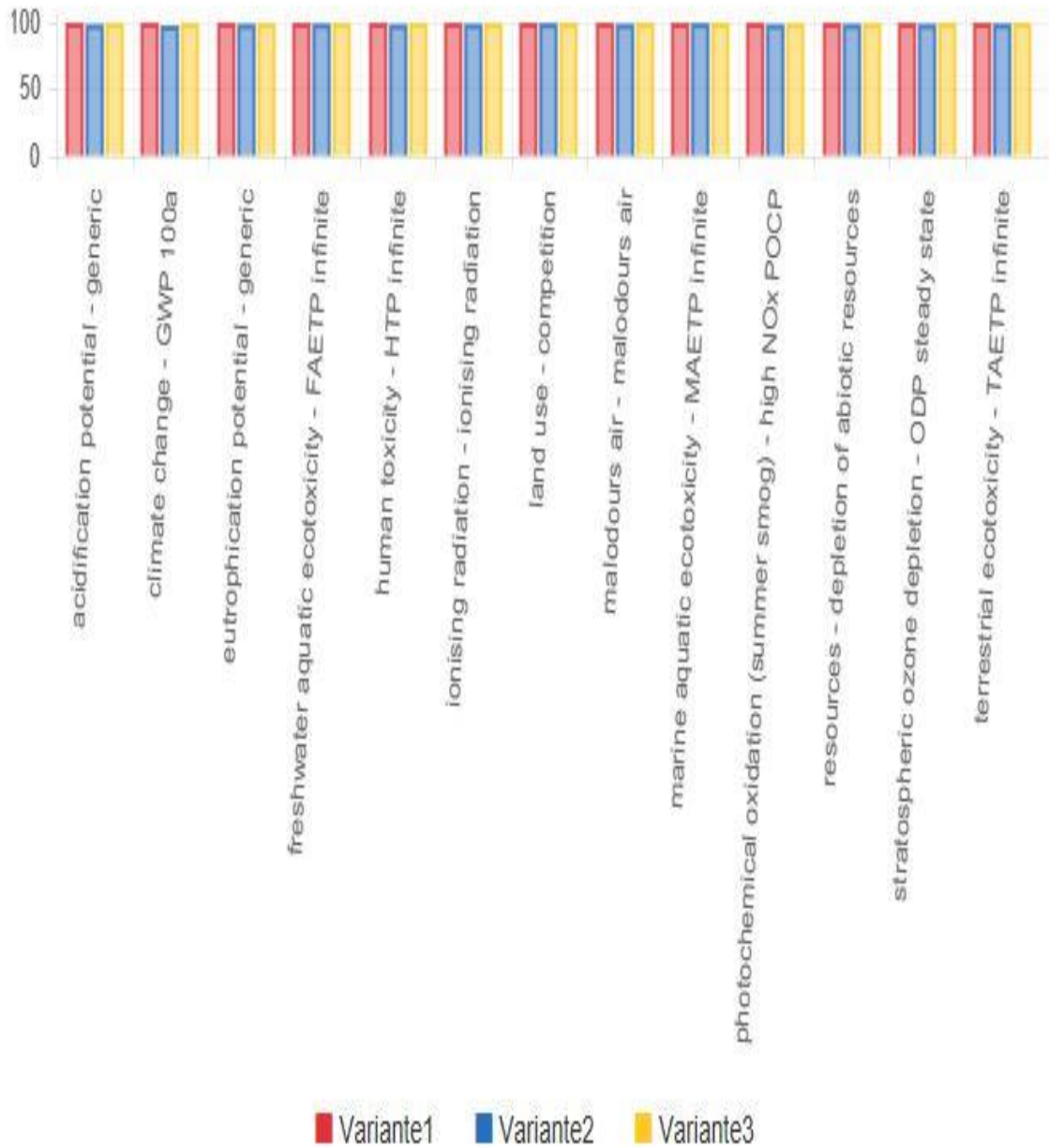


Figura 38. Comparación de las variantes en cada una de las categorías de impacto.
Fuente: Elaboración propia openLCA

Anexo 5: Simulación Montecarlo para el proceso con envase de vidrio color marrón.

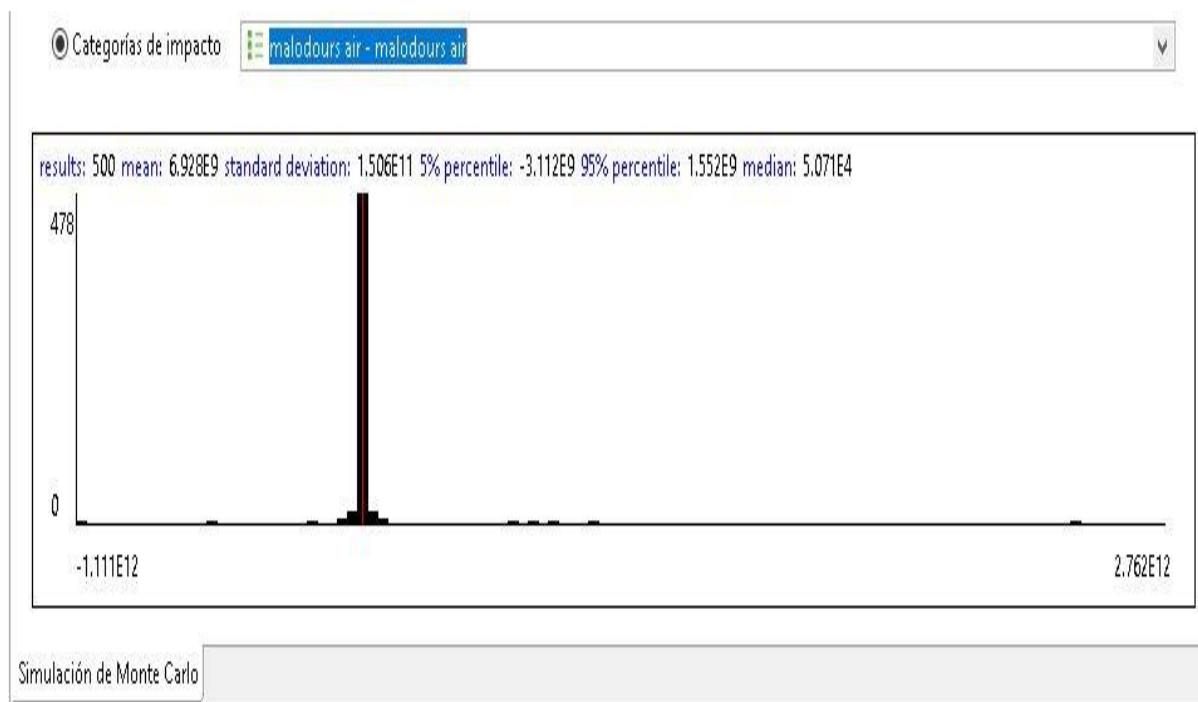


Figura 39. Simulación Montecarlo para la categoría Mal Olor del Aire.
Fuente: Elaboración propia openLCA.

Anexo 6: Fotografías de la planta de producción.



Figura 40. Planta de producción de la Cerveza Wayayo



Figura 41. Toma de Temperatura en el Proceso de Maduración.

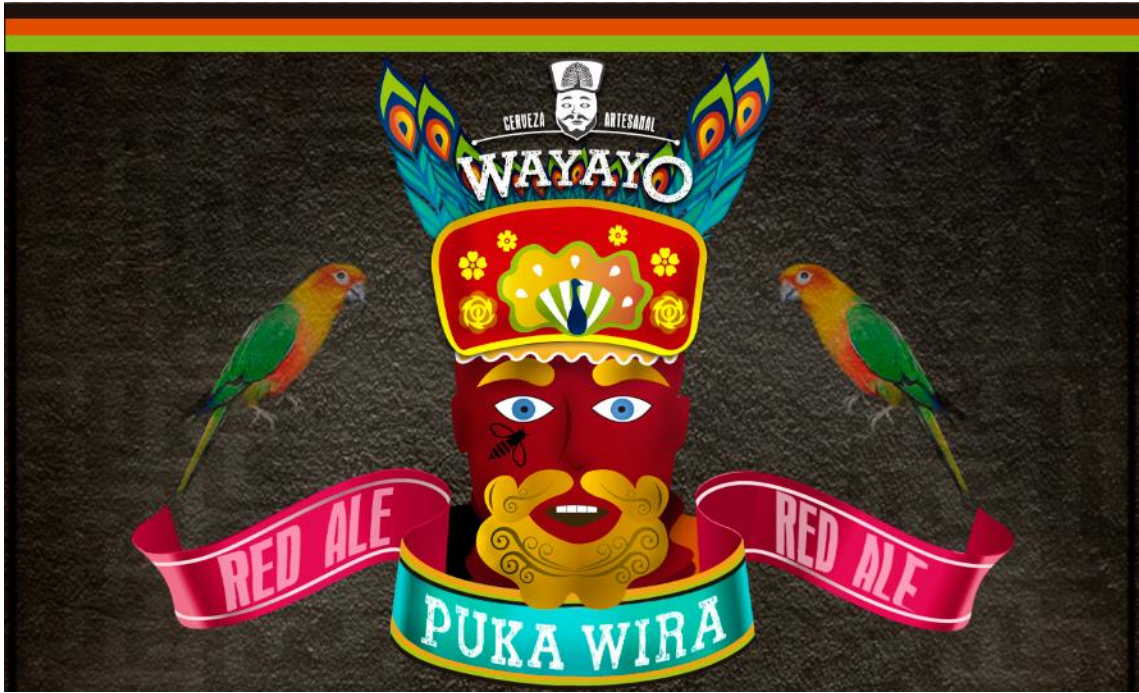


Figura 42. Imagen de la marca Wayayo.



Figura 43. Tanques para los diferentes procesos de producción.

Anexo 7: Plan de manejo Ambiental aprobado por la cervecería Wayayo.

**Plan de manejo de residuos sólidos de la
Cervecería Wayayo**

a) Manejo de Residuos Sólidos

El manejo adecuado de los residuos sólidos tiene por finalidad minimizar, prevenir y controlar los riesgos ambientales y proteger además la salud, mediante la difusión y fiscalización de controles operativos que permitan lograr el adecuado manejo de los desechos domésticos e industriales generados. Este sistema, por ende, incluye aquellos desechos generados en la planta cervecera con el fin de cumplir con la normativa nacional vigente.

Caracterización de los Residuos Sólidos

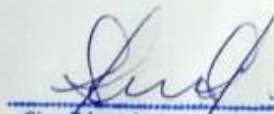
Todo residuo que se genere en la etapa de operación será clasificado como peligroso y no peligroso.

- **Residuos No Peligrosos:** Son aquellos residuos domésticos y/o industriales que no tienen efecto sobre personas, animales y plantas y que en general no deterioran la calidad del ambiente. Son de dos tipos: Domésticos e industriales.
- **Residuos Peligrosos:** Son aquellos con características corrosivas, inflamables, combustibles y/o tóxicas, que tiene un efecto en las personas, animales y/ plantas, y que deterioran la calidad ambiental, tales como pilas, baterías, grasas, paños absorbentes con hidrocarburos y productos químicos, trapos contaminados con hidrocarburos y productos químicos, suelos contaminados, filtros de aceite, aerosoles entre otros.








Clasificación de los residuos sólidos por colores

Para la disposición (almacenamiento temporal) de los desechos o desperdicio para que estén adecuadamente dispuestos o segregados antes de su disposición se almacenaran en contenedores pintados y con tapas.

Los contenedores estarán pintados de acuerdo al estándar de colores de acuerdo con la Norma Técnica Peruana (NTP 900.058.2005) y será como sigue:


Ciro Eduardo Quispe Coz
Ing Civil

Cuadro N° 1. Clasificación de los residuos sólidos por colores

	Contenedor de color rojo: Estos contenedores son para ser usados como depósitos de trapos impregnados con hidrocarburos, tierra contaminada, sustancias peligrosas,
	Contenedor de color amarillo: Se utilizan para almacenar temporalmente piezas metálicas consideradas como chatarras (clavos, retazos de soldadura, alambre, piezas metálicas pequeñas, entre otras).
	Contenedor de color negro: Sirven para depositar residuos inorgánicos, tales como: caucho sintéticos, plastificados, micas.
	Contenedor de color azul: Estos contenedores son para depositar papeles y cartones que no están contaminados con materiales químicos o hidrocarburos.
	Contenedor de color marrón: Estos contenedores son empleados para depositar residuos orgánicos.
	Contenedor de color verde: Estos contenedores son empleados para depositar vidrios.
	Contenedor de color blanco: Estos contenedores serán empleados para almacenar botellas de plásticos PET.

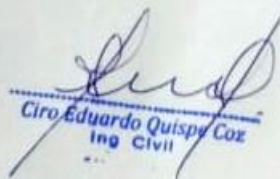
Fuente: Elaboración Propia

Los contenedores deberán estar en buenas condiciones para su uso y estarán ubicados en lugares seguros y de fácil acceso para el personal. Estarán rotulados indicando el tipo de desecho que pueden contener o almacenar.

Así mismo se brindará charlas sobre residuos sólidos y compostaje para poder tener una mejor clasificación en la fuente y reaprovechar algunos de los residuos utilizados en la planta de producción cervecera que se detallan a continuación:

✓ **Charla de capacitación de reciclaje.**

Consiste en la programación de una charla relacionada al reciclaje con participación de personal de la planta y dueños de la misma. desarrollada en las instalaciones de la propia empresa.


Ciro Eduardo Quispe Cox
Ing Civil

Esta actividad busca capacitar al personal de la empresa (de oficina y planta de producción) para que se involucren en la labor sostenible que se maneja en la cervecera y contribuir con la protección y conservación del ambiente.

✓ **Notificaciones sobre reciclaje y su importancia.**

Posterior a la capacitación es importante reforzar los conocimientos adquiridos para el adecuado manejo de los desechos y hacer de esta una labor constante.

Esta actividad se realizará mediante correos electrónicos o reuniones de personal.

✓ **Clasificación de los desechos**

Los desechos de la cervecera se clasificarán en diferentes contenedores dispuestos en la planta para este fin a disposición de todo el personal. Para su respectiva y adecuada separación se les indicara a todos los colaboradores de las condiciones necesarias para que el reciclaje sea una actividad eficiente.

✓ **Charla de compostaje**

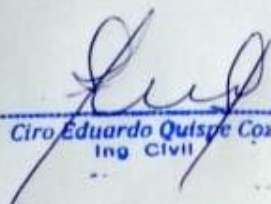
Consiste en la programación de una charla relacionada a la elaboración de compost a partir de los desechos orgánicos que genere la cervecera, con participación de personal de la planta y dueños de la misma.

Esta actividad busca capacitar al personal en la elaboración de compost para poder reaprovechar los residuos orgánicos y de esta forma la cervecera realizara una labor sostenible la cual contribuya con la protección y conservación del ambiente.

b) Manejo de Efluentes

Manejo de Efluentes


En la cervecera la disposición de los desechos líquidos y aguas residuales de la empresa se encuentran conectadas al alcantarillado de la municipal, la cual cuenta con su respectiva planta de tratamiento y manejo de los mismos. Aclarando que la cervecera segrega desechos líquidos provenientes del lavado de recipientes.


Ciro Eduardo Qutspe Coz
Ing Civil

c) *Cronograma*


PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA CERVECERÍA WAYAYO													
Actividades	Cronograma											Encargado	
	06/05/19	08/05/19	11/05/19	13/05/19	16/05/19	18/05/19	20/05/19	22/05/19	24/05/19	27/05/19	29/05/19		31/05/19
<i>Charla de capacitación reciclaje</i>	X				X				X				<i>Angela Mely Salcedo Lazo</i>
<i>Notificaciones sobre reciclaje y su importancia</i>	X		X			X			X			X	<i>Angela Mely Salcedo Lazo</i>
<i>Clasificación de los desechos y asistencia en la clasificación</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	<i>Angela Mely Salcedo Lazo</i>
<i>Charla de compostaje</i>			X				X				X		<i>Angela Mely Salcedo Lazo</i>

❖ *Nota: El cronograma inicia en el mes de mayo del 2019.*


Ciro Eduardo Qulspé Cox
 Ing Civil

Anexo 8: Cronograma de cambio de botella en la cervecería Wayayo.

CRONOGRAMA DE CAMBIO DE BOTELLA EN LA CERVECERÍA WAYAYO														
Actividades	Cronograma											Encargado		
	06/19	07/19	07/19	07/19	08/19	09/19	09/19	10/19	10/19	11/19	11/19		12/19	
<i>Pedido del envase de vidrio verde en un 20% del total</i>	X													<i>Gerente General</i>
<i>Recepción del pedido</i>		X												<i>Gerente General</i>
<i>Envasado de la cerveza en los nuevos envases</i>			X											<i>Personal de planta</i>
<i>Pedido del envase de vidrio verde en un 35% del total</i>				X										<i>Gerente General</i>
<i>Recepción del pedido</i>					X									<i>Gerente General</i>
<i>Envasado de la cerveza en los nuevos envases</i>						X								<i>Personal de planta</i>
<i>Pedido del envase de vidrio verde en un 50% del total</i>							X							<i>Gerente General</i>
<i>Recepción del pedido</i>								X						<i>Gerente General</i>
<i>Envasado de la cerveza en los nuevos envases</i>									X					<i>Personal de planta</i>
<i>Pedido del envase de vidrio verde en su totalidad</i>										X				<i>Gerente General</i>
<i>Recepción del pedido</i>											X			<i>Gerente General</i>
<i>Envasado de la cerveza en los nuevos envases</i>												X		<i>Personal de planta</i>


Ciro Eduardo Quispe Coz
 Ing. Civil

Anexo 9: Fotografía de la firma del cronograma y cambio de envase.



Figura 44. Ingeniero Ciro Eduardo Quispe Coz representante de la Cervecería Wayayo firmando el Plan de Manejo Ambiental y Cronograma de cambio de envase.

Anexo 9: Manual de uso del software open LCA.

1. FLUJOS

Crear un Nuevo Flujo

Para crear un Nuevo flujo, se da click en derecho en **Flujos (Flows)** y seleccionar **Nuevo Flujo (New Flow)**.

IMPORTANTE

- Dar un nombre al flujo (Name).
- Definir el tipo de flujo (Flow type).
- Definir la propiedad de flujo (Reference flow property).

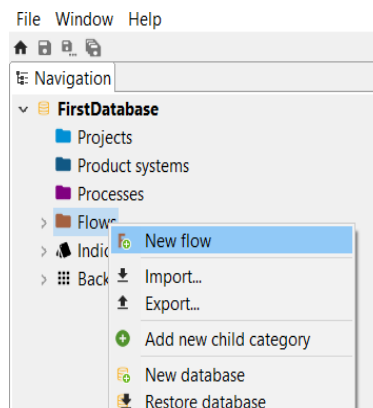


Figura 45. Creación de un Flujo Paso 1 (Clic Derecho)

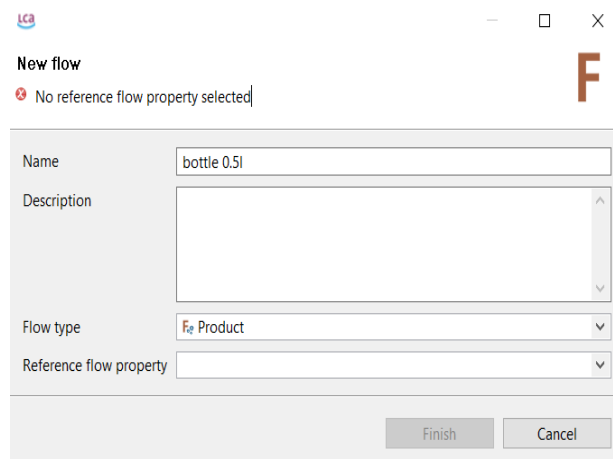


Figura 46. Creación de un Flujo Paso 2

2. PROCESOS

Crear un Nuevo Proceso

Para crear un nuevo proceso, se hace click derecho en **Procesos (Processes)**, y seleccionar **Nuevo Proceso (New Process)**.

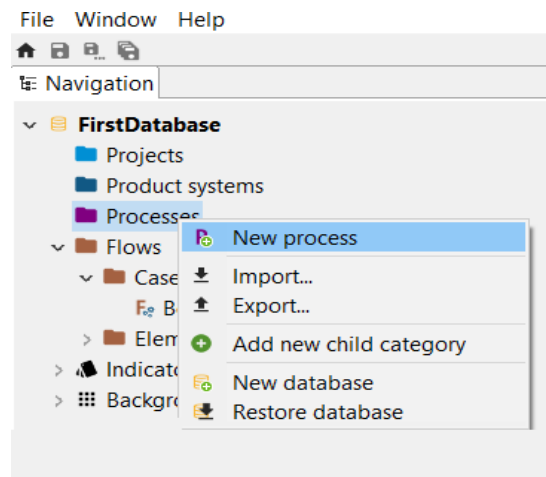


Figura 47. Creación de un Proceso Paso 1 (Clic Derecho)

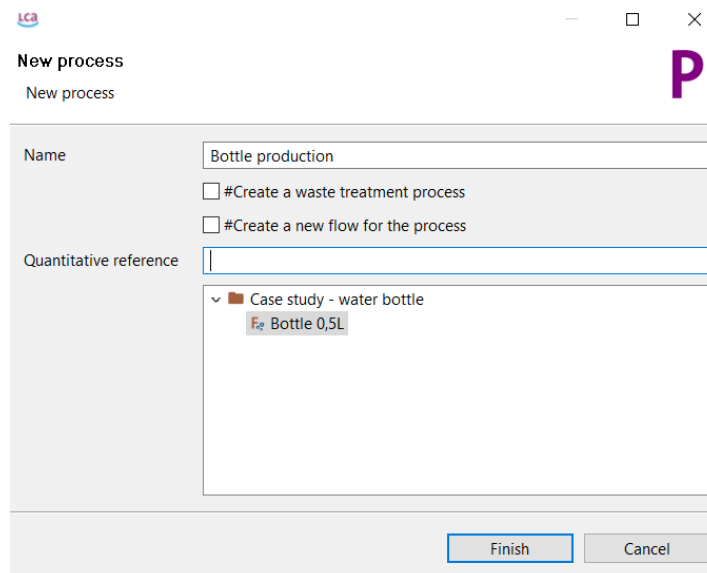
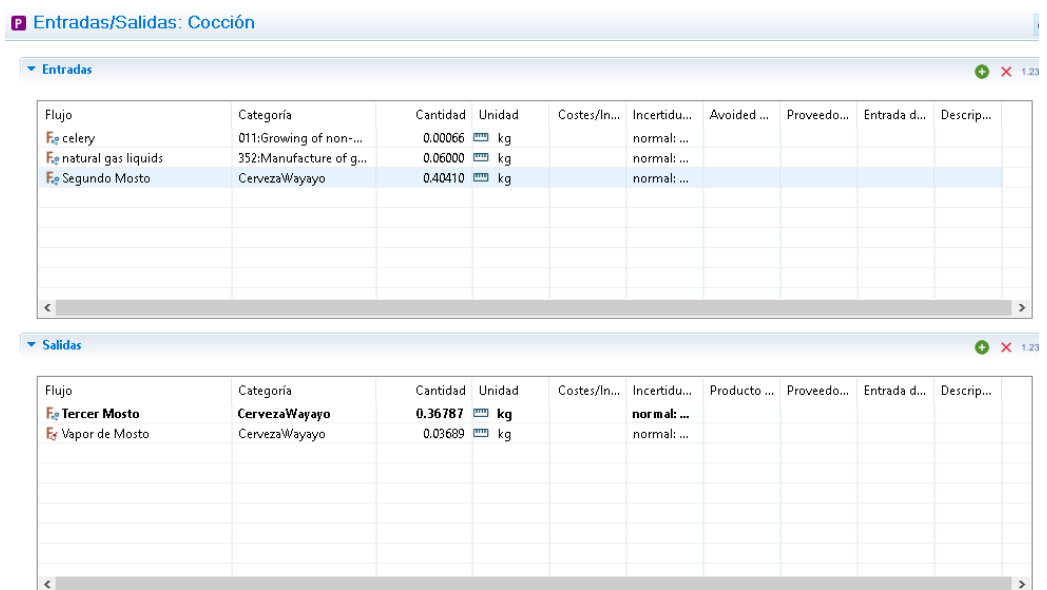


Figura 48. Creación de un Proceso Paso 2

Salidas y entradas de un Proceso

En esta pestaña los flujos de productos, elemental y desechos se muestran como entradas / salidas, presentando información de cantidades, unidades, costos/ingresos, incertidumbre, etc.

Las cantidades se pueden introducir como valores, formulas y/o parámetros.



The screenshot shows a software interface for process inputs and outputs. It is divided into two main sections: 'Entradas' (Inputs) and 'Salidas' (Outputs). Each section contains a table with columns for 'Flujo' (Flow), 'Categoría' (Category), 'Cantidad' (Quantity), 'Unidad' (Unit), 'Costes/In...' (Costs/Income), 'Incertidu...' (Uncertainty), 'Avoieded ...' (Availability), 'Proveedo...' (Supplier), 'Entrada d...' (Input date), and 'Descrip...' (Description).

Entradas:

Flujo	Categoría	Cantidad	Unidad	Costes/In...	Incertidu...	Avoieded ...	Proveedo...	Entrada d...	Descrip...
celery	011:Growing of non-...	0.00066	kg		normal: ...				
natural gas liquids	352:Manufacture of g...	0.06000	kg		normal: ...				
Segundo Mosto	CervezaWayayo	0.40410	kg		normal: ...				

Salidas:

Flujo	Categoría	Cantidad	Unidad	Costes/In...	Incertidu...	Producto ...	Proveedo...	Entrada d...	Descrip...
Tercer Mosto	CervezaWayayo	0.36787	kg		normal: ...				
Vapor de Mosto	CervezaWayayo	0.03689	kg		normal: ...				

Figura 49. Ventana de Entrada y Salida.

SISTEMAS DE PRODUCTOS

Un sistema de producto, llamado modelo de ciclo de vida (ISO 14040), hay diferentes maneras de crear, editar sistemas de productos completos.

Para crear un sistema de producto existen dos maneras:

▼ Inputs						
Flow	Category	Amount	Unit	Costs/Rev...	Uncertainty	#A
F: polyethylene terephthalate,...	201:Manufacture of ...	60.00000	g		none	Edit
F: polyethylene, high density, ...	201:Manufacture of ...	4.00000	g		none	
F: polypropylene, granulate	201:Manufacture of ...	1.00000	g		none	

Figura 50. Ventana de entradas al sistema.

Figura 51. Ventana para modificar Incertidumbre y distribución

- **Primera manera:** Clic derecho sobre la carpeta Sistemas de Productos (Product System) y seleccionar el proceso de referencia.
- **Segunda manera:** Ingresando a la pestaña Información General (General information), y clic en Crear Sistema de Producto (Create Product System).

A partir de aquí las dos maneras se uniformizan y son los mismos pasos. Para tener automáticamente todos los procesos relacionados con el proceso de referencia, se marca “Añadir procesos conectados”

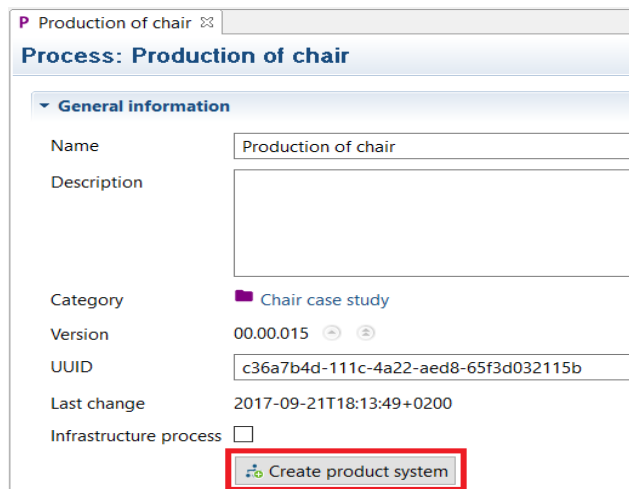


Figura 52. Ventana para creación del sistema de producto

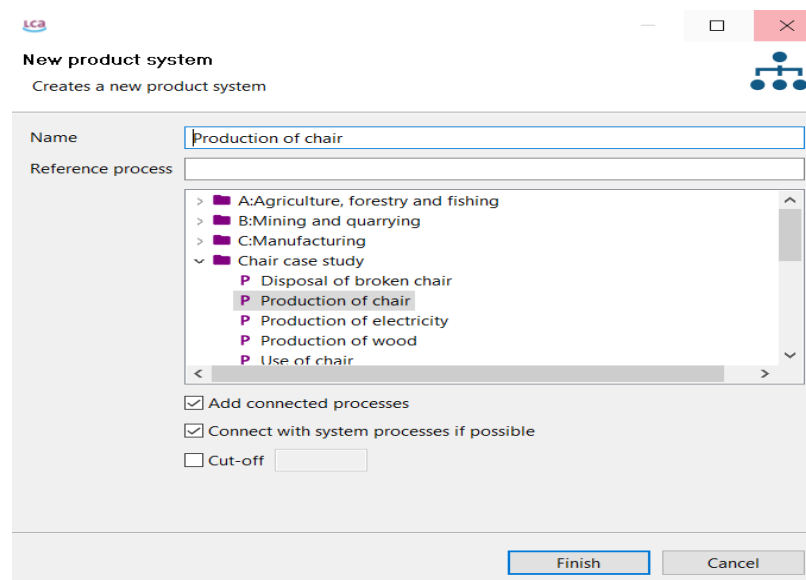


Figura 53. Ventana para colocación del nombre y selección de la referencia del producto.

Después de crear el sistema de producto, es posible añadir, eliminar conexiones utilizando el “Modelo Grafico”.

Parámetros

En el nivel de sistema de producto, es posible cambiar las cantidades de los parámetros, definidos anteriormente en los procesos incluidos en el sistema de

producto. Para ellos se agrega seleccionando el botón “+”, en la esquina superior derecha.

Para seleccionar varios parámetros utilizar el botón “Shift”

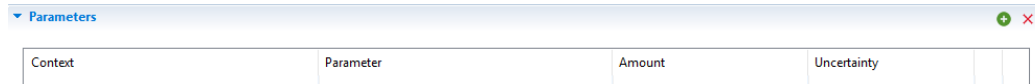


Figura 54. Ventana de Parámetros dentro de un Sistema de Producto.

Modelo grafico

En el modelo gráfico, se muestran todos los procesos conectados, las cuales se pueden editar (Añadir / Eliminar). Solo los procesos conectados contribuirán al cálculo del sistema de Producto.

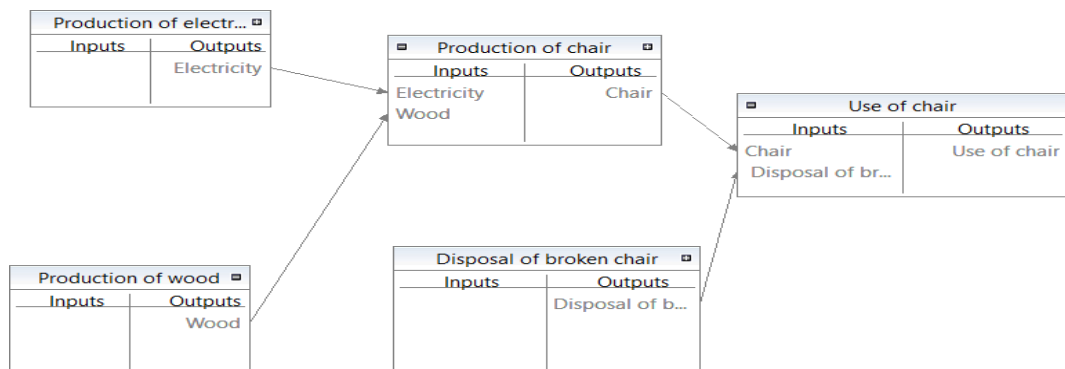


Figura 55. Ejemplo de un Modelo Grafico Conectado.

La selección de “Búsqueda de proveedores” le permite seleccionar los proveedores para cada producto individual del proceso, para ello se hace clic derecho sobre un proceso y se selecciona “búsqueda de proveedores” y se selecciona el producto correspondiente que desea.

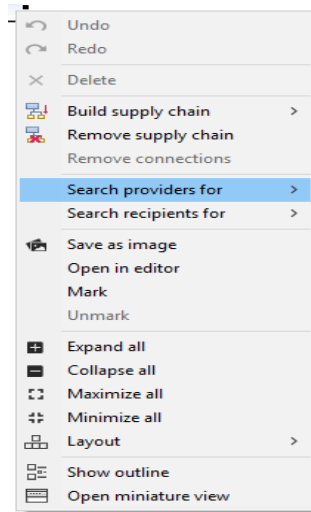


Figura 56. Búsqueda de Proveedores Paso 1 Clic Derecho

Select providers

Name	Add	Connect	Already present	Already connected
slag landfill construction slag land...		✓		-
slag landfill construction slag land...		✓		-
market for slag landfill slag landfi...		✓	✓	
market for slag landfill slag landfi...		✓		-

OK Cancel

Figura 57. Búsqueda de Proveedores Paso 2.

Calculo de un sistema de producto

Cuando se tiene abierta el editor de un sistema de producto, existen dos formas para iniciar el cálculo.

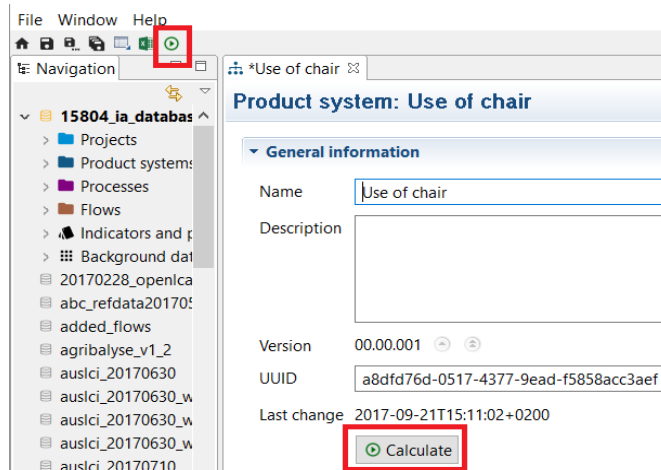


Figura 58. Maneras de Cálculo de un sistema de producto.

- **Método de asignación (Allocation Method):** Ninguno es la configuración predeterminada, pero se puede elegir entre otras opciones como “causal”, “económico”, “física” o “Tal como se define en los procesos.”
- **Método de Evaluación de Impacto (Impact assessment method):** Seleccionar el método con el cual desea evaluar el Sistema de Producto.

Si es necesario, seleccione un conjunto de normalización y ponderación. Como también los tipos de cálculos “resultados rápidos”, “análisis”, “regionalizado LCA” y “Simulación Montecarlo”.

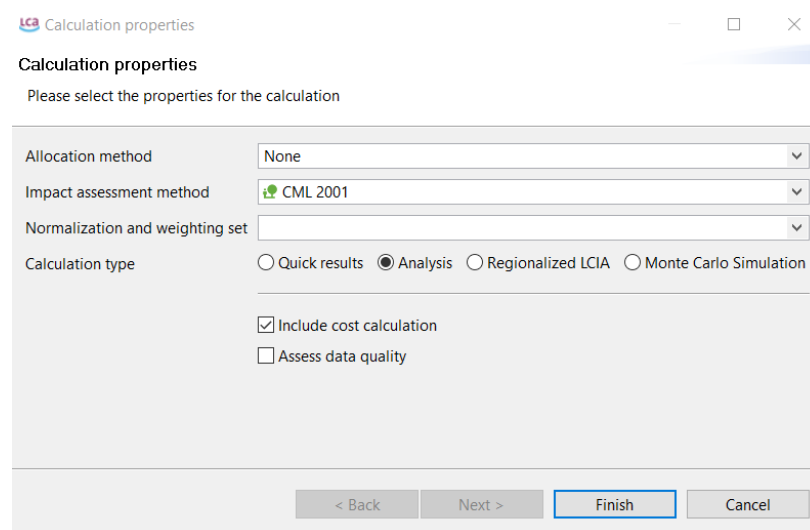


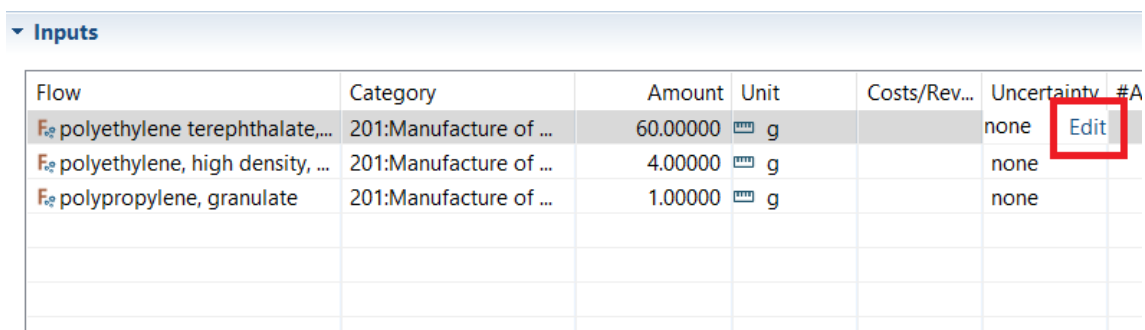
Figura 59. Propiedades de Cálculo.

3. SIMULACION MONTE CARLO

Una simulación Monte Carlo varía datos de entrada del modelo de cálculo al azar de acuerdo con las distribuciones de incertidumbre. En general, se requieren generalmente varios miles de pases de iteración.

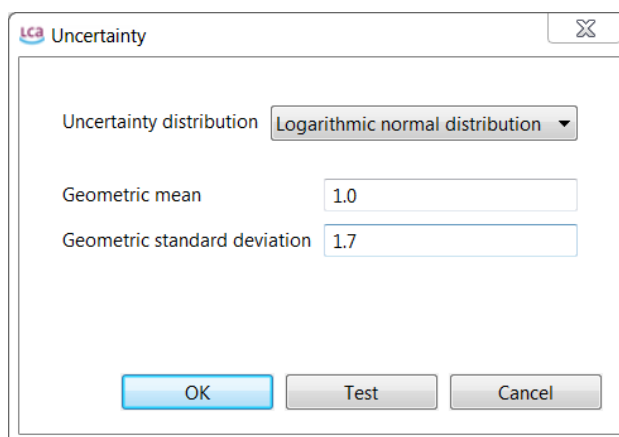
Añadir información de la incertidumbre

Para realizar la simulación Monte Carlo, primero se debe haber agregado datos de incertidumbre para los flujos de entrada y salida en los procesos (distribución, desviación estándar, min / max, etc.).



Flow	Category	Amount	Unit	Costs/Rev...	Uncertainty	#A
F _{se} polyethylene terephthalate,...	201:Manufacture of ...	60.00000	g		none	Edit
F _{se} polyethylene, high density, ...	201:Manufacture of ...	4.00000	g		none	
F _{se} polypropylene, granulate	201:Manufacture of ...	1.00000	g		none	

Figura 60. Paso 1 Datos de Incertidumbre.



Uncertainty

Uncertainty distribution: Logarithmic normal distribution

Geometric mean: 1.0

Geometric standard deviation: 1.7

OK Test Cancel

Figura 61. Paso 2 Datos de incertidumbre.

Para proceder a calcular la validación de datos con la Simulación Montecarlo, volveremos al paso de **Calcular el Sistema de productos**, y se selecciona Monte Carlo Simulación y Números de Iteraciones.

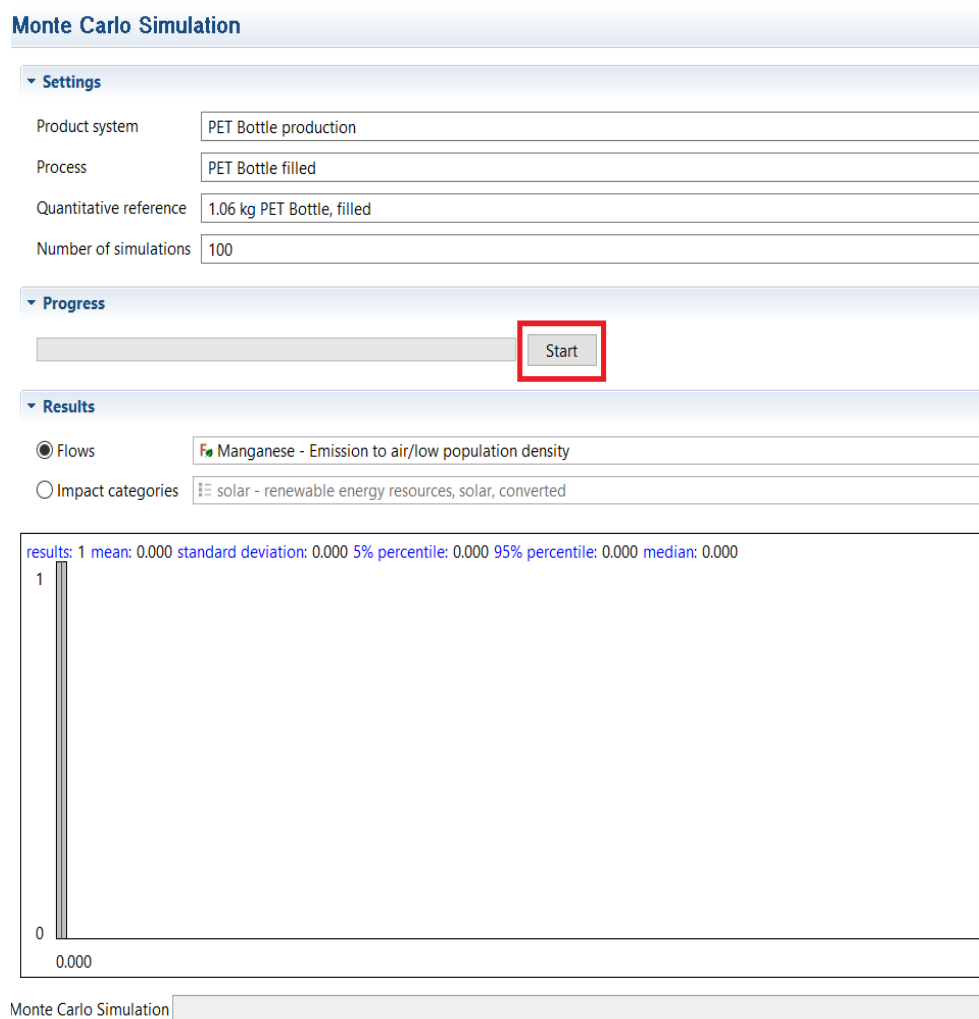


Figura 62. Inicio de la Simulación Monte Carlo.

A continuación, se abrirá la ventana de la simulación de Monte Carlo, en el cual se selecciona “Stuart” para iniciar los cálculos.

Resultados de Monte Carlo

Los resultados para cada categoría de flujo y de impacto se mostrarán mientras se ejecuta la simulación.

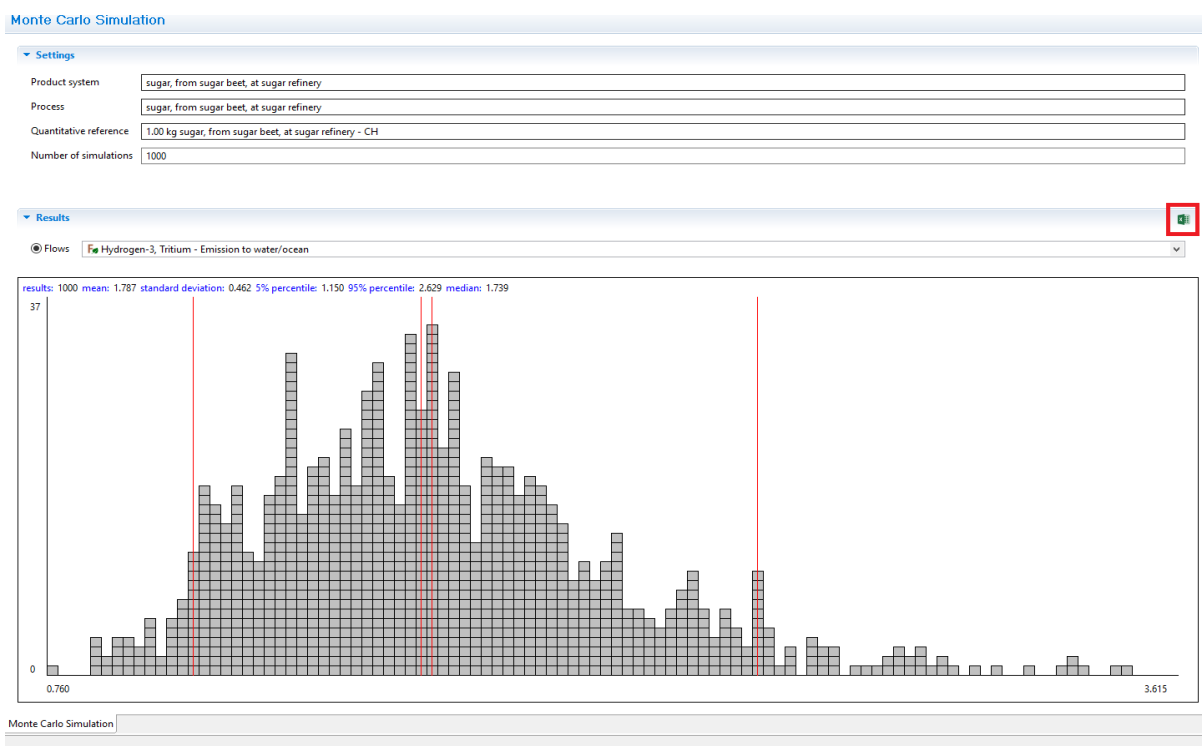


Figura 63. Resultados Simulación Monte Carlo.