

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

ELABORACIÓN DE UNA CALCULADORA AMBIENTAL DE EMISIONES Y USO DE MATERIAS PRIMAS EN LA PRODUCCIÓN DE MATERIALES RECICLABLES

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGOS EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

DAYWLLY SOFÍA BAQUE NOBOA

daywllly.baque@epn.edu.ec

ANDERSON GEOVANNY CASAGUALPA GÓMEZ

anderson.casagualpa@epn.edu.ec

DIRECTORA: Ing. Gallardo Lastra Lorena Fernanda, MSC.

lorena.gallardo@epn.edu.ec

CODIRECTORA: Ing. María Belén Aldás, MSC.

maria.aldas@epn.edu.ec

Quito, septiembre 2021

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Daywilly Sofía Baque Noboa y Anderson Geovanny Casagualpa Gómez bajo nuestra supervisión.

**Ing. Gallardo Lorena,
MSc.**
DIRECTORA DEL PROYECTO

Ing. Aldás María Belén, Msc.
CODIRECTORA DEL PROYECTO

DECLARACIÓN

Nosotros, Daywilly Sofía Baque Noboa y Anderson Geovanny Casagualpa Gómez, declaramos que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de la Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

DAYWILLY SOFÍA

BAQUE NOBOA

ANDERSON GEOVANNY

CASAGUALPA GÓMEZ

AGRADECIMIENTO

Este gran paso es un triunfo de todas las personas que me han acompañado a lo largo del camino. Por ello, agradezco a Dios, por guiarme y por reflejar su amor a través de los seres que están a mi lado.

A mis padres, Juana y Ernesto, que me han apoyado en toda mi carrera y mi vida, siempre con amor y sabiduría.

A mi familia, quienes han creído en mí y me han dado su apoyo incondicional.

A Lorena, mi directora de tesis, quien ha sido mi guía, mentora y una gran amiga.

Al equipo de ReciVeci, por darme la oportunidad de aprender de ellas y de ser parte del cambio.

A mi compañero y amigo Anderson, por ser una persona paciente y ser una persona incondicional en toda la carrera.

A mis profesores de carrera, sin duda, han sido los mejores maestros que pude tener.

A mis amigos y amigas, por ser las personas más divertidas y sabias, quienes me han acompañado en todos los momentos importantes de mi vida.

Sofía.

DEDICATORIA

Este triunfo se lo dedico a Juana y Ernesto, mis amados padres. Ellos se merecen lo mejor del mundo, por ser tan excepcionales y constantes, siempre han estado a mi lado, sosteniéndome y no dejándome caer ante las adversidades. Mi amor y agradecimiento hacia ustedes es eterno.

Sofía Baque.

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por permitirme dar este gran paso en mi vida, por permitirme conocer a personas maravillosas que aportaron en mi camino hasta este momento.

A mis padres Anderson y Cecilia, que a pesar de las dificultades siempre han estado ahí para mí en toda mi carrera dándome ánimos y mucho amor.

A mi hermano que Ricardo el cual ha sido mi apoyo incondicional en cada momento.

A mi directora de tesis, Lorena por su dedicación tiempo a este proyecto y sobre todo por su incondicional amistad.

A mi amigo Fernando, por su gran amistad de años por darme su apoyo a pesar de la distancia y siempre estar pendiente de mí.

A mi amiga Sofía, mi compañera de tesis, la cual ha sido un pilar importante en toda mi carrera sobre todo por su comprensión.

A mis profesores de carrera, que sin duda ha sido los mejores que he tenido durante esta carrera ya que cada uno ha dejado una semilla de conocimiento en mí.

A mis amigos de la carrera, Anahí, Jessi, Andrés y Vane quienes me han acompañado en los mejores momentos de mi vida.

Anderson.

DEDICATORIA

Este logro lo dedico a mis padres Anderson y Cecilia. Quienes siempre han estado conmigo a pesar de cualquier adversidad con su incondicional manera de amar, por su apoyo en las decisiones más importantes de mi vida, todo esto es por ustedes queridos padres. Gracias por todo.

Anderson Casagualpa.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1 INTRODUCCIÓN	15
1.1 Objetivos.....	16
1.1.1 Objetivo General.....	16
1.1.2 Objetivos específicos	16
1.2 Planteamiento del problema	16
1.3 Justificación	17
1.4 Marco Teórico	18
1.4.1 Cambio Climático.....	18
1.4.2 Cambio climático y su relación con los residuos sólidos.....	19
1.4.3 Reciclaje	20
1.4.4 Reciclaje en el Ecuador.....	20
1.4.5 Reciclaje inclusivo.....	21
1.4.6 Reci -Veci.....	21
1.4.7 Análisis de ciclo de vida y Huella de carbono	22
2 METODOLOGÍA	22
2.1 Compilación de información relevante sobre los procesos productivos de las industrias ecuatorianas, en torno a los materiales analizados.....	23
2.1.1 Industria del vidrio	23
2.1.2 Industria del Aluminio	28
2.1.3 Industria del Plástico PET	33
2.1.4 Industria del Papel y el Cartón.....	38
2.1.5 Industria del Tetra Pak.....	41
2.2 Elaboración de Análisis de Ciclo de Vida de productos con materia prima virgen y materia prima reciclada en un contexto local.....	45
2.2.1 Objetivo y alcance de estudio	46
2.2.2 Análisis de Inventario.....	54
2.2.3 Análisis de Impacto.....	67
2.3 Asociación de la calculadora ambiental de huella de carbono y recursos naturales, con datos de recuperación de materiales de la organización ReciVeci.....	70

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	73
3.1 Resultados de la compilación de información relevante sobre los procesos productivos de las industrias ecuatorianas, en torno a los materiales analizados	70
3.1.1 Comparación de productos finales de acuerdo con la procedencia de la materia prima	74
3.1.2 Porcentaje de recuperación de material estimado en Ecuador.....	76
3.2 Resultados de la elaboración de Análisis de Ciclo de Vida de productos con materia prima virgen y materia prima reciclada en un contexto local.....	77
3.2.1 Diferencia y porcentaje de reducción de emisiones de GEI	78
3.2.2 Diferencia y porcentaje de reducción del uso de combustibles fósiles.....	79
3.2.3 Principal materia prima virgen por tipo de material.....	82
3.2.4 Materia prima reciclada necesaria para la producción de los materiales	83
3.3 Resultados de la asociación de la calculadora ambiental de huella de carbono y recursos naturales, con datos de recuperación de materiales de la organización ReciVeci	85
3.3.1 Kilogramos recuperados a través de la ReciApp	85
3.3.2 Beneficio ambiental obtenido a través de la ReciApp y los recicladores/as de base	87
4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	90
4.1 Conclusiones	90
4.2 Recomendaciones	91
5 REFERENCIAS	92
6 ANEXOS	104
Anexo 6.1 Producción de perfil de aluminio con materia virgen.....	104
Anexo 6.2 Producción de perfil de aluminio con material reciclado	105
Anexo 6.3 Producción de vidrio con materiales vírgenes.....	105
Anexo 6.4 Producción de vidrio de material reciclado.....	105
Anexo 6.5 Producción de plástico PET con materia virgen	105
Anexo 6.6 Producción de plástico PET con material reciclado	105
Anexo 6.7 Producción de pulpa de celulosa con material virgen	106
Anexo 6.8 Producción de pulpa de celulosa con material reciclado	106
Anexo 6.9 Producción de materiales del Tetra Pak con materia prima virgen	106
Anexo 6.10 Producción de materiales del Tetra Pak con material reciclado.....	107

Anexo 6.11 Uso de combustibles fósiles en la fabricación de 1kg de perfil de aluminio con materia virgen	107
Anexo 6.12 Uso de combustibles fósiles en la fabricación de 1kg de perfil de aluminio con materia reciclada	107
Anexo 6.13 Uso de combustibles fósiles en la fabricación de 1kg de vidrio fundido con materia virgen	108
Anexo 6.14 Uso de combustibles fósiles en la fabricación de 1kg de vidrio fundido con materia prima reciclada	108
Anexo 6.15 Uso de combustibles fósiles en la fabricación de 1kg de PELLET PET con materia prima virgen	108
Anexo 6.16 Uso de combustibles fósiles en la fabricación de 1kg de PELLET PET con materia prima reciclada	109
Anexo 6.17 Uso de combustibles fósiles en la fabricación de 1kg de pulpa de celulosa con materia prima virgen	109
Anexo 6.18 Uso de combustibles fósiles en la fabricación de 1kg de pulpa de celulosa con materia prima reciclada	109
Anexo 6.19 Uso de combustibles fósiles en la fabricación de 1kg de perfil de materiales del Tetra Pak con materia prima virgen.....	110
Anexo 6.20 Uso de combustibles fósiles en la fabricación de 1 kg de perfil de materiales del Tetra Pak con materia prima reciclada.....	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de Reciclaje RecyVidrios.....	27
Figura 2. Fabricación de Lingotes de Aluminio	31
Figura 3. Fabricación de perfiles de Aluminio	32
Figura 4. Proceso de fabricación de Aluminio Secundario.....	33
Figura 5. Proceso de Fabricación de Pellets de PET.....	35
Figura 6. Proceso de Fabricación de Pellets de PET con Material Reciclado.....	37
Figura 7. Proceso de Fabricación del papel	39
Figura 8. Proceso Productivo Incasa.....	41
Figura 9. Composición de Tetra Pak.....	42
Figura 10. Proceso de fabricación de envases de Tetra Pak.....	43
Figura 11. Proceso de Reciclaje de Tetra Pak.....	45
Figura 12. Producción de perfil de aluminio con materia prima virgen	47
Figura 13. Producción de perfil de aluminio con materia prima reciclada.....	47
Figura 14. Producción de vidrio sodo-cálcico fundido con materia prima virgen.....	48
Figura 15. Producción de vidrio sodo-cálcico fundido con materia prima reciclada	48
Figura 16. Producción de pellets grado PET con materia prima virgen.....	49
Figura 17. Producción de pellets grado PET con materia prima reciclada	50
Figura 18. Producción de pulpa de celulosa con materia prima virgen	51
Figura 19. Producción de pulpa de celulosa con materia prima reciclada.....	52
Figura 20. Producción de pulpa de celulosa con materia prima reciclada.....	53
Figura 21. Producción de materiales del Tetra Pak con materia prima reciclada.....	54
Figura 22. Sección de entregas de la aplicación ReciApp.....	71
Figura 23. Cálculo empírico del volumen de fundas grandes y pequeñas	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materias primas del vidrio Sodo-cálcico	25
Tabla 2. Proveedores de Cridesa	27
Tabla 3. Tipos de Aluminio según su materia prima	29
Tabla 4. Datos recopilados en la producción de perfil de aluminio con materia prima virgen.	55
Tabla 5. Datos recopilados en la producción de perfil de aluminio con materia prima reciclada.	56
Tabla 6. Datos recopilados en la producción de vidrio sodo-cálcico fundido con materia prima virgen.....	58
Tabla 7. Datos recopilados en la producción de vidrio sodo- cálcico fundido con materia prima reciclada.....	59
Tabla 8. Datos recopilados en la producción de pellets grado PET con materia prima virgen.	60
Tabla 9. Datos recopilados en la producción de pellets grado PET con materia prima reciclada.....	61
Tabla 10. Datos recopilados en la producción de pulpa de celulosa con materia prima virgen.	62
Tabla 11. Datos recopilados en la producción de pulpa de celulosa con materia prima reciclada.....	64
Tabla 12. Datos recopilados en la producción de materiales del Tetra Pak con materia prima virgen.....	65
Tabla 13. Cantidad estimada de cada material	66
Tabla 14. Datos recopilados en la producción de materiales de Tetra Pak con materia prima reciclada.....	67
Tabla 15. Estimación de volumen de residuos reciclables entregados por recicladores de base a través de la ReciApp.....	72
Tabla 16. Fracción promedio por tipo de material	72
Tabla 17. Comparación de productos finales de acuerdo con la procedencia de la materia prima	75
Tabla 18. Porcentaje de recuperación de material estimado en Ecuador.....	77
Tabla 19. Diferencia de emisiones de GEI y porcentaje de reducción.....	78
Tabla 20. Diferencia de uso de combustibles y porcentaje de reducción	81
Tabla 21. Principal materia prima virgen por tipo de material.....	83

Tabla 22. Materia prima necesaria para la producción de los materiales	85
Tabla 23. Kilogramos recuperados a través de la ReciApp	86
Tabla 24. Emisiones de GEI evitadas a través de la ReciApp	87
Tabla 25. Combustibles evitados a través de la ReciApp	88
Tabla 26. Materia prima virgen evitada a través de la ReciApp	89
Tabla 27. Cantidad de materiales producidos apartir de los residuos reciclables recuperados.	90

RESUMEN

El presente estudio está enfocado en la elaboración de una calculadora ambiental sobre los materiales potencialmente reciclables, la cual, puede servir como una herramienta de mitigación al cambio climático. Para ello, se definieron 3 etapas, la primera, es la compilación de información sobre las industrias ecuatorianas de los materiales reciclables, la segunda, la elaboración del análisis de ciclo de vida de los materiales de acuerdo con la procedencia de su materia prima y la tercera, la asociación de la calculadora con datos de recuperación de la ReciApp de ReciVeci.

En la primera etapa, se compiló información general sobre los procesos productivos de las industrias ecuatorianas dedicadas a la fabricación de los materiales potencialmente reciclables, los cuales son plástico, vidrio, papel/cartón, aluminio y envases multicapas. Se indagó las industrias que fabrican estos materiales con materia prima virgen y aquellas que lo hacen con materia prima reciclada, de esta manera, se obtuvo información más adecuada al contexto local.

Dentro de la segunda etapa, se elaboró el análisis de ciclo de vida de cada material. Para ello, se dividió la producción de cada uno, de acuerdo con la procedencia de su materia prima. La primera, la producción con materia prima virgen y la segunda, la producción con materia prima reciclada.

Finalmente, en la tercera etapa, se enlazó los datos arrojados por la aplicación móvil ReciApp, con los resultados de la calculadora ambiental. Para ello, las entregas realizadas en la aplicación fueron transformadas en kilogramos de material. De esta manera, se obtuvo el impacto positivo que tiene la recuperación de los materiales, por parte de las y los recicladores de base a través de esta herramienta tecnológica ReciApp.

Palabras claves: Cambio Climático, Mitigación, Residuos, Reciclaje Inclusivo, Análisis de Ciclo de Vida, materias primas.

ABSTRACT

The present study is focused on the elaboration of an environmental calculator on potentially recyclable materials, which will serve as a tool to mitigate climate change. The first stage is the compilation of information on the Ecuadorian industries of recyclable materials, the second stage is the elaboration of the life cycle analysis of the materials according to the origin of their raw material and the third stage is the association of the calculator with recovery data from the ReciVeci ReciApp.

In the first stage, general information was compiled on the production processes of Ecuadorian industries dedicated to the manufacture of potentially recyclable materials, which are plastic, glass, paper/cardboard, aluminum and multilayer packaging. The industries that manufactured these materials with virgin raw materials and those that manufactured them with recycled raw materials were investigated, thus providing information that was more relevant to the local context.

In the second stage, a life cycle analysis was carried out for each material. To do this, the production of each one was divided according to the origin of its raw material. The first, production with virgin raw material and the second, production with recycled raw material.

Finally, in the third stage, the data provided by the ReciApp mobile application was linked to the results of the environmental calculator. To do this, the deliveries made in the application were transformed into kilograms of material. In this way, the positive impact of the recovery of materials by grassroots recyclers through this technological tool, ReciApp, was obtained.

Keywords: Climate Change, Mitigation, Waste, Inclusive Recycling, Life Cycle Analysis, raw materials.

1 INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, el ser humano ha tomado los recursos de la naturaleza para cubrir sus necesidades. Este exceso de poder ha traído consigo una serie de consecuencias que amenazan con destruir el planeta. Las industrias y sus procesos son los que más impactos negativos ocasionan, con mayor frecuencia en el aire, el agua, el suelo, los residuos y la energía (Zaragozá, s.f.). Por un lado, la producción de materiales para uso del ser humano, aportan al incremento de la temperatura en el planeta. Hace unos años, alrededor del 78% de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que se emitieron, fueron el resultado de industrias del sector energético, manufactureras, transporte y de construcción (Zaragozá, s.f.).

Los residuos también son un agravante para esta crisis ambiental, se estima que al año se genera 11 billones t de residuos a nivel mundial, estos, contribuyen al 5% de las emisiones de GEI anuales (Naciones Unidas, s.f.). Cabe mencionar que, la mayor parte de los residuos no son revalorizados y terminan en botaderos, rellenos sanitarios y en los océanos, haciendo insostenible la correcta gestión de estos.

Ecuador, no es un país aislado de esta situación, pues aquí, se producen alrededor de 4.1 millones ton de residuos al año (Iniciativa regional para el reciclaje, 2015), de los cuales solo se recicla el 4%.

Al ver esta problemática, varios autores hacen énfasis en el reciclaje como una práctica que regresa los residuos a los procesos productivos como sustitutos de materias primas vírgenes (Gonzales, 2001). Amelia Craighill en su estudio sobre Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y Evaluación Económica del Reciclaje, indica que el reciclaje mitiga los efectos del cambio climático, evita la extracción de materiales vírgenes, ahorraespacios en los rellenos sanitarios y reduce el consumo energético (Craighill & Powell, 1996).

Ecuador ha puesto cartas sobre la mesa en este asunto y reconoce al reciclaje como una línea de acción en el escenario condicional para el cumplimiento de las Contribuciones Nacionales Determinadas (NDC), las cuales, tienen como objetivo mitigar el cambio climático (Scardamaglia, Dávalos, Estigarribia, & Sagüi, 2019).

La mayor parte del reciclaje en Ecuador la realizan las y los recicladores de base. De acuerdo con datos de la Red Nacional de Recicladores (RENAREC), existen aproximadamente 20 000 recicladores/as de base a nivel nacional, estos personajes recogen el material reciclable en las calles en condiciones poco seguras y viven con ingresos mensuales menores al salario

básico (Iniciativa regional para el reciclaje, 2015). Varias iniciativas ciudadanas como ReciVeci, han hecho énfasis en el apoyo a estos eslabones de la cadena de reciclaje, y mediante el desarrollo de una aplicación móvil, llamada ReciApp han logrado crear un vínculo entre la comunidad y los/as recicladores/as de base.

Por ello, el presente estudio tiene como objetivo elaborar una calculadora ambiental que muestre los beneficios del reciclaje, como una estrategia de mitigación al cambio climático. Sin dejar a un lado el vínculo creado entre el humano y el reciclaje, el cual, no solo trae beneficios para el ambiente, sino también para personas que viven de este noble oficio.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

Elaborar una calculadora ambiental de huella de carbono y recursos naturales, que sirva como una estrategia de mitigación al cambio climático.

1.1.2 Objetivos específicos

- Compilar información relevante sobre los procesos productivos de las industrias ecuatorianas, en torno a los materiales analizados.
- Elaborar el Análisis de Ciclo de Vida de productos con materia prima virgen y materia prima reciclada en un contexto local.
- Asociar la calculadora ambiental de huella de carbono y recursos naturales, con datos de recuperación de materiales de la organización ReciVeci.

1.2 Planteamiento del problema

El cambio climático es una problemática que se ha desarrollado durante los últimos 50 años, aquí se ha visto el aumento de la temperatura ambiental, la misma que ha traído consecuencias negativas no solo para el ambiente, sino también para la economía y la sociedad. El Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), atribuye este fenómeno a la actividad humana, la cual altera la composición de la atmósfera global y la variabilidad natural del clima (Platon, 2013). Las atribuciones al ser humano con referencia al cambio climático se fundamentan en las emisiones de GEI, provocadas por el uso de combustibles fósiles y alteraciones en el suelo todo esto con el fin de cubrir sus necesidades (Govern Illes Balears, s.f.).

Para cubrir dichas necesidades, es imprescindible recurrir a la producción de bienes materiales. Cada vez es más evidente que los sistemas de producción contribuyen al rápido agotamiento de los recursos y al cambio climático (Gray, 2011). De acuerdo con la bibliografía, las emisiones de GEI provienen principalmente del consumo de combustibles

fósiles para la producción de energía y de la quema de biomasa por el cambio de uso del suelo (deforestación) (Ibárcera & Scheelje, s.f.).

Sin embargo, las emisiones de GEI no son el único problema, ya que muchos de los bienes materiales producidos, aún están apegados a una economía lineal, la cual es un modelo económico que se basa en el desecho de los productos después de su utilización (Falappa & Lamy, 2019), lo que hace que estos materiales no tengan una valorización y no retornen a los procesos productivos. A su vez, esta práctica en línea recta se enmarca bajo el enfoque de la “cuna a la tumba”, la cual ha causado un daño colateral en los rellenos sanitarios, debido a que asume que la naturaleza es la receptora de los impactos negativos de manera infinita (Goicochea, 2013).

Actualmente, los rellenos sanitarios presentan una grave crisis ambiental, ya que en muchos de ellos los cúmulos de residuos han desbordado la capacidad de almacenamiento, lo cual ha convertido a los rellenos sanitarios en botaderos a cielo abierto (Sánchez, 2018). En un contexto local, la realidad no es diferente. Quito, tiene un relleno sanitario a punto de colapsar. El cubeto 9B del mismo, no abastece a la cantidad de residuos que origina la ciudadanía, por otro lado, el tratamiento de lixiviados no ha sido regulado y hace falta fiscalización interna que ayude a solventar la problemática (La Hora, 2020).

Por ello, es importante reducir al máximo la generación de estos materiales. Así, la reutilización de los residuos, tendrán valorización por medio del reciclaje. Sin embargo, si se habla de Quito, la EMGIRS menciona que, de las 2 200 ton diarias producidas en la ciudad, el 24% es potencialmente reciclable. Pero, solo el 16% se ha logrado cubrir gracias al trabajo de 3 000 recicladores/as de base (Guerrero, 2019). Estos recicladores y recicladoras recuperan los materiales en condiciones precarias que ponen en riesgo su integridad.

Por lo anteriormente descrito, el presente proyecto tiene como fin dar a conocer cuál es la realidad local de los procesos productivos e industrias de los materiales potencialmente reciclables, tales como: plástico, vidrio, papel/cartón, aluminio y envases multicapas, mediante el uso de herramientas metodológicas, una de ellas, el ACV. Así, se sabrá el verdadero impacto de la producción con materia prima virgen y materia prima reciclada.

1.3 Justificación

Existen varias herramientas que dan a conocer las entradas, salidas e impactos que ocasiona la producción, entre ellas se encuentra el ACV, el cual es una herramienta metodológica que sirve para medir el impacto ambiental de un producto, proceso o sistema a lo largo de toda su vida, desde el momento que se adquieren las materias primas hasta el término de esta (Ihobe, 2009).

Gracias a esta herramienta, se puede notar de manera comparativa la producción con material virgen y la producción con material reciclado. Ya que, de acuerdo con varios estudios, se ha comprobado que la extracción de materia prima para la fabricación de productos conlleva una serie de actividades que producen emisiones de GEI y utilización innecesaria de recursos, ambos pueden ser evitadas si dichos productos regresaran a las cadenas productivas, mediante el reciclaje.

Algunos de los impactos ambientales que se encuentran en la extracción de la materia prima están relacionados al consumo energético que se asocia a este proceso y los recursos explotados (Ministerio de Medio Ambiente Chile, 2018). Sin embargo, a nivel local, hay falencias de estudios que muestran los impactos ambientales de la producción con materia prima virgen.

Es por ello, que, mediante la utilización del ACV, se pretende tomar en cuenta las emisiones de GEI y recursos de dos escenarios. El primero, la fabricación de los productos con materia virgen y el segundo, la fabricación de los mismos productos con material reciclado. El fin principal de esta herramienta comparativa es enmarcar la necesidad de incorporar material reciclable dentro de los procesos productivos. No solo para evitar la extracción de materia prima, sino también, para disminuir las emisiones de GEI y minimizar la disposición final de materiales potencialmente reciclables, de esta manera, la vida útil de los rellenos sanitarios se extenderá.

Asimismo, el presente estudio, podrá ayudar a fomentar una cultura de reciclaje a nivel local, que motive a las personas a reciclar. De esta manera, la calculadora ambiental servirá como un aporte estratégico a la mitigación del cambio climático, la cual toma en cuenta acciones que ayuden a reducir las emisiones de GEI para evitar el calentamiento global, entre ellas, la educación ambiental, la minimización del consumo y la circularidad de los residuos.

1.4 Marco Teórico

1.4.1 Cambio Climático

En la actualidad, existe una increíble ausencia de información sobre cambio climático, esto se debe a la inexactitud de las fuentes o por una desinformación interesada; lo que conlleva a una serie de mitos sobre el mismo.

Acorde con la Convención de Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), el cambio climático es un cambio de la temperatura atribuido directamente o de forma indirecta a la acción humana. Los humanos cambian la estructura de la atmósfera mundial y aumentan el cambio natural del clima (Responsabilidad Social y Sustentabilidad, 2021).

En cambio, IPCC lo define como un cambio en el clima a lo largo del tiempo, como resultado de un cambio natural o como resultado de las actividades humanas (Universidad de Cundinamarca, 2020).

Ambos conceptos, mencionan al ser humano como actor principal de este fenómeno. Lamentablemente, la mayoría de las actividades humanas repercuten en el ambiente, esto se debe a que el humano es un ser dependiente de la naturaleza y sus recursos, la explotación de estos conlleva una serie de procesos repetitivos que tienen impactos negativos tanto en la atmósfera, como en el suelo y el agua.

1.4.2 Cambio climático y su relación con los residuos sólidos

Los residuos sólidos son uno de los problemas más notables que afronta la humanidad día a día, debido a que se generan diariamente en todos los hogares, industrias y lugares públicos a nivel mundial. Es evidente que el impacto de los residuos y desechos, han aumentado los problemas ambientales.

Desafortunadamente, a medida que pasa el tiempo, la basura aumenta: primero, porque los residuos son un conjunto compuesto por materiales inorgánicos como: plástico, vidrio, materiales de desechos tóxicos, etc. Los mismos, tardan mucho en degradarse, y en el proceso, expulsan gases nocivos tanto para el ambiente, como para la salud humana. Por otro lado, se encuentran los residuos orgánicos, el gran problema con estos, es que, al descomponerse, expulsan GEI. Otra razón del aumento de los residuos se debe a que cada año se fabrican más productos, esto sucede por el pensamiento consumista que tiene el ser humano (WWF, 2012).

En el mundo, cada año se generan alrededor de 10 000 millones ton de residuos y la mitad de ellos no se recogen ni se tratan. Del mismo modo, la mayoría de estos desechos terminan en el océano más de 6 millones t (WWF, 2012).

La falta de una gestión y tratamiento adecuados de los residuos sólidos contribuyen a la contaminación del aire, suelo y el agua. Los residuos sólidos aumentan la producción de los GEI y, en consecuencia, afectan a la temperatura del planeta, especialmente, porque a lo largo de su producción, como en su disposición final, generan algunos gases como: metano CH₄, dióxido de carbono CO₂ óxido nitroso N₂O, etc. Cuando no existe una gestión que revalorice los residuos, los métodos de disposición final más utilizados son: procesos anaerobios asociados a la descomposición de los residuos en los rellenos sanitarios y tratamientos biológicos. Así también la incineración controlada y quema de los mismos a cielo abierto (Díaz M. ,2020).

1.4.3 Reciclaje

Raffino (2020), describe el reciclaje como el proceso de cambiar los materiales de desecho en materia prima o en otros productos de tal modo estos puedan ampliar su vida útil, lo cual ayuda a contener la acumulación de residuos en el planeta.

No todos los materiales son reciclables, pero si una gran parte de ellos, tales como: el cartón, vidrio, aluminio, papel y algunos tipos de plásticos, estos materiales inorgánicos pueden ser expuestos a transformaciones físicas y químicas mediante el reciclaje, para así retomar su vida útil.

En la actualidad, Suiza, Suecia, Austria, Alemania, Bélgica y Países Bajos son los que más reciclan durante el año, un total del 50 % de su basura. América Latina es la región que menos se involucra en esta actividad, así lo revela un estudio sobre reciclaje del Banco Mundial, aquí, se menciona que solo un 4.5 % de los desechos en Latinoamérica son reciclados. Según ONU Habitat, cada persona en la región genera 1 kg promedio al día, quiere decir que diariamente se producen 541 000 ton de residuos, cuya cifra representa un 10 % de la basura mundial (Montes, 2019).

1.4.4 Reciclaje en el Ecuador

La industria del reciclaje en Ecuador ha tenido un impacto significativo en estos últimos años, esto se debe a dos principales razones: el aumento de residuos sólidos generados por una sociedad dedicada al consumismo, y, el alza de los precios de las materias primas importadas para la elaboración de bienes y servicios. Otro aspecto importante es la inversión y desarrollo de infraestructura productiva, con la cual, las industrias de reciclaje pueden implantar circuitos de recuperación, clasificación, acopio y comercialización de materiales reciclables, los mismos que son transformados en nuevos insumos y productos que retornan al mercado (San Martín, Zhingue, & Alaña, 2017).

En Ecuador habitan alrededor de 17 millones de personas, las cuales producen 4.06 millones ton al año. Según el INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) el 47.47% de hogares en el Ecuador clasifica residuos. El principal residuo reciclado es el plástico con un 32.98%, luego, los desechos orgánicos con un 27.01%, seguido del papel y cartón con un 21.37% y; finalmente el vidrio con un 12.69% (Diario los Andes, 2019).

En Ecuador existen varios cambios significativos en la promoción de políticas públicas, las cuales permiten tener una gestión integral de residuos y reciclaje inclusivo. Con referencia al reciclaje inclusivo, en el año 2014, distintas instituciones del estado, el Ministerio de Ambiente y Agua de Ecuador (MAAE), el Ministerio de Inclusión Económica y Social (MIES) y el Instituto de Economía Popular y Solidaria (IEPS), llegaron a un arreglo de cooperación

interinstitucional con la RENAREC, en donde, se dé apertura a la participación de las y los recicladores para desarrollar políticas públicas que permitan el aprovechamiento de residuos sólidos. A su vez, crear programas y proyectos de esta índole en diferentes municipios del país (Iniciativa regional para el reciclaje, 2015).

La RENAREC es una asociación legítima jurídica que reúne a más de 50 asociaciones de las y los recicladores de base en todo el país. RENAREC se estableció en el 2008 con el objetivo de promover los intereses de las y los recicladores de base en el país (Renarec, 2021).

1.4.5 Reciclaje inclusivo

Se entiende como reciclaje inclusivo a la participación de los y las recicladores/as de base en la gestión integral de residuos, reconociendo y formalizando su papel como personas claves dentro de este proceso. En el reciclaje inclusivo, los y las recicladores/as son capacitados y a su vez, se les brinda equipo de trabajo. Cabe destacar que, se deben monitorear sus actividades sin dejar a un lado la educación y sensibilización en la separación de los residuos y el reciclaje a todos los miembros involucrados en la ciudadanía (Journey, 2016).

Según Correa & Cumbe (2015), existe reciclaje inclusivo cuando se visualizan las siguientes características:

1. Inclusión social, que tiene como prioridad contribuir a la inclusión laboral y social de las personas que trabajan dentro del Sistema de Gestión Residuos Sólidos.
2. Organización institucional, que tiene como objetivo mejorar las capacidades técnicas en el manejo de residuos sólidos.
3. Proceso técnico, donde se visualice la implementación de instrumentos y herramientas adecuados para cada contexto local y en cada fase del proceso de gestión.
4. Educación y sensibilización ciudadana, donde se fomente las actitudes y prácticas que generen impactos positivos para la naturaleza.

1.4.6 ReciVeci

Es una iniciativa social enfocada en potenciar y aumentar la actividad de los y las recicladores/as de base en el Ecuador. La misma, está a favor del reciclaje inclusivo. ReciVeci, trabaja para establecer a estos personajes como proveedores de servicios ciudadanos de reciclaje, asistir en su implementación y fortalecer la cultura del reciclaje en el país. Mediante una aplicación móvil, facilita el proceso colaborativo entre ciudadanos y recicladores/as, cuyo propósito principal es resaltar la labor e inclusión para mejorar la condición laboral de los mismos (Impaqto, 2016) .

1.4.7 Análisis de ciclo de vida y Huella de carbono

A lo largo del tiempo, la humanidad ha aumentado su conciencia con respecto al cuidado del ambiente. Es así, que analiza las posibles consecuencias que tienen sus acciones cuando se trata de la producción de materiales. La extracción de materia primas, la fabricación y el transporte; son procesos necesarios de todos los productos y materiales existentes. Es por ello, que la humanidad ha creado varias herramientas y métodos para comprender mejor los impactos que conllevan estas actividades. Una de ellas es el ACV mencionado anteriormente, según Rieznik & Hernández (2005), el ACV es un proceso que permite evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, actividad o proceso . Aquí, se puede identificar y cuantificar cuánta materia y energía utiliza dicho producto, así también, el uso de recursos y emisiones de GEI generadas. El principal objetivo de esta herramienta es evaluar e implementar estrategias de mejora ambiental.

Por otro lado, la Huella de Carbono nace como una medida de cuantificar la cantidad total de GEI producidos por las actividades económicas y diarias del ser humano, estos datos son expresados en toneladas, kilogramos o gramos de emisiones de CO₂ (Iberdrola , 2021). Por ello, el ACV y la Huella de Carbono, son herramientas que contribuyen a la mitigación del cambio climático desde el eje educativo, ya que ayudan a ajustar la información, analizar, comparar y determinar el impacto ambiental que tiene un producto desde la cuna hasta la tumba.

2 METODOLOGÍA

Para el cumplimiento del objetivo general, el cual es la elaboración de la calculadora ambiental, se recopilaron los datos de las industrias ecuatorianas y se calcularon los valores de consumo de combustibles, materias primas y emisiones de GEI de los materiales reciclables con la aplicación de la herramienta de análisis de ciclo de vida. Los valores obtenidos fueron transferidos al instrumento de cálculo Excel, en donde, a través de fórmulas y el uso de botones ActiveX, se consolidó una herramienta amigable con el usuario, la cual, le permite introducir y obtener datos de manera más eficiente.

2.1 Compilación de información relevante sobre los procesos productivos de las industrias ecuatorianas, en torno a los materiales analizados

En este apartado, se indagó la información acerca de las industrias ecuatorianas con respecto a la fabricación de los materiales estudiados con materia prima virgen y reciclada. Para ello, los datos informativos fueron obtenidos de estudios de impacto ambiental, estudios de análisis de ciclo de vida y estudios de procesos productivos de los materiales. Adicionalmente, se tomó en cuenta a dos industrias importantes del Ecuador por tipo de material, para así, tener datos más específicos y aterrizados a un contexto local.

2.1.1 Industria del vidrio

Definición del vidrio

De acuerdo con la Asociación Nacional de Envases de Vidrio de España (ANFEVI), el vidrio es un producto inorgánico que pasa de un estado líquido a un estado sólido mediante el proceso de enfriamiento. Este producto proviene de materias primas de fácil extracción y que existen en grandes cantidades (Anfevi, s.f.).

Composición del vidrio

Existen muchos tipos de vidrio, los cuales varían en su composición y forma. En el caso del presente estudio, se hace referencia al vidrio del tipo sodo-cálcico, el mismo que está compuesto de: casco de vidrio o calcín, arena de sílice, carbonato de sodio y caliza (Anfevi, s.f.).

La mayoría de estos recursos se encuentran en abundancia en la naturaleza. Además, este tipo de vidrio, del cual están hechos los envases, se puede reciclar al 100% sin perder su calidad original. Es por ello, que se lo considera de bajo impacto ecológico (Anfevi, s.f.).

Producción y reciclaje de vidrio a nivel mundial

Uno de los mayores productores de vidrio a nivel mundial es España. Así lo menciona ANFEVI, a esta asociación pertenecen 5 grandes empresas, B.A Vidrio, O-I Europe, Verallia, Vicsa y Vidrala. Entre las 5, producen 2.3 ton diarias de vidrio. Esto significa que, se producen anualmente más de 7 000 millones de envases de vidrio (Anfevi, 2015).

A pesar de la gran cantidad de vidrio producido en España, se recicla aproximadamente 787 000 ton de vidrio al año, lo que equivale a 16.9 kg de vidrio por habitante (Viaña, 2018).

Producción de vidrio en Ecuador

En Ecuador, la mayoría de los envases de vidrio son producidos por una sola empresa llamada Cridesa. Se estima que esta empresa, tiene aproximadamente el 95% de participación en el mercado de envases de vidrio en el país, convirtiéndose en la principal proveedora a nivel nacional (Guzmán, 2004). Por ello, se concluye que, Cridesa es la empresa dominante de los envases de vidrio en Ecuador.

Reciclaje de vidrio en Ecuador

El MAAE, junto al Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS), estiman que se producen 4.1 millones ton de residuos sólidos al año, de las cuales, 106 600 ton son de vidrio (Reciclaje inclusivo, 2015).

Como se mencionó anteriormente, Cridesa ocupa el 95% de la producción de envases de vidrio en Ecuador, por ello, para cuestiones de este estudio, se asume que sus cifras de reciclaje son muy aproximadas a la cantidad de reciclaje de vidrio en el país. De acuerdo con el Comercio, Cridesa en su fábrica en Guayaquil, produce 80 000 ton de vidrio al año. De las cuales, el 48% son recuperadas, esto quiere decir que, alrededor de 38 400 ton de vidrio, son nuevamente introducidas a los procesos productivos de Cridesa (El Comercio, 2012). Este valor de reciclaje es obtenido de manera empírica, es un dato aproximado, ya que no existe información exacta de la cantidad de vidrio reciclado en el país.

Principal industria de vidrio en Ecuador

Owen-Illinois (O-I) conocida como Cridesa, es una empresa ecuatoriana ubicada en Guayaquil, la cual se dedica a la fabricación de recipientes de vidrio (Tecnoambiente s.a, 2015). Esta empresa, es la única que fabrica vidrio y envases del mismo material en Ecuador. Además, es una de las pocas empresas a nivel nacional que se encarga de la gestión integral del vidrio (El Comercio, 2012).

Cridesa, pertenece al grupo internacional O-I, el cual, es uno de los principales productores de recipientes de vidrio a nivel mundial. Está presente en 20 países y cuenta con 72 plantas en el mundo (Careers, 2021).

Materias primas y proceso de producción de Cridesa

Diariamente, Cridesa produce 210 ton de vidrio dentro de sus instalaciones (Tecnoambiente s.a, 2015).

Las materias primas usadas dentro de la producción de vidrio son de origen mineral. Todas pasan por estrictos controles de calidad. Dentro de Cridesa, existen varios silos de almacenamiento, que ocupan una superficie de 7 817 m² (Tecnoambiente s.a, 2015).

Las materias primas que intervienen en el proceso de fabricación en Cridesa, son: arena sílice, feldespato, caliza, soda ash y casco (vidrio reciclado) , en la **tabla 1**, se hace una breve descripción de las materias primas.

Tabla 1. Materias primas del vidrio Sodo-cálcico.

Materia prima	Descripción
Arena Sílice	Es un tipo de arena blanca. Este mineral se encuentra en la zona Sur del Ecuador, especialmente Loja y el Oriente (Nieves, 2003). El proveedor principal es Jaime Gaibor, quien extrae esta materia prima en su planta en Zamora Chinchipe (Arteaga, 2005).
Calcita	Es un material orgánico de color blanco, debido a su gran contenido de calcio (Nieves, 2003). Es comprada al granel a Jaime Gaibor, la misma, es traída desde el cantón Playas (Maliza, 2018).
Feldespató	El feldespató es un mineral que contiene distintas proporciones de potasio, sodio y calcio (Feldespató y arenas feldespáticas, 2011). En Ecuador, los yacimientos de feldespató están concentrados en El Oro, Azuay, Cañar, Chimborazo y Zamora Chinchipe (Lima, 2016). El feldespató procesado, es importado desde Estados Unidos (Arteaga, 2005).
Soda Ash	Es un poderoso fundente, tiene baja viscosidad, y disminuye el punto de fusión de la mezcla (Arteaga, 2005). Cridesa, importa este material al granel desde Estados Unidos.
Casco (Vidrio reciclado)	El casco es el vidrio que ha sufrido algún tipo de ruptura o defecto, por ello, se lo incorpora a la línea de producción (Nieves, 2003). También se adquiere vidrio reciclado de otras industrias que proveen a Cridesa de este material (Carrera & Clavijo, 2009). Normalmente, la proporción de materias primas y vidrio reciclado o casco es de 75% (materias primas vírgenes) - 25% (casco o calcín) (Torres, 2015).

Fabricación del vidrio Sodo-cálcico en Cridesa

Mezclado de materias primas: Este proceso se lleva a cabo en la planta batch, dentro de Cridesa. Aquí, se mezclan las materias primas (arena, caliza, soda ash, feldespatos), las cuales son transportadas en tolvas. Todos estos componentes son incorporados dentro de un mezclador con proporciones adecuadas y bajo estrictos controles de calidad. Mientras se efectúa la mezcla, se adiciona pequeñas proporciones de sulfato de sodio y selenio. La mezcla final, pasa al siguiente proceso, denominado fundición (Torres, 2015).

Fundición de materias primas: El horno de fundición tiene una capacidad de producción de 210 ton de vidrio al día. La mezcla de materias primas, entran a este horno y son sometidas a temperaturas mayores a 1 550 °C, hasta obtener vidrio líquido (Torres, 2015).

Formación: El vidrio líquido que sale del horno de fundición, se divide en 3 canales alimentadores, a través de ellos, las gotas de vidrio descienden a temperaturas que oscilan entre 1 100 °C y 1 200 °C (Torres, 2015).

Almacenamiento: Finalmente, las botellas son ubicadas en pallets, luego, se disponen en cajas en la bodega de almacenamiento, en donde poco a poco son distribuidas de acuerdo a una planificación (Torres, 2015).

Industria del reciclaje de vidrio en Ecuador

Cridesa, obtiene el casco destinado para su producción de 3 principales proveedores, estos son: Gaibor, que contribuye con un 45.18% del casco utilizado, embotelladoras del país con 43.52% y RecyVidrios con un 11.30% del casco adquirido (Carrera, 2009).

En la tabla 2, se considera el aporte de los proveedores de vidrio reciclado en términos de toneladas. Para ello, se estima que Cridesa recicla aproximadamente 38 400 ton de vidrio

Tabla 2. Proveedores de Cridesa.

Recicladora	% de vidrio reciclado	Ton recicladas	Fuente
Gaibor (Guayaquil)	45.18%	17 329.92	(Carrera & Clavijo, 2009)
Embotelladoras	43.52%	16 711.68	(Carrera & Clavijo, 2009)
Recyvidrios (Guayaquil, Quito, Manta)	11.30%	4 339.2	(Carrera & Clavijo, 2009)

Proceso de reciclaje de vidrio Sodo-cálcico

Para el caso de este estudio, se toma en cuenta el proceso de reciclaje de una de las empresas que provee de casco a Cridesa, esta es RecyVidrios. **(Ver figura 1).**

Proceso de reciclaje RecyVidrios

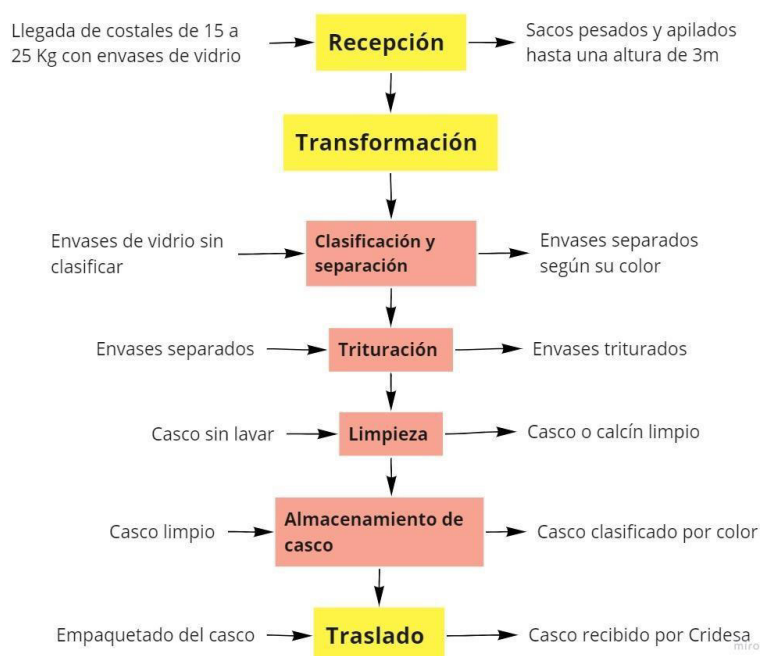


Figura 1. Proceso de reciclaje RecyVidrios

2.1.2 Industria del Aluminio

Definición del Aluminio

El aluminio es uno de los metales más abundantes en la corteza terrestre. Se destaca en la industria debido a su capacidad de resistencia ante la corrosión y su baja densidad (Esparza, 2017).

Otras características destacables del aluminio son su ligereza, su maleabilidad y su larga vida. También, es altamente reciclable. De acuerdo con La Vanguardia, la fabricación de aluminio se ha llevado a cabo desde finales del siglo XIX, y desde entonces, solo se han fabricado 700 millones de toneladas hasta la actualidad (Farrás, 2019).

Obtención del aluminio

El aluminio se fabrica mediante dos procesos complementarios: el primero, denominado aluminio primario, se elabora a partir del mineral bauxita. Y el segundo, nombrado aluminio secundario, procede del reciclaje de residuos de aluminio (Emisiones) (Fabricación de Aluminio, 2017).

En la **tabla 3**, se describe brevemente ambos procesos.

Tabla 3. Tipos de Aluminio según su materia prima.

Tipo de proceso	Definición	Fuente
Aluminio Primario	<p>El aluminio primario, se fabrica a partir de un mineral denominado bauxita, consta de 2 procesos claves: Primero, se debe extraer la alúmina (óxido de aluminio) a partir de la bauxita, mediante un proceso llamado Bayer. Este proceso, consiste en separar el óxido de aluminio de los minerales. Se debe triturar la bauxita, el polvo obtenido, se mezcla con sosa caústica líquida y este producto es calentado a altas temperaturas. Segundo, se debe extraer el aluminio a partir de la alúmina, mediante un proceso denominado electrólisis. El mismo que consiste en separar el oxígeno del aluminio para así obtener el metal.</p>	(Fabricación de Aluminio, 2017)
Aluminio Secundario	<p>La producción de aluminio secundario también es conocida como Reciclaje de aluminio. Se estima que, la producción secundaria de aluminio requiere solo un 5% de la energía necesaria para la producción primaria de aluminio. El proceso consiste en fundir la chatarra y residuos de aluminio, en ocasiones se usan sales fundentes para que haya más rendimiento del metal.</p>	(Fabricación de Aluminio, 2017)

Producción y reciclaje de aluminio a nivel mundial

De acuerdo con la bibliografía, en el año 2017, se produjeron 87.6 millones ton, de las cuales 24 millones, eran aluminio secundario (CRU International Limited, 2018).

El 34% de la producción de aluminio, es destinada a la fabricación de extrusiones. Cabe mencionar que, China es el principal productor de aluminio primario, ya que alcanzó 36 millones de ton de este material (A.Díaz, 2020).

Producción de aluminio en Ecuador

Ecuador no es un país productor de aluminio primario (Barco, 2015), las pocas empresas que fabrican aluminio en el territorio nacional importan lingotes para el consumo interno. Una vez que estas piezas terminan su vida útil, son fundidos para producir aluminio secundario.

De acuerdo con la bibliografía, en el año 2014, Ecuador produjo 5 000 ton de aluminio secundario aproximadamente, se importó un poco más de 12 000 ton de aluminio primario (Barco, 2015).

En Ecuador, la industria del aluminio es básicamente la fundición de este para elaborar nuevos productos. De acuerdo con la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (C.I.I.U.), la producción de planchas o perfiles a través de la fundición de aluminio es la C-2420.26 (Producción de aluminio a partir de alúmina y de la refinación electrolítica de desechos y chatarra de aluminio incluido la producción de óxido de aluminio) (Fabricación de productos farmacéuticos, 2013).

Reciclaje de aluminio en Ecuador

Debido a que no existe un dato oficial de cuánta chatarra de aluminio se recupera en Ecuador, para el caso de este estudio, se tomó en cuenta la cantidad de chatarra de aluminio que proveen 3 empresas recicladoras a la Corporación Ecuatoriana de Aluminio S.A (CEDAL S.A.) cada año. Cabe recalcar, que este, no es un dato exacto, pero sí aproximado.

De acuerdo con Párraga, cada año, CEDAL S.A recibe 6 765 ton de chatarra de aluminio para sus procesos productivos (Párraga, 2010).

Principal Industria de Aluminio en Ecuador

CEDAL S.A es una empresa creada en 1974 en la provincia de Cotopaxi, se dedica a la fabricación y comercialización de perfiles de aluminio, tanto para el mercado nacional como internacional. Cuenta con 2 plantas de fabricación, una ubicada en Latacunga y la otra en Durán (Cedal S.A, 2019).

Cabe mencionar que CEDAL S.A, es una empresa líder en la fabricación de perfiles de aluminio para uso estructural y arquitectónico (Cedal S.A, 2019). Además, solo produce aluminio secundario (con chatarra de aluminio y aleaciones de aluminio importadas). De acuerdo con datos del 2011, CEDAL S.A, produce en promedio 9 474 ton de extrusiones de aluminio cada año (Soto, 2013).

Materias primas de CEDAL S.A

Cabe mencionar que, para la fabricación de perfiles de aluminio, CEDAL S.A importa lingotes de aluminio desde Estados Unidos e India, de aleación 6063, 6061 y 6005 (Cedal S.A, 2019).

Proceso de fabricación de los perfiles de aluminio

Los perfiles de aluminio son fabricados a partir de lingotes que importa CEDAL S.A, en la **figura 2**, se muestra el proceso productivo de lingotes de aluminio, independientemente del tipo de aleación.

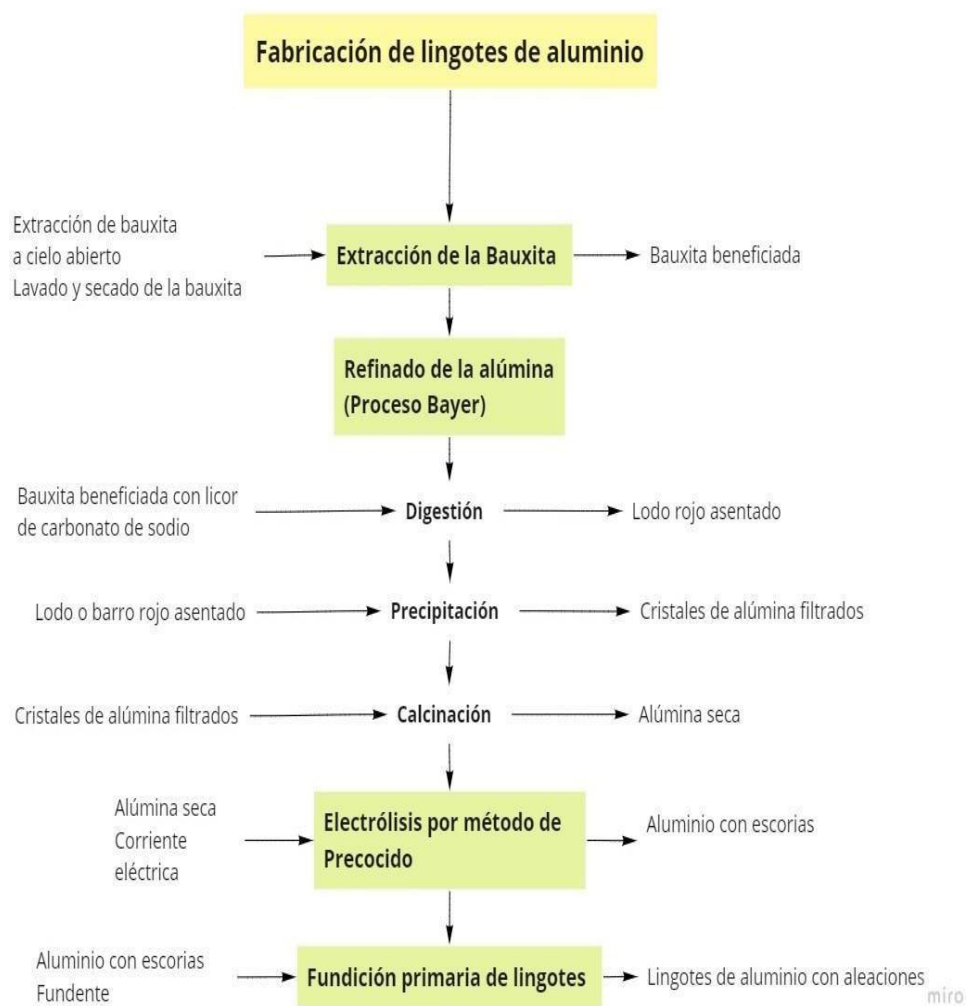


Figura 2. Fabricación de lingotes de aluminio

Una vez que los lingotes de aluminio son fabricados, CEDAL S.A los importa para refundirlos con chatarra de aluminio y hacer perfiles para consumo nacional e internacional.

Fabricación de perfiles de aluminio CEDAL S.A

En la **figura 3**, se muestra un esquema de cómo se produce los perfiles de aluminio.

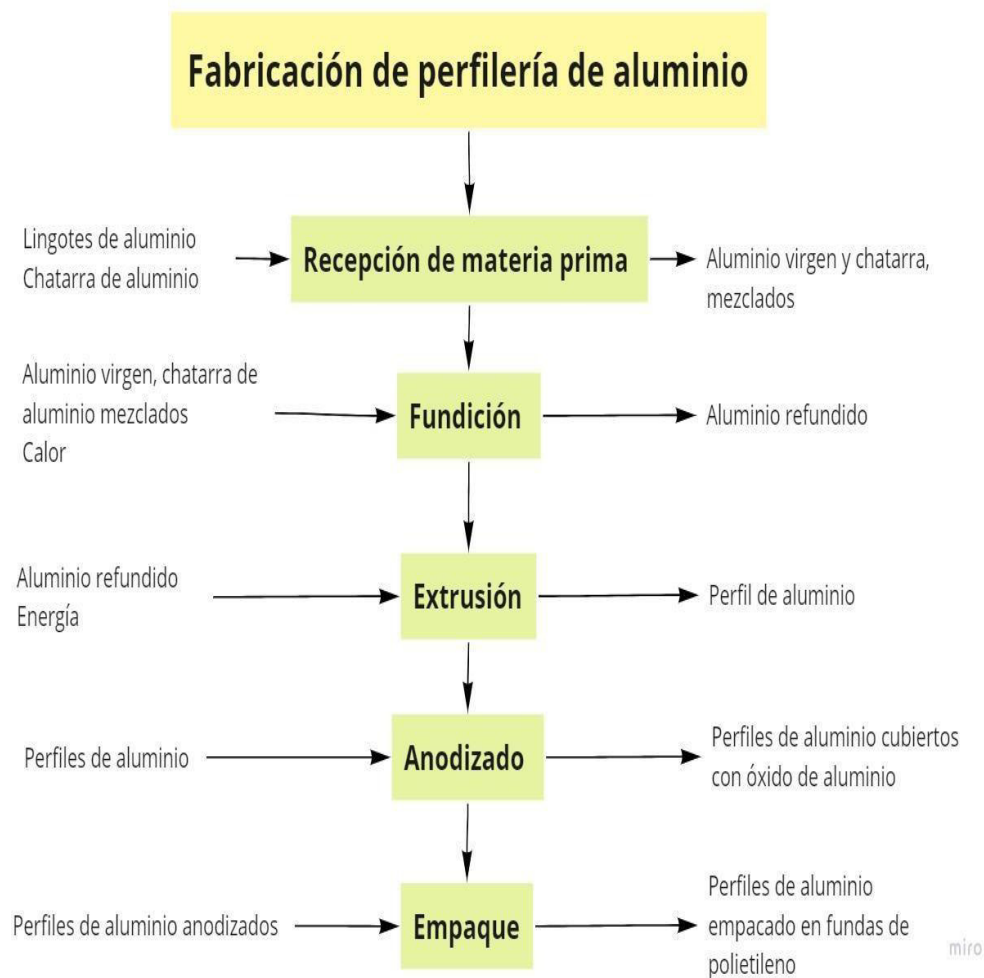


Figura 3. Fabricación de perfiles de aluminio

Industria del reciclaje de aluminio en Ecuador

Cabe mencionar que, mucha de la recuperación de chatarra de aluminio en el país, se realiza de manera artesanal. El material es almacenado y distribuido a centros de acopio para luego ser devuelto a los procesos productivos (Párraga, 2010).

La recuperación de la chatarra de aluminio, en muchas ocasiones, es realizada por los y las recicladores/as de base, los cuales buscan el material reciclable en las calles o sitios de disposición final, esta actividad puede resultar perjudicial para la salud, debido a la exposición física que hay con este tipo de material (Párraga, 2010).

Existen varios centros de acopio que son los principales proveedores de la empresa CEDAL S.A, juntos, proveen aproximadamente 570 ton de chatarra de aluminio mensual a dicha empresa (Párraga, 2010). En la **figura 4**, se muestra el proceso de fabricación de aluminio secundario.

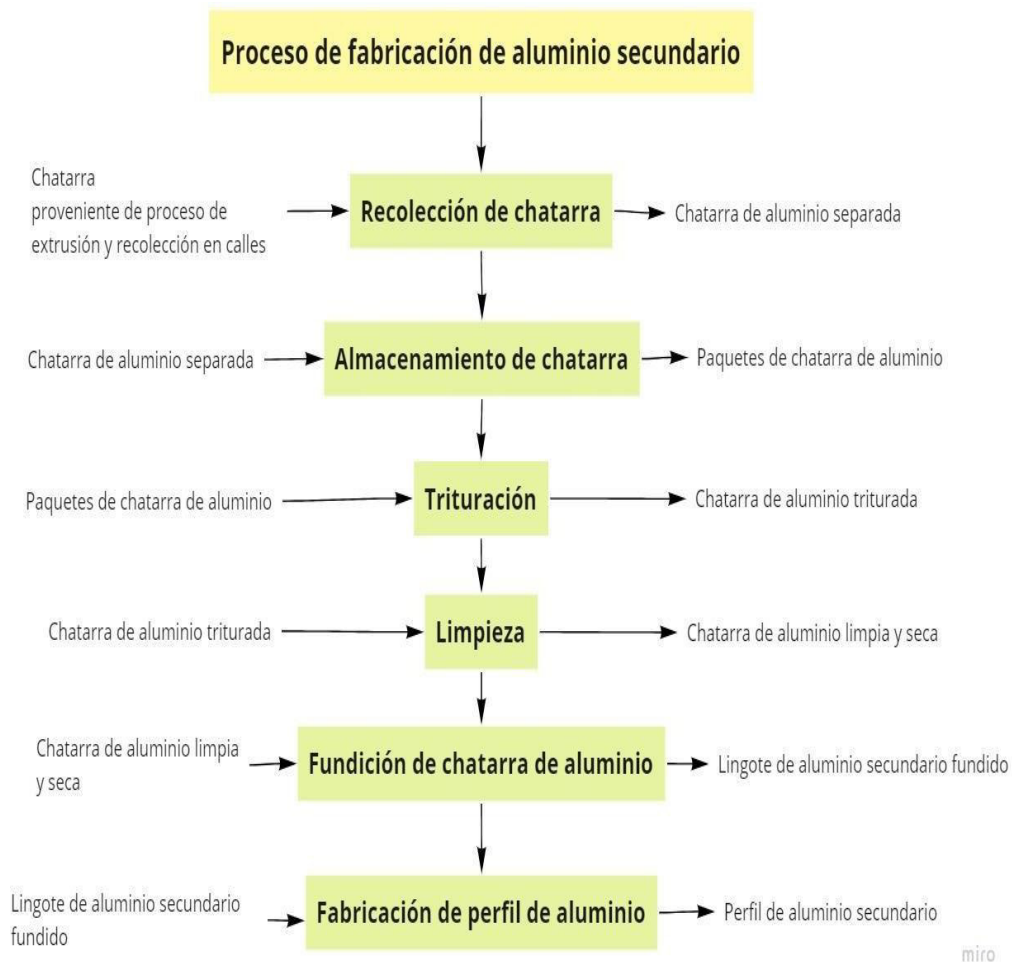


Figura 4. Proceso de Fabricación de Aluminio Secundario

2.1.3 Industria del Plástico PET,

Definición del plástico

De acuerdo con Plastic Europe, los plásticos son materiales orgánicos hechos a base de petróleo y demás productos naturales, los cuales se pueden fundir, prensar o extrudir gracias a su alta maleabilidad (Plasticseurope, 2021).

Obtención del plástico

La producción de plástico comienza con la destilación del combustible, aquí, el petróleo crudo se separa en grupos de componentes más ligeros llamados fracciones. Cada una de ellas, se conoce como hidrocarburos, sin embargo, una de esas fracciones es el principal componente para la producción del plástico, y se la denomina, nafta (Plasticseurope, 2021).

Es importante mencionar que, para fabricar plástico, se necesita de un proceso primordial llamado polimerización, aquí, los monómeros se unen y forman largas cadenas de polímeros mediante la acción de un reactor (Plasticseurope, 2021).

Existe 2 tipos de plásticos, los termoplásticos y termoestables (Plasticseurope, 2021), los termoplásticos, se pueden fundir y solidificar, estos se clasifican en 7 tipos diferentes y su clasificación se basa en las resinas por los que están constituidos, de esta manera, se puede entender el reciclaje de cada uno de ellos (Meré, 2009). Mientras que, los termoestables cambian irreversiblemente bajo la influencia de ciertos agentes como la luz. Los químicos o el calor, pasando de un estado soluble a no soluble (Características de los Termoestables, s.f.).

Tereftalato de polietileno (PET)

Son resinas muy resistentes y ligeras, se encuentran en los embalajes, botellas, frascos o juguetes. Actualmente, es un material muy usado debido a su alta calidad y su peso reducido (Meré, 2009).

Producción y reciclaje de plástico a nivel mundial

De acuerdo con datos de Plastic Europe, en el 2018 se produjeron 359 millones de ton de plástico a nivel mundial, este valor incluye todos los termoplásticos, el poliuretano, los plásticos termoestables, los adhesivos, revestimientos, sellantes y fibras de polipropileno (PlasticsEurope, 2019).

A pesar de su alta producción anual, el porcentaje de reciclaje del plástico es bajo. De acuerdo con un estudio presentado por la ONU Medioambiente, el 79% de los residuos plásticos están en vertederos, el 12% se incinera y solo el 9% de la producción anual se recicla (El País, 2018).

Si se considera ese porcentaje de reciclaje, se puede concluir que, aproximadamente, se reciclan 32.3 millones de ton de plástico a nivel mundial, cada año.

Producción de pellets de PET

En Ecuador, no se producen resinas o pellets de plástico con materia prima virgen, solo con materia prima reciclada. De acuerdo con la bibliografía, Ecuador procesa alrededor de 4 493 ton de pellets de PET al mes, aproximadamente 54 000 ton de resina PET al año, con lo cual, se hacen envases de plástico (Zambrano, 2013). Estos pellets o resina de PET provienen de varios países, entre ellos, EE. UU, China, India, Corea, Taiwán (Zambrano, 2013).

En la **figura 5**, se describe el proceso de fabricación de pellet de PET con material virgen que se importa en Ecuador.

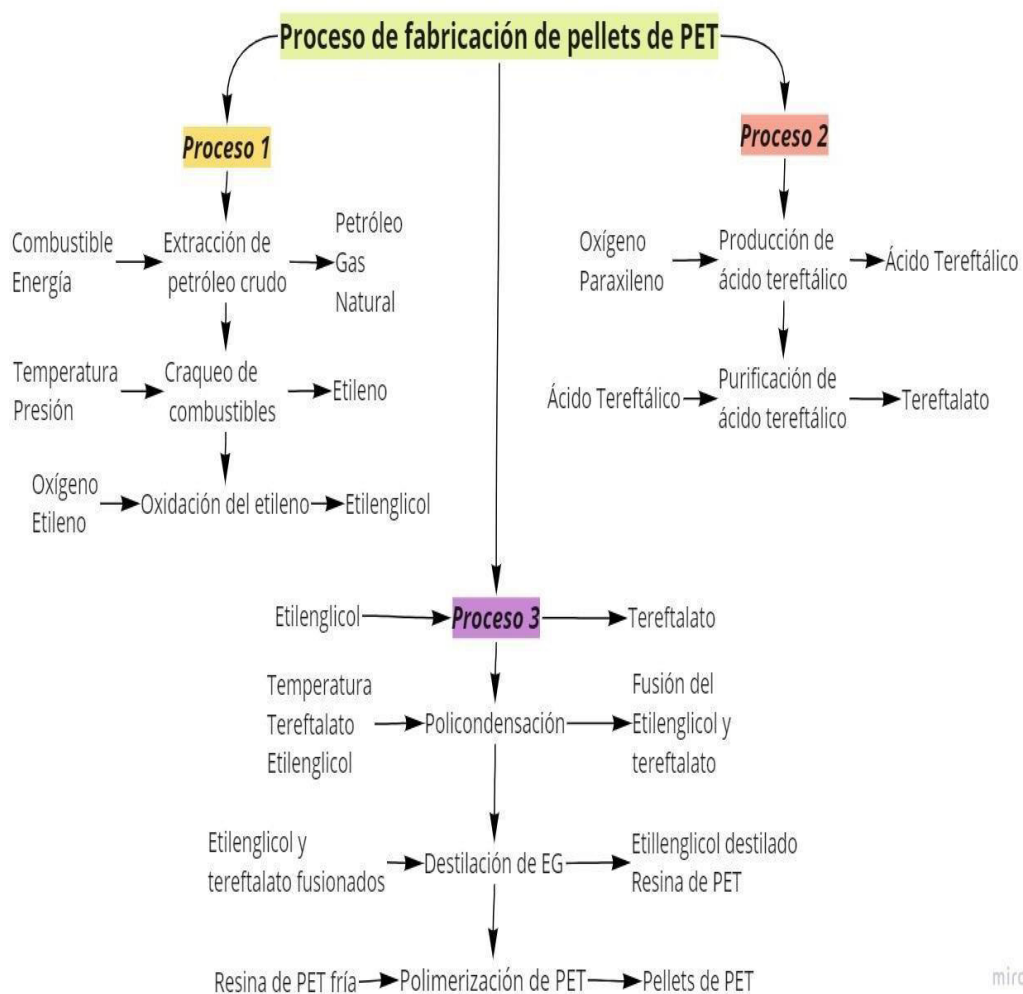


Figura 5. Proceso de fabricación de pellets de PET

Principal industria de plástico en Ecuador

Como se mencionó anteriormente, los pellets de PET producidos con materia virgen son importados a Ecuador, la mayoría de las veces, por países orientales.

DeltaPlastic es una de las empresas que importa este material desde Taiwán, de acuerdo con Veritrade, en el 2018, DeltaPlastic importó aproximadamente 45 ton de resina de PET (Veritrade, 2015). Esta empresa se estableció en 1969, tiene experiencia práctica en la creación de envases plásticos, preformas PET, tapas y agarraderas (Deltaplastic, 2014). Entre sus procesos, se encuentran el soplado e inyección de preformas PET y botellas PET, actualmente, cuentan con una planta de operaciones de 3 500 m² (Deltaplastic, 2014).

Reciclaje de plástico en Ecuador

De acuerdo con el IRR, de los 4.1 millones de ton de residuos urbanos que se generan en Ecuador al año, el 11% es plástico. Esto significa que, aproximadamente 451 000 ton de plástico son recuperadas y recicladas (Iniciativa regional para el reciclaje, 2015).

El PET, es lo que más se recupera en Ecuador, en el año 2014, se procesaron 48 384 ton de botellas de PET. De acuerdo con estudios realizados por el IRR, el país demanda aproximadamente 49 200 ton de plástico PET al año (Iniciativa regional para el reciclaje, 2015).

El trabajo de las y los recicladoras/es de base es excepcional, se estima que aproximadamente 9 000 recicladores y recicladoras, recuperan un poco más de 15 000 ton de PET al año (Iniciativa regional para el reciclaje, 2015).

Industria de reciclaje de PET en Ecuador

Enkador S.A, es una empresa fundada en 1975 en el Valle de Los Chillos, es líder en la fabricación de filamentos sintéticos en Ecuador (Iniciativa regional para el reciclaje, 2015), su materia prima se obtiene por medio de las botellas plásticas PET, las cuales son procesadas y utilizadas como materia prima para nuevos productos (Chulca, 2018).

En el año 2011, implementó la planta Recypet Continental, la misma, procesa aproximadamente 14 000 ton de botellas PET al año (Iniciativa regional para el reciclaje, 2015). Esta planta, se dedica a la producción de escama lavada y resina reciclada con el uso de maquinaria moderna. Cerca de 630 recicladores/as de base, 20 centros de acopio y 15 empresas entregan su material PET a Enkador para el procesamiento de estos (Chulca, 2018).

En la **figura 6**, se indica el proceso productivo para el reciclaje de PET en la planta Recipet Continental. Cabe mencionar que la planta, se encuentra dividida en 2 áreas: Sorema y Erema. La primera, es para el procesamiento de escama de PET, mientras que la segunda, es para el procesamiento de pellets de PET. Ambos procesos se complementan, debido a que de las escamas se derivan los pellets de PET (Chulca, 2018).

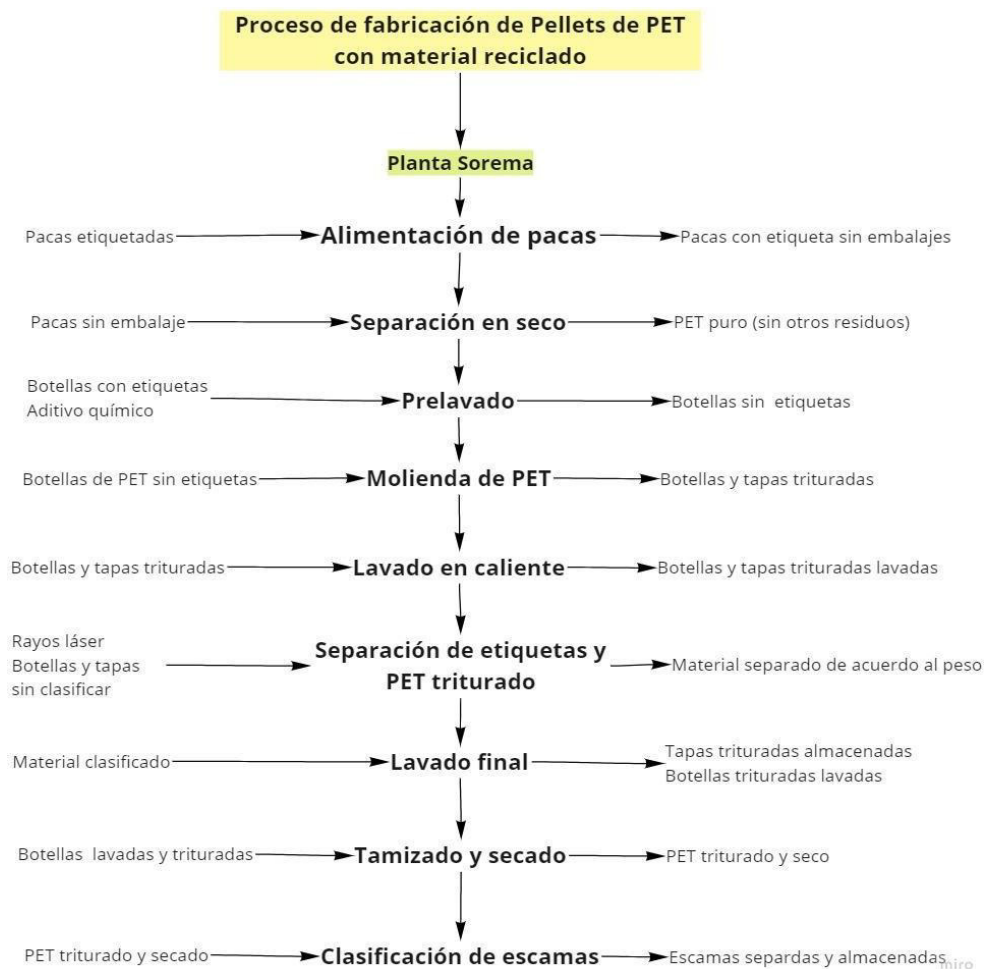


Figura 6. Proceso de fabricación de pellets de PET con material reciclado

Una vez obtenida la escama, esta pasa al área Erema, en donde se convierte en pellets de PET. Cabe destacar que, Enkador fabrica los pellets con la combinación de botellas transparentes (80%) y botellas celestes (20%). Además, se necesitan aproximadamente 4 ton de escama, para producir 1 ton de pellets de PET (Chulca, 2018). El proceso es el siguiente:

Primero, las 4 ton de escama son transportadas hasta un horno donde son fundidas y pasan a un estado líquido. Luego, el material fundido, pasa por filtros para eliminar impurezas. Una vez limpio, pasa a un enfriador que utiliza agua, una vez frío, el material pasa a una malla que

crea filamentos de aproximadamente 5 mm. Los filamentos resultantes, pasan a una cortadora. Luego, el material cortado, se cristaliza o se blanquea. El material listo, sirve para fabricar proformas PET o cubiertas de pastel. Los pellets resultantes, son clasificados de acuerdo con el tamaño y almacenados para su posterior venta (Chulca, 2018).

2.1.4 Industria del Papel y el Cartón

A continuación, se muestra una revisión bibliográfica de la industria del papel, aquí se incluye al cartón, debido a que sus procesos son muy similares y ambos parten de la misma materia prima.

Definición del papel

El papel es un material conformado por pulpa de celulosa, la cual contiene fibras vegetales molidas que se suspenden en agua, al mismo tiempo, utiliza sustancias químicas para modificar su calidad y propiedades, con lo cual se logra su blanqueamiento (Grupo Copesa, 2021).

Producción y reciclaje de papel a nivel mundial

De acuerdo con la bibliografía, a nivel mundial en el año 2017 se crearon un total de 419.9 millones de ton de papel y cartón cuya cifra fue la más destacada de los años anteriores al mencionado (Díaz, 2020).

Para el año 2018, la producción mundial de papel y cartón se la realizó con más de la mitad de fibra recuperada, con un total del 50.2%. Con ello, se fabricó un total de 211 millones de ton, las cuales fueron distribuidas de la siguiente manera: 86% en material de embalaje, 5% en papel prensa, 4% en papel de impresión/escritura y 4% en papel tisú (Grupo Ingco, 2020).

Producción de papel en Ecuador

En la actualidad, Ecuador no es productor de pulpa de papel con materia prima virgen, sin embargo, es uno de los países que exporta productos finales originados con esta materia prima, como papel higiénico, servilletas; por ello, para el país es indispensable la importación de la pulpa, cuyos principales proveedores son Brasil, Colombia y China (Ekos, 2018).

De acuerdo con la bibliografía, en el Ecuador se produjo un total de 246 232.32 ton anuales de papel, esto a base de materia prima importada y material reciclado de papel y cartón (Marmol & Liviapoma, 2014).

Fabricación de papel importado

En la **figura 7**, se describe el proceso de fabricación de una bobina de papel con material virgen que se importa en Ecuador.

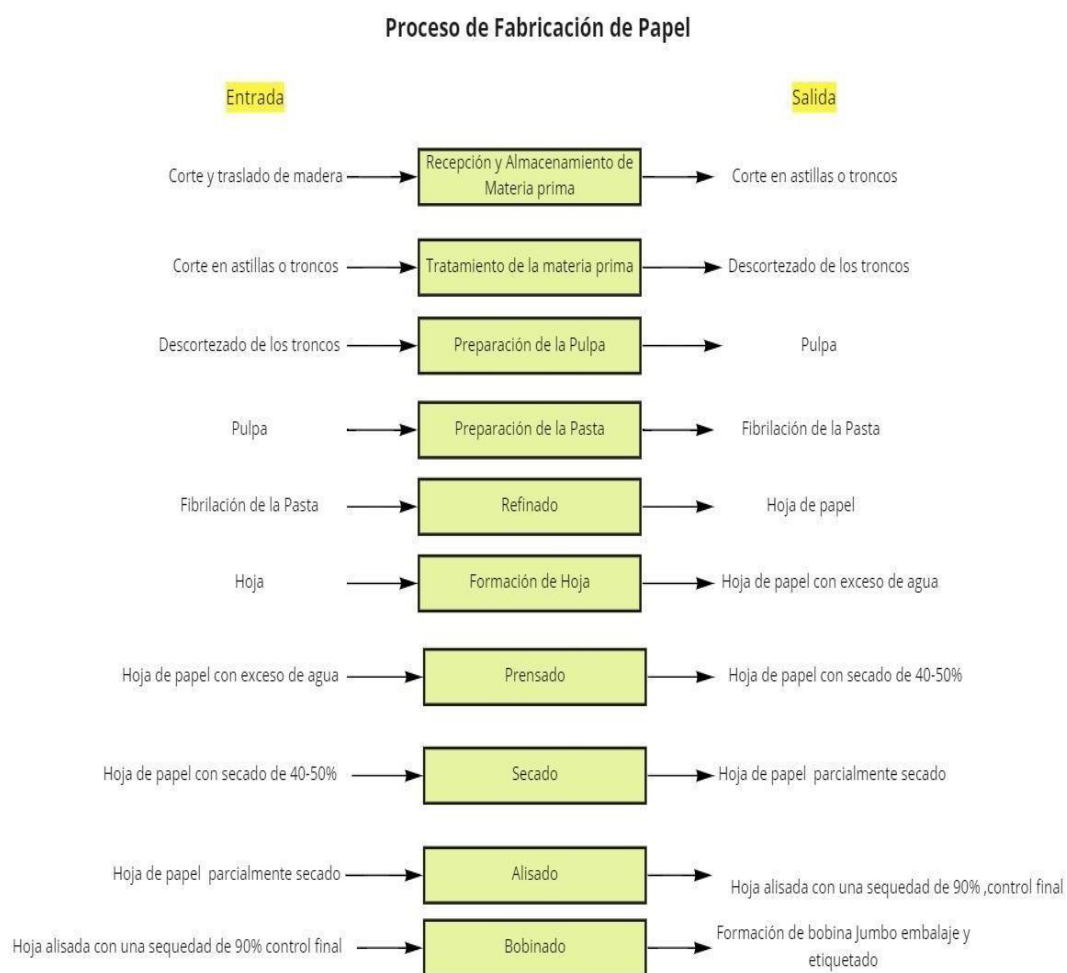


Figura 7. Proceso de fabricación del papel

miro

Principal industria de papel en Ecuador

Papelesa en Ecuador importa bobinas de papel desde Brasil, dicha materia prima es utilizada para la fabricación de cuadernos (Bustamante, 2002).

Reciclaje de papel en Ecuador

De acuerdo con el I.R.R, de los 4.1 millones de ton de residuos urbanos que se generan en Ecuador al año, el 9.4% es papel/cartón. En total se recuperan 182 857 ton, de las cuales el 75% es cartón y 25% restante papel (Iniciativa regional para el reciclaje, 2015).

Los recicladores juegan un papel importante en el país, ya de las 182 857 ton de papel que se generan al año, alrededor de 53 921 ton son recuperados por estos actores. Las ciudades principales en donde se recuperan estos materiales son Quito, Guayaquil, Cuenca y Manta (Iniciativa regional para el reciclaje, 2015).

Industria de reciclaje de Papel/Cartón en Ecuador

La Industria Cartonera Asociada (INCASA S.A) se encuentra situada en la ciudad de Quito y fue fundada en el año de 1971, dicha empresa se dedica a la fabricación de cartulinas, cartones y otros derivados. El 80% de la materia prima proviene de papel reciclado (Diario la Hora, 2002). La materia prima necesaria para el proceso productivo es:

- Cartón
- Duplex
- DKL
- Mixto de Primera
- Mixto de segunda
- Papel bond blanco
- Papel bond impreso

A continuación, en la **figura 8**, se describe el proceso de recuperación de papel y cartón, para la fabricación de cartón con material reciclado.

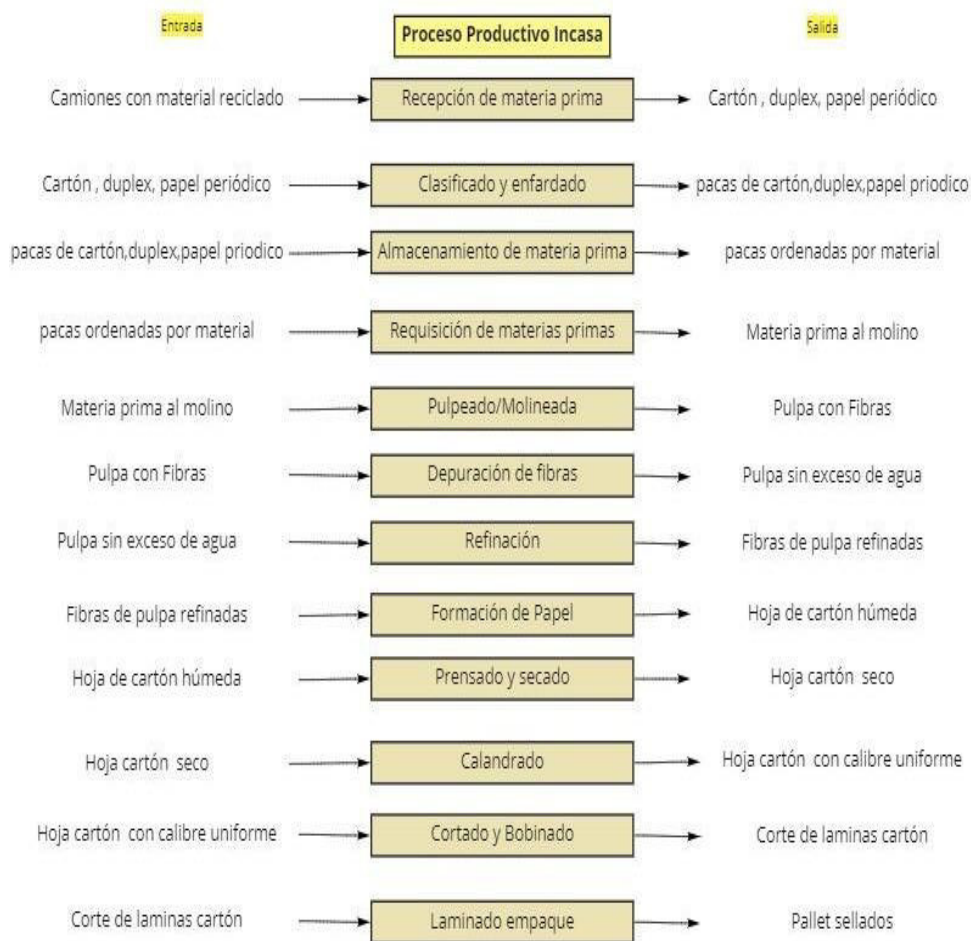


Figura 8. Proceso Productivo Incasa

2.1.5 Industria de los envases multicapas

Estos envases son conocidos comúnmente como envases de Tetra Pak, le debe este nombre a su mayor productor a nivel mundial, la empresa sueca Tetra Pak. A partir de aquí, se lo llamará de esta manera para un mejor entendimiento.

Definición de los envases de Tetra Pak

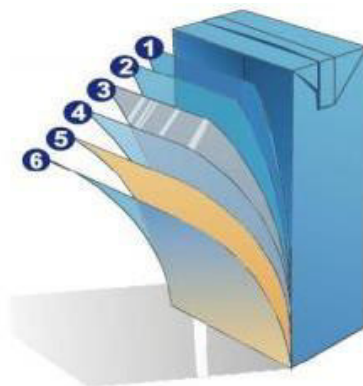
Es un material utilizado como envase en la industria alimenticia, debido a que conserva mejor los alimentos y por mucho más tiempo que un envase convencional (Bénitez, 2013).

Los envases de Tetra Pak más demandados son los Tetra BrikAseptic, debido a su forma y comodidad. La empresa Tetra Pak es la que se encarga de fabricarlos (Bénitez, 2013).

Composición de los envases de Tetra Pak

Los envases de Tetra Pak están compuestos de 3 materiales, los cuales están distribuidos en 6 capas de distintos materiales: cartón, polietileno y papel aluminio (Tetra Laval Group, s.f.).

El cartón, es el material que brinda estabilidad, fuerza y suavidad para la superficie de impresión. Por otra parte, el Polietileno, es el encargado de proteger al producto de la humedad exterior y permite que el cartón se adhiera al papel aluminio. Y finalmente, el papel aluminio, protege el alimento contra el oxígeno y la luz, de esta manera, se mantiene el valor nutricional y sabor del alimento, además, mantiene la temperatura ambiente dentro del envase (Tetra Laval Group, s.f.). **(Ver la figura 9)**



#	NOMBRE CAPA	FUNCIÓN
1	Polietileno de baja densidad (LDPE)	Protege el producto de la humedad y el polvo exterior.
2	Papel	Da rigidez al envase.
3	Polietileno de baja densidad (LDPE)	Actúa como adhesivo.
4	Aluminio	Protege el producto de la luz, el oxígeno y los microorganismos.
5	Polietileno de baja densidad (LDPE)	Actúa como adhesivo.
6	Polietileno de baja densidad (LDPE)	Evita la migración de contaminantes del envase hacia el producto.

Figura 9. Composición de los envases de Tetra Pak (Bénitez, 2013)

Producción y reciclaje de envases de Tetra Pak a nivel mundial

La producción de envases de Tetra Pak a nivel mundial está a cargo de la empresa multinacional sueca Tetra Pak, esta compañía es líder en soluciones de envasado y procesamiento de alimentos. Sus productos están presentes en 160 países alrededor del mundo (Tetra Laval Group, s.f.).

No se tiene una cifra actual de cuántos envases produce Tetra Pak anualmente, sin embargo, el último dato estadístico informado por la empresa indica que Tetra Pak cuenta con fábricas ubicadas en Suecia, China, Colombia, India, Italia, México, Brasil, Arabia Saudita y Reino Unido, las cuales producen más de 85 000 millones de envases cada año (TetraLaval Group, s.f.).

En términos de reciclaje, se estima que, en el año 2014, se reciclaron 651 000 ton de envases Tetra Pak en todo el mundo. Esto representa, aproximadamente el 26% de la producción anual de la empresa Tetra Pak, la misma, se propuso alcanzar el 40% del reciclado de sus envases para el año 2020 (Residuos Profesional, 2015).

Producción de envases de Tetra Pak en Ecuador

Ecuador es un importador de envases de Tetra Pak. Desde México, varios de los recipientes que producen la empresa en ese país, llegan a diferentes empresas de Ecuador, para empaquetar leche, jugos, quesos, etc. (El Universo, 2019).

En la **figura 10**, se presenta el proceso productivo de los envases de Tetra Pak.

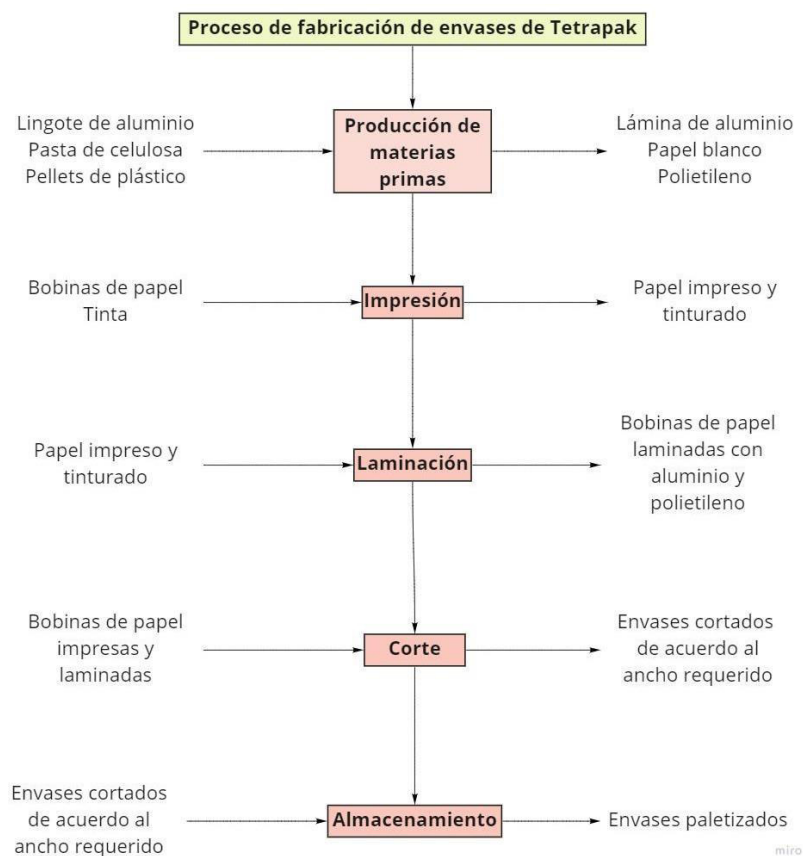


Figura 10. Proceso de fabricación de envases de Tetra Pak

Reciclaje de envases de Tetra Pak en Ecuador

Como se mencionó anteriormente, Ecuador no es un país productor de envases de Tetra Pak. Se estima que en el año 2018, se importaron 7 500 ton de estos envases a cargo de las diferentes industrias alimenticias, los mismos que fueron traídos desde la planta de la empresa Tetra Pak en México (El Universo, 2019).

Asimismo, se estima que, de las toneladas importadas en el 2018, se logró recuperar el 29% de las mismas, esto representa 2 200 ton de envases de Tetra Pak que vuelven a los procesos productivos como materia prima para otros productos. Por ello, Ecuador es considerado uno de los líderes de reciclaje de envases de Tetra Pak en América Latina (El Universo, 2019).

Entre las empresas recicladoras que se encargan de procesar este material, se encuentran Incasa, Ecuaplastic, Surpapel y Cartopel (El Universo, 2019).

Principal industria del reciclaje de envases de Tetra Pak en Ecuador

Ecuaplastic, es una empresa líder en el reciclaje de envases de Tetra Pak, a partir de este material, produce tableros aglomerados llamados Ecopak (Chiluiza & García, 2017).

Para lograr la recuperación integral de los envases de Tetra Pak, Ecuaplastic ha hecho varios convenios exitosos. Una de sus iniciativas, es la colocación de 260 puntos de acopio en algunos supermercados de la ciudad de Quito (Chiluiza & García, 2017).

En la **figura 11**, se muestra el proceso de reciclaje de Tetra Pak en Ecuaplástico.

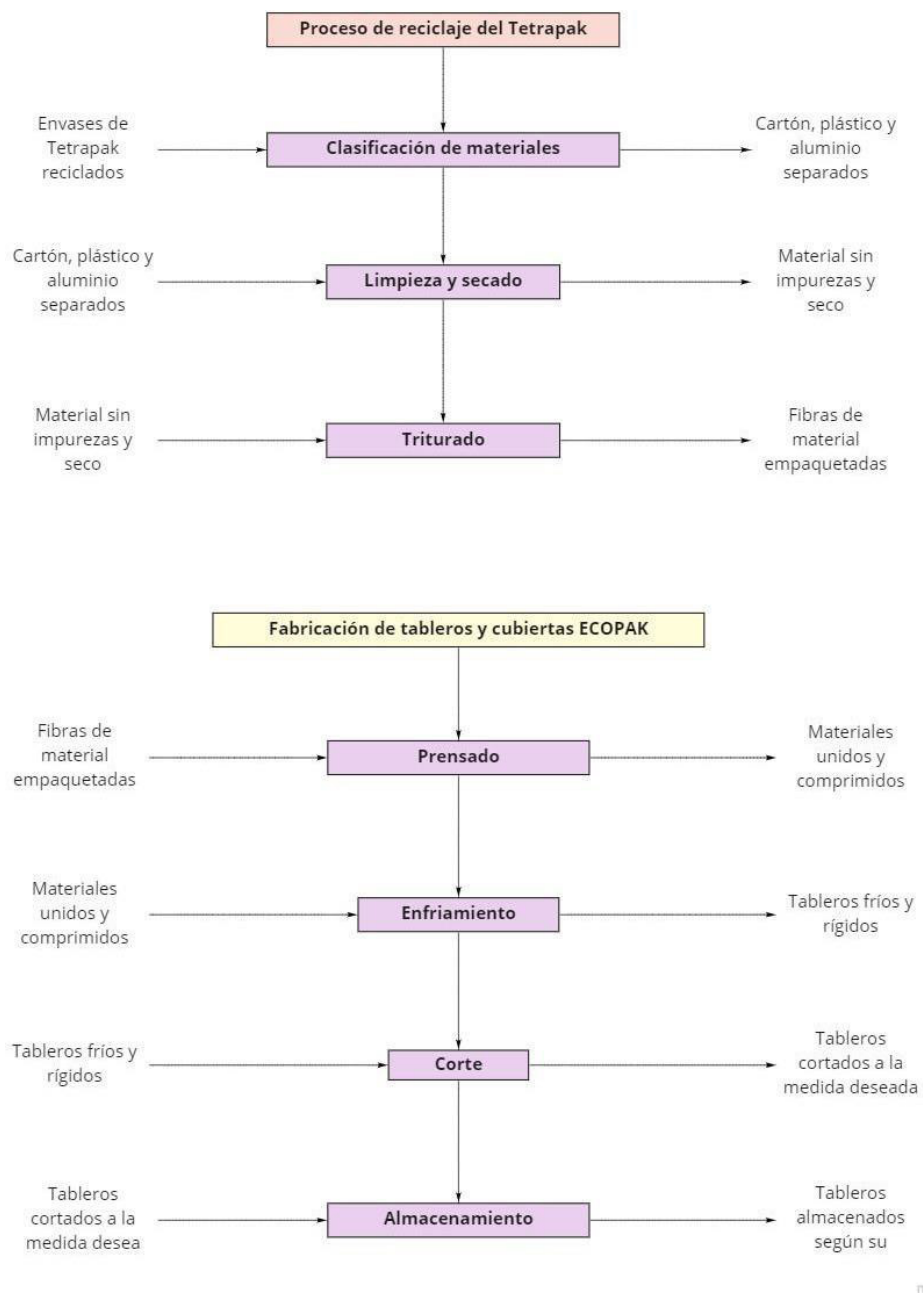


Figura 11. Proceso de Reciclaje de envases de Tetra Pak

2.2 Elaboración de Análisis de Ciclo de Vida de productos con materia prima virgen y materia prima reciclada en un contexto local

En esta sección, se describe la metodología para el cálculo de uso de materias primas y huella de carbono de los diferentes materiales potencialmente reciclables en Ecuador, bajo una perspectiva de ACV. Esta metodología está hecha a base de la norma ISO 14044, la

cual, define que el ACV tiene 3 etapas primordiales para la evaluación de impactos ambientales. Estas son: la definición del objetivo y alcance, el análisis de inventario y la evaluación de impacto (Iso, 2006).

2.2.1 Objetivo y alcance de estudio

En el presente estudio se obtuvo el potencial de reducción de combustibles y emisiones de GEI de la fabricación de materiales reciclables, los cuales son: vidrio, aluminio, plástico PET, papel/cartón y envases de Tetra Pak; mediante la comparación de dos fuentes de materias primas distintas. La primera, la fabricación de cada uno de los materiales con materia prima virgen, y la segunda, la fabricación de estos con materia prima reciclada.

Las unidades funcionales de los materiales estudiados son:

- 1 kg de perfil de aluminio
- 1 kg de vidrio sodo-cálcico fundido
- 1 kg de pellets grado PET
- 1 kg de pulpa de celulosa
- 1 kg de materiales de envases de Tetra Pak comprende: plástico, papel y aluminio

En todos los procesos productivos, existe un consumo de materias primas, combustibles y energía. Los dos últimos, generan emisiones de GEI significativas para el ambiente, las mismas, son estimadas con el uso de factores de emisión (Mizar Moreno, 2018).

Cabe aclarar que, dentro del alcance de la producción de los materiales con materia prima reciclada, no se incluyeron las etapas correspondientes al consumo y generación de residuos, la recolección del material por parte de los y las recicladores/as de base y el transporte hasta el centro de acopio. Debido a que no se encontraron fuentes bibliográficas que respalden estos procesos.

Etapas en la producción de perfil de aluminio con materia prima virgen

En la **figura 12**, se define el alcance de estudio para la producción de 1 kg de perfil de aluminio con materia prima virgen.

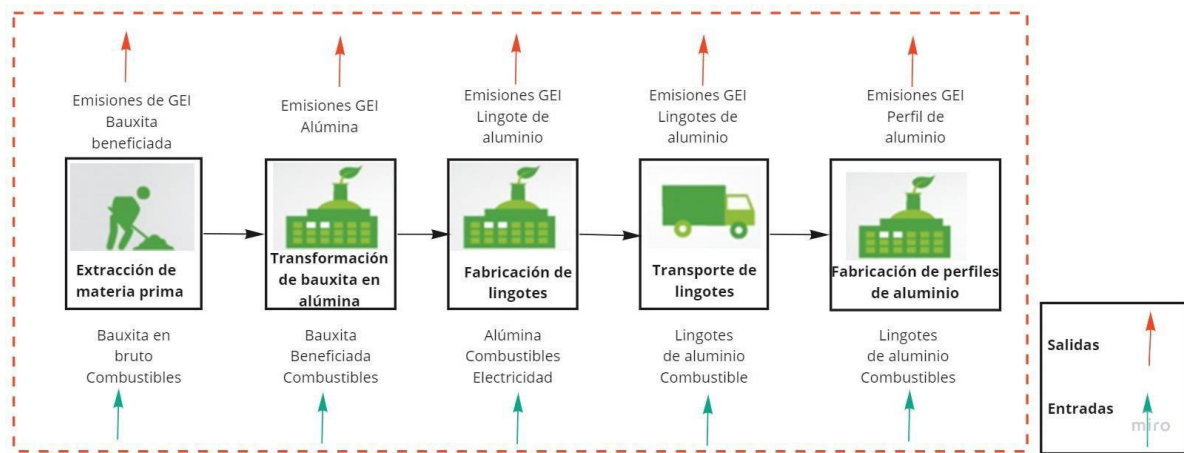


Figura 12. Producción de perfil de aluminio con materia prima virgen

De acuerdo con The Aluminum Association, las etapas en la producción de perfil de aluminio con materia prima virgen son: la extracción del mineral bauxita, la transformación de la bauxita en óxido de aluminio o alúmina, la fabricación de lingote de aluminio, el transporte del lingote de aluminio y la fabricación de perfil de aluminio (The Aluminum Association, 2013).

Etapas en la producción de perfil de aluminio con materia prima reciclada

En la **figura 13**, se muestra el alcance de estudio de la producción de 1 kg de perfil de aluminio con materia prima reciclada.

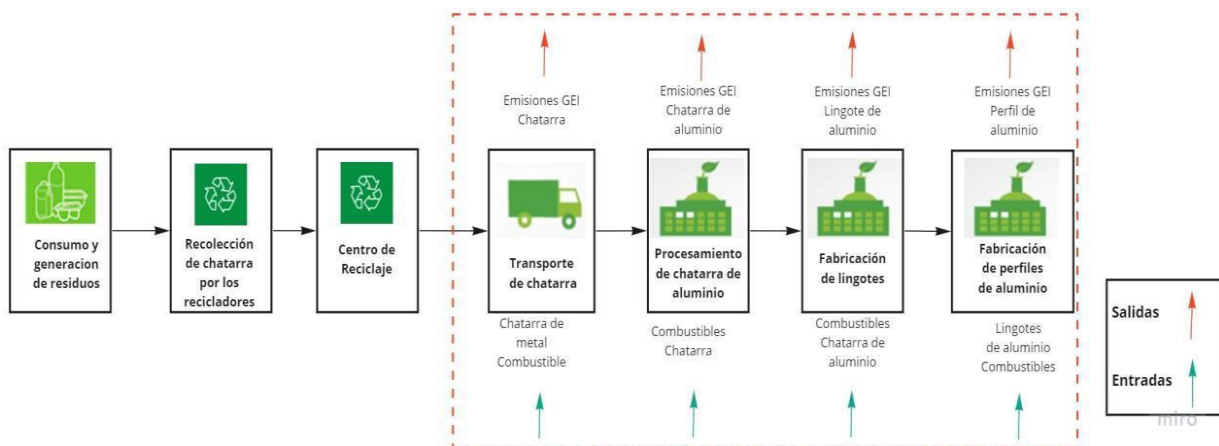


Figura 13. Producción de perfil de aluminio con materia prima reciclada

En el caso de la producción de perfil de aluminio con materia prima reciclada, la bibliografía indica las siguientes etapas productivas: el transporte de la chatarra, el procesamiento de la chatarra de aluminio, la fabricación de lingote de aluminio y la fabricación de perfil de aluminio (The Aluminum Association, 2013).

Etapas en la producción de vidrio sodo-cálcico fundido con materia prima virgen

A continuación, se muestra el alcance de la producción de 1 kg de vidrio sodo-cálcico fundido con materia prima virgen. (Ver figura 14).

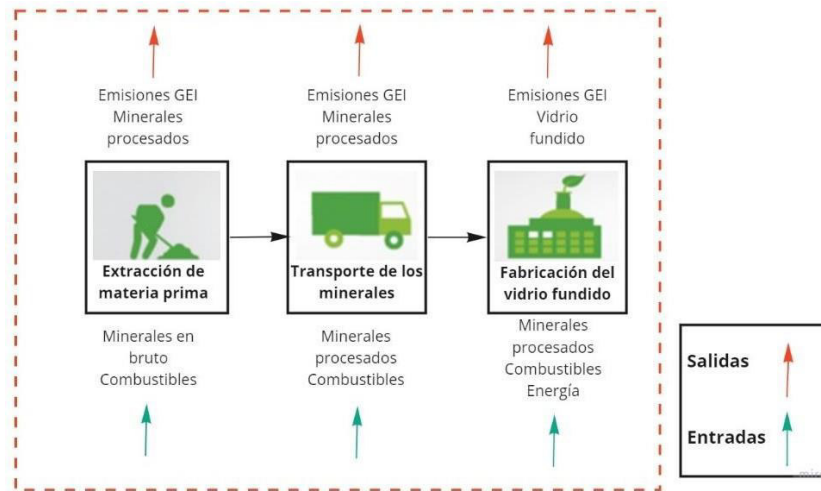


Figura 14. Producción de vidrio sodo-cálcico fundido con materia prima virgen

Dentro de la producción de vidrio sodo-cálcico fundido, la bibliografía define a las siguientes macro etapas: la extracción de los minerales, en este caso, arena sílice, calcita, soda ash y feldespato. El transporte de los minerales y la fabricación del vidrio fundido o fundición (Glass Technology Services Ltd, 2004).

Etapas en la producción de vidrio sodo-cálcico fundido con materia prima reciclada

A continuación, se muestra en alcance de estudio para la producción de 1 kg de vidrio sodo-cálcico fundido con material reciclado. (Ver figura 15).

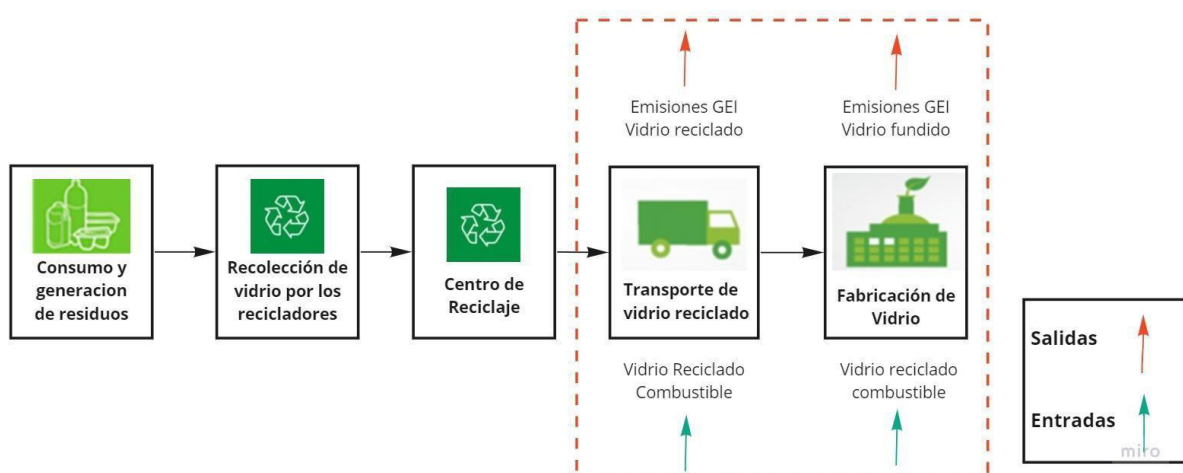


Figura 15. Producción de vidrio sodo-cálcico fundido con materia prima reciclada

En el caso de la producción de vidrio sodo-cálcico fundido con materia prima reciclada, las etapas definidas acorde a la bibliografía son el transporte del material reciclado hasta la fábrica y la fabricación del vidrio fundido. A partir de aquí, se fabrican otro tipo de productos como botellas o envases (Glass Technology Services Ltd, 2004).

Etapas en la producción de pellets grado PET con materia prima virgen

En la **figura 16**, se muestra el alcance de estudio para la producción de 1 kg de pellets grado PET con materia prima virgen.

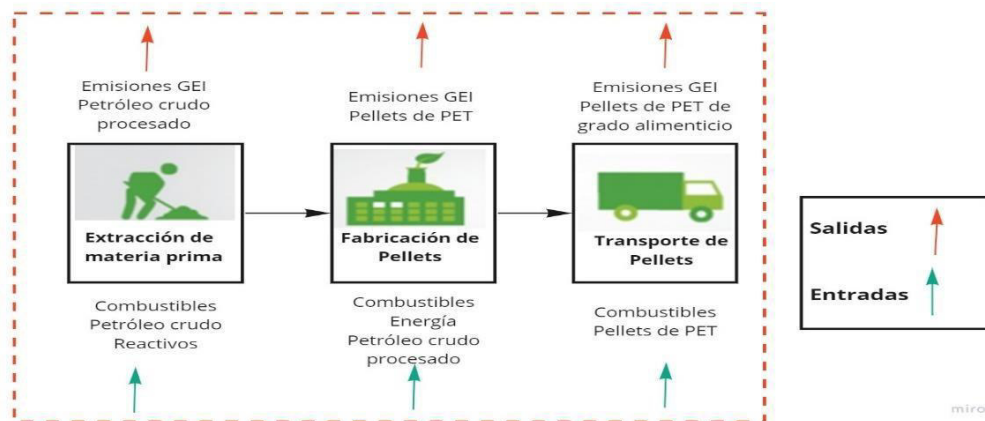


Figura 16. Producción de pellets grado PET con materia prima virgen

De acuerdo con Plastic Europe, dentro de la producción de pellets de plástico PET, existen 3 etapas primordiales. Estas son: la extracción de petróleo crudo, la fabricación de Pellets de PET y en transporte de los pellets hasta Ecuador (PlasticsEurope, 2008). Cuando los pellets llegan al país, normalmente son utilizados para la fabricación de botellas.

Etapas en la producción de pellets grado PET con materia prima reciclada

La **figura 17**, indica el alcance de estudio para la producción de 1 kg de pellets de PET con material reciclado.

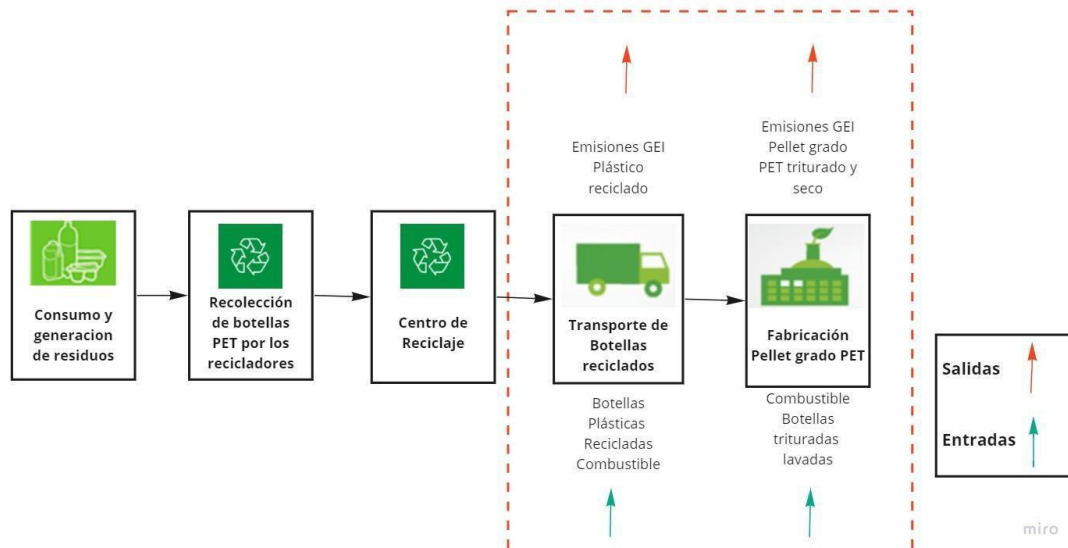


Figura 17. Producción de pellets grado PET con materia prima reciclada

En el caso de la producción de pellets grado PET con materia prima reciclada, la bibliografía indica las siguientes etapas productivas: el transporte del material recuperado (plásticos mixtos) y la fabricación de pellets grado PET. Dentro de la fabricación, están considerados el consumo de combustible, energía y emisiones de GEI que corresponden a procesos como la trituración del plástico, el lavado y la clasificación mecánica (Acs Publications, s.f.).

Etapas en la producción de pulpa de celulosa con materia prima virgen

A continuación, se indica el alcance de estudio para la producción de 1 kg de pulpa de celulosa. (Ver figura 18).

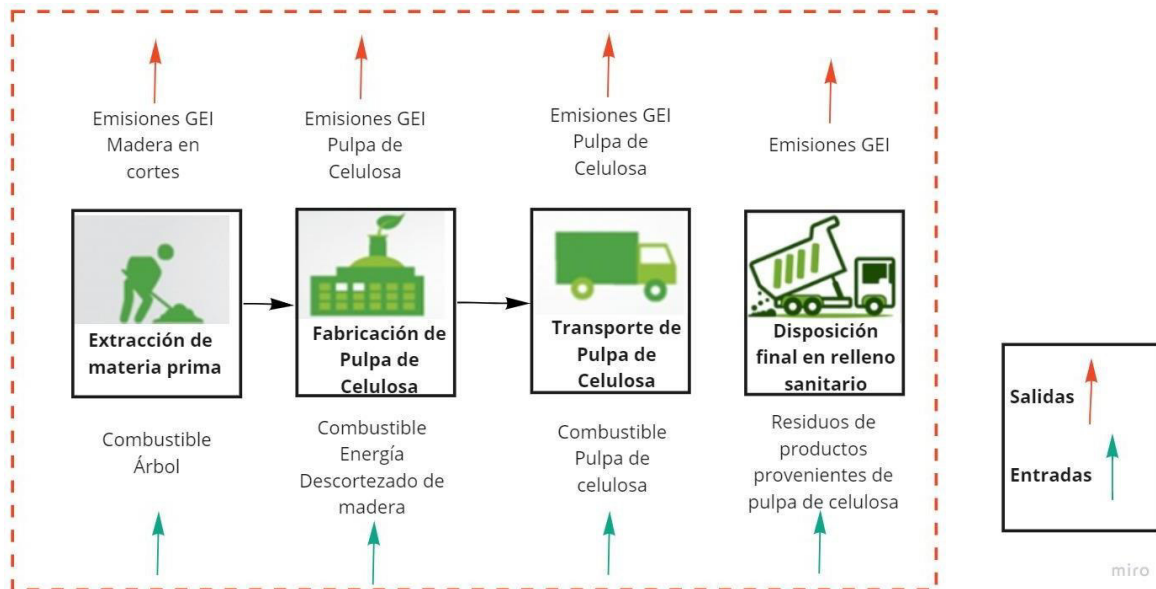


Figura 18. Producción de pulpa de celulosa con materia prima virgen

Para el ACV de la pulpa de celulosa, la bibliografía indica que las etapas productivas son las siguientes: La obtención de la materia prima, en este caso, árboles. La fabricación de la pulpa de celulosa y en transporte de la pulpa de celulosa virgen hasta Ecuador (Laurijssen, 2013). Adicionalmente, se consideró la disposición final de los residuos provenientes de la pulpa de celulosa, esto se debe a que, dichos materiales son orgánicos, por lo tanto, generan emisiones de GEI en su proceso de descomposición en los rellenos sanitarios (Sotos & Kean Fong, 2014).

Etapas en la producción de pulpa de celulosa con materia prima reciclada

En la siguiente figura, se muestra el alcance de estudio en la producción de 1 kg de pulpa de celulosa con materia prima reciclada. (Ver figura 19).

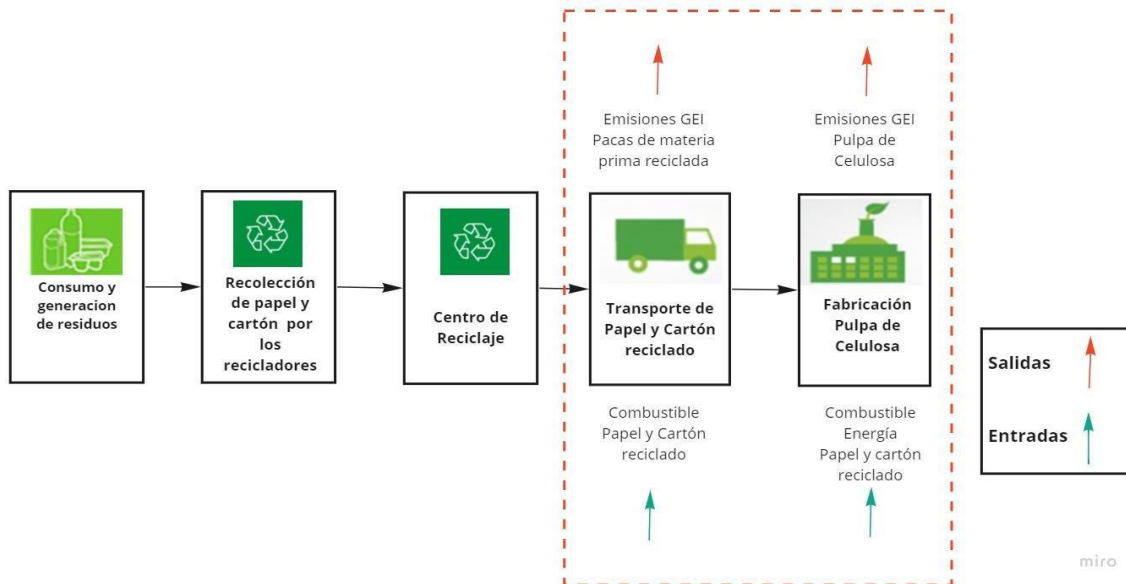


Figura 19. Producción de pulpa de celulosa con materia prima reciclada

Dentro de la producción de pulpa de celulosa con materia prima reciclada, el autor Laurijssen, define 2 etapas claves: el transporte del material reciclado en pacas y la fabricación de la pulpa de celulosa o pasta de papel (Laurijssen, 2013). Aquí, no se consideró las emisiones de GEI por disposición final, ya que se asume que el material es recuperado y no enviado a un relleno sanitario.

Etapas en la producción de materiales de envases de Tetra Pak con materia prima virgen

A continuación, se muestra el alcance de estudio para la producción de 1 kg de materiales de envases de Tetra Pak con materia prima virgen. (Ver figura 20).

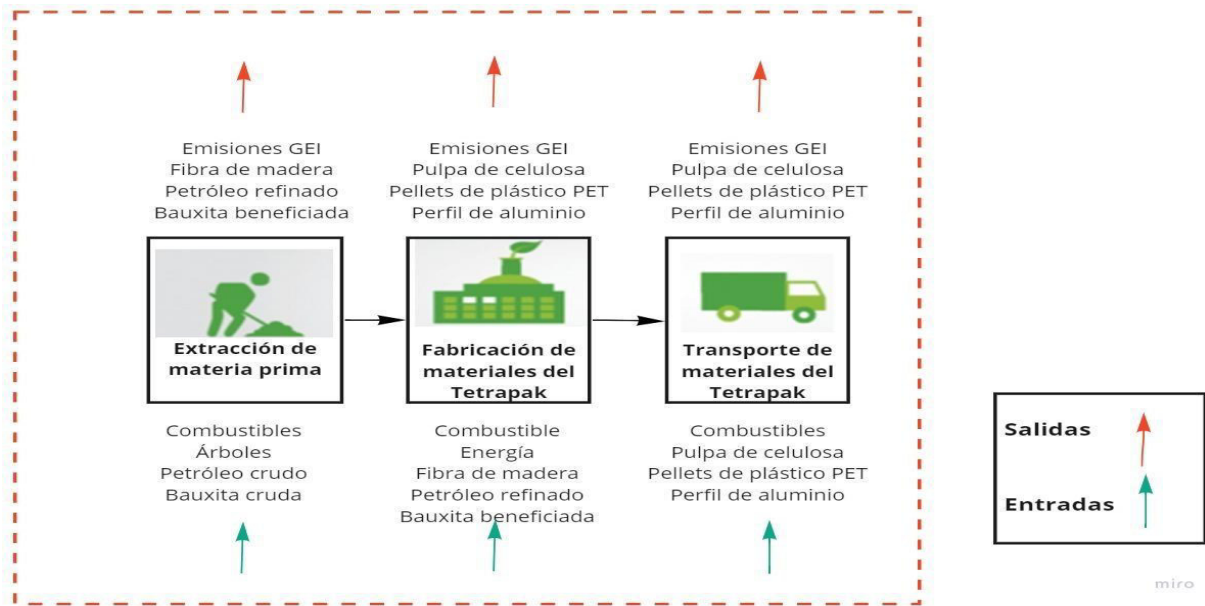


Figura 20. Producción de materiales de envases de Tetra Pak con materia prima virgen

Los envases de Tetra Pak, al ser productos compuestos por láminas de papel, plástico y aluminio, se tomó en cuenta la producción de estos materiales para definir las etapas, estas son: la extracción de la materia prima, en este caso, árboles, petróleo crudo y bauxita; la fabricación de los materiales de envases de Tetra Pak, los cuales son: pulpa de celulosa, pellets de PET y perfil de aluminio. Y, finalmente, el transporte de los materiales de envases de Tetra Pak hasta Ecuador.

Etapas en la producción de materiales de envases de Tetra Pak con materia prima reciclada

Para el caso de la producción de 1 kg de materiales de envases de Tetra Pak, se consideró el siguiente alcance de estudio. **(Ver figura 21).**

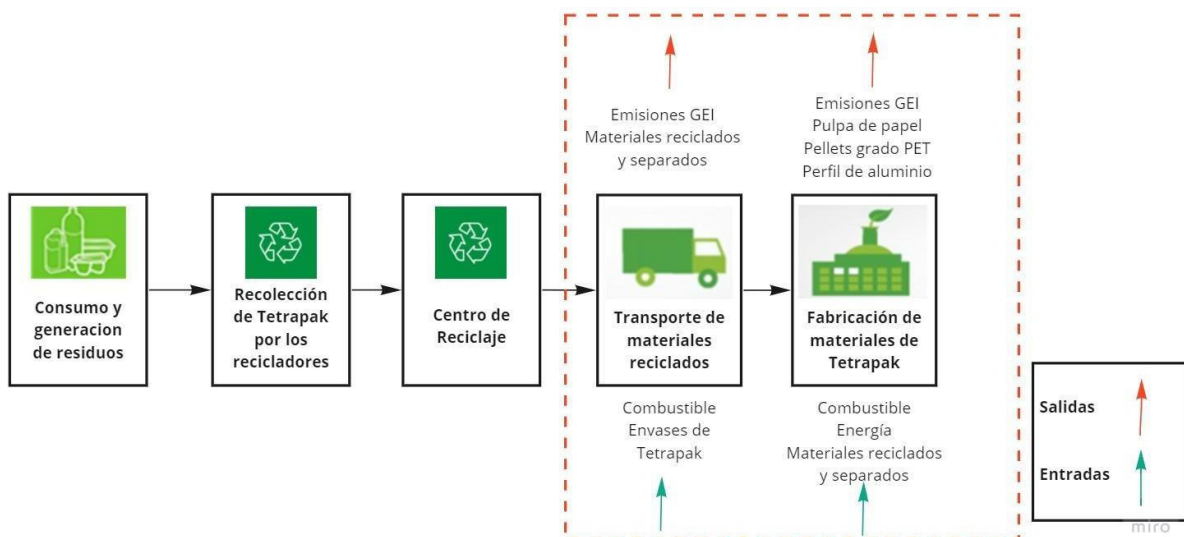


Figura 21. Producción de materiales de envases de Tetra Pak con materia prima reciclada

Al igual que en la producción de materiales de envases de Tetra Pak con materia prima virgen, para este caso, se tomaron en cuenta las etapas correspondientes a la producción de los materiales con materia prima reciclada. Estas etapas son: el transporte de los materiales hasta la fábrica y la fabricación de los materiales de envases de Tetra Pak.

2.2.2 Análisis de Inventario

Los datos para el cálculo de consumo de combustibles, materias primas y emisiones de GEI de los materiales analizados, fueron tomados de estudios previos sobre ACV, declaraciones ambientales de producto y casos de estudio sobre industrias ecuatorianas.

Dentro del consumo de combustibles, se consideró al diésel en todos los procesos productivos. Esto se debe a que, la bibliografía indica que el 82% de la matriz energética del Ecuador proviene de los combustibles fósiles, de este porcentaje, el 30% corresponde a diésel, lo que lo convierte en el mayor combustible consumido a nivel local (Puig & Martínez, 2018).

El cálculo de las emisiones de GEI fue realizado en base a la Guía Práctica para el Cálculo de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), con el uso del factor de emisión de diésel, el cual es 2.61 kg de CO₂-eq/L de combustible (Generalitat de Catalunya, 2011) y el mix energético de Ecuador para los procesos que requieran energía eléctrica, este valor es 0.127 kg de CO₂-eq/kWh (Ramírez, Rivela, & Boero, 2019).

Para el caso del transporte por vía marítima, se consideró un buque portacontenedores de 10 000 t de peso muerto para todos los materiales. Este buque tiene un factor de consumo de combustible de 0.0040 kg de combs/km*kg de material (Araujo & Lizaldes, 2015).

En el caso del transporte por vía terrestre, la bibliografía indica que el factor de consumo de combustible para un camión de 2.8 ton, es de 0.039 kg de combs/km recorrido* kg de material (Ministerio de Fomento,2019).

Recopilación de datos de la producción de perfil de aluminio con materia prima virgen

A continuación, se muestran los datos utilizados para el cálculo de materias primas, combustibles fósiles y emisiones de GEI de 1 kg de perfil de aluminio con materia prima virgen.

Tabla 4. Datos recopilados en la producción de perfil de aluminio con materia prima virgen .

Etapas	Entradas	Unidad	Salidas	Unidad	Fuente
Extracción de bauxita	2.88	kg de mineral Bauxita	0.008	kg de CO ₂ -eq	(The Aluminum Association, 2013)
	0.003	L de combustible fósil			
Transformación de bauxita en alúmina	0.222	L de combustible fósil	0.485	kg de CO ₂ -eq	(The Aluminum Association, 2013)
Fabricación de lingotes	0.021	L de combustible fósil	1.966	kg de CO ₂ -eq	(The Aluminum Association, 2013)
	15.11	kWh de energía eléctrica			
Transporte de lingotes	0.002	L de combustible fósil	0.005	kg de CO ₂ -eq	(Araujo & Lizaldes, 2015)

Fabricación de perfil de aluminio	0.292	L de combustible fósil	0.639	kg de CO ₂ -eq	(Solis, 2008)
--	-------	------------------------	-------	---------------------------	---------------

Los datos para las etapas de extracción de bauxita, transformación de bauxita en alúmina y fabricación de lingotes, fueron obtenidos del estudio de ACV de la Asociación Americana de Aluminio, adicionalmente, para las emisiones de GEI, se tomaron en cuenta factores de emisión del diésel y del consumo de energía eléctrica.

Para el consumo de combustible y emisiones de GEI en la etapa de transporte de los lingotes de aluminio, se consideró la distancia aproximada desde Estados Unidos hasta Ecuador, la cual es 4 681 km. El dato fue obtenido del Google Maps.

Finalmente, los datos de la fabricación de perfil de aluminio se obtuvieron del estudio sobre los niveles contaminantes ocasionados por los procesos productivos de CEDAL S.A, esta empresa es líder de este tipo de material en Ecuador.

Recopilación de datos de la producción de perfil de aluminio con materia prima reciclada

En este apartado se muestran los datos utilizados para el cálculo de materias primas, combustibles fósiles y emisiones de GEI de 1 kg de perfil de aluminio con materia prima reciclada.

Tabla 5. Datos recopilados en la producción de perfil de aluminio con materia prima reciclada.

Etapas	Entradas	Unidad	Salidas	Unidad	Fuente
Transporte de chatarra	1.047	kg de chatarra de aluminio	0.016	kg de CO ₂ -eq	(The Aluminum Association, 2013)
	0.007	L de combustible fósil			(Ministerio de Fomento, 2019)
Procesamiento de la chatarra de aluminio	0.020	L de combustible fósil	0.045	kg de CO ₂ -eq	(The Aluminum Association, 2013)

Fabricación de lingotes	0.11	L de combustible fósil	0.254	kg de CO ₂ -eq	(The Aluminum Association, 2013)
	0.11	kWh de energía eléctrica			
Fabricación de perfil de aluminio	0.292	L de combustible fósil	0.639	kg de CO ₂ -eq	(Solis, 2008)

En el transporte de chatarra, se tomó en cuenta la distancia arrojada por el Google Maps, desde Quito hasta CEDAL S.A en Guayaquil, la cual es 421.4 km. Los datos del procesamiento de la chatarra de aluminio y fabricación de lingotes con este residuo fueron recopilados de un reporte de análisis de ciclo de vida de la Asociación Americana de Aluminio. Asimismo, se consideró los factores de emisión correspondientes para el cálculo de las emisiones de GEI. Finalmente, en la fabricación de perfil de aluminio, se tomaron los mismos datos de combustibles y emisiones de GEI que en la fabricación de este con materia prima virgen. Esto se debe a que no se encontró bibliografía local que respalde dicho proceso con material reciclado.

Recopilación de datos de la producción de vidrio sodo-cálcico fundido con materia prima virgen

En la siguiente tabla, se muestran los datos recopilados para la producción de 1 kg de vidrio sodo-cálcico fundido con materia prima virgen.

Tabla 6. Datos recopilados en la producción de vidrio sodo-cálcico fundido con materia prima virgen.

Etapas	Entradas	Unidad	Salidas	Unidad	Fuente
Extracción de minerales	0.72	kg de arena sílice	0.149	kg de CO ₂ -eq	(Campoverde, 2005)
	0.18	kg de calcita			(Banco Central del Ecuador, 2015)
	0.16	kg de soda ash			(Eti Soda, 2017).
	0.053	kg de feldespatos			
	0.044	L de combustible fósil			
Transporte de minerales	0.006	L de combustible fósil	0.014	kg de CO ₂ -eq	(Araujo & Lizaldes, 2015)
Fabricación de vidrio fundido	0.151	L de combustible fósil	0.543	kg de CO ₂ -eq	(Glass Technology Services Ltd, 2004).
	1.69	kWh de energía eléctrica			(Usbeck, Pflieger, & Sun, 2010)

En la primera etapa, los datos fueron recopilados de varias fuentes. En el caso de la extracción de arena sílice, la calcita y el feldespatos, se recuperaron datos de la cartilla informativa de la minería ecuatoriana expedida por el Banco Central del Ecuador (2015). En el caso de la soda ash, los datos fueron compilados de la declaración ambiental de producto de la soda ash en Turquía.

Para el caso del transporte, se tomaron en cuenta las distancias del lugar de procedencia de cada uno de los minerales hasta la fábrica en Guayaquil. Estas distancias fueron obtenidas en Google Maps.

Finalmente, en la etapa de la fabricación del vidrio fundido, los datos solo reflejan en consumo de combustible en la etapa de fundición. Estos fueron obtenidos del estudio comparativo entre hornos de fundición del Servicio Tecnológico del Vidrio.

Recopilación de datos de la producción de vidrio sodo-cálcico fundido con materia prima reciclada

En la siguiente tabla, se muestra los datos recopilados para el ACV de 1 kg de vidrio fundido con materia prima reciclada. **(Ver tabla 7).**

Tabla 7. Datos recopilados en la producción de vidrio sodo- cálcico fundido con materia prima reciclada.

Etapas	Entradas	Unidad	Salidas	Unidad	Fuente
Transporte de vidrio reciclado	0.33	kg de vidrio reciclado	0.015	kg de CO ₂ -eq	(Campoverde, 2005) (Ministerio de Fomento, 2019)
	0.007	L de combustible fósil			
Fabricación de vidrio fundido	0.037	L de combustible fósil	0.136	kg de CO ₂ -eq	(Glass Technology Services Ltd, 2004). Valor calculado
	0.422	kWh de energía eléctrica			

En el transporte del vidrio reciclado, se tomó en cuenta la distancia comprendida desde Quito hasta Cridesa, esta fábrica está ubicada en Guayaquil, el valor estimado es 434.4 km. En el caso de la fabricación de vidrio fundido con materia prima reciclada, se estimó la energía y combustible consumidos en la fundición de los residuos de vidrio, este valor es el 25 % de la energía y combustible utilizados en la fundición de materias primas vírgenes (Glass Technology Services Ltd, 2004).

Recopilación de datos de la producción de pellets grado PET con materia prima virgen

En la **tabla 8**, se muestra la recopilación de datos para el cálculo del consumo de combustibles, de materias primas y emisiones de GEI en la producción de 1 kg de pellets de PET con materia prima virgen.

Tabla 8. Datos recopilados en la producción de pellets grado PET con materia prima virgen.

Etapas	Entradas	Unidad	Salidas	Unidad	Fuente
Extracción de petróleo crudo	2.10	L de petróleo crudo	2.47	kg de CO ₂ -eq	(PlasticsEurope, 2008)
	0.99	L de combustible fósil			
Fabricación de pellets de PET	1.059	L de combustible fósil	3.27	kg de CO ₂ -eq	(PlasticsEurope, 2008)
	5.03	kWh de energía eléctrica			
Transporte de pellets de PET	0.008	L de combustible fósil	0.018	kg de CO ₂ -eq	(Araujo & Lizaldes, 2015)

Los datos de la extracción del petróleo crudo fueron recopilados de la declaración ambiental del PET grado botella, de PlasticsEurope. Para la fabricación de pellets de plástico grado PET con materia prima virgen, se acogieron datos de PlasticsEurope, tanto para la energía consumida como la cantidad de combustible. En el caso del transporte de los pellets de PET, se asumió que estos son importados desde Taiwán hasta Ecuador, se tomó en cuenta una distancia de 16 817 km, obtenida del Google maps.

Recopilación de datos de la producción de pellets grado PET con materia prima reciclada

En la siguiente tabla, se encuentran los datos recopilados para el ACV de la producción de 1 kg de pellets grado PET con materia prima reciclada. **(Ver tabla 9).**

Tabla 9. Datos recopilados en la producción de pellets grado PET con materia prima reciclada.

Etapas	Entradas	Unidad	Salidas	Unidad	Fuente
Transporte de plástico mixto recuperado	4	kg de residuos plásticos mixtos	0.004	kg de CO ₂ -eq	(Chulca, 2018) (Ministerio de Fomento, 2019)
	0.002	L de combustible fósil			
Fabricación de pellets de PET	0.042	L de combustible fósil	0.253	kg de CO ₂ -eq	(Acs Publications, s.f.)
	1.13	kWh de energía eléctrica			

Los datos de transporte de plástico mixto recuperado fueron recopilados del estudio de Emilia Chulca (2018) sobre la empresa Enkador S.A, aquí, se menciona la cantidad de plásticos mixtos que entran al proceso de fabricación de pellets con materia prima reciclada. La distancia de transporte fue considerada desde Quito hasta Enkador S.A ubicada en Sangolquí a 31 km de distancia, este valor fue obtenido del Google maps.

Para la etapa de fabricación de pellets de plástico PET con materia prima reciclada, los valores fueron obtenidos de una de la Sociedad Americana de Química, la cual, mediante un estudio comparativo, analiza los beneficios ambientales del plástico PET procedente de diferentes materias primas, entre ellas, los residuos plásticos.

Recopilación de datos de la producción de pulpa de celulosa con materia prima virgen

En la **tabla 10**, se muestran los datos recopilados para el ACV de 1 kg de pulpa de celulosa con materia prima virgen.

Tabla 10. Datos recopilados en la producción de pulpa de celulosa con materia prima virgen.

Etapas	Entradas	Unidad	Salidas	Unidad	Fuente
Extracción de madera	2.40	kg de madera	2.77	kg de CO ₂ -eq	(Tutus & Cicekler, 2018) (Camara de Comercio de Bogotá, 2013) (Laurijssen, 2013)
	0.004	L de combustible fósil			
Fabricación de pulpa de celulosa	0.015	L de combustible fósil	0.392	kg de CO ₂ -eq	(Laurijssen, 2013)
	2.8	kWh de energía eléctrica			
Transporte de pulpa de celulosa	0.002	L de combustible fósil	0.003	kg de CO ₂ -eq	(Araujo & Lizaldes, 2015)
Disposición final de residuos de papel/cartón	1	kg de papel/cartón	0.0003	kg de CO ₂ -eq	(Sotos & Kean Fong, 2014)

En la etapa de la extracción, la cantidad de madera necesaria para fabricar pulpa de celulosa con materia prima virgen fue obtenida del estudio sobre Reciclaje de Papel y su Contribución Económica, caso de estudio de Turquía. Adicionalmente, para el cálculo de las emisiones de GEI, se consideró el factor de emisión de la madera, el cual es 1.15 kg de CO₂/kg de madera,

el valor fue obtenido de la Guía Metodológica Para el Cálculo de la Huella de Carbono Corporativa a Nivel Sectorial (2013).

Posterior a la obtención de la madera, está la fabricación de la pulpa de celulosa. Los datos para esta etapa fueron tomados del estudio de Jobien Laurijssen sobre la Energía Utilizada en la Industria del Papel.

En el caso del transporte de la pulpa de celulosa, se tomó en cuenta la distancia desde Brasil hasta Ecuador, este valor es de 3 195 km y fue obtenido de Google maps.

Finalmente, se consideró la disposición final de residuos de papel/cartón en rellenos sanitarios, debido a que estos materiales están compuestos de carbono, y en su proceso de descomposición en los rellenos sanitarios, expulsan CH₄. La metodología utilizada para la cuantificación de este gas está hecha en base al Protocolo Global para Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria (2014). Para obtener el valor de las emisiones de GEI en esta etapa, se utilizó el Modelo de Compromiso de Metano descrito en la misma guía.

Recopilación de datos de la producción de pulpa de celulosa con materia prima reciclada

En la **tabla 11**, se muestran los valores recopilados para el ACV de la producción de 1 kg de pulpa de celulosa con materia prima reciclada.

Tabla 11. Datos recopilados en la producción de pulpa de celulosa con materia prima reciclada.

Etapas	Entradas	Unidad	Salidas	Unidad	Fuente
Transporte de residuos de papel y cartón	1.15	kg de residuos de papel/cartón	0.000	kg de CO ₂ -eq	(Tutus & Cicekler, 2018) (Ministerio de Fomento, 2019)
	0.0005	L de combustible fósil			
Fabricación de pulpa de celulosa	0.015	L de combustible fósil	0.392	kg de CO ₂ -eq	(Laurijssen, 2013)
	2.8	kWh de energía eléctrica			

Los datos del transporte de residuos de papel y cartón fueron obtenidos del estudio: Reciclaje de Papel y su Contribución Económica, caso de estudio de Turquía (2018). De aquí, se recopiló el valor de los kilogramos de residuos de papel y cartón necesarios para fabricar 1 kg de pulpa de celulosa. Adicionalmente, se consideró una distancia de transporte desde Quito hasta Icasa en el sur de Quito, este valor es de 16.5 km.

En la etapa de fabricación de pulpa de celulosa con materia prima reciclada, los datos fueron recopilados del estudio realizado en el año 2013 sobre la Energía Usada en la Industria del Papel del autor Jobien Laurijssen.

Recopilación de datos de la producción de materiales de envases de Tetra Pak con materia prima virgen

A continuación, se muestran los datos recopilados para el ACV de la producción de 1 kg de materiales de envases de Tetra Pak. **(Ver tabla 12).**

Tabla 12. Datos recopilados en la producción de materiales de envases de Tetra Pak con materia prima virgen.

Etapas	Entradas	Unidad	Salidas	Unidad	Fuente
Extracción de materias primas	1.43	kg de madera	2.45	kg de CO ₂ -eq	Valor calculado
	0.55	L de petróleo crudo			
	0.26	kg de bauxita			
	0.365	L de combustible fósil			
Fabricación de materiales de envases de Tetra Pak	0.426	L de combustible fósil	1.51	kg de CO ₂ -eq	Valor calculado
Transporte de materiales de envases de Tetra Pak	0.003	L de combustible fósil	0.008	kg de CO ₂ -eq	Valor calculado

Los datos para el proceso productivo de los materiales de envases de Tetra Pak, fueron calculados a partir de valores de los mismos materiales previamente estudiados, los cuales son: pulpa de celulosa, pellets de PET y perfil de aluminio. Esto se debe a que los envases de Tetra Pak, están compuestos por láminas de papel, plástico y aluminio. Por ello, la unidad funcional en este caso es 1 kg de materiales de envases de Tetra Pak. A continuación, se muestra la cantidad estimada de cada material.

Tabla 13. Cantidad estimada de cada material.

Material	Cantidad	Unidad
Pulpa de celulosa	0.598	kg de pulpa de celulosa
Pellets de PET	0.322	kg de pellets de PET
Perfil de aluminio	0.092	kg de perfil de aluminio

En todas las etapas del proceso productivo de materiales de envases de Tetra Pak, las materias primas, el consumo de combustibles y las emisiones de GEI generadas por la fracción de cada material que componen los envases de Tetra Pak.

Recopilación de datos de la producción de materiales de envases de Tetra Pak con materia prima reciclada

Finalmente, en la **tabla 14**, se muestran los datos recopilados para el ACV de 1 kg de materiales de envases de Tetra Pak con materia prima reciclada.

Tabla 14. Datos recopilados en la producción de materiales de envases de Tetra Pak con materia prima reciclada.

Etapas	Entradas	Unidad	Salidas	Unidad	Fuente
Transporte de residuos de envases de Tetra Pak	0.71	kg de residuos de papel	0.000	kg de CO ₂ -eq	Valor calculado
	1.32	kg de plásticos mixtos			
	0.052	kg de chatarra de aluminio			
	0.001	L de combustible fósil			
Fabricación de materiales de envases de Tetra Pak	0.036	L de combustible fósil	0.403	kg de CO ₂ -eq	Valor calculado

Debido a que los envases de Tetra Pak cuentan con varios materiales, se asumió que cada uno de ellos es reciclado de manera individual y convertidos nuevamente en pulpa de celulosa, pellets de PET y perfil de aluminio. Para obtener los valores de las dos etapas en la producción de materiales de envases de Tetra Pak con materia prima reciclada, se asumió las materias primas, el consumo de combustibles y las emisiones de GEI de la fracción correspondiente a cada material, tal como se hizo en el escenario con materia prima virgen.

2.2.3 Análisis de Impacto

En esta sección, se evaluó si el reciclaje de estos materiales tiene o no un impacto significativo con relación al consumo de combustibles fósiles y emisiones de GEI. Para ello, se realizó la comparación de estos aspectos en la producción de cada material con materia prima virgen y con materia prima reciclada.

2.2.3.1 Análisis de Impacto del uso de combustibles fósiles

Para obtener el impacto real del reciclaje con respecto al consumo de combustibles, se comparó los combustibles consumidos asociados a la producción de los materiales con

materia prima virgen y los combustibles consumidos en la producción de los mismos materiales con materia prima reciclada. A continuación, se muestran las fórmulas utilizadas.

En los procesos productivos con materia prima virgen, se utilizó la siguiente ecuación:

$$\sum_{n=1}^n (CC_{MPV})_n$$

Ecuación 1. Sumatoria de consumo de combustibles en los procesos productivos con materia prima virgen

En donde,

$\sum(CC_{MPV})_n$. Sumatoria del consumo de combustible en la producción de los materiales con materia prima virgen.

n. Número de etapas. La n varía de acuerdo con los procesos de cada material.

Para el caso del consumo de combustibles con materia prima reciclada se utilizó la siguiente ecuación:

$$\sum_{n=1}^n (CC_{MPR})_n$$

Ecuación 2. Sumatoria de consumo de combustibles en los procesos productivos con materia prima reciclada

En donde,

$\sum(CC_{MPR})_n$. Sumatoria del consumo de combustible en la producción de los materiales con materia prima reciclada.

n. Número de etapas. La n varía de acuerdo con los procesos de cada material.

Una vez obtenidas las sumatorias de los combustibles fósiles en las etapas de cada proceso productivo, se realizó la diferencia de estas para cada material con la siguiente ecuación:

$$\sum(CC_{MPV})_n - \sum(CC_{MPR})_n$$

Ecuación 3. Diferencia de consumo de combustibles fósiles

Finalmente, con el resultado de la diferencia, se calculó el potencial o porcentaje de reducción de uso de combustibles para cada material, con la ecuación mostrada a continuación:

$$\frac{\sum(CC_{MPV})_n - \sum(CC_{MPR})_n}{\sum(CC_{MPV})_n} \times 100$$

Ecuación 4. Porcentaje de reducción de combustibles fósiles

Una vez obtenido el resultado, se debe tomar en cuenta que, si el porcentaje de reducción de combustibles es mayor a cero, significa que el reciclaje de los materiales tiene un impacto positivo en el ambiente, ya que indica que el consumo de combustibles en la producción de los materiales con materia prima reciclada es menor. Pero, si el valor del porcentaje es negativo, esto indica que el consumo de combustibles en la producción de los materiales con materia prima reciclada es mayor.

2.2.3.2 Análisis de Impacto de las emisiones de GEI

Para el caso del impacto real del reciclaje con relación a las emisiones de GEI, se comparó las emisiones de GEI asociadas a la producción de los materiales con materia prima virgen y las emisiones de GEI generadas en la producción de los mismos materiales con materia prima reciclada. A continuación, se muestran las fórmulas utilizadas.

Las emisiones de GEI de los materiales con materia prima virgen, fueron sumadas con la siguiente ecuación:

$$\sum_{n=1}^n (GEI_{MPV})_n$$

Ecuación 5. Sumatoria de emisiones de GEI de los procesos productivos con materia prima virgen

En donde,

$\sum(GEI_{MPV})_n$. Sumatoria de emisiones de GEI en la producción de los materiales con materia prima virgen.

n. Número de etapas. La n varía de acuerdo con los procesos de cada material.

Para el caso de las emisiones de GEI con materia prima reciclada se utilizó la siguiente ecuación:

$$\sum_{n=1}^n (GEI_{MPR})_n$$

Ecuación 6. Sumatoria de las emisiones de GEI en los procesos productivos con materia prima reciclada

En donde,

$\sum(GEI_{MPR})_n$. Sumatoria de emisiones de GEI en la producción de los materiales con materia prima reciclada.

n. Número de etapas. La n varía de acuerdo con los procesos de cada material.

Una vez calculadas las sumatorias de emisiones de GEI, se realizó la diferencia de estas, para cada material con la siguiente ecuación:

$$\sum(GEI_{MPV})_n - \sum(GEI_{MPR})_n$$

Ecuación 7. Diferencia de emisiones de GEI

Con el resultado de la diferencia, se calculó el potencial o porcentaje de reducción de emisiones de GEI para cada material, con la **ecuación 8**:

$$\frac{\sum(GEI_{MPV})_n - \sum(GEI_{MPR})_n}{\sum(GEI_{MPV})_n} \times 100$$

Ecuación 8. Porcentaje de reducción de emisiones de GEI

Cabe mencionar que, si el porcentaje de reducción de emisiones de GEI es mayor a cero, quiere decir que el reciclaje de los materiales tiene un impacto positivo, ya que indica que las emisiones de GEI en la producción de los materiales con materia prima re ciclada son menores. Pero, si el valor del porcentaje es negativo, esto significa que las emisiones de GEI en la producción de los materiales con materia prima reciclada son mayores.

2.3 Asociación de la calculadora ambiental de huella de carbono y recursos naturales, con datos de recuperación de materiales de la organización ReciVeci

En esta sección, se desea conocer el potencial de reducción tanto de emisiones de GEI como de uso de combustibles en manos de recicladores/as de base, a través de la herramienta tecnológica ReciApp.

La ReciApp es una aplicación móvil que cuenta con una funcionalidad en la que los usuarios entregan su material reciclable a las y los recicladores de base. Para la validar la entrega en la aplicación, los usuarios toman una foto, registran el número de bolsas (grandes y pequeñas) y agregan una cantidad estimada de cada material contenido en la entrega. Una vez completado el registro, el sistema otorga puntos que pueden ser canjeados por premios en negocios participantes dentro de la aplicación.



Figura 22. Sección de entregas de la aplicación ReciclaApp

Para estimar la cantidad de materiales recuperados por las y los recicladores de base a través de la aplicación, se tomaron datos de entregas realizadas en el periodo comprendido entre diciembre 2018 y mayo 2021.

Para ello, se calculó el volumen de las fundas entregadas (grandes y pequeñas) de manera empírica con los datos proporcionados por la aplicación.



Figura 23. Cálculo empírico del volumen de fundas grandes y pequeñas

Tabla 15. Estimación de volumen de residuos reciclables entregados por recicladores de base a través de la ReciApp.

Datos	Valor	Fuente
Volumen de funda grande m ³	0.04	Valor empírico
Volumen de funda pequeña m ³	0.01	Valor empírico
Cantidad de fundas grandes recibidas en el periodo estudiado	9 780	Base de datos de la ReciApp
Cantidad de fundas pequeñas recibidas en el periodo estudiado	7 580	Base de datos de la ReciApp
Volumen total de fundas grandes m ³	303.2	Valor calculado
Volumen total de fundas pequeñas m ³	97.8	Valor calculado
Volumen total de entregas m ³	401	Valor calculado

En la tabla anterior, se muestra el volumen estimado de las entregas realizadas en el periodo estudiado.

Tabla 16. Fracción promedio por tipo de material.

Tipo de material	Fracción promedio
Plástico	39%
Papel	16%
Cartón	20%
Metal	6%
Vidrio	11%
Tetrapak	8%

Para obtener la fracción de tipo de material entregado, se calculó el porcentaje promedio de cada material. Cabe aclarar que, para el caso del aluminio, se estimó el porcentaje de chatarra contenido en la fracción promedio del metal entregado, esta fracción fue calculada a partir de datos obtenidos del estudio de Patiño y Serrano sobre la recuperación de aluminio reciclado en Cuenca (Patiño & Serrano, 2016) y de datos del IRR.

También, se utilizó la densidad aparente de cada material. Las densidades del vidrio, papel, cartón, aluminio y envases de Tetra Pak fueron tomadas de datos del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2019). Para el caso de la densidad aparente del plástico PET, el dato fue obtenido de (MacpresseEuropa, 2016).

Con esta recopilación bibliográfica, se transformaron los datos arrojados por la ReciApp a unidad de peso, en este caso kilogramos. Una vez obtenidos los valores de cada material, se estimó la cantidad de emisiones de GEI y consumo de combustibles fósiles gracias al reciclaje inclusivo.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como principal resultado, se obtuvo una calculadora ambiental compuesta por varias pestañas, en las cuales, hay botones comando que permiten una interacción más amigable entre pestañas dentro de la herramienta de cálculo.

- **Presentación:** Aquí, se describe brevemente de qué se trata la calculadora y el objetivo. Cuenta con 3 botones comando que dirigen a: Manual de uso, Introducción de datos y Calculadora ReciApp.
- **Manual de uso:** En esta pestaña, se detalla el uso de la calculadora, también, se describe brevemente la metodología para obtener los valores de cálculo. Aquí, hay 1 botón comando, el cual dirige a: Presentación.
- **Introducción de datos:** En esta pestaña, el usuario puede colocar los valores de los kg de material que ha recuperado. Hay 2 botones comando: Presentación y Ver resultados.
- **Resultados:** En la pestaña de resultados, se muestra la cantidad de ahorro de emisiones de GEI, consumo de materias primas, consumo de combustibles fósiles y también, la cantidad de material o producto que se puede volver a fabricar con los kg de material reciclable que ha recuperado. Cuenta con 2 botones: Presentación e Introducir datos.

- **Calculadora ReciApp:** En esta pestaña, se encuentra el cálculo metodológico para los datos que son arrojados por la ReciApp. Aquí, se pide que el usuario introduzca el número de fundas con material recuperado y el porcentaje estimado de cada material. Cuenta con 1 botón: Presentación.

3.1 Resultados de la compilación de información relevante sobre los procesos productivos de las industrias ecuatorianas, en torno a los materiales analizados

A continuación, se detalla los resultados más relevantes sobre las industrias ecuatorianas de materiales potencialmente reciclables. En esta sección, se muestra el porcentaje de recuperación por tipo de material, con respecto a su producción con materia prima virgen. Además, se indica el producto final de cada material con materia prima virgen y con materia prima reciclada.

3.1.1 Comparación de productos finales de acuerdo con la procedencia de la materia prima

En la **tabla 17**, se aprecia la comparación de productos finales de acuerdo con la procedencia de la materia prima, con respecto a la bibliografía consultada en el presente estudio.

En el caso del vidrio, los envases con materia prima virgen son elaborados a partir de vidrio sodo- cálcico, este tipo de vidrio es 100% reciclable. Sin embargo, para fabricar nuevamente envases con vidrio reciclado o calcín, es necesario mezclar cierta proporción de este, con minerales fundentes para garantizar su calidad.

La bibliografía indica que, la proporción de mezcla usada aquí en Ecuador es de 25 % materia prima reciclada y 75% materia prima virgen (Torres, 2015). Cabe mencionar que, tanto la fabricación con materia prima virgen, como con materia prima reciclada, se dan aquí en Ecuador.

En el caso del aluminio, los lingotes fabricados con aluminio primario son importados. Esto se debe a que, en Ecuador no existen yacimientos de bauxita. Las pocas industrias de aluminio en el país importan los lingotes y los vuelven a fundir con chatarra de aluminio, para crear nuevamente lingotes.

Por otra parte, el plástico comparado en esta sección es el PET. En Ecuador, se importan los pellets de PET fabricado con materia prima virgen, para la industria alimenticia. Sin embargo, una vez que los envases plásticos son recuperados, estos se convierten nuevamente en pellets de PET, pero de menor calidad. Algunos de los productos resultantes son fundas plásticas e hilo sintético (El Universo, 2019).

El papel y el cartón son materiales fabricados a partir de la pulpa de celulosa. Esta materia prima, es importada por las industrias ecuatorianas, desde Brasil, Canadá y Estados Unidos (Marmol & Liviapoma, 2014). Adicional a ello, varias empresas como Papelesa, importan bobinas de papel para sus productos desde Brasil (Bustamante, 2002).

Los residuos de papel y cartón son recuperados y convertidos en pulpa o pasta de papel. Estos residuos son papel blanco impreso, cuadernos, revistas, papel dúplex, cartón. El principal producto que se fabrica con la materia prima recuperada es el papel higiénico y las servilletas (El Universo, 2021).

Finalmente, en el caso del Tetra Pak, se contempla la fabricación de los envases. Cabe mencionar que, la única industria que los fabrica es Tetra Pak. Ecuador importa estos envases para la industria alimenticia desde México. Los envases recuperados, son convertidos en mangueras, tableros y techos ecológicos para las empresas avícolas y para viviendas (Orozco, 2013).

Tabla 17. Comparación de productos finales de acuerdo con la procedencia de la materia prima.

Material	Con materia prima virgen	Con materia prima reciclada	Fuente
Vidrio	Se incluye la producción de los envases para la industria alimenticia.	Se fabrican nuevos envases, siempre y cuando el material reciclado sea mezclado con otros minerales.	(Tecnoambiente s.a, 2015)
Aluminio	Se incluye la producción de lingotes de aluminio, de cualquier aleación.	La chatarra de aluminio es refundida con lingotes de aluminio virgen para fabricar aluminio secundario.	(Cedal S.A, 2019)
Plástico	Solo se incluye los pellets de plástico PET.	Los plásticos mixtos recuperados, se utilizan para fabricar pellets de PET, los cuales pueden convertirse en fibras de plástico y tapas de pastel.	(Chulca, 2018)

Papel/Cartón	Incluye subproductos de bobinas de papel, entre ellos destacan: cuadernos, materiales de oficina, cartón para empaques.	El papel y el cartón recuperado, es convertido en papel higiénico, papel y cartón.	(Bustamante, 2002)
Envases de Tetra Pak	Incluye envases de la marca Tetra Pak para la industria alimenticia.	Los envases de Tetra Pak recuperados son convertidos en tableros aglomerados de polialuminio y mangueras.	(El Universo, 2019).

3.1.2 Porcentaje de recuperación de material estimado en Ecuador

En la **tabla 18**, se muestra la producción de los materiales con materia prima virgen y la cantidad recuperada con respecto a su producción primaria. Asimismo, se indica el porcentaje de material recuperado. Cabe mencionar que, estos valores y datos son estimados, debido a que la información bibliográfica varía. Las unidades están en toneladas de producción o recuperación por año, según sea el caso.

En el caso del vidrio, el 48% de los envases de vidrio son recuperados. Sin embargo, este valor es estimado, ya que, de acuerdo con la bibliografía, el vidrio es uno de los materiales menos reciclados de todos los generados a nivel nacional, con un 4.4% (Morán, 2018). Lo que se puede deducir, es que, dentro de la cantidad reciclada, se incluyen los envases retornables de las industrias de bebidas.

En el caso de los lingotes de aluminio y subproductos, la cantidad de producción con material virgen es la que se importa. Debido a que Ecuador solo es un productor de aluminio secundario. El porcentaje de material recuperado es de 56%. Cabe recalcar que, debido al nivel de rentabilidad del aluminio, aproximadamente un tercio del aluminio utilizado actualmente a nivel mundial es aluminio secundario (Magaldi, 2018).

En el caso de los pellets de plástico PET, el porcentaje recuperado es de 89.6%, en este apartado, el resultado refleja la producción de pellets de PET destinados para la industria alimenticia en comparación con la cantidad de envases recuperados. Como se observa, es un porcentaje bastante alto, sin embargo, cabe recordar que este valor es solo del plástico tipo PET, no se toma en cuenta los demás tipos de plásticos reciclables.

Dentro del papel y sus subproductos, el porcentaje de material recuperado es de 74.3%. En este caso, es alto. Esto se debe a que el dato de producción con materia virgen solo contempla la producción de los principales fabricantes de papel en el país, los cuales, importan pulpa de celulosa desde Canadá, Brasil y Estados Unidos. Estos productores son: Papelera Nacional S.A, Papeles Andina S.A, Cartopel S.A, Papelera Ecuatoriana C.A, Ecuapapel, Incasa S.A (Marmol & Liviapoma, 2014). Es por ello, que la cantidad de recuperación es alta, en comparación con la cantidad producida.

Finalmente, en el caso de los envases de Tetra Pak, el porcentaje de material recuperado es de 29.3%. Como se aprecia en la tabla, el porcentaje es bajo en comparación a los demás. Sin embargo, es un dato bastante aproximado. Esto se debe a que, solo 4 empresas recicladoras procesan los envases de Tetra Pak recuperados, estas son: Incasa, Ecuaplastic, Surpapel y Cartopel (El Universo, 2019).

Tabla 18. Porcentaje de recuperación de material estimado en Ecuador.

Material	Producción con materia virgen (ton/año)	Cantidad de material reciclado (ton/año)	% de recuperación
Vidrio	80 000	38 400	48
Aluminio	12 000	6 765	56
Plástico PET	54 000	48 384	89.6
Papel/Cartón	246 232.17	182 857	74.3
Envases de Tetra Pak	7 500	2 200	29.3

3.2 Resultados de la elaboración de Análisis de Ciclo de Vida de productos con materia prima virgen y materia prima reciclada en un contexto local

En esta sección, se detalla los valores obtenidos del ACV de la producción de los materiales potencialmente reciclables con los dos tipos de materia prima. Además, se muestra las cantidades de materia prima virgen y reciclada necesarias para la producción de los materiales.

3.2.1 Diferencia y porcentaje de reducción de emisiones de GEI

En la **tabla 19**, se muestra las emisiones de GEI resultantes de la producción de cada material con materia prima virgen y con materia prima reciclada. Además, se incluye el porcentaje de reducción de emisiones de GEI.

Dentro de la producción de 1 kg de perfil de aluminio, el porcentaje de reducción de emisiones de GEI es de 69%. En la producción de aluminio primario se emiten 3.10 kg de CO₂-eq, mientras que, en la producción de aluminio secundario las emisiones de GEI por 1 kg de perfil de aluminio son de 0.95 kg de CO₂-eq. Cabe mencionar que, la etapa en la que más se emiten GEI dentro de la producción de aluminio con materia prima virgen, es en la fabricación de lingotes de aluminio, esto se debe a la alta demanda de energía eléctrica en el proceso de hidrólisis. En el **anexo 6.1**, se muestran los valores por cada etapa. Mientras que el valor de emisiones de GEI en la fabricación con materia prima reciclada es menor, esto coincide con la bibliografía, la cual estima que el consumo energético en las operaciones del aluminio secundario es solo el 5% de la requerida para el aluminio primario (Demográfico, s.f). En el **anexo 6.2**, están contempladas las emisiones de GEI por etapa.

En el caso de la producción de 1 kg de vidrio fundido, el porcentaje de reducción es de 79%. Este porcentaje se debe a que, en la producción de vidrio fundido con materia prima virgen, el valor de las emisiones de GEI es de 0.71 kg de CO₂-eq. Mientras que, en la producción con materia prima reciclada, las emisiones de GEI corresponden a 0.15 kg de CO₂-eq. En ambos escenarios, la etapa en la que más se emiten GEI, es en la de fabricación. Esto sucede porque existe un proceso de fundición que requiere energía para llegar a altas temperaturas y esta combustión, emite los GEI (Saint Cubain Conceptions Verrières, s.f.). En los **anexos 6.3 y 6.4**, se muestran los valores por cada etapa en ambos escenarios.

Dentro de la producción de pellets de PET, el porcentaje de reducción es de 96%. Este valor es alto debido a que, en la producción de los pellets de PET con materia prima virgen las emisiones son de 5.77 kg de CO₂-eq, mientras que, fabricar 1 kg de pellets de PET con materia prima reciclada, emite 0.25 kg de CO₂-eq. El valor con materia prima virgen es mayor, puesto que el consumo energético en el proceso de transformación del petróleo crudo en pellets de plástico es elevado (Lee & Pareira, 2010). Véase el **anexo 6.5** para más detalle. En el proceso productivo con materia prima reciclada el valor de emisiones de GEI es bajo, esto se debe a que no existe el proceso de transformación del petróleo crudo, aquí, solo se contempla la energía utilizada para triturar las botellas plásticas y transformarlas nuevamente en pellets. En el **anexo 6.6**, se muestra los detalles de las etapas.

Con respecto a la pulpa de celulosa, el porcentaje de reducción es de 88%. Las emisiones GEI producidas en el escenario con materia prima virgen son de 3.17 kg de CO₂-eq. Mientras que, en la producción con materia prima reciclada, las emisiones de GEI corresponden a 0.39 kg de CO₂-eq. En los **anexos 6.7 y 6.8**, se presentan los valores correspondientes a las etapas en cada escenario. Como se observa, las emisiones de GEI en la producción de 1 kg de pulpa de celulosa con materia prima virgen son altas, esto se debe a que, en la etapa de extracción de materia prima, el corte de los árboles y el procesamiento de la madera, expulsan emisiones de GEI. El resultado, coincide con la bibliografía, la cual indica que un árbol, es un sumidero de carbono que, al momento de ser cortado, libera el CO₂ acumulado a la atmósfera, de esta manera, contribuye al efecto invernadero (Fao,2012).

Finalmente, en el caso de la producción de 1 kg de materiales de envases de Tetra Pak, el porcentaje de reducción de emisiones es de 90%. En el escenario con materia prima virgen, las emisiones de GEI corresponden a 3.98 kg de CO₂-eq. Mientras que, en la producción con materia prima reciclada, se emiten 0.40 kg de CO₂-eq. El alto porcentaje de reducción de emisiones de GEI se debe a que, en la producción con material virgen, la etapa en la que más se emiten GEI, es en la extracción de la materia prima para la producción de la pulpa de celulosa. Y, como se especifica en la metodología, este material es el de mayor cantidad dentro de la composición de los envases de Tetra Pak. En los **anexos 6.9 y 6.10**, se indican los detalles de las etapas correspondientes.

Tabla 19. Diferencia de emisiones de GEI y porcentaje de reducción.

Material	Unidad funcional por material	Emisiones de GEI con materia prima virgen (kg de CO₂eq)	Emisiones de GEI con materia prima reciclada (kg CO₂eq)	Diferencia de emisiones de GEI (kg de CO₂eq)	Porcentaje de reducción de emisiones de GEI (%)
Aluminio	1 kg de perfil de aluminio	3.10	0.95	2.15	69
Vidrio	1 kg de vidrio fundido	0.71	0.15	0.56	79
Plástico	1 kg de pellets de PET	5.77	0.25	5.51	96
Papel/ Cartón	1 kg de pulpa de celulosa	3.17	0.39	2.77	88
Envases de Tetra Pak	1 kg de materiales varios (papel/plástico/aluminio)	3.98	0.40	3.57	90

3.2.2 Diferencia y porcentaje de reducción del uso de combustibles fósiles

En la **tabla 20**, se indica el uso de combustibles fósiles tanto en la producción con materia prima virgen, como con materia prima reciclada. Asimismo, se calcula el porcentaje de reducción de los combustibles.

En el caso del aluminio, el porcentaje de reducción de uso de combustibles en el perfil de aluminio es del 20%, el cual no es alto. Esto se debe a que, se utiliza la misma cantidad de combustibles para la transformación de lingote a perfil de aluminio. Cabe mencionar que, el valor de la fabricación de lingote de aluminio en el escenario con materia prima reciclada es mayor que en la producción con materia prima virgen, la razón es que se necesita más combustible para la refundición de la chatarra de aluminio. Sin embargo, la fabricación de lingotes con materia prima virgen requiere más energía eléctrica. En los **anexos 6.11 y 6.12**, se muestra la cantidad de combustible por cada etapa.

En el caso del vidrio fundido, el porcentaje de reducción de combustibles es de 78%. Esto se debe a que, en el escenario con material virgen, la etapa en la que más se consume combustibles es en la fabricación del vidrio fundido, exactamente, en la fundición de los materiales, aquí, los hornos de fundición necesitan combustibles para llegar a altas temperaturas. Mientras que, en el escenario con materia prima reciclada, la refundición del material recuperado necesita menos temperatura, por ende, menor combustible. El porcentaje de reducción coincide con lo descrito en la bibliografía, la cual indica que se puede ahorrar aproximadamente 75% de combustibles y energía en la fabricación de vidrio, partir de vidrio reciclado o calcín (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2013). Los valores calculados, están disponibles en los **anexos 6.13 y 6.14**.

Con respecto a la producción de 1 kg de pellets de PET, el porcentaje de reducción de combustibles es del 98%. Es evidente que el valor es alto. Esto se debe a que, en la producción con materia prima virgen, las etapas de extracción del petróleo crudo y transformación de polímeros requieren altas cantidades de combustible en sus procesos internos. A diferencia del escenario con materia prima reciclada, en donde, el consumo de combustible es mayor en el proceso de fundición de las escamas, tal como se especifica en la metodología. (**Ver anexos 6.15 y 6.16**).

Con respecto al papel y el cartón, el porcentaje de reducción es del 52%. Sin embargo, el consumo de combustible en ambos escenarios es bajo. En el caso de la fabricación de pulpa de celulosa con materia prima virgen y materia prima reciclada, se considera el mismo consumo de combustible en la máquina de despulpeo. La diferencia de uso de combustibles radica en que, en el escenario de la materia prima virgen, se toma en cuenta el combustible

utilizado para el lacado del árbol y el corte. Por ello, el valor de uso es mayor en este escenario, pero no por mucho. En los **anexos 6.17 y 6.18**, se aprecia los valores correspondientes a cada etapa de la producción de pulpa de celulosa.

Mientras que, en la producción de materiales de envases de Tetra Pak, el porcentaje de reducción de combustibles fósiles es del 95%. Esto se debe a que, en la producción de los materiales con materia prima virgen, en la etapa de fabricación de estos, existe más consumo de combustible. Mientras que, en la producción con materia prima reciclada, el consumo de combustible es menor, esto se debe a que, no existe extracción de materias primas. Los valores correspondientes en cada escenario y etapa pueden ser consultados en los **anexos 6.19 y 6.20**.

Tabla 20. Diferencia de uso de combustibles y porcentaje de reducción.

Material	Unidad funcional por material	Uso de combustibles con materia prima virgen (L de combustible)	Uso de combustibles con materia prima reciclada (L de combustible)	Diferencia de combustibles (L de combustible)	Porcentaje de reducción de combustibles (%)
Aluminio	1 kg de perfil de aluminio	0.54	0.43	0.11	20
Vidrio	1 kg de vidrio fundido	0.20	0.05	0.16	78
Plástico	1 kg de pellets de PET	2.05	0.05	2.00	98
Papel/cartón	1 kg de pulpa de celulosa	0.02	0.01	0.01	52
Envases de Tetra Pak	1 kg de materiales varios (papel/cartón/ aluminio)	0.80	0.04	0.76	95

3.2.3 Principal materia prima virgen por tipo de material

En la **tabla 21**, se observa la cantidad de materia prima virgen principal para producir 1 kg de cada material.

La bauxita, es el mineral principal para producir aluminio, normalmente, se extrae en minas a cielo abierto, con el uso de explosivos. Como se puede observar, se necesitan 2.88 kg de bauxita para producir 1 kg de perfil de aluminio. La cantidad es el doble del producto final, esto se debe a que, la bauxita en estado bruto trae consigo más minerales como gibbsita, boehmita y diáspora. La bauxita procesada, es conocida como bauxita beneficiada (The Aluminum Association, 2013).

En el caso del vidrio, su materia prima principal son los minerales, en especial la arena sílice. Tanto la arena como la calcita son extraídas en Ecuador, mientras que el feldespato y la soda ash son importados. En la tabla adjunta, se observa que se necesitan 1.11 kg de minerales para conseguir 1 kg de vidrio fundido, esta pequeña proporción adicional, se transforma en gases al momento de la fundición. Adicionalmente, la bibliografía indica que, cada mineral u óxido es colocado de acuerdo con su función en la estructura del fundido, de esta manera, se tienen diversos papeles para cada uno, desde vitrificantes, modificadores y fundentes (Rincón, 2006).

En el caso del plástico, la cantidad de petróleo crudo necesario para fabricar 1 kg de pellets de PET es de 2.10 L. Como se observa, la cantidad del petróleo es mayor a la cantidad del producto final. Esto se debe principalmente a los procesos de fabricación del plástico, en donde, el petróleo crudo, reacciona químicamente con ácido tereftálico y alcohol etileno. Dichas reacciones, producen subproductos como agua y metanol. Por ello, la bibliografía indica que la cantidad necesaria para llevar a cabo estos procesos es la mencionada anteriormente (PlasticsEurope, 2008).

Para la producción de 1 kg de pulpa de celulosa, son necesarios 2.4 kg de madera. A pesar de que la cantidad de madera necesaria es alta, la realidad es que esta se convierte en residuos, ya que, dentro de la producción de la pulpa de celulosa lo que se necesita es la fibra de la madera. Esta se obtiene mediante el despulpeo químico, aquí, la madera es sometida a la cocción junto con licor, en este proceso, se elimina hasta el 90% de material seco vegetal y se conservan las fibras (Oettinger, 2015).

Finalmente, para el caso de la producción de materiales de envases de Tetra Pak, se necesitan 1.43 kg de madera para producir pulpa de celulosa, 0.67 L de petróleo crudo para producir pellets y 0.26 kg de bauxita para producir el perfil de aluminio. Los valores de materias primas, se obtiene en función de la cantidad de cada material contenido en los

envases de Tetra Pak. Es por ello, que se necesita más madera que otras materias primas, debido a que los envases de Tetra Pak están compuestos en su mayor parte por papel/cartón.

Tabla 21. Principal materia prima virgen por tipo de material.

Material	Unidad funcional del material	Tipo de materia prima virgen	Cantidad de materia prima virgen	Unidades
Aluminio	1 kg de perfil de aluminio	Bauxita	2.88	kg de bauxita
Vidrio	1 kg de vidrio fundido	Minerales	1.11	kg de minerales
Plástico	1 kg de pellets de PET	Petróleo crudo	2.10	L de petróleo
Papel/Cartón	1 kg de pulpa de celulosa	Madera	2.40	kg de madera
Envases de Tetra Pak	1 kg de materiales varios (papel/plástico/aluminio)	Madera	1.43	kg de madera
		Petróleo crudo	0.55	L de petróleo
		Bauxita	0.26	kg de bauxita

3.2.4 Materia prima reciclada necesaria para la producción de los materiales

En la **tabla 22**, se muestra la cantidad de materia prima reciclada necesaria para fabricar 1 kg de cada tipo de material.

En el caso del aluminio, se necesitan 1.047 kg de chatarra para fabricar 1 kg de perfil de aluminio. Como se aprecia, el valor de materia prima reciclada es menor al de materia prima virgen, esto se debe a que, la chatarra de aluminio solo necesita ser limpiada y triturada. A diferencia de la bauxita, la cual tiene un proceso de transformación mayor, debido a que contiene varios minerales que no son beneficiosos para la obtención del aluminio.

El vidrio es un caso particular. De acuerdo con la bibliografía, aquí en Ecuador, el porcentaje de vidrio recuperado o casco incorporado nuevamente por unidad medida es del 30% al 45%. Si se toma en cuenta que se incorpora 30% de vidrio recuperado y 70% de materias primas vírgenes, se obtiene 0.33 kg de casco y 0.77 kg de materias primas para producir 1 kg de vidrio fundido (Campoverde, 2005). Cabe mencionar que, no existe diferencia entre la calidad del vidrio con materia prima virgen y con materia prima reciclada, ya que este material es 100% reciclable. La gran diferencia radica en los costos energéticos, ya que fundir materia prima virgen es más cara que fundir materia prima reciclada. En algunos países, funden nuevamente vidrio hasta con el 65% de materia prima reciclada, esto se lograría en Ecuador, si existiera una correcta gestión de los residuos y se recuperara una gran cantidad de envases de vidrio (Campoverde, 2005).

Para fabricar 1 kg de pellets de plástico PET con materia reciclado, se necesitan 2.4 kg de plásticos mixtos. Esta cantidad es estimada, ya que puede variar de acuerdo con el tipo de plástico que se haya recuperado. En este caso, los residuos de plásticos mixtos son los diferentes tipos de plásticos mezclados entre sí (EcoPlas, 2011), al momento de pasar por las diferentes etapas de separado, limpieza y trituración, algunos de ellos se van convirtiendo en desecho (ACS Sustainable Chem. Eng, 2018).

Para la producción de 1 kg de pulpa de celulosa se necesitan 1.15 kg de residuos de papel y cartón. Como se puede apreciar, la cantidad de materia prima reciclada es menor a la de materia prima virgen. Sin embargo, la calidad no es la misma, por ello, la pulpa resultante del material reciclado, solo se utiliza para fabricar papel de baja calidad, como servilletas o papel higiénico.

En el caso de la producción de 1 kg de materiales de envases de Tetra Pak, se necesitan 1.55 kg de residuos de papel/cartón, plástico y aluminio. La cantidad estimada de cada uno de los residuos está hecha en base a la cantidad que se necesita para fabricar 1 kg de cada uno de estos materiales con materia prima reciclada, tomando en cuenta la proporción de cada uno de estos materiales contenidos en los envases de Tetra Pak. En este sentido, se obtiene que, para fabricar 0.598 kg de pulpa de celulosa, se necesitan 0.71 kg de residuos de papel. Para fabricar 0.322 kg de pellets de PET, se necesitan 0.79 kg de residuos plásticos. Mientras que, para fabricar 0.092 kg de perfil de aluminio, se necesitan 0.052 kg de chatarra de aluminio.

Tabla 22. Materia prima necesaria para la producción de los materiales.

Material	Unidad Funcional del material	Tipo de materia prima reciclada	Cantidad de materia prima reciclada	Unidades
Aluminio	1 kg de perfil de aluminio	Chatarra de aluminio	1.047	kg de chatarra de aluminio
Vidrio	1 kg de vidrio fundido	Envases de vidrio	0.33	kg de envases de vidrio
Plástico	1 kg de pellets de PET	Plásticos Mixtos	4	kg de plásticos mixtos
Papel/Cartón	1 kg de pulpa de celulosa	Residuos de papel y cartón	1.15	Residuos de papel y cartón
Envases de Tetra Pak	1 kg de materiales varios (papel/plástico/aluminio)	Envases de Tetra Pak	2.08	kg de envases de Tetra Pak

3.3 Resultados de la asociación de la calculadora ambiental de huella de carbono y recursos naturales, con datos de recuperación de materiales de la organización ReciVeci

En esta sección, se muestra los kilogramos de material reciclable entregados a través de la aplicación ReciApp, comprendido entre el periodo de diciembre - 2018 a mayo- 2021.

3.3.1 Kilogramos recuperados a través de la ReciApp

En la siguiente tabla, se puede apreciar el volumen de entrega por tipo de material y su densidad aparente. Con ambos datos, se obtuvo los kilogramos recuperados de cada material. Cabe mencionar que, el valor de kilogramos de vidrio es mayor a los demás

materiales, esto se debe a que los envases de vidrio tienen una densidad alta en comparación con el resto. Sin embargo, es un material que representa poco beneficio económico para los recicladores/as de base.

Tabla 23. Kilogramos recuperados a través de la ReciApp.

Material	Fracción promedio (%)	Volumen por tipo de material (m³)	Densidad del material (kg/m³)	Cantidad de material entregado (ton)
Plástico	39%	156.4	40	6.25
Papel	17%	68.2	90	6.13
Cartón	20%	80.2	50	4.01
Metal ferroso	6%	15.4	26.5	0.40
Aluminio	36%	8.6	26.5	0.22
Envases de Tetra Pak	8%	32.1	26.5	0.85
Vidrio	10%	40.1	330	13.23
Total de material entregado a través de la ReciApp				31.12

3.3.2 Beneficio ambiental obtenido a través de la ReciApp y los recicladores/as de base

A continuación, se muestra el beneficio ambiental que representa la cantidad de material recuperada través de la Reciapp, en el periodo antes mencionado. Los resultados, están calculados en base a los datos de la calculadora ambiental.

3.3.2.1 Emisiones de GEI evitadas por los/as recicladores/as de base a través de la ReciApp

En la **tabla 24**, se contemplan las emisiones de GEI evitadas gracias al material recuperado en la ReciApp.

Tabla 24. Emisiones de GEI evitadas a través de la ReciApp.

Material recuperado	Cantidad de material recuperado a través de la ReciApp (ton)	Emisiones de GEI evitadas (ton de CO₂-eq)
Plástico	6.25	34.48
Papel	6.13	17.01
Cartón	4.01	11.11
Aluminio	0.22	0.50
Envases de Tetra Pak	0.85	3.03
Vidrio	13.23	7.34
Total de emisiones de GEI evitadas (ton de CO ₂ -eq)		13.23

3.3.2.2 Combustibles fósiles evitados por los/as recicladores/as a través de la ReciApp

A continuación, se indica la cantidad de combustibles evitados gracias a los kilogramos recuperados a través de la aplicación. (Ver tabla 25).

Tabla 25. Combustibles evitados a través de la ReciApp.

Material recuperado	Cantidad de material recuperado a través de la ReciApp (ton)	Combustibles evitados (L)
Plástico	6.25	12 511.20
Papel	6.13	18.41
Cartón	4.01	12.03
Aluminio	0.22	25.50
Envases de Tetra Pak	0.85	644.39
Vidrio	13.23	2077.58
Total de combustibles evitados (L)		15 289.11

3.3.2.3 Materias primas vírgenes evitadas por los/as recicladores/as a través de la ReciApp

En la **tabla 26**, se observa la cantidad de materia prima virgen que se evita extraer, gracias al material recuperado.

Tabla 26. Materias primas vírgenes evitadas a través de la ReciApp

Material recuperado	Cantidad de material recuperado a través de la ReciApp (ton)	Cantidad de materia prima virgen evitada de extracción	Tipo de materia prima y unidad
Plástico	6.25	13.13	m ³ de petróleo crudo
Papel	6.13	14.72	ton de madera
Cartón	4.01	9.62	ton de madera
Aluminio	0.22	0.66	ton de bauxita
Envases de Tetra Pak	0.85	1.21	ton de madera
		0.46	ton de petróleo crudo
		0.22	ton de bauxita
Vidrio	13.23	14.68	ton de minerales

3.3.2.4 Cantidad de materiales producidos a partir de los residuos reciclables recuperados

Finalmente, en la **tabla 27**, se muestra la cantidad de material que se puede volver a fabricar con los residuos reciclables recuperados.

Tabla 27. Cantidad de materiales producidos apartir de los residuos reciclables recuperados.

Material recuperado	Cantidad de material recuperado a través de la ReciApp (ton)	Cantidad de material que se puede volver a fabricar (ton)	Tipo de material y unidad
Plástico	6.25	1.56	ton de pellets de PET
Papel	6.13	5.33	ton de pulpa de celulosa
Cartón	4.01	3.48	ton de pulpa de celulosa
Aluminio	0.22	0.21	ton de perfil de aluminio
Envases de Tetra Pak	0.85	0.51	ton de pulpa de celulosa
		0.27	ton de pellets de PET
		0.076	ton de perfil de aluminio
Vidrio	13.23	4.36	ton de vidrio fundido

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Las industrias ecuatorianas juegan un papel importante en la circularidad de los materiales reciclables; ya que, son las encargadas de reincorporarlos a los procesos productivos, a través del reciclaje y sus actores, las y los recicladores de base.
- El estudio demuestra que, los materiales fabricados con materia prima virgen tienen un impacto mayor que los fabricados con materia prima reciclada: en términos de emisiones de GEI y consumo de combustibles. Las materias primas extraídas representan casi el doble del producto final. Y, a pesar de que los resultados son estimados en ambos escenarios, las emisiones de CO₂-eq disminuyen significativamente al momento de incorporar materiales reciclables en los procesos, lo que conlleva al cumplimiento de mitigar el cambio climático desde el sector residuos.

- Dentro del estudio se hallaron datos importantes sobre el potencial de reducción de emisiones de GEI como de combustibles. En términos de emisiones de GEI, al reciclar plástico, se logra una reducción de 96%, en el caso del vidrio, el porcentaje es 79%, para el aluminio, se obtuvo un valor de 69%, mientras que, para el papel/cartón y envases de Tetra Pak, los porcentajes de reducción obtenidos fueron de 88% y 99%, respectivamente. En lo que se refiere a consumo de combustibles fósiles, el estudio arrojó que al reciclar plástico se reduce el 98 % de este consumo. Mientras que, el material con menor potencial de reducción de combustibles fósiles es el vidrio, con un 20%.
- Gracias a la ReciApp de ReciVeci, las y los recicladores han recuperado gran cantidad de material, aproximadamente 31 ton en el periodo estudiado, con lo cual, se ha evitado el uso de materias primas, se evita el consumo de 15 m³ combustibles y la emisión de 13 ton de CO₂-eq. También, con la entrega de material reciclable a través de la aplicación, las y los recicladores de base evitan meter sus manos en los basureros para buscar material, lo que implica una disminución de riesgo en su trabajo diario. Cabe destacar que, uno de los beneficios de la calculadora ambiental en relación con la ReciApp, es que se podrá mostrar a los usuarios su contribución ambiental al reciclar sus residuos.

4.2 Recomendaciones

- Las industrias ecuatorianas deben elaborar estudios exhaustivos de sus productos, de esta manera, aseguran el retorno de los productos a las cadenas productivas y a su vez, cumplen con las obligaciones ambientales que tienen tanto con la entidad reguladora como con la ciudadanía. Se recomienda que el presente estudio sirva como base para futuros estudios sobre Análisis de Ciclo de Vida y Huella de Carbono.
- Es imprescindible que la información de la calculadora ambiental sea actualizada con respecto a nuevas investigaciones sobre los temas tratados. Adicionalmente, se puede complementar con estudios de Valor Ambiental Retenido, recircularidad de los materiales y Huella Hídrica. Así, la información será más exacta en función al material analizado.
- Con respecto a los resultados del estudio, se puede apreciar que, la producción de los materiales tiene un alto impacto en términos de emisiones de GEI. Sin embargo, el consumo de agua en estos procesos también es alto. Por ello, se recomienda que se realicen estudios sobre Huella Hídrica con respecto a los materiales y procesos definidos.

- Cabe mencionar que, de acuerdo con la base de datos de la ReciApp , el 94% de los recicladores de base de la aplicación están registrados en Quito. Por este motivo, es importante potenciar la ReciApp en otras ciudades del Ecuador, para que la ciudadanía registre a sus recicladores y les entregue el material reciclable.
- Se recomienda que, para fines de entendimiento, se busque la manera más general de comunicación con los usuarios, tanto en calculadora ambiental como en la ReciApp. Este lenguaje debe ir de lo técnico a lo más común.

5 REFERENCIAS

- A.Diaz. (14 de Diciembre de 2020). *Statista*. Obtenido de <https://es.statista.com/estadisticas/635357/paises-lideres-en-la-produccion-de-aluminio-a-nivel-mundial/#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20de%20aluminio%20en,3%2C7%20millones%20de%20toneladas>
- Acs Publications. (s.f.). */pubs.acs.org*. Obtenido de Pellets: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acssuschemen>
- ACS Sustainable Chem. Eng. (2018). *Exploring Comparative Energy and Environmental Benefits of Virgin, Recycled, and Bio-Derived PET Bottles*. Obtenido de [pubs.acs.org](https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acssuschemeng.8b00750): <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acssuschemeng.8b00750>
- Anfevi. (s.f.). Obtenido de <http://www.anfevi.com/el-envase-de-vidrio/fabricacion/#:~:text=El%20vidrio%20es%20un%20producto,estado%20r%C3%ADgido%20sin%20experimentar%20cristalizaci%C3%B3n.&text=El%20hecho%20de%20que%20el,la%20protecci%C3%B3n%20del%20medio%20ambiente>
- Anfevi. (Julio de 2015). *Anfevi.com*. Obtenido de <http://www.anfevi.com/wp-content/uploads/2016/09/dossier-anfevifinal-21438085992.pdf>
- Anfevi. (s.f.). *Anfevi*. Obtenido de <http://www.anfevi.com/el-envase-de-vidrio/fabricacion/>
- Anfevi. (s.f.). *Asociacion Nacional de Fabricantes de Envases de Vidrio* . Obtenido de [anfevi.com: http://www.anfevi.com/el-envase-de-vidrio/fabricacion/](http://www.anfevi.com/el-envase-de-vidrio/fabricacion/)

- Araujo , O., & Lizaldes, D. (Junio de 2015). *Bibdigital.epn.edu.ec*. Obtenido de *Án*alisis de consumo Enérgicos asociados a la operacion y navegaciónde un puerto marítimo del Ecuador : <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10783/1/CD-6317.pdf>
- Arteaga, C. (2005). *dspace.espol*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/3765/1/6292.pdf>
- Balance Nacional Minero . (2016). *Www1.upme.gov.co*. Obtenido de http://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/Datos/mercado-nal/MNAL_bauxita.pdf
- Banco Central del Ecuador. (2015). *La minería ecuatorina*. Obtenido de Sector minero: <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/cartilla00.pdf>
- Barco, E. A. (2015). *dspace.espol.edu.ec*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/91653/D-CD88233.pdf>
- Bénitez, T. (Marzo de 2013). *repositorio.utn.edu*. Obtenido de “ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA CREACIÓN DE UNA EMPRESA PRODUCTORA DE LÁMINAS AGLOMERADAS ABASE DEL RECICLAJE DE ENVASES DE TETRAPACK EN LACIUDAD DE IBARRA, PROVINCIA DE IMBABURA”:
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/1613/1/02%20TESIS%2052%20TESIS.pdf>
- Berbel, L. (Junio de 2010). *upcommons.upc*. Obtenido de Estudio de la viscosidad y densidad de diferentes aceites para su uso como biocombustible: <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/9403>
- Bustamante, B. (2002). <http://repositorio.ug.edu.ec/>. Obtenido de REDUCCIÓN DEL DESPERDICIO DEL AREA DE PRODUCCIÓN EN: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/5597/1/2768.pdf>
- Camara de Comercio de Bogotá. (Junio de 2013). *Guía metodológica para el calculo de la huella de carbono corporativa a nivel sectorial* . Obtenido de Camara de Comercio de Bogotá: <https://www.car.gov.co/uploads/files/5ade1b0319769.pdf>
- Campoverde, A. (2005). *Dspace.espol.edu.ec*. Obtenido de Estudio Sectorial: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/3765/1/6292.pdf>
- Características de los Termoestables. (s.f.). *Características de los Termoestables*. Obtenido de tesisred.net:

<https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/6686/06Txrj6de14.pdf?sequence=6>

Careers. (2021). Obtenido de o-i.com: <https://www.o-i.com/careers/>

Carrera, I. (2009). *Dspace.espol.edu.ec*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/7702/2/Proyecto%20Caso%20Recyvidrios.pdf>

Carrera, I., & Clavijo, D. (2009). *dspace.espol.edu*. Obtenido de Proyecto de Reingeniería procesos de una recicladora de vidrios en la ciudad de Guayaquil Caso: Recyvidrios: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/7702/2/Proyecto%20Caso%20Recyvidrios.pdf>

Castillo, Mendoza, & Caballero. (Julio de 2012). *Scielo.org.mx*. Obtenido de Análisis de las propiedades físicoquímicas de gasolina y diesel: <http://www.scielo.org.mx/pdf/iit/v13n3/v13n3a4.pdf>

Cedal S.A. (2019). *cedal.com*. Obtenido de <http://www.cedal.com.ec/index.php/es/institucional.html>.

Chiluiza, J., & García, E. (2017). *dspace.uce.edu*. Obtenido de Criterios para la construcción sostenible de una vivienda de interés social con estructura mixta, a partir del uso del cartón tetrapak y estructura metálica: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/13556>

Chulca, P. (2018). *uce.edu*. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/17127/1/T-UCE-0005-CEC-126.pdf>

Correa, J., & Cumbe, M. (2015). Normativas y procesos participativos en torno al reciclaje inclusivo en la zona Andina Estudio de caso en Ecuador. 1-3.

Craighill, A., & Powell, J. (10 de Febrero de 1996). *Lifecycle assessment and economic evaluation of recycling: a case study*. Obtenido de [citeseerx.ist.: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.453.9335&rep=rep1&type=pdf](http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.453.9335&rep=rep1&type=pdf)

CRU International Limited. (04 de Diciembre de 2018). *upme.gov.co*. Obtenido de http://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/Datos/mercado-inter/Producto2_Aluminio_FINAL_12DIC2018.pdf

Deltaplastic. (2014). *Deltaplastic*. Obtenido de <http://www.deltaplastic.com.ec/la-empresa>

- Demográfico, M. p. (s,f). *Fabricación de Aluminio*. Obtenido de miteco.gob.es: https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/040301-fabric-aluminio_tcm30-502319.pdf
- Diario la Hora. (09 de Junio de 2002). *La Hora Noticias de Ecuador*,. Obtenido de Cómo se recicla el papel: <https://lahora.com.ec/noticia/1000086971/cmo-se-recicla-el-papel#:~:text=Una%20de%20las%20pocas%20empresas,que%20utiliza%20es%20papel%20reciclado.>
- Diario los Andes. (22 de Julio de 2019). *El panorama de reciclaje en el Ecuador*. Obtenido de <https://www.diariolosandes.com.ec/el-panorama-de-reciclaje-en-el-ecuador/>
- Díaz. (14 de Diciembre de 2020). *Papel y cartón: volumen de producción 2006-2017*. Obtenido de <https://es.statista.com/estadisticas/600577/volumen-de-produccion-de-papel-y-carton-a-nivel-mundial/>
- Díaz, M. C. (Abril de 2020). *Residuos Sólidos: Visión de la gestión de los desechos sólidos*. Obtenido de <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Riesgo-clim%C3%A1tico-y-definicion-de-estrategias-financieras-para-su-mitigacion-en-el-sector-agua-y-saneamiento-en-ALC-Agua-y-saneamiento-Vision-general-de-los-sistemas-de-suministro-ante-el-cam>
- EcoPlas. (Marzo de 2011). *Manual de valorización de los residuos plásticos*. Obtenido de [ctplas.com: https://ctplas.com.uy/wp-content/uploads/2018/10/manal-valorizacion-residuos-plasticos.pdf](https://ctplas.com.uy/wp-content/uploads/2018/10/manal-valorizacion-residuos-plasticos.pdf)
- Ekos. (20 de Noviembre de 2018). *ekosnegocios*. Obtenido de <https://www.ekosnegocios.com/articulo/zoom-al-sector-papel-y-carton#:~:text=Ecuador%20no%20es%20productor%20de,al%20a%C3%B1o%20para%20el%20pa%C3%ADs.>
- El Comercio. (2012 de Abril de 2012). Los envases de vidrio ganan espacio entre los consumidores nacionales. *El Comercio*, págs. <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/envases-de-vidrio-ganan-espacio.html>.
- El Pais. (06 de Junio de 2018). Sólo el 9 % del plástico usado en el mundo se recicla, advirtió ONU. *El Pais*, págs. <https://www.elpais.com.uy/vida-actual/plastico-usado-mundo-recicla-advirtio-onu.html#:~:text=Medio%20ambiente-,S%C3%B3lo%20el%209%20%25%20del%20pl%C3%A1stico%20usado%20en%20el%20mundo%20se,los%20desperdicios%20producidos%20son%20reciclados.>

- El Universo. (21 de Junio de 2019). *Ecuador importó \$ 3,6 millones en reciclado plástico*.
Obtenido de [eluniverso.com:
https://www.eluniverso.com/noticias/2019/06/21/nota/7386975/ecuador-importo-36-millones-reciclado-plastico/#:~:text=Lo%20utilizan%20para%20producir%20hilo,sus%20productos%20no%20son%20suficientes.](https://www.eluniverso.com/noticias/2019/06/21/nota/7386975/ecuador-importo-36-millones-reciclado-plastico/#:~:text=Lo%20utilizan%20para%20producir%20hilo,sus%20productos%20no%20son%20suficientes.)
- El Universo. (27 de Octubre de 2019). *El Universo*. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/2019/10/24/nota/7573910/envases-tetra-pak-agua-ecuador/>
- El Universo. (21 de Febrero de 2021). *Un papel higiénico fabricado con papel reciclado, uno de los ejemplos de la economía circular en Ecuador*. Obtenido de [eluniverso.com:
https://www.eluniverso.com/larevista/ecologia/la-economia-circular-en-ecuador-nota/](https://www.eluniverso.com/larevista/ecologia/la-economia-circular-en-ecuador-nota/)
- Emisiones, S. E. (s.f.). *Miteco.gob.es*. Obtenido de https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/040301-fabric-aluminio_tcm30-502319.pdf
- Esparza, M. A. (Abril de 2017). *Utm.mx*. Obtenido de http://www.utm.mx/edi_anteriores/temas61/T61_1E1_EI%20aluminio.pdf
- Eti Soda. (27 de Noviembre de 2017). *Epdturkey.org*. Obtenido de https://epdturkey.org/wp-content/uploads/EN-S-P-01129_Chemical_SodiumSalts_EtiSoda_EN_EPD_Turkey.pdf
- Fabricación de Aluminio. (2017). *miteco.gob*. Obtenido de https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/040301-fabric-aluminio_tcm30-502319.pdf
- Fabricación de productos farmacéuticos. (2013). Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/03/PART3.pdf>
- Falappa, M., & Lamy, M. (2019). *De una Economía Lineal a una Circular, en el siglo XXI*. Obtenido de [uncuyo.edu.ar:
https://bdigital.uncuyo.edu.ar/objetos_digitales/14316/falappa-fce.pdf](https://bdigital.uncuyo.edu.ar/objetos_digitales/14316/falappa-fce.pdf)
- Fao. (09 de Noviembre de 2012). *Agronoticias: Actualidad agropecuaria de América Latina y el Caribe*. Obtenido de [fao.org: http://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/510869/](http://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/510869/)

- Farrás, L. (06 de Noviembre de 2019). *La Vanguardia* . Obtenido de <https://www.lavanguardia.com/economia/20191031/471280612959/aluminio-reciclaje-reciclar-latas-espana.html>
- Feldespatos y arenas feldespáticas. (2011). *Igme.es*. Obtenido de <https://www.igme.es/PanoramaMinero/Historico/2011/FELDESPATO11.pdf>
- Generalitat de Catalunya. (Marzo de 2011). *caib.es*. Obtenido de GUÍA PRÁCTICA PARA EL CÁLCULO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO: <http://www.caib.es/sacmicrofront/archivopub.do?ctrl=MCRST234ZI97531&id=97531>
- Glass Technology Services Ltd. (Septiembre de 2004). *Glass-ts.com*. Obtenido de A Study of the Balance Between Furnace Operating Parameters and Recycled Glass in Glass Melting Furnaces: [https://www.glass-ts.com/userfiles/files/2004%20-%20A%20Study%20of%20the%20Balance%20between%20Furnace%20Operating%20Parameters%20and%20Recycled%20Glass%20in%20Glass%20Melting%20Furnaces%20\(Carbon%20Trust\).pdf](https://www.glass-ts.com/userfiles/files/2004%20-%20A%20Study%20of%20the%20Balance%20between%20Furnace%20Operating%20Parameters%20and%20Recycled%20Glass%20in%20Glass%20Melting%20Furnaces%20(Carbon%20Trust).pdf)
- Goicochea, O. (14 de Octubre de 2013). *Evaluación ambiental del manejo de residuos sólidos domésticos en la Habana, Cuba*. Obtenido de dialnet.unirioja.es:https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5253184
- González, A. (2001). *Costos y beneficios ambientales del reciclaje en México*. Obtenido de Redalyc.org: <https://www.redalyc.org/pdf/539/53905802.pdf>
- Govern Illes Balears. (s.f.). Obtenido de GOIB: http://www.caib.es/sites/canviclimatic2/es/que_es_el_cambio_climatico-7121/
- GPA. (s.f.). *oilproduction.net*. Obtenido de VISCOSIDAD Y ESTRUCTURA EN CRUDOS PESADOS DE LA C.G.S.J. : http://oilproduction.net/files/gpa_viscosidad_75.pdf
- Gray. (2011). *Encouraging Green Industry Innovation*. Obtenido de [wri.org:https://www.wri.org/blog/2011/08/encouraging-green-industry-innovation](https://www.wri.org/blog/2011/08/encouraging-green-industry-innovation) Guía de la compra responsable
- Grupo Copesa. (2021). *¿Qué es el papel?* Obtenido de <http://www.icarito.cl/2010/08/39-9281-9-el-papel.shtml/>
- Grupo Ingco. (31 de Julio de 2020). *virtualpro*. Obtenido de <https://www.virtualpro.co/noticias/la-mitad-de-la-produccion-mundial-de-papel-y-carton-se-fabrica-con-fibra-recuperada>

- Guerrero, A. (04 de Febrero de 2019). 30 000 vecinos se unen a 'Quito a reciclar'. *El Comercio*.
- Guzmán, J. (19 de Septiembre de 2004). Cridesa fabrica los envases para las dos cerveceras en disputa legal. *El Universo*, pág. <https://www.eluniverso.com/2004/09/19/0001/9/0B8C755827F7428FA9206413E8C1A13D.html>.
- Ibárcera, M., & Scheelje, J. (s.f.). *Em Cambio Climático principales causantes, consecuencias y compromisos de los países involucrados*. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/3/XII/0523-B2.htm>
- Iberdrola. (2021). *Qué es la huella de carbono y por qué es vital reducirla para frenar el cambio climático?* Obtenido de <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/huella-de-carbono#:~:text=La%20huella%20de%20carbono%20representa,y%20cotidianas%20del%20ser%20humano>.
- Ihobe. (Noviembre de 2009). *Análisis de ciclo de vida y huella de carbono*. Obtenido de comunidadism.es: http://www.comunidadism.es/wp-content/uploads/downloads/2012/10/PUB-2009-033-f-C-001_analisis-ACV-y-huella-de-carbonoV2CAST.pdf
- Impaqto. (11 de Abril de 2016). *impaqto.net*. Obtenido de ReciVeci: un caso de innovación social en pro del reciclaje inclusivo: <https://www.impaqto.net/reciveci-caso-innovacion-social-pro-del-reciclaje-inclusivo/>
- Iniciativa regional para el reciclaje. (2015). *Latitudr.org*. Obtenido de <https://latitudr.org/wp-content/uploads/2016/04/Reciclaje-Inlcusivo-y-Recicladores-de-base-en-EC.pdf>
- Iso. (2006). *Gestión Ambiental*. Obtenido de Online Browsing Platform (OBP): <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:es>
- Journey, E. E. (17 de Mayo de 2016). *¿Qué es el reciclaje inclusivo? Convertir recolectores informales en microempresarios*. Obtenido de Journey.coca-cola.com: <https://journey.coca-cola.com/historias/que-es-el-reciclaje-inclusivo-convertir-recolectores-informales-en-microempresarios>
- La Hora. (06 de Junio de 2020). *La Hora*. Obtenido de <https://www.lahora.com.ec/loja/noticia/1102322126/el-exgerente-de-residuos-solidos-nosenganaba>

- Laurijssen, J. (08 de Julio de 2013). *vnp.nl*. Obtenido de Energy use in the paper industry: <https://vnp.nl/wp-content/uploads/2014/01/8-Energy-use-in-the-paper-industry.-An-assessment-of-improvement-potentials-at-different-levels.pdf>
- Lee, J., & Pareira, G. (2010). *Análisis del Impacto de los Gases de Efecto Invernadero en el Ciclo de Vida de los Embalajes y Otros Productos Plásticos en Chile V1.0*. Obtenido de [acoplasticos.org](https://www.acoplasticos.org): https://www.acoplasticos.org/boletines/2011/noticias_ambientales_2011_04julio/asipl a_huella_de_carbono.pdf
- Lima, C. A. (Febrero de 2016). *Repositorio.puce.edu.ec*. Obtenido de http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/10533/Disertaci%C3%B3nCarlosVelasco_Febrero2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- MacpresseEuropa. (2016). *macpresse*. Obtenido de Embalaje y seleccion de plásticos: <http://www.macpresse.com/wp-content/uploads/2016/12/Brochure-PI%C3%A1sticos-Spa-web.pdf>
- Magaldi. (2018). *Aluminio Secundario*. Obtenido de [magaldi.com](https://www.magaldi.com): <https://www.magaldi.com/es/experiencia/secondary-aluminum-smelting2>
- Maliza, J. I. (2018). *dspace.espol*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/134016/D-CD70390.pdf>
- Marmol, J., & Liviapoma, R. (Febrero de 2014). *Proyecto asociativo para la creación de una empresa dedicada a la fabricación de papel bond en base del bagazo de la caña de azúcar, ubicada en el valle del Chota ,parroquia Ambuqui, provincia de Imbabura y distribución en la ciudad de Quito*. Obtenido de dspace.ups.edu.ec: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6249/1/UPS-QT04741.pdf>
- Meré, M. (Diciembre de 2009). *Core.ac*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/30043724.pdf>
- Ministerio de Fomento. (2019). *Mitma.gob.es*. Obtenido de https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/listado/recursos/observatorio_de_costes_enero_2019.pdf
- Ministerio de Industria, Energía y Turismo. (2013). *comunidadism.es*. Obtenido de <http://www.comunidadism.es/wp-content/uploads/downloads/2013/09/La-energia-de-los-residuos-fenercom-2012.pdf>

- Ministerio de Medio Ambiente Chile. (2018). *CICLO DE VIDA DE UN PRODUCTO DESDE*. Santiago de Chile, Chile.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el reto Demográfico. (2019). *miteco.gob*. Obtenido de ¿Qué características tiene? Vidrio: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/domesticos/fracciones/vidrio/Que-caracteristicas-tiene.aspx>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2019). *miteco.gob*. Obtenido de Aluminio y el Tetrapack: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/domesticos/fracciones/envases/Que-caracteristicas-tienen.aspxv>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2019). *miteco.gob*. Obtenido de ¿Qué características tiene? Papel y Cartón: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/domesticos/fracciones/papel-y-carton/Que-caracteristicas-tiene.aspx>
- Mizar Moreno, D. (19 de Enero de 2018). *Impacto ambiental de los procesos de producción. Una revisión de su evolución y tendencias*. Obtenido de Investigación y desarrollo en TIC: <https://revistas.unisimon.edu.co/index.php/identic/article/view/2941>
- Montes, S. (10 de Enero de 2019). *LR la República* . Obtenido de <https://www.larepublica.co/responsabilidad-social/seis-paises-alrededor-del-mundo-reciclan-mas-de-50-de-su-basura-durante-el-ano-2813051>
- Morán, S. (23 de Julio de 2018). *Basura: los números rojos de Ecuador*. Obtenido de [planv.com.ec: https://www.planv.com.ec/historias/sociedad/basura-numeros-rojos-ecuador](https://www.planv.com.ec/historias/sociedad/basura-numeros-rojos-ecuador)
- Naciones Unidas . (s,f). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de [un.org: https://www.un.org/es/actnow/facts-and-figures#:~:text=Becca%20McChaffie%2FUnsplash.-,Residuos,de%20gases%20de%20efecto%20invernadero](https://www.un.org/es/actnow/facts-and-figures#:~:text=Becca%20McChaffie%2FUnsplash.-,Residuos,de%20gases%20de%20efecto%20invernadero).
- Nieves, W. (2003). *OPTIMIZACION DE LOS RECURSOS EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/5727/1/Industrial%20%202868.pdf>
- Oettinger, F. (2015). *Fabricación de paneles de fibra de Teline monspessulana usando lignina activada por plasma de argón como ligante natural*. Obtenido de [cybertesis.uach.cl: http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2015/bmficio.29f/doc/bmficio.29f.pdf](http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2015/bmficio.29f/doc/bmficio.29f.pdf)

- Orozco, M. (2013). *Los desechos plásticos son una mina de oro para Ecuaplástico*. Obtenido de *revistalideres.ec*: <https://www.revistalideres.ec/lideres/desechos-plasticos-son-mina-oro.html>
- Párraga, J. A. (Julio de 2010). *ute.edu*. Obtenido de http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/12003/1/42743_1.pdf
- Patiño, C., & Serrano, R. (2016). *Caracterización de aluminio que se recicla en la ciudad de Cuenca, en mira de aprovecharlo para la fabricación de partes automotrices*. Obtenido de Universidad de Azuay : <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/6234/1/12445.pdf>
- PlasticsEurope. (Noviembre de 2008). *uni-obuda.hu*. Obtenido de Environmental Product Declarations of the European Plastics Manufacturers: http://uni-obuda.hu/users/grollerg/LCA/italcsomagolas/20100312112214-FINAL_EPD_PET.pdf
- PlasticsEurope. (2019). Un análisis de los datos sobre producción, demanda y residuos de plásticos en Europa. *Plásticos – Situación en 2019*.
- Plasticseurope. (2021). *Plasticseurope*. Obtenido de Plasticseurope.org: [https://www.plasticseurope.org/es/about-plastics/what-are-plastics-how-plastics-are-made](https://www.plasticseurope.org/es/about-plastics/what-are-plastics/how-plastics-are-made)
- Plasticseurope. (2021). *plasticseurope.org*. Obtenido de <https://www.plasticseurope.org/es/about-plastics/what-are-plastics#:~:text=El%20t%C3%A9rmino%20%C2%ABpl%C3%A1stico%C2%BB%20proviene%20del,%20botellas%20cajas%20etc.>
- Platon, S. (2013). *Glosario*. Obtenido de ipcc.ch: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI_AR5_glossary_ES.pdf
- Puig, I., & Martínez, A. (2018). *raco.cat*. Obtenido de Subsidios a los combustibles fósiles en Ecuador : diagnóstico y opciones para su progresiva reducción: <https://raco.cat/index.php/Revibec/article/view/338980/429880>
- Raffino, M. E. (06 de Julio de 2020). *Concepto*. Obtenido de <https://concepto.de/reciclar/#ixzz6vXiifZQX>
- Ramírez, A., Rivela, B., & Boero, A. (2019). *Lights and shadows of the environmental impacts of fossil-based electricity generation technologies: A contribution based on the Ecuadorian experience*. Obtenido de sciencedirect.com: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421518307286>

- Reciclaje inclusivo. (2015). *Reciclajeinclusivo.org*. Obtenido de <https://latitudr.org/wp-content/uploads/2016/04/Reciclaje-Inclusivo-y-Recicladores-de-base-en-EC.pdf>
- Renarec. (05 de Mayo de 2021). *Quienes somos* . Obtenido de <https://renarec.com/quienes-somos/>
- Residuos Profesional. (17 de Marzo de 2015). *residuosprofesional.com*. Obtenido de EN 2014 SE RECICLARON EL 26% DE LOS ENVASES DE TETRA PAK EN TODO EL MUNDO: <https://www.residuosprofesional.com/en-2014-se-reciclaron-el-26-de-los-envases-de-tetra-pak-en-todo-el-mundo/>
- Responsabilidad Social y Sustentabilidad. (2021). *Cambio Climático: que es, definición, causas, efectos, consecuencias y combate*. Obtenido de <https://www.responsabilidadsocial.net/cambio-climatico-que-es-definicion-causas-efectos-consecuencias-y-combate/>
- Rieznik & Hernández. (Julio de 2005). *Análisis del ciclo de vida*. Obtenido de <http://habitat.aq.upm.es/temas/a-analisis-ciclo-vida.html>
- Rincón, J. (2006). *Materias primas para la industria del vidrio*. Obtenido de ehu.eus: http://www.ehu.eus/sem/seminario_pdf/SEMINARIO_SEM_2_049.pdf
- Saint Cubain Conceptions Verrières. (s,f). *La industria del vidrio y el medio ambiente Evolución, obligaciones y oportunidades*. Obtenido de digital.csic.es: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/52664/1/bsecv-03-07-2012.pdf>
- San Martín, G., Zhingue, R., & Alaña, T. (Enero de 2017). *El reciclaje: un nicho de innovación y emprendimiento con enfoque ambientalista*. Obtenido de scielo.sld.cu/: <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v9n1/rus05117.pdf>
- Sánchez, M. (27 de Junio de 2018). *Emergencia ambiental en rellenos sanitarios: ¿quién responde?* Obtenido de asuntoslegales.com: <https://www.asuntoslegales.com.co/consultorio/emergencia-ambiental-en-rellenos-sanitarios-quien-responde-2743037>
- Scardamaglia, V., Dávalos, J., Estigarribia, S., & Sagüi, N. (Agosto de 2019). *Estudio sobre el rol de gobiernos subnacionales y actores no estatales en la implementación de la NDC en Argentina, Ecuador y Perú*. Obtenido de Observatorio Latinoamericano para la Acción Climática: https://a1f7a9c2-c300-4bce-a10a-f8410b8932f0.filesusr.com/ugd/32948d_745c3e879aea47df88a6bcf03c5fced1.pdf

- Solis, Á. (2008). *Repositorio.uta.edu.ec*. Obtenido de “DETERMINACIÓN DE NIVELES CONTAMINANTES OCASIONADOS POR PROCESOS PRODUCTIVOS EN LA INDUSTRIA DE ALUMINIO CEDAL S.A.:
- <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/2162/3/Maestr%C3%ADa%20G.%20A.%2032%20-%20Sol%C3%ADs%20Sol%C3%ADs%20Angel%20Alonso.pdf>
- Soto, L. (2013). *repositorio.puce*. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/11094/TESIS-PUCE-Soria%20Soto%20Luis.pdf?sequence=1&isAllowed=yv>
- Sotos, M., & Kean Fong, W. (2014). *ghgprotocol.org*. Obtenido de PROTOCOLO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO: https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/GHGP_GPC%20%28Spanish%29.pdf
- Tecnoambiente s.a. (Junio de 2015). Obtenido de <https://maeguayas.files.wordpress.com/2015/09/eia-cridesa.pdf>
- Tetra Laval Group. (s.f.). *Tetrapak.com*. Obtenido de Acerca de Tetra Pak: soluciones de envasado y procesado para alimentos.
- The Aluminum Association. (Diciembre de 2013). Obtenido de https://www.aluminum.org/sites/default/files/LCA_Report_Aluminum_Association_12_13.pdf
- Torres, V. (Junio de 2015). *Tecnoambiente*. Obtenido de <https://maeguayas.files.wordpress.com/2015/09/eia-cridesa.pdf>
- Tutus, A., & Cicekler, M. (Junio de 2018). *Waste Paper Recycling: Contributions to Giresun and Turkey Economies*. Obtenido de [.researchgate.net: https://www.researchgate.net/publication/328927430_Waste_Paper_Recycling_Contributions_to_Giresun_and_Turkey_Economies](https://www.researchgate.net/publication/328927430_Waste_Paper_Recycling_Contributions_to_Giresun_and_Turkey_Economies)
- Unam. (2015). *feriadelasciencias.unam.mx*. Obtenido de DE PET A EMBARCACIÓN: https://www.feriadelasciencias.unam.mx/antiores/feria23/feria096_01_de_pet_a_embarcacion.pdf
- Universidad de Cundinamarca. (23 de Octubre de 2020). *A qué se conoce como cambio climático*. Obtenido de <https://www.ucundinamarca.edu.co/index.php/noticias-ucundinamarca/84-institucional/2215-a-que-se-conoce-como-cambio-climatico>

- Usbeck, V., Pflieger, J., & Sun, T. (Noviembre de 2010). *Life Cycle Assessment of Float Glass*. Obtenido de PE International AG: <http://www.glassforeurope.com/wp-content/uploads/2018/04/Life-Cycle-Assessment.pdf>
- Veritrade. (2015). *Veritradecorp.com*. Obtenido de <https://www.veritradecorp.com/es/ecuador/importaciones-y-exportaciones-delta-plastic-ca/ruc-0990019606001>
- Viaña, E. (08 de Octubre de 2018). *Unidad Editorial Información Económica S.L.* Obtenido de [expansion.com](https://www.expansion.com/sociedad/2018/10/20/5bcb5ca3e2704e90968b45b8.html#:~:text=La%20tasa%20de%20reciclaje%20de,16%2C9%20kilos%20por%20habitan):
<https://www.expansion.com/sociedad/2018/10/20/5bcb5ca3e2704e90968b45b8.html#:~:text=La%20tasa%20de%20reciclaje%20de,16%2C9%20kilos%20por%20habitan>te.
- WWF. (30 de Noviembre de 2012). *Ahogádonos en la basura y el cambio climático*. Obtenido de <https://wwf.panda.org/es/?206899/columnabasuraycambioclima->
- Zambrano, A. (2013). *Ups.edu*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5321/1/UPS-GT000454.pdf>
- Zaragozá, D. (s.f.). *El impacto ambiental de las actividades el cambio necesario*. Obtenido de UBE Corporation Europe, S.A.: <https://dspace.unia.es/bitstream/handle/10334/2520/06escrig.pdf?sequence=1>