

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR - JOSÉ MIGUEL CARRERA

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (ACV) DE UNA PLANTA DE ENVASES Y
EMBALAJES EN EL MARCO DE LA LEY 20.920

Trabajo de Titulación para optar al Título de
Técnico Universitario en CONTROL DEL
MEDIO AMBIENTE

Alumno:

Felipe Andrés Ascencio Figueroa

Profesor Guía:

Gonzalo Sepúlveda Ramírez

Profesor Correferente:

Jaime Carmi Karmy

2019

RESUMEN

KEYWORDS: ACV, CATEGORÍAS DE IMPACTO, OPENLCA, ICV, EICV

En el presente Trabajo de Título se aborda la temática del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) en el marco de la “Ley 20.920” [7], la cual, en sus principios incluye el ecodiseño, término que consiste en la “integración de aspectos ambientales en el diseño del producto, envase, embalaje, etiquetado u otros, con el fin de disminuir las externalidades ambientales a lo largo de todo su ciclo de vida” [7]. Partiendo de aquella base que relaciona el comportamiento del producto con todas las etapas de su ciclo de vida, es que se emplea la aplicación de un Análisis de Ciclo de Vida en el rubro de los envases y embalajes, específicamente el caso de una botella de vidrio, para cuantificar y establecer una visión panorámica del comportamiento ambiental del producto, esto con el fin de que, en el marco de un Sistema de Gestión, se puedan obtener, mediante la mejora continua, un progresivo avance en materia de:

- Mejores prácticas ambientales en el ciclo de vida del producto.
- Optimización del uso de recursos naturales, materias primas e insumos para la fabricación o producción del producto en cuestión.
- Optar por certificaciones que avalen el buen comportamiento ambiental de la empresa u organización.
- Distinción de otras empresas del rubro en relación al ejercicio de buenas prácticas ambientales.

Por medio de los resultados obtenidos, se obtiene una visión concreta del comportamiento de cada etapa del ciclo de vida de la botella de vidrio, identificando los puntos críticos en el comportamiento ambiental del producto, los cuales sirven como oportunidad para aplicar gestión y reducir el impacto ambiental que contribuyen.

ÍNDICE

RESUMEN

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO 1: DEFINICIÓN DE OBJETIVOS Y ALCANCES 1

1.1 ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA 3

1.2 OBJETIVO DEL ESTUDIO..... 5

1.2.1 Aplicación prevista..... 5

1.2.2 Razones para realizar el estudio..... 6

1.2.3 Público previsto..... 6

1.3 ALCANCE DEL ESTUDIO 6

1.3.1 Sistema del producto bajo estudio 7

1.3.2 Funciones del sistema del producto 8

1.3.3 Unidad funcional..... 20

1.3.4 Límites del sistema..... 21

1.3.5 OpenLCA (GreenDelta) 21

1.3.6 Metodología de la EICV..... 29

1.3.7 Otras consideraciones..... 31

CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DEL INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA (ICV) 32

2.1 RECOPIACIÓN DE DATOS..... 32

CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL CICLO DE VIDA (EICV) 32

3.1 RESULTADOS..... 49

3.1.1 Resultados del Inventario del Ciclo de Vida (ICV) 49

3.1.2 Resultados de las categorías de impacto 49

3.1.3 Resultados de las Categorías de Impacto por proceso 50

CAPÍTULO 4: INTERPRETACIÓN DEL CICLO DE VIDA 57

4.1 INTERPRETACIONES Y HALLAZGOS..... 58

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 61

BIBLIOGRAFÍA	63
---------------------------	-----------

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Ciclo de vida objeto de estudio correspondiente a la botella de vidrio.	8
Figura 1-2. Sistema de producto de la botella de vidrio.	10
Figura 1-3. Diagrama de flujo del proceso de embotellado de WPL.	16
Figura 1-4. Diagrama de flujo del proceso de etiquetado de WPL.	19
Figura 3-1. Comparación de las categorías de impacto abordadas.. ¡Error! Marcador no definido.	

ÍNDICE DE IMAGENES

Imagen 1-1. Página de inicio de OpenLCA.	22
Imagen 1-2. Panel de navegación de OpenLCA.....	24
Imagen 1-3. Información general del proceso.....	25
Imagen 1-4. Entradas y salidas del proceso.	26
Imagen 1-5. Información administrativa del proceso.	27
Imagen 1-6. Modelado y validación.	28
Imagen 1-7. Repositorio de bases de datos del sistema OpenLCA Nexus.	29
Imagen 3-1. Contribución de cada etapa del ciclo de vida en la Acidificación.	51
Imagen 3-2. Contribución de cada etapa del ciclo de vida al Cambio Climático.....	51
Imagen 3-3. Contribución de cada etapa del ciclo de vida a la Destrucción de la capa de ozono.	52

Imagen 3-4. Contribución de cada etapa del ciclo de vida a la Ecotoxicidad del agua. ..	52
Imagen 3-5. Contribución de cada etapa del ciclo de vida a la Radiación ionizante sobre el ecosistema.....	53
Imagen 3-6. Contribución de cada etapa del ciclo de vida a la Radiación ionizante sobre la salud humana.	53
Imagen 3-7. Contribución de cada etapa del ciclo de vida a la Formación de material particulado.....	54
Imagen 3-8. Contribución de cada etapa del ciclo de vida a la Formación de ozono fotoquímico.	54
Imagen 3-9. Contribución de cada etapa del ciclo de vida a la Toxicidad humana por sustancias cancerígenas.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Familia de normas ISO (14000).....	3
Tabla 1-2. Descripción del proceso de embotellado de Wine Packaging & Logistic (WPL).....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 1-3. Descripción del proceso de etiquetado de Wine Packaging & Logistic (WPL). ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 2-1. Identificación del titular del proyecto.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 2-2. Identificación del representante legal del proyecto.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 2-3. Coordenadas de ubicación geográfica de la empresa.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 2-4. Análisis de transformaciones y residuos/emisiones por actividad del proceso de embotellación.	¡Error! Marcador no definido.

Tabla 2-5. Análisis de transformaciones y residuos/emisiones en proceso de etiquetado.

¡Error! Marcador no definido.

Tabla 2-6. Suministros de la Planta de Embotellación WPL. **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 2-7. Generación de Riles de la Planta de Embotellación WPL. . **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 2-8. Emisiones atmosféricas de la fase de operación del sistema del producto.

¡Error! Marcador no definido.

Tabla 2-9. Residuos Sólidos de la fase de operación del sistema del producto. **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 2-10. Emisiones del análisis microbiológico. **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 2-11. Residuos Peligrosos Planta de Embotellación WPL. ... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 3-1. Resultados de las categorías de impacto. **¡Error! Marcador no definido.**

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

SIGLAS

ACV	: Análisis de Ciclo de Vida
BBDD	: Bases de datos
C ₂ H ₄	: Etileno
CFCs	: Clorofluorocarbonos
CGE	: Compañía General de Electricidad
CO	: Monóxido de carbono
CO ₂	: Dióxido de carbono
COVs	: Compuestos orgánicos volátiles
CTUe	: Comparative Toxic Units for ecotoxicity
CTUh	: Comparative Toxic Units for human

DIA	: Declaración de Impacto Ambiental
EICV	: Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida
HC	: Hidrocarburo
HCFCs	: Hidroclorofluorocarburos
ICV	: Inventario del Ciclo de Vida
LCA	: Life Cycle Analysis
MP o PM	: Material particulado
NO _x	: Óxidos de nitrógeno
PPDA	: Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica
RCA	: Resolución de Calificación Ambiental
SEA	: Servicio de Evaluación Ambiental
SO ₂	: Dióxido de azufre
SO _x	: Óxidos de azufre
UE	: Unión Europea
WPL	: Wine Packaging & Logistic

SIMBOLOGÍA

Kg	: Kilogramo
kw	: Kilovatios
l	: Litro
m ²	: Metro cuadrado
m ³	: Metro cúbico

s : Segundo

t : Tonelada

w : Vatios

INTRODUCCIÓN

Con la entrada en vigencia de la Ley 20.920 (ESTABLECE MARCO PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS, LA RESPONSABILIDAD EXTENDIDA DEL PRODUCTOR Y FOMENTO AL RECICLAJE) y en particular con la instauración de la responsabilidad extendida del productor, se vislumbra un avance en materia de gestión de residuos, pero más aún, se aprecia el surgimiento de temáticas ya abordadas por otros países como lo son los pertenecientes a la Unión Europea (UE). Temáticas nuevas para Chile como lo son la implementación de una economía circular, Ecodiseño, la consideración del Ciclos de vida de los productos y/o servicios, entre otros ya mencionados. Es en ese surgimiento de nuevos conceptos para un país como Chile, con mucho por aprender aún de otros países desarrollados en los que ya se ha avanzado notoriamente en materia de gestión de residuos, que se visualiza la oportunidad de realizar un trabajo de investigación que aborde la implementación de las nuevas metodologías que permitan cuantificar el impacto del ciclo de vida en apoyo a las nuevas temáticas que progresivamente la ley 20.920 está implementando.

Objetivo general

El presente Trabajo de Título busca como objetivo general y central la implementación de un Análisis de Ciclo de vida modelo o genérico para el rubro de envases y embalajes para que, en base a los resultados obtenidos, demostrar sus ventajas y características.

Objetivos específicos

- Identificar y generar un ciclo de vida para una botella de vidrio mediante la utilización de bases de datos gratuitas.
- Establecer los límites y alcances correspondientes para la elaboración de un ACV genérico.
- Comparar las distintas fases del ciclo de vida en base a los resultados obtenidos tras la evaluación del ciclo de vida.

- Proponer medidas que influyan positivamente en los impactos detectados tras la evaluación del ciclo de vida.

Para establecer la metodología necesaria para la implementación adecuada de un ACV, se sigue la estructura de acuerdo a la “Norma Internacional ISO 14.044:2006. Gestión Ambiental. Análisis de ciclo de vida. Requisitos y directrices.” [8]:

- Definición del objetivo y alcance del estudio
- Análisis del Inventario del Ciclo de Vida (ICV)
- Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV)
- Interpretación del ciclo de vida

Para el efecto de tal estudio, se hace uso de OpenLCA, software para ACV el cual cuantifica una serie de categorías de impacto previamente señaladas y definidas mediante métodos de evaluación de impacto ambiental. De este modo, se obtiene una visión completa del comportamiento del ciclo de vida del objeto de análisis en cuestión, el que en este caso corresponde a una botella de vidrio.

A su vez, se emplea la utilización de la palabra “embotellación”, tal y como la organización hace referencia en la Declaración de Impacto Ambiental sometida al SEA.

CAPÍTULO 1: DEFINICIÓN DE OBJETIVOS Y ALCANCES

1.1 ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

Dentro de la familia de las normas ISO 14000, las cuales tratan temas netamente ambientales, incluyen el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) en la norma ISO 14044 Gestión ambiental - Análisis del ciclo de vida - Requisitos y directrices. Si bien en un análisis de ciclo de vida se abordan temáticas que son posibles encontrar en otras normas ISO, es en la norma ISO 14044 en la que este estudio se apoya de manera global.

Tabla 1-1. Familia de normas ISO (14000)

	Norma
Sistemas de Gestión Ambiental	14001 Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso
	14004 Sistemas de gestión ambiental. Directrices generales sobre principios, sistemas y técnicas de apoyo
	14006 Sistemas de gestión ambiental. Directrices para la incorporación del ecodiseño
	14011 Guía para las auditorías de sistemas de gestión de calidad o ambiental
Etiquetas ecológicas y Declaraciones ambientales de producto	14020 Etiquetas ecológicas y declaraciones ambientales. Principios generales
	14021 Etiquetas ecológicas y declaraciones medioambientales. Autodeclaraciones medioambientales
	14024 Etiquetas ecológicas y declaraciones medioambientales. Etiquetado ecológico Tipo I. Principios generales y procedimientos
	14025 Etiquetas y declaraciones ambientales. Declaraciones ambientales tipo III. Principios y procedimientos.
Huellas Ambientales	14046 Gestión ambiental. Huella de agua. Principios, requisitos y directrices

	14064-1:2006 Gases de efecto invernadero. Parte 1: Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero
	14064-2:2006 Gases de efecto invernadero. Parte 2: Especificación con orientación, a nivel de proyecto, para la cuantificación, el seguimiento y el informe de la reducción de emisiones o el aumento en las remociones de gases de efecto invernadero
	ISO 14064-3:2006 Gases de efecto invernadero. Parte 3: Especificación con orientación para la validación y verificación de declaraciones sobre gases de efecto invernadero
	14065:2013 Gases de efecto invernadero. Requisitos para los organismos que realizan la validación y la verificación de gases de efecto invernadero, para su uso en acreditación u otras formas de reconocimiento
Análisis de ciclo de vida	14040 Gestión ambiental - Evaluación del ciclo de vida - Principios y marco de referencia.
	14044 Gestión ambiental - Análisis del ciclo de vida - Requisitos y directrices.
	ISO/TR 14047 Gestión ambiental - Evaluación del impacto del ciclo de vida. Ejemplos de aplicación de ISO 14042.
	ISO/TR 14048 Gestión ambiental - Evaluación del ciclo de vida. Formato de documentación de datos.
	ISO/TR 14049 Gestión ambiental - Evaluación del ciclo de vida. Ejemplos de la aplicación de ISO 14041 a la definición de objetivo y alcance y análisis de inventario
Horizontales	ISO 14031 Gestión ambiental. Evaluación del rendimiento ambiental. Directrices
	ISO/TR 14032 Gestión ambiental - Ejemplos de evaluación del rendimiento ambiental (ERA)
	ISO 14050 Gestión ambiental - Vocabulario
	ISO/TR 14062 Gestión ambiental - Integración de los aspectos ambientales en el diseño y desarrollo de los productos

	ISO 14063 Comunicación ambiental - Directrices y ejemplos
--	--

1.2 **OBJETIVO DEL ESTUDIO**

Un proceso productivo, ya sea de un producto y/o servicio, a lo largo de su ciclo de vida cuenta con una gran cantidad de aspectos ambientales, económicos y de calidad con los que lidiar para asegurar así, una mejor respuesta por parte de su público cliente. En Chile, al existir aún una economía lineal, no es posible determinar los aspectos ambientales con los que los procesos productivos de una organización lidian a lo largo de su ciclo de vida. Lo anterior debido a que en una economía lineal los procesos (extracción de materias primas, procesado, transporte, uso y disposición final) que intervienen en el ciclo de vida no se relacionan entre sí, dado que simplemente se toma en cuenta el “producto” que pasa de un ciclo a otro, más no sus implicancias ambientales.

El ACV, a través del presente Trabajo de Título, busca demostrar cómo solucionar esa brecha, cuantificando los impactos ambientales producidos por los aspectos ambientales asociados al ciclo de vida de una botella de vidrio. En el presente caso, se busca estudiar el ciclo de vida de una botella de vino de vidrio para identificar qué fase de su ciclo de vida tiene mayor impacto de acuerdo a criterios por definir.

1.2.1 Aplicación prevista

En el presente ACV se analiza el caso de una organización que presenta un proyecto de construcción de una planta de embotellación de vinos, el cual se encuentra aprobada por el SEA. Este proyecto se somete al proceso de evaluación ambiental mediante la presentación de una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) la cual fue posteriormente aprobada. De la Resolución de Calificación Ambiental (RCA), documento

de carácter público, se extrae la información cuantitativa y cualitativa correspondiente al envasado del vino en las botellas de vidrio y embalado de éste.

1.2.2 Razones para realizar el estudio

Las razones por las cual se ha determinado la realización de un ACV en el rubro de los envases y embalajes de botellas de vidrio, está en directa relación con los nuevos desafíos que impone la ley 20.920. Aspectos tales como la economía circular, los ciclos de vida de productos y/o servicios y el ecodiseño son parte de los conceptos que despertaron interés por la creación de un ACV modelo que sirva como herramienta de soporte y ayuda para una adecuada gestión de los residuos.

1.2.3 Público previsto

Con los resultados obtenidos se pretende demostrar a la comunidad universitaria y público en general, la autenticidad y objetividad de los resultados obtenidos para que sea posible masificar su uso a cualquier organización que desee tener en cuenta las implicancias ambientales de sus procesos en el marco de una economía circular.

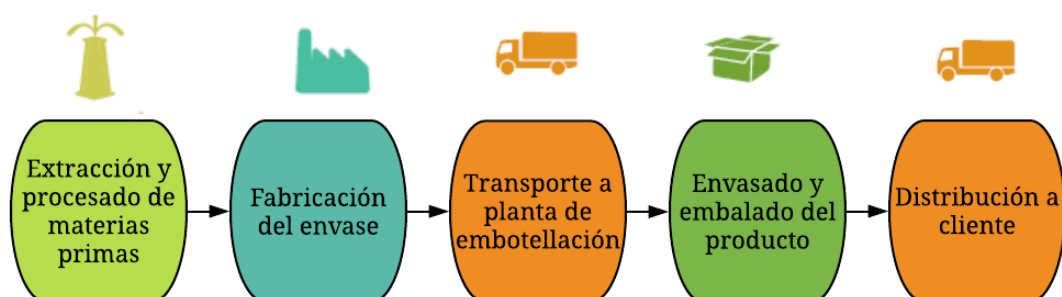
1.3 ALCANCE DEL ESTUDIO

Al elaborar un ACV, es necesario establecer las limitaciones de éste, identificando el sistema de producto a utilizar, la unidad funcional, las categorías de impacto a evaluar, la metodología de evaluación de impacto del ciclo de vida (EICV) a utilizar, entre otras consideraciones que permitan la correcta aplicación del estudio en paralelo a la coherencia necesaria respecto a la aplicación prevista.

1.3.1 Sistema del producto bajo estudio

Un sistema de producto corresponde al “conjunto de procesos unitarios con flujos elementales y flujos de producto, que desempeña una o más funciones definidas, y que sirve de modelo para el ciclo de vida de un producto.”. Para ir en paralelo con la nomenclatura de las directrices de la Norma Internacional ISO 14044:2006, es que la investigación aborda el ciclo de vida de la botella de vidrio como un sistema de producto, donde las respectivas etapas del ciclo de vida corresponden a los procesos unitarios de dicho sistema.

El ciclo de vida considerado en el presente estudio se grafica de la siguiente manera:



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1-1. Ciclo de vida objeto de estudio correspondiente a la botella de vidrio.

- **Extracción y procesamiento de materias primas:** Considera la extracción, transporte y procesamiento de materias primas y recursos necesarios para la producción de la botella de vidrio.
- **Fabricación del envase:** Ciclo que se inicia con la recepción de las materias primas ya procesadas y listas para proceder a la fabricación de las botellas de vidrio.
- **Transporte a Planta de Embotellación:** Una vez fabricada la botella de vidrio, ésta es transportada hasta la planta de embotellación para continuar el ciclo de vida.
- **Envasado y embalado del producto:** La planta de embotellación se encarga de recibir el envase de vidrio ya elaborado en el ciclo anterior, listo y dispuesto para proceder a embotellar el vino a granel para un posterior etiquetado y embalado.
- **Transporte a cliente:** Corresponde al transporte del producto ya envasado y embalado hasta su cliente respectivo.

1.3.2 Funciones del sistema del producto

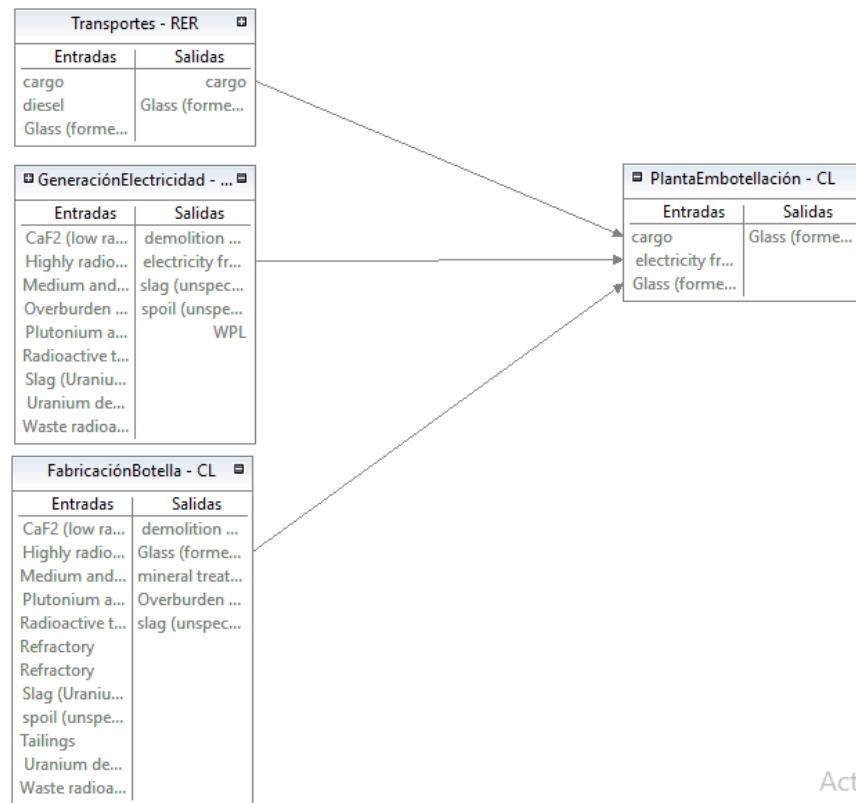
La información cualitativa y cuantitativa referente a cada ciclo de vida es extraída de las bases de datos de NEEDS [10] y ELCD [9], a excepción de la planta de embotellación la cual ha sido recopilada de la Adenda N° 1 [11], Adenda N° 2[12] y la Resolución de Calificación Ambiental [13] que aprueba el proyecto de WPL.

El presente ACV se lleva acabo considerando cinco procesos productivos (etapas del ciclo de vida de la botella) a abordar a continuación.

Para la realización del estudio es necesario conocer el funcionamiento de cada uno de los procesos unitarios del sistema de producto para establecer las bases de las necesidades de información con las que es posible encontrarse.

El ACV está acotado de acuerdo a los objetivos y alcances señalados de acuerdo a los límites del sistema. El sistema de producto (véase Figura 1-2) en análisis cuenta con los siguientes procesos:

- A.** Fabricación de la botella de vidrio.
- B.** Transportes.
- C.** Planta de Embotellación WPL.
- D.** Generación de electricidad.



. Fuente: Elaboración propia a través de OpenLCA.

Figura 1-2. Sistema de producto de la botella de vidrio.

A. Fabricación de la botella de vidrio.

Dicho proceso consta de la extracción, transporte y procesado de las materias primas necesarias para la confección de la botella de vidrio.

Los datos proporcionados por las bases de datos corresponden a promedio anual del año 2007. El límite geográfico cubre los envases de vidrio producidos en la UE 27. La base de datos recopila datos específicos del sitio representativos de la tecnología actual (tecnología de horno y reducción) utilizados en Europa del año de referencia 2007. Las tecnologías de horno cubiertas en el escenario europeo son: horno regenerativo, horno de recuperación, horno de oxidación y horno eléctrico. El sistema de fondo se trata de la siguiente manera:

- Electricidad, energía térmica: La electricidad (y la energía térmica como subproducto) utilizada se modela de acuerdo con la situación individual específica del país. El modelado específico del país se logra en múltiples niveles. En primer lugar, las plantas de energía individuales en servicio se modelan de acuerdo con la red nacional actual. Esto incluye las pérdidas netas y la electricidad importada. En segundo lugar, se modelan los estándares nacionales de emisión y eficiencia de las centrales eléctricas. En tercer lugar, se tiene en cuenta el suministro de combustible específico del país (proporción de recursos utilizados, por importación y/o suministro nacional), incluidas las propiedades específicas del país (por ejemplo, los elementos y los contenidos de energía). En cuarto lugar, los procesos de importación, transporte, minería y exploración para la cadena de suministro del transportista energético se modelan de acuerdo con la situación específica de cada país productor de energía. Las diferentes técnicas de minería y exploración (emisiones y eficiencias) en los diferentes países de exploración se contabilizan de acuerdo con los conocimientos e información de ingeniería actuales.
- Vapor: El suministro de vapor se modela de acuerdo con la situación individual específica del país con respecto a las eficiencias tecnológicas y los portadores de energía utilizados. Las eficiencias van del 84% al 94% en relación con el portador de energía representativo (gas, petróleo, carbón). El carbón, el petróleo crudo y el gas natural utilizados para la generación de vapor se modelan de acuerdo con la situación de importación específica (ver electricidad).
- Transportes: Se incluyen todos los procesos de transporte relevantes y conocidos utilizados. El transporte en el extranjero, incluido el transporte ferroviario y por camión hacia y desde los principales puertos para los recursos a granel importados, está incluido. Además, se incluyen todos los transportes relevantes y conocidos de gasoductos y/o petroleros.
- Portadores de energía: El carbón, el petróleo crudo, el gas natural y el uranio se modelan de acuerdo con la situación de importación específica de cada país.
- Productos de refinería: El diésel, la gasolina, los gases técnicos, los aceites básicos y los residuos como el betún se modelan a través de un modelo parametrizado de refinería específico de cada país. El modelo de refinería representa el estándar nacional actual en técnicas de refinería (por ejemplo, nivel de emisión, consumo interno de energía) así como

también el espectro de producción de producto específico del país, que puede ser bastante diferente de un país a otro. Por lo tanto, los productos de la refinería utilizados muestran el uso de los recursos específicos de cada país. El suministro de petróleo crudo se modela, de nuevo, de acuerdo con la situación del petróleo crudo específico del país con las propiedades respectivas de los recursos.

Los siguientes criterios de corte se aplicaron en el estudio a todos los datos anteriores:

- Masa: Si un flujo es menor al 2% de la masa acumulada del modelo, puede excluirse, siempre que su relevancia ambiental no sea una preocupación.
- Energía: Si un flujo es menor al 2% de la energía acumulada del modelo, puede excluirse, siempre que su relevancia ambiental no sea una preocupación.
- Relevancia ambiental: Si un flujo cumple con los criterios de exclusión antes mencionados, pero se cree que tiene un impacto ambiental significativo, se incluirá. Se deben cubrir los flujos de material que abandonan el sistema (emisiones) y cuyo impacto ambiental sea mayor al 2% del impacto total de una categoría de impacto que se ha considerado en la evaluación.

La suma de los flujos de materiales excluidos no debe exceder el 5% de la masa, la energía o la relevancia ambiental. El estudio para la recopilación de datos del proceso de fabricación de la botella de vidrio, cubre el 99.97% de la masa de producción de materiales de lotes vírgenes. Las cantidades de material del lote (excluyendo el vidrio recuperado) se evaluaron con respecto al peso en seco, excepto en el caso de la arena de cuarzo, que podría contener hasta 5% de humedad. Los datos sobre el transporte no estaban disponibles para algunos materiales que representan en total menos del 1% de la masa total del lote. Para estos casos, se tuvo en cuenta una distancia de 200 km, modelada al 50% por camión y 50% por tren (diesel).

Todos los datos fueron recolectados y provistos de manera consistente y se utilizan datos ascendentes consistentes para todos los procesos de producción y transporte.

En los casos en que no se dispuso de datos primarios, se utilizaron las estimaciones proporcionadas por las empresas involucradas o los datos calculados. La producción de vidrio en contenedores se modeló en base a emisiones de CO₂ calculadas utilizando

factores de emisión de CO₂ provenientes de la combustión de gas natural y emisiones directas de dióxido de carbono relacionadas con los materiales del lote (ceniza de sosa, piedra caliza, dolomita y coque).

Se recogieron datos primarios sobre la producción de vidrio en contenedores para el año 2007. Estos datos se basaron en los datos promedio anuales del año. Los datos representativos aguas arriba (principalmente materias primas, energías, combustibles y materiales auxiliares) se obtuvieron de la base de datos GaBi 4 2006 y son representativos de los años 2000-2005, basado en la disponibilidad de datos.

B. Transportes

Los transportes considerados necesarios para el transporte de la botella de vidrio desde la fábrica hasta la planta de embotellación y el transporte de la botella llena, envasada y embalada, desde la planta de embotellación hasta el cliente son abordados en OpenLCA mediante un solo proceso unitario para efectos de hacer más simple la relación entre los procesos en el software. Esto para minimizar la complejidad que aporta el hecho de tener que estudiar un mayor número de procesos unitarios. Por lo tanto, el proceso unitario Transportes corresponde al transporte desde la fábrica hasta la planta de embotellación y al transporte desde la planta de embotellación hasta el cliente a través. En relación a la calidad de información cualitativa y cuantitativa, ésta la entrega la base de datos usada en el estudio.

El conjunto de datos es representativo Europa y corresponde al promedio ponderado de camiones articulados con 40t de peso total para estándares de emisión de EURO 0 a EURO 4. La carga útil del camión es de 27t. Se tienen en cuenta las siguientes emisiones de combustión (datos medidos) del camión: amoníaco, benceno, dióxido de carbono, monóxido de carbono, metano, óxidos de nitrógeno, óxido nitroso, COVs, PM 2.5, dióxido de azufre, tolueno, xileno. Las emisiones de COVs, tolueno y xileno del vehículo son el resultado de la combustión imperfecta y las pérdidas por evaporación por difusión a través del tanque. Camiones alimentados por diesel.

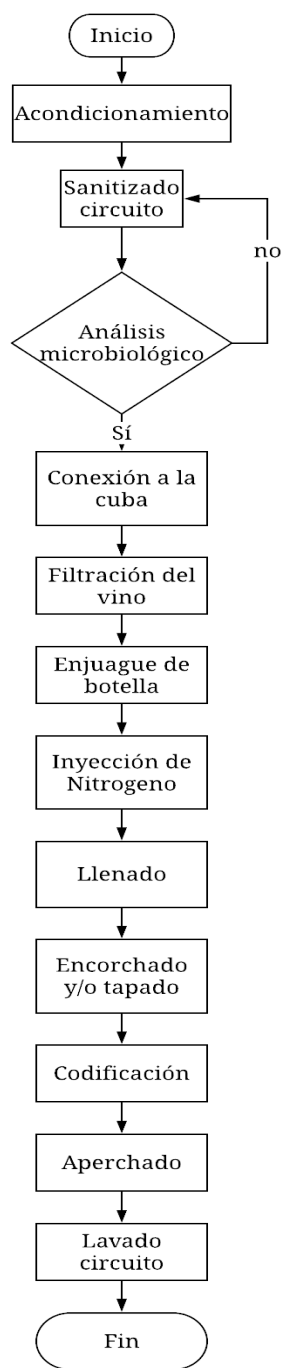
C. Planta de Embotellación WPL

El proceso productivo de la planta de embotellación de WPL está diseñado para la embotellación y etiquetado de vino a granel proveniente de empresas externas. Al recibir el vino a granel del cliente, éste es descargado y almacenado en cubas de acero inoxidable.

Tabla 1-2. Proceso de embotellación

Nombre de actividad	Descripción de la actividad
Acondicionamiento de línea de embotellación	Se verifica el estado de cada una de las partes de la línea. Se realizan los ajustes necesarios y se disponen los insumos a utilizar.
Limpieza y sanitización de circuito	Lavado y sanitizado circuito
Realización de análisis microbiológico	A través de un análisis microbiológico, se verifica el proceso de higienización del circuito de embotellación, que se realiza de acuerdo a la aplicación de productos del cliente. Se muestrea en las boquillas de las llenadoras. Si esta verificación es positiva se procede a la embotellación, sino, se coordina con la Viña para aplicar acciones correctivas y se vuelve a aplicar la verificación microbiológica si el cliente lo aprueba.
Conexión a cuba de vino	Conexión a las mangueras ya sanitizadas desde la cuba a la carcasa de filtración.
Filtración del vino	Se filtra el vino por filtros cartucho.
Disposición de botella en línea	Esta actividad es supervisada por el Operador de planta quién verifica que la botella corresponda al vino a

	envasar y la cantidad a envasar con respecto a la cantidad de botella.
Enjuague de botella	El enjuague consta de pasar agua filtrada con presión por el interior de las botellas para eliminar cualquier residuo que contenga en el interior de la botella. Se controla la presión del agua de enjuague que ingresa a la botella.
Inyección de N ₂	Posterior al enjuague de las botellas, éstas son inyectadas con N ₂ en su interior para desplazar el O ₂ .
Control nivel de llenado	Se verifica el nivel de llenado con un pie de metro. La temperatura como el nivel de llenado está definida por el cliente, siendo 20°C la temperatura óptima para verificar el nivel de llenado.
Llenado	Posterior a la aprobación del nivel de llenado, las botellas enjuagadas e inyectadas de N ₂ son llenadas con el vino a envasar.
Encorchado con vacío y/o tapado	Se introduce en cada botella un tapón de corcho monitoreando su taponado y vacío.
Codificación de botellas tapadas y tiempo de recuperación del corcho	Se codifica cada botella según lo solicitado por el cliente (Nº de lote) a través de un equipo INJECT.
Aperchado y entrega del producto final	Los operarios aperchan las botellas en bins, rejillas o pallet y se entregan a cliente.
Lavado y/o enjuague del circuito de línea de envasado	Se lava y enjuaga con agua caliente todo el circuito desde la cuba a llenadora.



Fuente: Elaboración propia, recuperado de la Resolución de Calificación Ambiental (Resolución Exenta N° 078/2014).

Figura 1-3. Diagrama de flujo del proceso de embotellado de WPL.

- Etiquetado: Al finalizar el proceso de embotellación del vino a granel, las botellas llenas pasan al último proceso correspondiente a la planta de embotellación de WPL. En la planta, se hace uso del término Halb, palabra que hace referencia al conjunto compuesto por la botella llena con vino más el corcho/tapa. Además, se hace uso del término Fert, el que hace alusión al conjunto compuesto por el término Halb al que se le adiciona la etiqueta más la caja. Dicho esto, el proceso de etiquetado comienza con la recepción del Halb y termina como producto final el Fert.

El etiquetado de la Planta de Embotellación WLP se describe según la Tabla 1-2.

Tabla 1-3. Proceso de etiquetado

Nombre de la actividad	Descripción de la actividad
Lavado Halb	Las boquillas que realizan el lavado de las botellas son alimentadas desde la red de agua a temperatura ambiente. El objetivo de este lavado es sacar el polvillo que se pudo acumular sobre los halb durante el período que permanecieron almacenados.
Secado Halb	Una vez que la botella ha sido lavada, avanza sobre la cinta transportadora hasta la zona de secado. La botella pasará entre los secadores, que dispensan aire tibio, dispuestos de tal forma que permiten el secado desde la parte superior hasta la base de esta. Estos secadores barren el agua y sacan la humedad de la botella para permitir el buen pegado de la etiqueta.
Capsulado halb	Una vez que la botella ha sido secada, ésta avanza sobre la cinta transportadora hasta la zona de capsulado.

Etiquetado halb	Los rollos de etiquetas que correspondan ser usados son puestos en la alimentación de las estaciones de etiquetas por el operador, el cual pega la etiqueta y contra etiqueta a la botella.
Embalaje fert	La forma de paletizar los fert depende de los requerimientos del cliente respecto al despacho de su pedido, pudiendo ser pedido paletizado o carga a piso. Luego se procede a poner caja por caja manualmente una a una dentro de los pallets según distribución asociada al tamaño de la caja y la medida del pallet. Cuando el pallet está completado se traslada a la bodega de almacenamiento de producto terminado.



Fuente: Recuperado de la Resolución de Calificación Ambiental (Resolución Exenta N° 078/2014).

Figura 1-4. Diagrama de flujo del proceso de etiquetado de WPL.

D. Generación de electricidad

El conjunto de datos representa la situación específica del país/región, centrándose en las principales tecnologías, las características específicas de la región y/o las estadísticas de importación. La electricidad del agua se genera en las centrales hidroeléctricas, como las centrales eléctricas de río o las centrales eléctricas de

almacenamiento. El conjunto de datos comprende la infraestructura, así como el final de la vida útil de la central hidroeléctrica, con una vida útil general de 60 años. Se incluyen las emisiones de gases de efecto invernadero por la descomposición de la biomasa en el reservorio.

El sistema de fondo se trata de la siguiente manera:

- Transportes: Se incluyen todos los procesos de transporte relevantes y conocidos utilizados. Se incluyen los transportes de ultramar, incluidos los transportes ferroviarios y de camiones hacia y desde los puertos principales para los recursos a granel importados.
- Portadores de energía: El carbón, el petróleo crudo, el gas natural y el uranio se modelan de acuerdo con la situación específica de importación.
- Productos de refinería: El diesel, la gasolina, los gases técnicos, los combustibles, los aceites básicos y los residuos, como el betún, se modelan a través de un modelo paramétrico de refinería específico para cada país. El suministro de petróleo crudo se modela, nuevamente, de acuerdo con la situación del petróleo crudo específico del país con las propiedades respectivas de los recursos.

1.3.3 Unidad funcional

La unidad funciona se define como el “desempeño cuantificado de un sistema del producto para su utilización como unidad de referencia.” [8]. Dado que el uso de la perspectiva de ciclo de vida considerada implica definir una unidad funcional para la realización del diagnóstico ambiental, se establece que dicha unidad funcional se define como: “El sistema de embotellamiento de vino requerido para transportar 1.136.250 botellas anuales con vino (1 L)”. Cabe señalar que una unidad funcional sirve para el caso dado cuando se comparan dos sistemas de productos que se enfocan en un mismo producto/servicio, por ejemplo: comparar el sistema de producto asociado al ciclo de vida de una botella de vidrio con el sistema de producto asociado al ciclo de vida de una botella de plástico.

1.3.4 Límites del sistema

Los procesos correspondientes al ciclo de vida objeto de análisis señalados en la subsección 1.2.2, son los procesos que se modelan en el software de ACV utilizado en la presente investigación.

Se incluye el proceso “Generación de electricidad” como proceso unitario de la planta de embotellación debido a la relevancia ambiental que posee el ciclo de vida de la generación de electricidad (pese a que WPL no genera electricidad, sino que hace uso de ella). Aun así, en la embotellación del vino en la Planta de WPL, en relación a datos cuantitativos de insumos o materias primas, emisiones, residuos o vertidos, se aborda desde el punto de vista de caja negra, es decir, al modelar el proceso de embotellación de WPL, se ingresan los datos directamente al software, sin especificar a qué parte del proceso de la planta de WPL pertenezca, esto debido a la escasa información que se posee desde la perspectiva de un estudio de un agente externo.

1.3.5 OpenLCA (GreenDelta)

GreenDelta es una compañía independiente de ingeniería, consultoría y desarrollo de software fundada en 2004 por el Dr. Andreas Ciroth.

“Trabajamos en todas las áreas de la evaluación del ciclo de vida y la sostenibilidad, y tratamos de encontrar mejoras en la sostenibilidad de productos y organizaciones, es decir, un delta verde” [4], señalan.

“Desarrollamos software para la evaluación de sostenibilidad y ciclo de vida y para otros temas relacionados, como fuente abierta y como fuente cerrada: herramientas más pequeñas dedicadas y aplicaciones integrales a escala completa.” [3], agregan.

En el marco del estudio del software, se estudia su funcionamiento en base al “Manual de usuario integral” [1], el cual está disponible abierta y gratuitamente en la web. Dicho

manual consiste en un archivo PDF en el cuál se explican las nuevas y/o mejoradas funcionalidades del software en su última versión (1.7).



Fuente: Recuperada de OpenLCA.

Imagen 1-1. Página de inicio de OpenLCA.

Open LCA consiste en un software gratuito y de código abierto líder en el mundo para la realización de Análisis de Sustentabilidad y Ciclo de Vida, desarrollado por GreenDelta desde el año 2007. Posee la capacidad de estudiar el ciclo de vida de un sistema de producto de manera individual o la comparación de éste con otros sistemas de productos, lo que permite evaluar, por ejemplo, el ciclo de vida de una botella de plástico con una botella de vidrio, entre muchas otras opciones más aplicables a cualquier ciclo de vida de un producto y/o servicio.

Entre las características de OpenLCA, se destacan:

- Cálculo rápido, objetivo y confiable para la implementación de evaluación de sostenibilidad y/o del ciclo de vida.

- Información detallada sobre los resultados de cálculos y análisis al identificar los principales impulsores a lo largo del ciclo de vida, por proceso, flujo o categoría de impacto.
- Posee la capacidad de importación y exportación de los proyectos. Exportación de resultados de la Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV) en formato Excel, así como imágenes de los gráficos de los resultados.
- Fácil de usar, interfaz de usuario en una variedad de idiomas.
- Mejora continua e implementación de nuevas características.

OpenLCA ofrece la mayor colección de conjuntos de datos y bases de datos en todo el mundo para softwares de ACV, algunos para comprar y otros de forma gratuita, en total, están disponibles casi 100.000 conjuntos de datos diferentes.

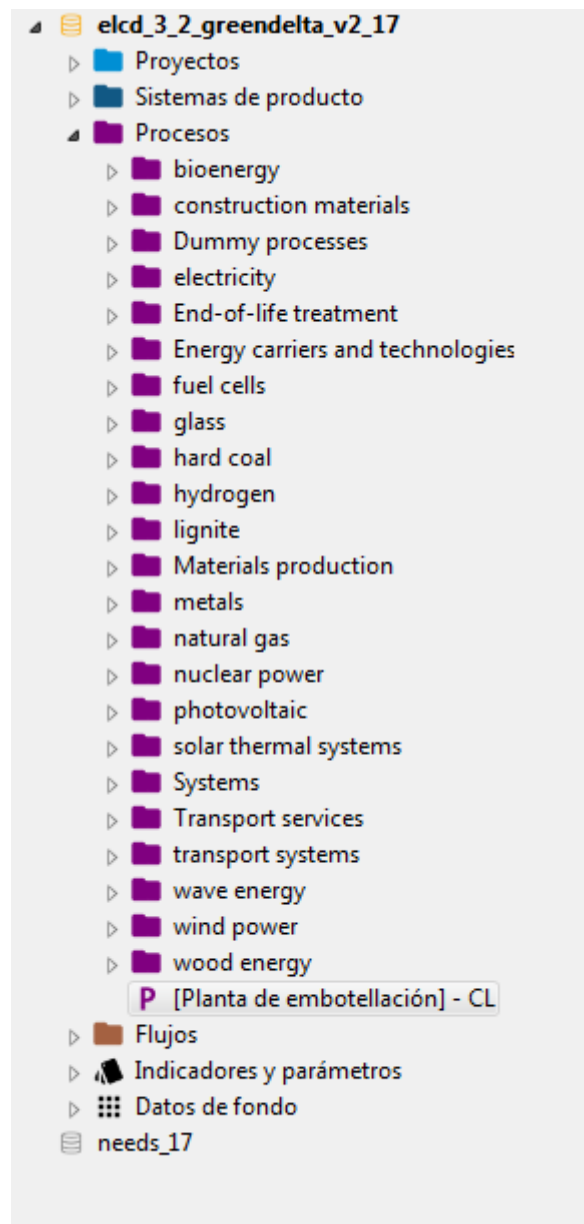
El software permite la creación de un sistema de producto, con sus respectivos procesos unitarios y flujos (elementales, de producto y residuo) o también, utilizar procesos unitarios y flujos ya creados y almacenados en las bases disponibles.

Para explicar los componentes principales del software se utiliza el proceso de la fabricación de la botella de vidrio, proceso unitario extraído de la base de datos ELCD.

Al abrir o crear un proceso unitario en OpenLCA, se despliega una imagen con varias secciones: Información general, Entradas/Salidas, Información administrativa, Modelado y validación, Parámetros, Asignación y aspectos sociales.

Con el fin de explicar el funcionamiento del ciclo de vida en cuestión, se explican las categorías que tienen influencia en el objetivo del estudio dentro de los alcances del sistema de producto estipulado.

- Panel de navegación



Fuente: Recuperado de OpenLCA.

Imagen 1-2. Panel de navegación de OpenLCA.

El panel de navegación presenta en primer lugar, la presencia de las bases de datos que se han descargado, las cuales pueden estar separadas o combinadas para unir los datos. En segundo lugar, y dentro de las bases de datos, por estructura del software, se encuentra la sección de Proyectos, la cual permite la posibilidad de generar un Informe (gráficos, tablas y una estructura predefinida por OpenLCA) con la comparación de varios sistemas de

productos ya modelados en el software. En tercer lugar, se encuentra la sección Sistemas de productos, donde se agrupan los sistemas de productos modelados en el software. En cuarto lugar, se encuentran los procesos unitarios y los flujos, los cuales, como se menciona anteriormente, se pueden importar desde una base de datos o crear personalmente según las necesidades del caso. En último lugar se encuentran los Indicadores y Parámetros, sección que incluye los métodos de evaluación de impacto disponibles para la realización del análisis, y los Datos de fondo, sección que agrupa la información referente a las bases de datos y métodos de evaluación de impacto.

- Información general

P Información general: [Creación de botellas de vidrio]

Información general

Nombre: [Creación de botellas de vidrio]

Descripción:

Categoría: Systems

Versión: 00.00.014

UUID: d7bbec20-f8d8-4a8a-9a99-c7cdfafaa77d

Último cambio: 2018-07-01T15:26:36-0400

Proceso de infraestructura: ☐

[Crear sistema de producto](#)

Tiempo

Fecha de comienzo: 01-01-2010

Fecha de finalización: 01-01-2011

Descripción: Promedio anual, datos específicos del sitio para el año 2007; los datos iniciales se obtuvieron de la base de datos GaBi 4 2006 y son representativos de los años 2000-2005.

Información general | Entradas/Salidas | Información administrativa | Modelado y validación | Parámetros | Asignación | Aspectos sociales

. Fuente: Recuperado de OpenLCA.

Imagen 1-3. Información general del proceso

La pestaña Información general en el software permite ingresar información cualitativa de los procesos unitarios como descripción, tiempo de inicio y final del proceso, tecnología empleada, geografía y calidad de los datos.

- Entradas y salidas

P Entradas/Salidas: [Creación de botellas de vidrio]

Entradas									
Flujo	Categoría	Cantidad	Unidad	Costes/In...	Incertidu...	Avoided ...	Proveedor...	Entrada d...	Descripc...
Air	Resource/in air	1.67104	kg		none				
Barite	Resource/in ground	0.00067	kg		none				
Barite	Resource/in ground	2.07843E-14	kg		none				
Basalt, in ground	Resource/in ground	0.00015	kg		none				
Bauxite	Resource/in ground	3.13625E-5	kg		none				
brown coal; 11.9 MJ/kg	Resource/in ground	0.47248	MJ		none				
CaF2 (low radioactive)	Deposited goods/Radi...	-3.61559E-7	kg		none		P Dum...		
Calcium carbonate, in ground	Resource/in ground	0.19993	kg		none				
Calcium chloride	Resource/in ground	2.13900E-12	kg		none				

Salidas									
Flujo	Categoría	Cantidad	Unidad	Costes/In...	Incertidu...	Producto ...	Proveedor...	Entrada d...	Descripc...
Acenaphthene	Emission to water/fres...	1.21572E-11	kg		none				
Acenaphthene	Emission to water/oc...	4.21720E-10	kg		none				
Acenaphthylene	Emission to water/fres...	4.44960E-12	kg		none				
Acenaphthylene	Emission to water/oc...	1.60278E-10	kg		none				
Acetaldehyde	Emission to air/unspe...	5.56960E-8	kg		none				
Acetic acid	Emission to air/unspe...	3.15410E-7	kg		none				
Acetic acid	Emission to water/fres...	2.11817E-8	kg		none				
Acetic acid	Emission to water/oc...	1.26199E-9	kg		none				
Acetone	Emission to air/unspe...	5.33527E-8	kg		none				

Información general | Entradas/Salidas | Información administrativa | Modelado y validación | Parámetros | Asignación | Aspectos sociales

Fuente: Recuperado de OpenLCA.

Imagen 1-4. Entradas y salidas del proceso.

Como el nombre lo dice, esta sección del software consiste en hacer ingreso manual de las entradas y salidas del proceso unitario especificando categoría, cantidad, unidad, costes/incertidumbre, proveedor del flujo, descripción, entre otras.

En OpenLCA se distinguen tres tipos de flujos:

- Flujos elementales: Según la Norma ISO 14.044:2006, se define como la “materia o energía que entra al sistema bajo estudio, que ha sido extraído del ambiente sin una transformación previa por el ser humano, o materia o energía que sale del sistema bajo estudio, que es liberado al medio ambiente sin una transformación posterior por el ser humano.” [8]
- Flujos de producto: “Productos que entran o salen de un sistema del producto hacia otro.” [8]
- Flujos de residuos: Corresponden a los flujos categorizados como residuos.

- Información administrativa

P Información administrativa: [Creación de botellas de vidrio]

▼ Información administrativa

Aplicación prevista
Como asociación comercial que representa a la industria europea de envases de vidrio, FEVE busca información científica confiable adicional para comunicar el desempeño ambiental del vidrio a agencias gubernamentales, clientes o minoristas, organizaciones no gubernamentales y otras partes interesadas. FEVE está interesado en promover la mejora continua del rendimiento de la sostenibilidad ambiental del vidrio para envases y proporcionar datos confiables para fines de etiquetado ambiental.

Propietario del conjunto de datos
European Container Glass Association

Generador de datos
PE International

Documentador de datos
PE International

Publicación

Restricciones de acceso y uso
El conjunto de datos puede ser utilizado gratuitamente por cualquier persona para realizar estudios de LCA, distribuirlo a terceros, convertirlo a otros formatos, desarrollar conjuntos de datos propios, etc. siempre que las condiciones de derechos de autor y de licencia de los conjuntos de datos ELCD y se cumple el formato ILCD al que se puede acceder a través de <http://lca.jrc.ec.europa.eu>. Tenga en cuenta, por ejemplo, esa referencia debe darse al 'Propietario del conjunto de datos' y a la 'base de datos ELCD' más el número de versión, cuando se utiliza el conjunto de datos o partes del mismo. Tenga en cuenta también que cualquier modificación / omisión del conjunto de datos da como resultado la invalidez de cualquier 'aprobación oficial del conjunto de datos por parte del productor / operador', que debe evitarse

Proyecto
Life Cycle Assessment of Container Glass in Europe

Fecha de creación
20/05/10 9:12

Derechos de autor
☒

Información general Entradas/Salidas Información administrativa Modelado y validación Parámetros Asignación Aspectos sociales

Fuente: Recuperado de OpenLCA.

Imagen 1-5. Información administrativa del proceso.

En esta sección, el interfaz del software es lo suficientemente claro para entender su funcionamiento. Contiene información relacionada al ente desarrollador de la base de datos a la que pertenece el proceso unitario en cuestión. Dicha información no interfiere en los resultados de la evaluación.

- Modelado y validación

P Modelado y validación: [Creación de botellas de vidrio]

Modelado y validación

Tipo de proceso: **P** Proceso unitario

Método de ICV: None

Constantes del modelado: Todos los datos utilizados en el cálculo de los resultados de ICV se refieren al valor calorífico neto. Para el transporte de transportadores de energía, los procesos de transporte promedio, tal como lo proporciona la industria del vidrio en contenedores, con ajustes de parámetros específicos, p. las

Exhaustividad de los datos: Los siguientes criterios de corte se aplicaron en el estudio a todos los datos anteriores: - Masa: si un flujo es menor al 2% de la masa acumulada del modelo, puede excluirse, siempre que su relevancia ambiental no sea una preocupación. - Energía: si un flujo es menor al 2% de la energía

Selección de datos: Todos los datos fueron recolectados y provistos de manera consistente y se utilizan datos ascendentes consistentes para todos los procesos de producción y transporte. Además de los datos de proceso primarios, el modelo LCI de vidrio contenedor utiliza datos de GaBi upstream. Donde las

Tratamiento de datos: En los casos en que no se dispuso de datos primarios, se utilizaron las estimaciones proporcionadas por las empresas involucradas o los datos calculados. La producción de vidrio en contenedores se modeló en base a emisiones de CO2 calculadas utilizando factores de emisión de CO2

Información de la fuente de datos

Procedimiento de muestreo:

Periodo de recogida de datos: Se recogieron datos primarios sobre la producción de vidrio en contenedores para el año 2007. Estos datos se basaron en los datos promedio anuales del año.

Evaluación y validación del proceso

Información general | Entradas/Salidas | Información administrativa | **Modelado y validación** | Parámetros | Asignación | Aspectos sociales

. Fuente: Recuperado de OpenLCA.

Imagen 1-6. Modelado y validación

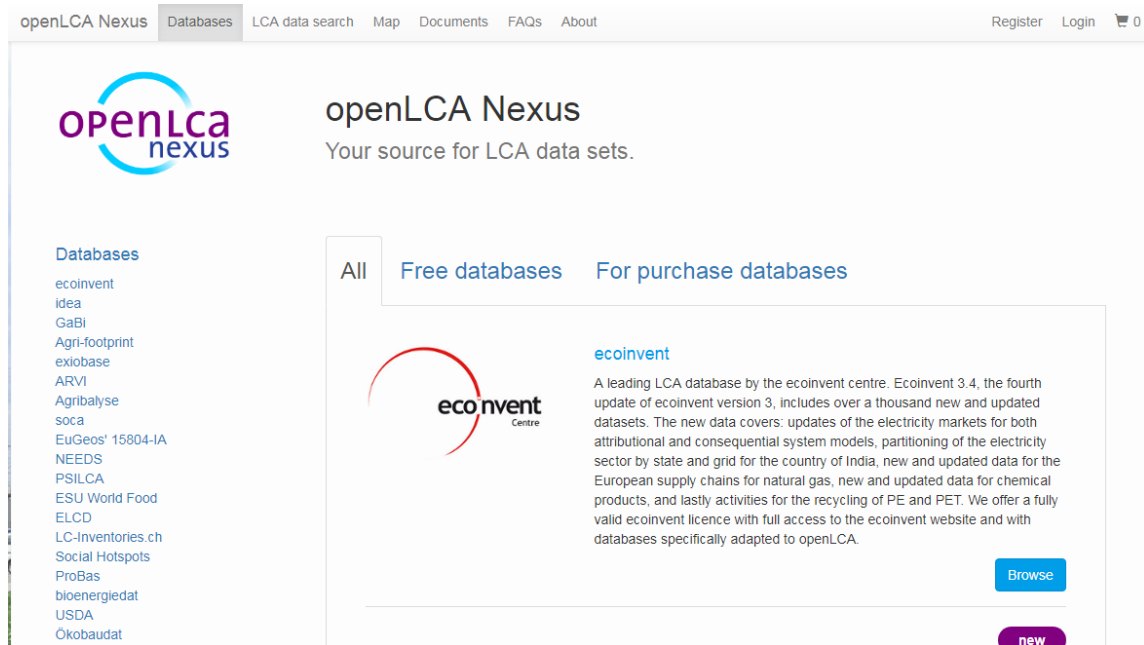
Esta sección presenta incluir información que sustente la calidad de los datos ingresados al proceso unitario. Para lograr dicha calidad se permite incluir información referente al modelado, exhaustividad de los datos, tratamiento de éstos, entre otros.

- OpenLCA Nexus

OpenLCA Nexus es un “repositorio en línea para datos ACV. Combina datos ofrecidos por proveedores de datos ACV líderes en el mundo, como PE International (bases de datos GaBi), ecoinvent center (ecoinvent) o Joint Research Center de la Comisión Europea (ELCD)” [7], señalan en su página web. También hay disponible un conjunto completo de métodos de evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV) que se ajusta a los datos de referencia de openLCA Nexus.

El sistema Nexus contiene un poderoso motor de búsqueda de datos de ACV que permite filtrar los conjuntos de datos solicitados por base de datos, año, ubicación geográfica, sector industrial, y no menos importante por producto y precio.

El repositorio del sistema Nexus tiene una amplia gama de bases de datos pudiendo encontrar bases de datos gratuitas y otras (las mejores por su calidad) son necesario el pago de una licencia para su uso. También es pos



Fuente: Recuperado de <https://nexus.openlca.org/databases>.

Imagen 1-7. Repositorio de bases de datos del sistema OpenLCA Nexus.

El sistema Nexus posee un motor de búsqueda el que contiene filtros permitiendo encontrar bases de datos de todas las áreas productivas posibles.

1.3.6 Metodología de la EICV

En la elaboración de un ACV es necesario la implementación de un método de evaluación de impacto ambiental que cumpla con un perfil que encaje con las características del sistema de producto abordado. El método de evaluación tiene que contener categorías de impacto ambiental acorde a los objetivos del estudio.

Una categoría de impacto corresponde a la “clase que representa asuntos ambientales de interés a la cual se pueden asignar los resultados del análisis del inventario del ciclo de vida” [8]. En específico, se hace uso del método de impacto *IMPACTWorld+* para evaluar las siguientes categorías de impacto:

- Cambio climático (Kg CO₂ eq.): Su estudio da lugar a la conocida huella de carbono. Considera las contribuciones potenciales al cambio climático global de diferentes emisiones de gases de efecto.
- Ecotoxicidad del agua dulce (CTUe): Tiene relación con los impactos sobre las aguas dulces en función de la concentración de la toxicidad generada a través de la emisión de sustancias tóxicas.
- Radiación ionizante (Bq C-14 eq): Tipo de energía liberada por los átomos en forma de ondas electromagnéticas (rayos gamma o rayos X) o partículas (partículas alfa y beta o neutrones.
- Acidificación terrestre (kg SO₂ eq.): Corresponde a la pérdida de la capacidad neutralizante de los suelos, como consecuencia del retorno a la superficie de la tierra, en forma de ácidos, de los óxidos de azufre y nitrógeno descargados a la atmósfera.
- Acidificación del agua dulce (kg SO₂ eq.): Hace referencia de los efectos de la acidificación sobre cuerpos de agua dulce.
- Toxicidad humana por sustancias cancerígenas (CTUh): Dice relación con la presencia de sustancias que contribuyan a producir efectos cancerígenos sobre las personas debido a la emisión de sustancias cancerígenas al aire, suelo o agua.
- Agotamiento de la capa de ozono (kg CFC-11 eq.): Daños producidos por la reducción del ozono estratosférico que protege a la Tierra de la radiación ultravioleta mediante la emisión de sustancias destructoras de la capa de ozono como los CFCs y los HCFCs.

- Formación de material particulado (kg PM 2,5 eq.): Corresponde al impacto producido por la generación de material particulado en suspensión, ya sea orgánico o inorgánico.
- Eutrofización marina (kg N N-lim eq): Proceso de contaminación provocado por el exceso de nutrientes en el agua principalmente por nitrógeno y fósforo.

1.3.7 Otras consideraciones

Para lograr una correcta interpretación del estudio, es que, dentro de los objetivos y alcances, se establecen una serie de aclaraciones a considerar al momento de entender el ciclo de vida para la evaluación de éste:

- Los datos ingresados a OpenLCA, del proceso de la Planta de Embotellación de WPL, se encuentran calculados tomando como consideración 8 horas de trabajo por día en un año con 250 días hábiles trabajados.
- El proyecto real de WPL considera la inclusión de una planta de tratamiento de riles, la cual no es considerada dentro del sistema de producto bajo estudio.
- Los procesos unitarios extraídos de las bases de datos son representativos de países europeos, pero se considera su utilización en Chile para tomar un modelo de ejemplo representativo del rubro del proceso.
- En el caso de la energía eléctrica utilizada por la planta de embotellación, se considera el hecho que la planta funciona a máxima potencia, por lo que se considera el uso completo de la potencia total instalada. Esto para efectos de simplificar la introducción de datos al software.
- Los datos de la planta de embotellación de WPL ingresados a OpenLCA, corresponden a aquellos que tienen impacto directo sobre el medio ambiente en el momento que el proceso los emite. Por lo tanto, se excluyen del software la información respecto a residuos sólidos domiciliarios de la planta de embotellación, uso de insumos como pallets, capsulas de pvc, entre otros. Esto debido a que para considerar la contribución ambiental que proporciona cada insumo como pallets, capsulas de pvc, tapas,

corchos y otros, se tendría que modelar e incluir cada sistema de producto de cada insumo, lo cual elevaría la dificultad de la elaboración del estudio debido a los actuales accesos de información.

CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DEL INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA (ICV)

2.1 RECOPILACIÓN DE DATOS

Realizar un ICV consta de agrupar la información cuantitativa y cualitativa referente al ciclo de vida del sistema de producto en cuestión en base a los objetivos y alcances establecidos.

Al buscar bases de datos en la web, es posible encontrarse con dos tipos de bases de datos de acuerdo a las funciones específicas que presentan:

- “BBDD con las entradas/salidas que se emplean para simular el sistema analizado en el ICV. Comúnmente conocidas como BBDD de ICV.” [6]
- “BBDD con los datos que cada metodología de EICV necesita para que la herramienta que llevará a cabo el EICV haga los cálculos, comúnmente conocidas como BBDD de metodologías.” [6].

Para llevar a cabo lo anterior, en el presente estudio se utilizan 2 bases de datos gratuitas, descargadas del sistema Nexus, las que poseen las características de ser bases de datos para ICV:

- NEEDS: Base de datos creada por el proyecto NEEDS (Nuevos desarrollos de externalidades energéticas para la sostenibilidad): inventarios del ciclo de vida del futuro suministro de electricidad en Europa. Contiene datos industriales de ICV sobre servicios de transporte futuro, electricidad y suministro de materiales.
- ELCD (Versión 3.2 de octubre de 2015): Base de datos europea del ciclo de vida de referencia del Joint Research Center.

Estas bases de datos implementadas en OpenLCA permiten modelar un sistema de producto en base a procesos unitarios ya creados con sus respectivas entradas y salidas. Por motivos de extensión, la información cuantitativa referente a los procesos de Fabricación de la botella de vidrio, Generación de electricidad, Planta de embotellación y Transportes sólo se incluye en la recopilación final de los datos en el resultado del ICV dada su larga extensión.

- Planta de embotellación: A continuación, se detalla la información cuantitativa y cualitativa referente a la planta de embotellación WPL para tener una visión general de la realidad de la planta en relación a su proceso productivo.

La organización en cuestión es Wine Packaging & Logistic S.A, sociedad conformada por dos socios: Viñedos Emiliana S.A, quien posee un 49.99% de las acciones y por otro se encuentra Industrias Corcheras S.A. quién posee un 50.01% de la sociedad. WPL presenta un proyecto al SEA el cual hace ingreso al sistema electrónico el martes 26 de febrero de 2013 y se encuentra actualmente en estado de aprobado con RCA desde el jueves 6 de febrero de 2014.

- Proyecto: Construcción y operación planta de embotellación Wine Packaging & Logistic S.A.
- Tipo de proyecto: Sistemas de tratamiento y/o disposición de residuos industriales líquidos, que contemplen dentro de sus instalaciones lagunas de estabilización u otros depósitos de los efluentes sin tratar y tratados.
- Monto de inversión: 8,0000 Millones de Dólares.
- Estado: **Aprobado**
- N° RCA: 078/2014

Tabla 2-1. Datos del Titular de WPL

Titular	
Nombre	Wine Packaging & Logistic S.A
Domicilio	Jorge Cáceres 220 La Cisterna
Ciudad	Santiago
Teléfono	23539146
Fax	23539146
E-mail	karelhp@gmail.com

Tabla 2-2. Datos del representante legal de WPL

Representante Legal	
Nombre	KAREL HAVLICZEK PACI
Domicilio	AV.NUEVA TAJAMAR 481 OF.701
Teléfono	3539130
Fax	2036936
E-mail	mgajardo@emiliana.cl, proyectosriles@gmail.com

Localización

- Domicilio : Camino Maipo – Viluco Lote A-1-2-1
- Comuna : Buin
- Provincia : Maipo
- Región : Metropolitana

- País : Chile

Tabla 2-3. Coordenadas de localización de la planta

Vértice	UTM Datum WGS 84
W'	334735,883 E / 6265037,02 N
W	334848,007 E / 6264914,61N
V	334861,954 E / 6264928,05 N
U	334919,113 E / 6264870,35 N
S'	334818,289 E / 6264767,89 N
R'	334590,817 E / 6264877,66 N

Tabla 2-4. Proceso de embotellación (Insumos, transformaciones y residuos)

Nombre actividad	Insumos o materia prima	Transformaciones o proceso asociado	Residuos asociados
Acondicionamiento de línea de embotellación	Se disponen insumos a utilizar	-	-
Limpieza y sanitización de circuito	Agua y envases de detergentes, trapos		Riles, envases y trapos
Realización de análisis microbiológico	Reactivos químicos	Análisis microbiológico	Envases de reactivo y sobras de líquido reactivo
Conexión a cuba de vino	Cuba de vino	-	-

Filtración del vino (filtro cartucho)	Cartuchos de filtro, vino	Microfiltración	Cartuchos de filtro y borras
Disposición de botella en línea	Botellas de vidrio	-	-
Enjuague de botella	Agua		Riles
Inyección de N ₂	Nitrógeno	Inyección de N ₂	-
Control nivel de llenado	Pie de metro, botella de vidrio sin vino	-	-
Llenado	Vino, botellas de vidrio enjuagadas e inyectadas con N ₂	Embotellación automática con capacidad productiva de 9.000 bph	-
Encorchado con vacío y/o tapado	Corchos/tapas, manovacuometro		Corchos/tapas
Codificación de botellas tapadas y tiempo de recuperación de corcho	-	Equipo INJECT	-
Aperchado y entrega del producto final	Bins, rejillas o pallets	Rotulación	-
Lavado y/o enjuague del circuito de línea de envasado	Agua caliente	-	Riles

Tabla 2-5. Proceso de etiquetado (Insumos, transformaciones y residuos)

Nombre actividad	Insumos	Transformaciones	Residuos
------------------	---------	------------------	----------

Lavado Halb	Agua, botella con vino sin etiquetar	-	Riles
Secado Halb	Aire tibio, botella sin etiquetar	-	-
Capsulado Halb	Capsulas (complex, PVC o estaño), botella sin etiquetar	-	-
Etiquetado Halb	Rollos de etiquetas, botellas, botellas sin etiquetar	-	-
Embalaje Fert	Cajas, pallets	-	-

Tabla 2-6. Suministros utilizados por la planta

Tipo de suministro	Descripción
Energía	La energía eléctrica será abastecida a través de la empresa distribuidora local (Compañía Eléctrica CGE) y las instalaciones interiores serán declaradas ante la SEC. La potencia instalada será de 400 KVA. Existirá 1 generador eléctrico de 250 KVA para ser utilizado en invierno en hora punta.
Agua Potable	El proyecto cuenta con factibilidad de agua potable, entregada por la empresa sanitaria.
Generación de Vapor	Se contempla la instalación de un generador de vapor con una capacidad de 1200 Kg de Vapor/hora (28800 kg/día) a 3 bar
Combustible	Existirá un estanque para el almacenamiento de petróleo diesel de una capacidad de 0,9 m ³ para suministro del generador eléctrico.

Gas	Existirán dos estanques de gas para alimentar el calefactor de agua los cuales poseerán una capacidad de 4 m ³ c/u.
Energía Solar	Se instalará un termosolar para servicios higiénicos del personal.
Otros equipos	Se contempla la instalación de un compresor de aire con una potencia de 30 kW a 7,5 bar.

Tabla 2-7. RILES asociados a la planta

Equipo	Estimación volumen	Tipo de agua
Lavado filtro	10 m ³ /día	RIL
Lavado llenadora	4 m ³ /día	RIL
Lavado estanques	5 m ³ /día	RIL
Lavado de línea	5 m ³ /día	RIL
Lavado de botellas máquina 1	7,2 m ³ /día	Agua limpia
Lavado de botellas máquina 2	7,2 m ³ /día 52560 m ³ /año	Agua limpia

Tabla 2-8. Emisiones atmosféricas asociadas a WPL

Tipo de contami nante	Actividad	Kg totales/año				
		CO	NO _x	HC	MP ₁₀	SO _x

Material particula do	Resuspens ión de MP ₁₀ por tránsito de vehículos	-	-	-	0,32195 55	-
Gases de combusti ón	Operación de grupo electrógen o	0,35728	1,6544	-	0,11792	0,11
	Emisión por combustió n de motores de camiones	0,3671177 3	1,39214 232	0,08128273	0,03398 911	-
Total emisiones		0,7243977 3	3,04654 232	0,08120273	0,47386 461	0,11
Límite PPDA		-	8	-	2,5	50

Tabla 2-9. Residuos Sólidos asociados a WPL

Tipo de residuo	Características	Cantidad generada (Kg, t, L, m ³)	Periodicidad (Día, mes, año)	Almacenamiento	Eliminación
Residuos biodegradables	Restos de alimentos	100 kg	Mensual	Contenedores de polietileno	Retiro 2 veces por

				inyectado de alta densidad dispuestos en los puntos de generación de residuos	semana por parte de la recolección municipal
Vidrio	Botellas	500 kg	Mensual	Contenedores metálicos del tipo ampiroll o en campanas de recolección de campañas solidarias	Venta a recicladora de vidrio calificada por autoridad competente o entrega a campaña solidaria de reciclaje
Cartones, papel, plástico	Bolsas envases, etc. No contaminados	2.000 kg	Mensual	Dispuestos en contenedores metálicos de tipo ampiroll. Los papeles son separados en las oficinas para campañas de reciclaje o venta a empresas de reciclaje	Venta a empresas de reciclaje calificadas por autoridad competente
Envases plásticos	Botellas, bolsas, film	900 kg	Mensual	Los plásticos son dispuestos en	Venta a empresas de

	plástico no contaminados			contenedores metálicos de tipo ampiroll, seleccionados para su posterior venta a empresas de reciclaje	reciclaje calificadas por autoridad competente
Cápsulas	Complex, estaño, PVC	10.000 un	Mensual	Dispuestas temporalmente en bins	Se privilegia la opción de reciclaje de las cápsulas de estaño y el resto se eliminarán a través de un relleno sanitario autorizado

En el análisis microbiológico se generan residuos relacionados a envases de reactivos, tómulas y riles asociados a las soluciones preparadas. Dicha contribución se manifiesta en la Tabla 2-10.

Tabla 2-10. Residuos asociados al análisis microbiológico

Tipo de residuo	Cantidad mensual	Detalle
Envases de reactivos	20 unidades	4 envases de hidróxido de sodio al 0,01% (envase de plástico, máx. 2,5 L) 4 envases de hidróxido de sodio al 0,1% (envase de plástico, máx. 2,5 L), 2 envases de sulfato de sodio al 0,1% (envase de plástico, máx. 1 L), 4 envases de agua destilada (envase de plástico, máx. 5 L), 2 envases de yoduro de potasio al 20% (envase de plástico, máx. 1 L), 2 envases de ácido fosfórico (envases de vidrio, máx.1 L), 2 envases de ácido sulfúrico (envases de vidrio, máx.1 L)
Residuo líquido de soluciones preparadas	40 litros	Soluciones que presentan hidróxido de sodio al 0,1%, ácido fosfórico al 30%.
Hisopo o tómulas	80 unidades	Medición in situ a través de hisopos o tómulas, que permiten tomar una muestra para monitorear la higiene en superficies. Material no peligroso.

Tabla 2-11. Residuos Peligrosos de la planta

Tipo de residuo	Características	Generación (Kg, t, l, m ³)	Periodicidad (Día, mes, año)	Característica de Peligrosidad Según DS 148/2003

Cartridge/tonner	Tintas impresora	12 Un	Año	I.12
Tubos fluorescentes	Luminaria	12 Un	Año	A.2010
Baterías	Proveniente de grúas horquilla	2 Un	Año	A.1160
Aceite	Proveniente de mantenciones	50 Lt	Año	I.8 A.3020
Guaipes	Guaipes contaminados con grasa de mantención	10 Kg	Año	III.3
Lubricantes	Lubricantes usados en mantenciones de línea.	5 Lt	Año	A.3020
Envases reactivos laboratorio	Envases que han contenido sustancias peligrosas	2 Un	Mes	III.2
Envases producto químico	Envases detergentes/neutralizantes planta riles	1 Un	Mes	III.2

:

- Flujos de la Planta de Embotellación WPL: Luego de realizar una recopilación de datos cuantitativos que tengan influencia directa en las categorías de impacto abordadas, se llega finalmente a un flujo de entradas y salidas a lo largo de toda la planta de embotellación de WPL. Dichos flujos son abordados de la manera que se ilustra en la Imagen 2-1.

Imagen 2-1. Entradas y salidas Planta de embotellación ingresadas a OpenLCA.

Al hacer el desglose de las entradas y salidas es posible ver en detalle los flujos considerados para el proceso referente a la Planta de Embotellación.

Flujos de entrada de la planta

Flujo	Categoría	Propiedad del flujo	Unidad	Cantidad
Botella de vidrio		Número de ítems	Ítem(s)	1136250

electricity mix	Portadores de energía y tecnologías. Electricidad	Valor calorífico neto	kw/h	1216800
Nitrógeno, total	Flujos elementales, emisión al aire	Masa	t	2640
Ocupación, cultivable	Flujos elementales, recurso, terrenos	Área/tiempo	m ² /año	17407,2
Agua de proceso, origen natural no especificado	Elementary flows/Resource/in water	Volumen	l	600000

Fuente: Elaboración propia, recuperado de OpenLCA.

Tabla 2-12. Flujos de entrada Planta de Embotellación WPL.

En los flujos de salida se agrupan las emisiones atmosféricas emitidas durante la operación del proceso de embotellación. A su vez, se incluyen los riles generados, los productos que siguen en la cadena del ciclo de vida y otros flujos con influencia directa en las categorías de impacto seleccionadas.

Tabla 2-13. Flujos de salida de la planta

Flujo	Categoría	Propiedad del flujo	Unidad	Cantidad
Biomasa	Flujo elemental, recursos bióticos	Masa	kg	1200
Botella de vidrio		Numero de ítems	Ítem(s)	1
Monoxido de Carbono	Flujo elemental, emisión al aire, alta densidad de población	Masa	kg	0,72439773
Hidrocarburos, clorados	Flujo elemental, emisión al aire, alta densidad de población	Masa	kg	0,08120273
Óxidos de nitrógeno	Flujo elemental, emisión al aire, baja densidad de población	Masa	kg	3,04654232
Material particulado < 2.5 um	Flujo elemental, emisión al aire, alta densidad de población	Masa	kg	0,47386461
Óxidos de azufre	Flujo elemental, emisión al aire, alta densidad de población	Masa	kg	0,11
Vapor de agua	Flujo elemental, emisión al aire, alta densidad de población	Masa	kg	3000000
Agua de proceso	Flujo elemental, emisión al agua, agua subterránea	Volumen	l	600000

CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL CICLO DE VIDA (EICV)

3.1 **RESULTADOS**

3.1.1 Resultados del Inventario del Ciclo de Vida (ICV)

En la fase del Inventario del Ciclo de Vida (ICV), por razones de extensión de los componentes de los flujos de datos de los procesos recopilados de las bases de datos empleadas en el estudio, se adjunta un anexo en el cual se incluyen un resumen con las entradas y salidas que tienen mayor relevancia en cada proceso.

El conjunto de datos está incluido en el ANEXO A: RESULTADOS DEL ICV [14].

3.1.2 Resultados de las categorías de impacto

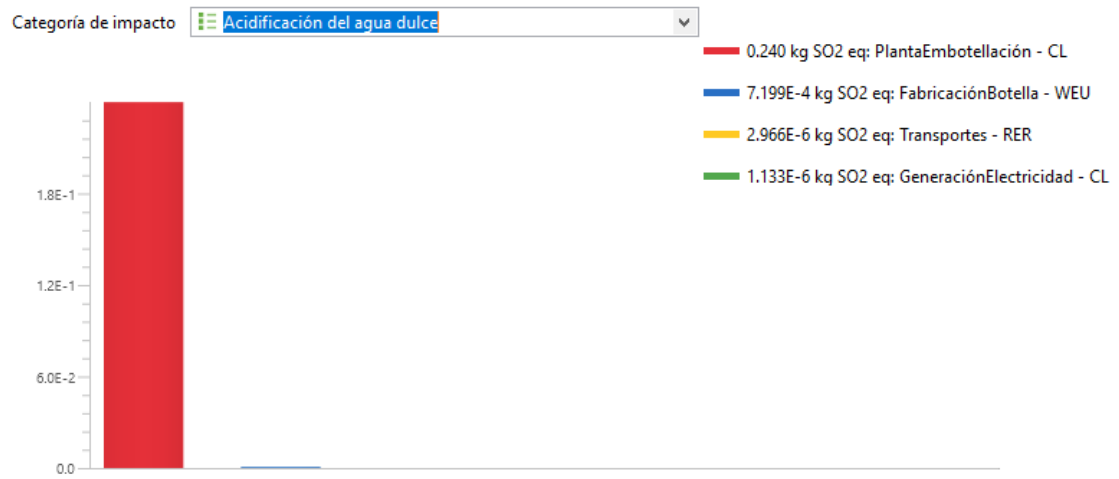
Al modelar el sistema de producto anteriormente detallado, e ingresar la información cuantitativa al software de ACV, éste, mediante el método de evaluación de impacto ambiental usado (IMPACTWorld+), cuantifica el impacto de cada proceso del sistema de producto, el que en este caso corresponde a cada etapa del ciclo de vida establecido para la botella de vidrio. Mediante un modelo de caracterización interno del método de evaluación de impacto ambiental, se obtienen las contribuciones del ciclo de vida completo y la contribución de cada etapa en cada categoría de impacto.

Tabla 3-1 Resultados del EICV por categorías de impacto

Categoría de impacto	Unidad	Resultado
Acidificación del agua dulce	kg SO2 eq	0,240577416
Acidificación terrestre	kg SO2 eq	0,675591251
Agotamiento de la capa de ozono	kg CFC-11 eq	4,18643E-08
Cambio climático	kg CO2 eq	1,141323005
Ecotoxicidad del agua	CTUe	1,110068462
Eutrofización marina	kg N N-lim eq	0,402323455
Formación de material particulado	kg PM2.5 eq	4,89822E-05
Radiación ionizante	Bq C-14 eq	6,013551128
Toxicidad huana por sustancias cancerígenas	CTUh	3,27124E ⁻¹⁰

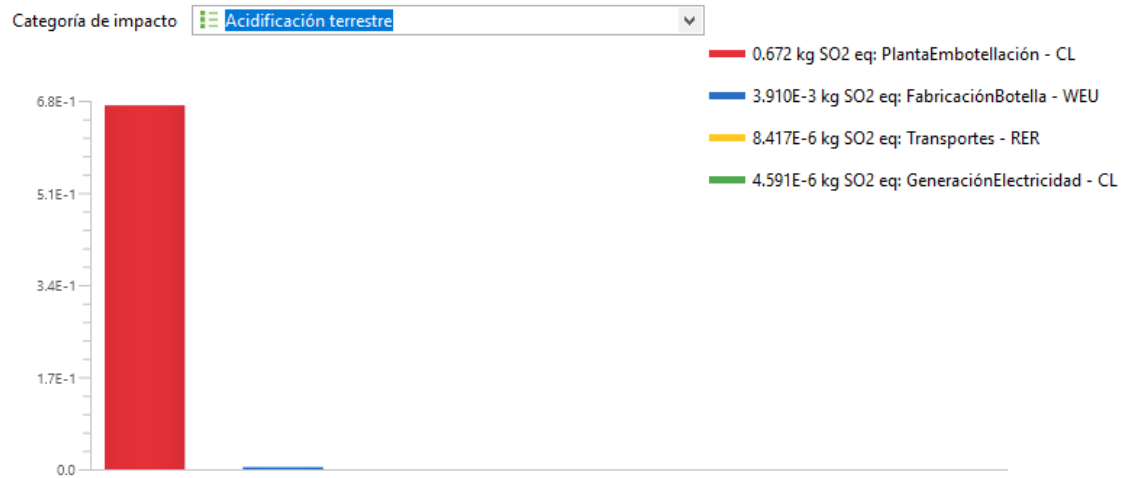
A su vez, es posible obtener la contribución de cada ciclo de vida en cada categoría de impacto. A continuación, se grafican los resultados arrojados por el software luego de realizar la Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV).

3.1.3 Resultados de las Categorías de Impacto por proceso



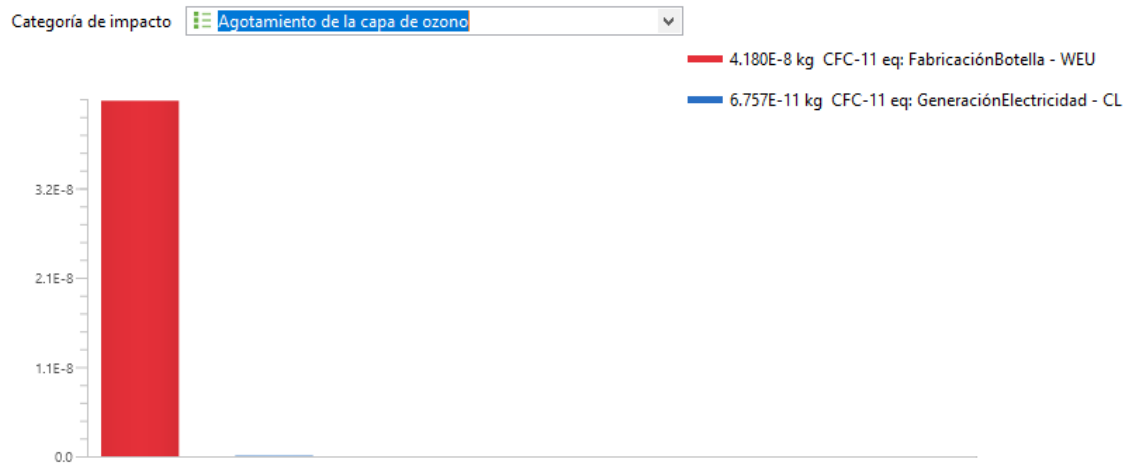
Fuente: Recuperado de OpenLCA.

Imagen 3-1. Contribución de cada etapa del ciclo de vida en la Acidificación del agua dulce.



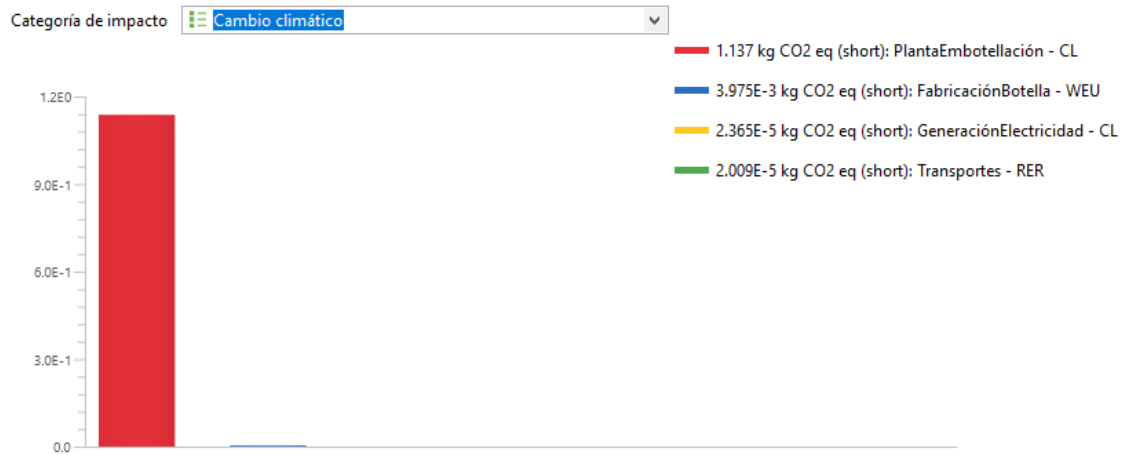
Fuente: Recuperado de OpenLCA.

Imagen 3-2. Contribución de cada etapa del ciclo de vida a la Acidificación terrestre.



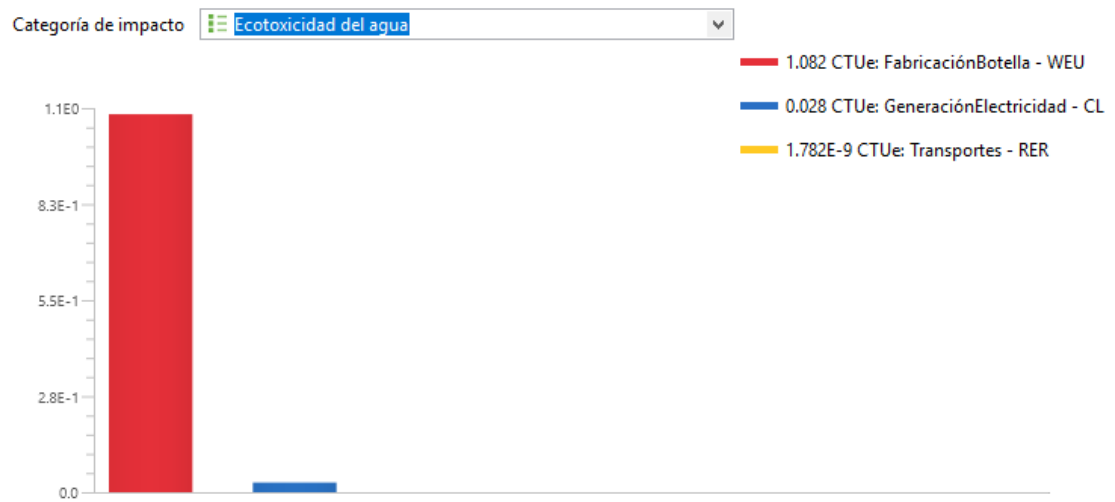
Fuente: Recuperado de OpenLCA.

Imagen 3-3. Contribución de cada etapa del ciclo de vida al Agotamiento de la capa de ozono.



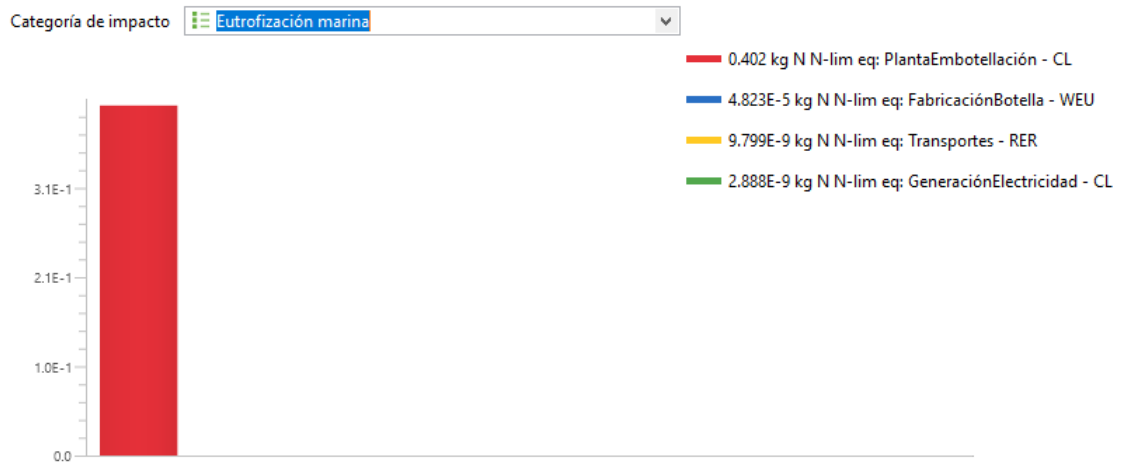
Fuente: Recuperado de OpenLCA.

Imagen 3-4. Contribución de cada etapa del ciclo de vida al Cambio climático.



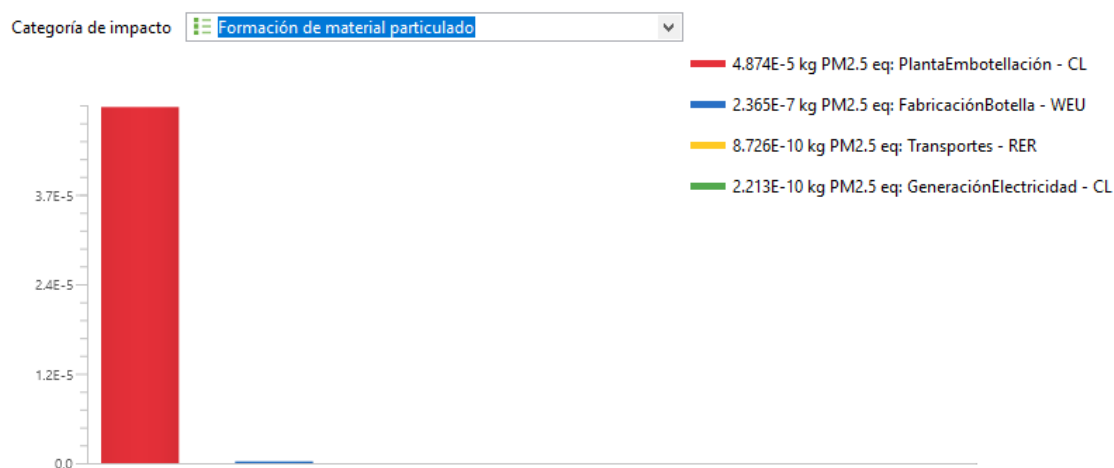
Fuente: Recuperado de OpenLCA.

Imagen 3-5. Contribución de cada etapa del ciclo de vida a la Ecotoxicidad del agua.



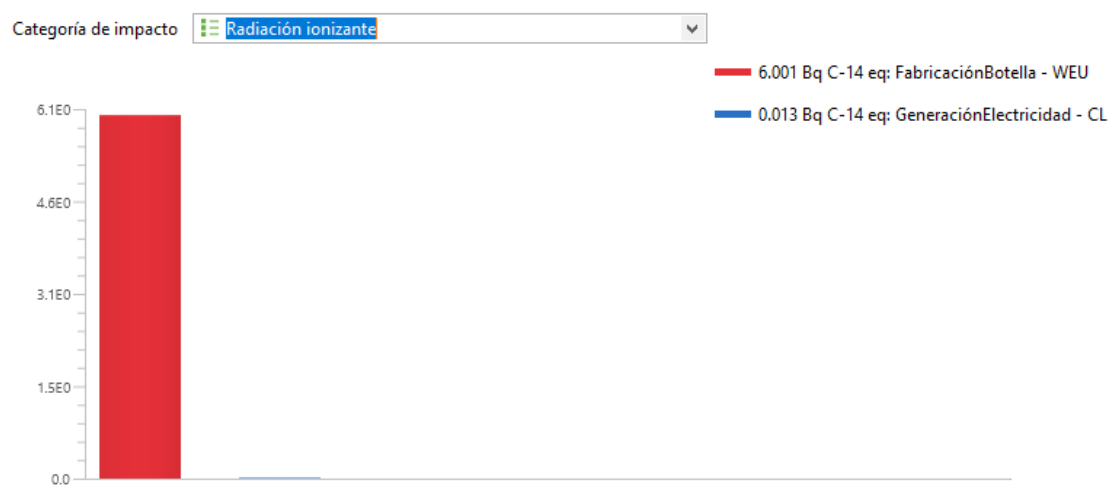
Fuente: Recuperado de OpenLCA.

Imagen 3-6. Contribución de cada etapa del ciclo de vida a la Eutrofización marina.



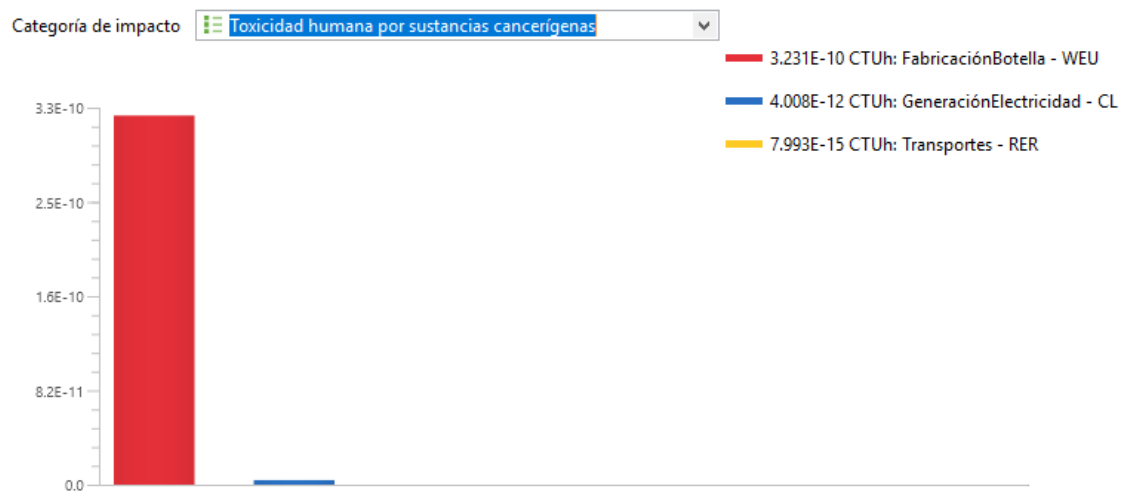
Fuente: Recuperado de OpenLCA.

Imagen 3-7. Contribución de cada etapa del ciclo de vida a la Formación de material particulado.



Fuente: Recuperado de OpenLCA.

Imagen 3-8. Contribución de cada etapa del ciclo de vida a la Radiación ionizante.



Fuente: Recuperado de OpenLCA.

Imagen 3-9. Contribución de cada etapa del ciclo de vida a la Toxicidad humana por sustancias cancerígenas.

CAPÍTULO 4: INTERPRETACIÓN DEL CICLO DE VIDA

4.1 **INTERPRETACIONES Y HALLAZGOS**

De los resultados arrojados por el software OpenLCA, es posible vislumbrar una serie características propias de las categorías de impactos en relación con el ciclo de vida en cuestión. Dicho esto, se aprecia una contribución moderada a los impactos de cada categoría en los procesos relacionados a la generación de energía eléctrica, la fabricación de la botella de vidrio y los transportes. Por su parte, y por el hecho de los datos ingresados directamente a la planta de embotellación, éste es el proceso que más impacto genera de manera global en el ciclo de vida abordado.

Al observar los resultados de las categorías de impacto al evaluar el sistema de producto de forma global, es posible apreciar ciertas categorías de impacto que se comportan de manera crítica en directa proporción a la magnitud del ciclo de vida considerado. Por ejemplo, en la acidificación terrestre y de las aguas dulces, el proceso dominante en esta categoría de impacto corresponde a la Planta de Embotellación de WPL, la cual presenta altos índices de emisiones de óxidos de nitrógenos, compuesto influyente en la gran mayoría de las categorías de impacto abordadas.

El cambio climático, a su vez, cuando se aborda individualmente en un estudio se denomina también como la Huella de Carbono. En esta categoría de categoría de impacto, así como en la mayoría, la planta de embotellación lidera la contribución al impacto. Si bien, es posible identificar que la combustión de los motores de los vehículos de transporte y las emisiones que se generan en las centrales hidroeléctricas son áreas de producción con una gran carga contaminante de metales pesados, la preponderancia del impacto de la planta de embotellación radica en que el ingreso de datos al software (OpenLCA) es en relación a datos netos extraídos del RCA del proyecto en cuestión, a diferencia de los demás procesos unitarios abordados en los cuales el ingreso de datos es en relación a promedios anuales. Esta influencia radica en la gran cantidad de metales pesados que se generan en dichas etapas del ciclo de vida.

Al analizar los gráficos de las Imágenes 3-1, 3-2, 3-3, 3-4, 3-5, 3-6, 3-7, 3-8 y 3-9, es posible apreciar que el proceso de la planta de embotellación de WPL tiene relevancia en ciertas categorías de impacto como en la eutrofización marina y material particulado. Esto se puede explicar por la cantidad de información cuantitativa con la que se modela la planta de embotellación en relación a los otros procesos (ciclos) del sistema de producto (ciclo de vida) asociado a la botella de vidrio. Además, si se observa el funcionamiento interno de la planta de embotellación, es posible observar que no hay transformaciones considerables que impliquen un impacto ambiental a diferencia de la relevancia de los impactos asociados a la generación de electricidad en una central eléctrica, extracción y procesamiento de materias primas las cuales pueden ser en gran medida recursos naturales y energías no renovables.

Como ya se mencionó, WPL embotella el vino a granel para luego retornarlo a su cliente respectivo. Por lo tanto, las emisiones, vertidos y residuos asociados a WPL consisten principalmente en la generación de emisiones atmosféricas por camiones y operación de maquinaria, además del impacto producido por el uso del recurso hídrico y el uso de energía eléctrica.

Pese a que WPL se abastece de energía eléctrica local, el estudio considera incluir el impacto asociado a la generación de energía eléctrica por parte de la empresa proveedora. Esto con el fin de hacer notar la relevancia que tiene el uso de energía eléctrica a gran escala y sus consecuencias.

La planta de embotellación explica su influencia en la generación de material particulado debido a la operación de maquinarias y tránsito de camiones y vehículos en la zona de influencia de la empresa. Además, su influencia en la formación de ozono fotoquímico se debe a la presencia neta de óxidos de nitrógenos los cuales son ingresados a la plataforma del software directamente.

Luego de analizar las contribuciones de cada flujo en cada proceso, y la influencia de cada proceso en el sistema de producto, es posible determinar el punto del ciclo de vida con mayor relevancia en los impactos ambientales determinados.

La extracción, transporte y procesamiento de materias primas asociadas a la fabricación de la botella de vidrio y su relevancia ambiental explica la presencia del proceso Creación de botellas de vidrio, en diferente proporción, en todas las categorías de impacto abordadas. Esto debido a las emisiones de metales pesados a la atmósfera, consumo de recursos naturales y generación de residuos de carácter tóxicos, radioactivos, entre otros.

El fin de incluir el aporte a las diferentes categorías de impacto de la creación de energía eléctrica con la cual se abastece la planta de embotellación, es justamente de observar resultados como los obtenidos ya que la presencia de una central eléctrica que genere electricidad conlleva un gran número de emisiones, vertidos y generación de residuos que aportan significativamente al estudio de un ACV.

Los transportes considerados para el traslado de la botella de vidrio ya fabricada hasta la planta de embotellación y luego el traslado de la botella con vino hasta el cliente, permiten identificar de la importancia ambiental que tiene el uso de vehículos de transporte para las diversas categorías de impacto existentes.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para probar la viabilidad de la realización de un ACV en el marco de la Ley 20.920 es posible mirar la actualidad y contexto en el que se sitúa Chile en materia de gestión de residuos y detectar automáticamente las falencias por cubrir.

Luego de realizar la experiencia, se comprende la necesidad de abordar un estudio como el ACV, de forma grupal, con un número determinado de integrantes, que propicien, mediante su experiencia y competencia, dinamismo y eficiencia al trabajo. Esto debido a las altas necesidades de información que amerita cada sector productivo.

Antes, durante y posterior a la obtención de los resultados entregados por OpenLCA, sumado al estudio específico de las normas internacionales asociadas a Sistemas de Gestión Ambiental, Análisis de Ciclo de Vida, casos prácticos y manuales relacionados, se vislumbran los siguientes aspectos que se recomienda considerar al momento de realizar un ACV:

- La profundidad de detalle relacionado a la información cuantitativa y cualitativa requerida de los procesos unitarios de un sistema de producto es directamente proporcional a la envergadura del sistema de producto.
- Los objetivos y alcances propuestos inicialmente en el estudio, y pese a que estén en constante modificación, son las que determinan las necesidades de información futura.
- Es importante que exista una comunicación clara y constante entre los responsables de la realización del estudio y el personal de la empresa que dispone de la

información detallada de los procesos productivos. Esto determina el nivel de incertidumbre de los resultados del estudio.

- La calidad de los resultados del ACV son directamente proporcionales a la calidad y representatividad de los datos que se poseen del sistema de producto.
- Para el caso del uso de softwares de ACV y bases de datos en estudios que requieran un nivel de incertidumbre mínimo es recomendable comprar softwares y bases de datos que entreguen garantía de un estudio de calidad.

Por lo tanto, y luego de realizar el análisis de ciclo de vida, las razones identificadas que justifican la implementación de un estudio como el propuesto, son:

- Obtener una cuantificación sólida de los procesos unitarios (de un sistema de producto) y etapas del ciclo de vida de un producto o servicio.
- Incluir el ACV dentro de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) debido a que un estudio como el realizado es posible implementarlo dentro de un modelo de economía circular y/o mejora continua.
- Identificar posibles no conformidades, conductas o comportamientos del ciclo de vida del producto o servicio que aquejen contra alguno de los pilares de la sustentabilidad de la empresa u organización.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] 1.7 openLCA. Manuel de Usuario Integral. Berlín, Alemania. GreenDelta. 2017.
- [2] GREEN DELTA. GreenDelta, the Company. [en línea].
<<https://www.greendelta.com/about-us/>>[consulta: 2018]
- [3] GREEN DELTA. Tools for supporting your work. [en línea].
<<https://www.greendelta.com/software/>> [consulta: 2018]
- [4] GREENDELTA. OpenLCA Nexus. Your source for LCA data sets.
<<https://nexus.openlca.org/about>> [consulta:2018]
- [5] Ihobe, S. A. (2009). Análisis de ciclo de vida y huella de carbono. IHOBE, SA, Bilbao.
- [6] La huella de carbono y el análisis de ciclo de vida. España. AENOR Internacional, S.A.U. (2017)
- [7] LEY 20.920. Establece marco para la gestión de residuos, la Responsabilidad extendida del productor y fomento al Reciclaje. República de Chile, Santiago. 01 de junio, 2016.
- [8] Norma Internacional ISO 14.044. Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Requisitos y directrices. Europa, España. 2006.

- [9] OpenLCA Nexus. OpenLCA Nexus: la fuente de los conjuntos de datos LCA. [en línea]. <<https://nexus.openlca.org/database/ELCD>>.
- [10] OpenLCA Nexus. OpenLCA Nexus: la fuente de los conjuntos de datos LCA. [en línea]. <<https://nexus.openlca.org/database/NEEDS>>.
- [11] Servicio de Evaluación Ambiental. Adenda N° 1 en respuesta a la Solicitud de Aclaraciones, Rectificaciones o Ampliaciones a la Declaración de Impacto Ambiental del Proyecto "Construcción y operación planta de embotellación Wine Packaging & Logistic S.A.". [en línea]. <<http://seia.sea.gob.cl/documentos/documento.php?idDocumento=8313984>>.
- [12] Servicio de Evaluación Ambiental. Adenda N° 2 en respuesta a la Solicitud de Aclaraciones, Rectificaciones o Ampliaciones a la Adenda del Proyecto "Construcción y operación planta de embotellación Wine Packaging & Logistic S.A.". [en línea]. <<http://seia.sea.gob.cl/documentos/documento.php?idDocumento=2128949899>>.
- [13] Servicio Evaluación Ambiental Región Metropolitana. Resolución de Calificación Ambiental (RCA). [en línea]. <http://seia.sea.gob.cl/archivos/RCA_wine_packaging.pdf>.
- [14] Elaboración propia. ANEXO A: RESULTADOS DEL ICV. [En línea]. <<http://www.mediafire.com/file/h1n4pqjnjut8my3/ANEXO+A.+RESULTADOS+ICV.xlsx>>. [Julio 2018].