

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE ATRIBUTOS EN SIMAPRO PARA EVALUAR
EL IMPACTO AMBIENTAL DE LA MANIJA EN ZAMAC PRODUCIDA POR
FANTAXIAS S.A.S

DIANA CAROLINA CESPEDES PEREZ
YENNY PAOLA AMAYA MARTINEZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-QUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
BUCARAMANGA
2014

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE ATRIBUTOS EN SIMAPRO PARA EVALUAR
EL IMPACTO AMBIENTAL DE LA MANIJA EN ZAMAC PRODUCIDA POR
FANTAXIAS S.A.S

DIANA CAROLINA CESPEDES PEREZ

YENNY PAOLA AMAYA MARTINEZ

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de ingeniero
químico

Director

PhD Humberto Escalante Hernández

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-QUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
BUCARAMANGA

2014

DEDICATORIA

A Dios por ser nuestro amparo y fortaleza, en las diferentes etapas de nuestra carrera profesional y en la culminación de este proyecto de investigación, llenando nuestras almas con espíritu vencedor frente a cada uno de los obstáculos que se nos presentaron en el camino.

A nuestros padres, ellos que sacrificaron su presente para asegurar nuestro futuro permitiéndonos estudiar sin ninguna otra preocupación más que la de adquirir todo el conocimiento posible para ser excelentes profesionales, brindándonos su continuo apoyo y siendo un modelo a seguir para ser mejores personas.

Finalmente a Laura Cristhina Páez, por ser el tercer elemento que llegó para comprobar que la idealidad si existe y que la combinación de tres fuerzas diferentes producen la eficiencia termodinámica máxima, creando una amistad donde la entropía siempre va a ser constante.

AGRADECIMIENTOS

Le agradecemos inmensamente a Dios por darnos el milagro de la vida y ofrecernos la oportunidad de compartir la carrera juntas, siendo cada una el apoyo y la fuerza de motivación en los momentos difíciles, fortaleciendo a través de los años esta gran amistad que nos permitió concluir este trabajo de investigación al establecer un excelente equipo de trabajo, por medio del respeto en la opinión individual como complemento de los conocimientos ya adquiridos durante el proceso de aprendizaje.

Le agradecemos al profesor Alexander Meneses por permitirnos tomar sus clases en la Maestría de Ingeniería Ambiental, por su grato recibimiento, su gran colaboración y por sus oportunas correcciones y grandes aportes a este trabajo de grado.

Al profesor Humberto Escalante, por ser nuestro guía en los últimos semestres de nuestra carrera convirtiéndose en el director de nuestro proyecto de grado, al ofrecernos una segunda oportunidad de seguir en el camino para la culminación de nuestra carrera de Ingeniería Química.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	17
1. MARCO TEÓRICO	21
2. METODOLOGÍA	24
2.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	24
2.2. APROPIACIÓN TEÓRICO PRÁCTICA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE LA MANIJA EN LA EMPRESA FANTAXIAS S.A.	25
2.3. ESTRUCTURACIÓN DE LOS PROCESOS ESPECÍFICOS PARA LA FABRICACIÓN DE LA MANIJA.....	25
2.4. CONSECUCIÓN DE CARGAS AMBIENTALES	26
2.5. SOCIALIZACIÓN DE RESULTADOS	27
3. RESULTADOS.....	28
3.1. DESCRIPCIÓN PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA MPM	28
3.2. DISEÑO DE ESTRUCTURA DE ATRIBUTOS EN SIMAPRO	31
3.3. CARGAS AMBIENTALES EN EL PROCESO DE PRODUCCION DE LA MANIJA.....	34
4. CONCLUSIONES	42
BIBLIOGRAFÍA.....	43

LISTAS DE FIGURAS

FIGURA 1. Metodología desarrollada en el diseño de la estructura de atributos en SIMAPRO para evaluar el impacto ambiental de la manija.	24
FIGURA 2. Diagrama de proceso de la manija en FANTAXIAS.	28
FIGURA 3. Horno tipo crisol de FANTAXIAS S.A.S.....	29
FIGURA 4. Inyectora de FANTAXIAS S.A.S.....	29
FIGURA 5. Operación de Pulido 1	30
FIGURA 6. Taladro TRUPER Modelo TAL-5/8 X13 de la operación de montaje.	30
FIGURA 7. Máquina vibradora utilizada en el Pulido 2.	30
FIGURA 8. Manija terminada.....	30
FIGURA 9. Estructura de atributos de la manija elaborada en Fantaxias para evaluar los impactos ambientales.	32
FIGURA 10. Árbol de proceso con las respectivas contribuciones para la elaboración de la MPM en Fantaxias S.A.S.....	35
FIGURA 11. Caracterización de los impactos ambientales en la producción de la MPM Fantaxias S.A.S.	38
FIGURA 12. Caracterización de los recubrimientos electrolíticos realizado a la MPM en Fantaxias S.A.S	39
FIGURA 13. Caracterización del enjuague 4 para la categoría de impacto: Eco toxicidad del agua.	40
FIGURA 14. Caracterización para la categoría de calentamiento global por sustancias emitidas al aire	41
FIGURA A1. Diagrama de proceso de la elaboración del molde.....	49
FIGURA A2. Diagrama de proceso de la fundición.....	53

FIGURA A3. Diagrama de proceso de preparación mecánica de la manija.	54
FIGURA A4. Diagrama de proceso del recubrimiento electrolítico.	56
FIGURA A5. Diagrama del proceso de terminación.	60
FIGURA D1. Estructura de atributos para la etapa de elaboración del molde.	75
FIGURA D2. Estructura de atributos para la etapa de fundición a presión en cámara fría.	76
FIGURA D3. Estructura de atributos para la etapa de preparación mecánica.	77
FIGURA D4. Estructura de atributos para la etapa de recubrimiento electrolítico.	78
FIGURA D5. Estructura de atributos para la etapa de terminación.	79
FIGURA D6. Estructura de atributos para el proceso de producción de la Manija.	80

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. Contribución por etapas para el proceso de producción de la manija	36
TABLA 2. Contribución de las etapas de producción de la manija eliminando el embalaje.	37
TABLA A1. Balances realizados en la elaboración del molde por 1g de Manija.	50
TABLA A2. Balances realizados en la fundición por 1 gramo de manija....	53
TABLA A3. Balances realizados en la preparación mecánica por 1 g de manija.	54
TABLA A4. Balances realizados en la etapa de recubrimiento electrolítico por 1 gramo de manija.	57
TABLA A5. Balances realizados en la etapa de terminación por 1 gramo de manija.	60
TABLA A6. Valores de los vertimientos en las diferentes etapas del proceso.	61
TABLA B1. Características y composición de las materias primas e insumos de la etapa de elaboración del molde.	62
TABLA B2. Características y composición de las materias primas e insumos de la etapa de fundición a presión en cámara fría.	63
TABLA B3. Características y composición de las materias primas e insumos de la etapa de preparación mecánica.	63
TABLA B4. Características y composición de las materias primas e insumos de la etapa de recubrimiento electrolítico.	64
TABLA B5. Características y composición de las materias primas e insumos de la etapa de terminación.....	65

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Diagramas de flujo y balances de materia y energía.....	49
ANEXO B. Características y composiciones de los insumos y materias primas....	62
ANEXO C. Creación/modificación de las SETL de las materias primas.....	66
ANEXO D. Estructuras de atributos en SIMAPRO.....	75

NOTACIÓN

ACV: Análisis de ciclo de vida.

EICV: Evaluación de impactos ambientales en el ciclo de vida.

ICV: Inventario de ciclo de vida.

SimaPro 7.1: Software especializado para llevar acabo el análisis de ciclo de vida de la manija en Zamac producida por FANTAXIAS S.A.

ISO: Organización Internacional de Normalización.

EPA: Agencia de Protección del Medio Ambiente.

SETAC: Sociedad de Toxicología y Química Ambiental.

SETL: Proceso con Supra Estructura Tecnológica Local.

MPM: Manija para mueble

RESUMEN

TÍTULO: DISEÑO DE ESTRUCTURA DE ATRIBUTOS EN SIMAPRO PARA EVALUAR EL IMPACTO AMBIENTAL DE LA MANIJA EN ZAMAC PRODUCIDA POR FANTAXIAS S.A.S.*

AUTORES: Diana Carolina Céspedes Pérez; Yenny Paola Amaya Martínez**

PALABRAS CLAVE: Manija para mueble (MPM), Estudio de Impacto Ambiental Potencial (EIAP), Análisis de Ciclo de Vida (ACV), recubrimientos electrolíticos, categorías de impacto ambiental, SimaPro.

DESCRIPCIÓN:

Fantaxias S.A.S es una empresa que pertenece al sector metalmecánico produciendo artículos de ferretería, hebillas, herrajes y regalos empresariales, debido a su actividad económica genera vertimientos con altos niveles contaminantes y emisiones atmosféricas de vapores de ácidos y gases de combustión. Con el fin de solucionar esta problemática, Fantaxias puso en marcha en compañía de la UIS la evaluación de Impacto Ambiental de sus procesos para determinar cuáles son las operaciones específicas o los insumos que están generando dichos impactos.

Este trabajo hace parte del proceso que adelanta Fantaxias, el objetivo es diseñar la estructura de atributos para evaluar los impactos ambientales del proceso de producción de la manija para mueble (MPM) elaborada en Zamac mediante el uso del software SimaPro que es una herramienta de Análisis de Ciclo de Vida, esta metodología mediante la recopilación de las entradas y salidas del proceso permite cuantificar los impactos ambientales asociados y generar oportunidades de mejora.

Para el desarrollo del trabajo se realizó un reconocimiento en la empresa del proceso de producción de la MPM, se construyeron los diagramas de flujo y se realizaron los balances de materia. Se estructuró la base de datos en SimaPro con la información recopilada de la caracterización de las operaciones y de las corrientes de entradas y salidas. Se realizó el análisis de las cargas ambientales seleccionando como categorías de impacto: Calentamiento Global, Toxicidad Humana agua, Eco-toxicidad crónica del agua, Residuos No Peligrosos, Formación de la capa de Ozono y calentamiento global. Los resultados reflejan que las etapas del proceso con un aporte significativo y en la cuales se pueden implementar estrategias de mejoramiento son la fundición y los electro-recubrimientos ya que sus aportes de impacto ambiental son del 34,4% y 24,2% respectivamente.

*Trabajo de grado

**Facultad de Ingenierías fisicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: Doctor Humberto Escalante Hernández.

ABSTRACT

TITLE: DESIGN OF STRUCTURE OF ATTRIBUTES USING SIMAPRO FOR ASSESSING THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF HANDLE MADE OF ZAMAC PRODUCED BY FANTAXIAS SAS.*

AUTHORS: Diana Carolina Céspedes Pérez; Yenny Paola Amaya Martínez**

KEYWORDS: Handle, Potential Environmental Impact Study, Life Cycle Assessment (LCA), electroplating, environmental impact categories, SimaPro.

DESCRIPTION:

FANTAXIAS SAS is a company which belongs to the metalworking sector producing hardware, buckles, fittings and business gifts. Due to its economic activity this company generates dumping with high pollutants levels, air emissions of acid steamers and combustion gases. In order to solve this problem FANTAXIAS has started helped by the UIS the Environmental Impact assessment of its processes to determine which ones are the specific operations or inputs that generating such impacts.

This work is part of the investigation of FANTAXIAS and the goal is to design the structure of attributes for assessing the environmental impacts of the production process for handle which is elaborated in Zamac. Using the SimaPro software which is a tool for analysis Life Cycle, this methodology through the compilation of inputs and outputs of the process allows quantifying the associated environmental impacts and generating opportunities for improvement.

To develop this project, recognition of the production process for furniture handle was made in the company FANTAXIAS S.A.S, flowcharts were built and material balances were performed. Databases in the software SimaPro with the information gathered from the characterization of the operations and the input and output streams were created. It was conducted the analysis of environmental burdens selecting as impact categories: Human water toxicity, ecotoxicity water chronic, Non-Hazardous Waste Formation ozone depleting and global warming. The results show that the process stages with a significant contribution are casting and electro-coatings with environmental impact contributions of 34.4% and 24.2% respectively, where should be implemented improvement strategies.

*Final Degree Project

**Physicochemical Engineering Faculty. Chemical Engineering Department. Director: Ph.D. Humberto Escalante Hernández.

INTRODUCCIÓN

FANTAXIAS S.A.S es una empresa santandereana perteneciente al sector metal-mecánico que lleva aproximadamente 24 años produciendo y comercializando artículos metálicos para la industria del cuero y la confección, herrajes para muebles y regalos empresariales que son vendidos en todo el territorio nacional y exportados a México, Guatemala, Honduras, Puerto Rico, República Dominicana, Costa Rica, Venezuela, Ecuador y Chile. Dentro de su proceso productivo. Esta empresa utiliza 4 materias primas principales: aluminio, hierro, latón (aleación de cobre y zinc) y zamac (aleación de Aluminio, Cobre, Magnesio y Zinc). Entre los productos más conocidos de FANTAXIAS S.A.S están: la pata Julia, los percheros, los botones y la manija para muebles (MPM) que constituye una de las líneas con mayor producción de la empresa (Departamento de producción FANTAXIAS S.A.S., 2012).

La línea de producción de la manija para mueble en Zamac incluye las etapas de elaboración del molde, fundición, pulido, recubrimiento electrolítico y terminado. En primera instancia se diseña el patrón de las piezas y se realiza el molde, luego el material es llevado a altas temperaturas e inyectado al molde. A continuación, las piezas son pulidas utilizando lijas y vibradoras en presencia de sustancias abrasivas. En el recubrimiento electrolítico las piezas son sometidas a una serie de baños donde inicialmente se eliminan residuos de grasas, aceites, alcalinos y contaminantes, después se realiza un recubrimiento con níquel y cobre y finalmente se neutralizan. En la última etapa, se elimina el brillo intenso que las piezas adquirieron con el niquelado, se secan y se empaacan en bolsas de polipropileno y cajas de cartón.

Fantaxias al llevar a cabo procesos de recubrimiento electrolítico genera vertimientos líquidos que poseen altos niveles de concentración de especies como

níquel, zinc, cobre y cromo, además de compuestos venenosos como el cianuro (Ballesteros y Martínez, 2007). En el proceso, también se generan emisiones atmosféricas de compuestos orgánicos volátiles COVs, vapores de ácido nítrico y clorhídrico, monóxido de carbono, dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno en los diferentes baños del recubrimiento electrolítico y en el horno de fundición (Gordillo y Valero, 2005). El proceso también requiere un consumo considerable de recursos como agua y energía; ya el agua es el medio utilizado para llevar a cabo las etapas de recubrimiento electrolítico y de limpieza; mientras que, el consumo de energía es necesario para el funcionamiento de la maquinaria, la obtención de aire a presión, el calentamiento de los baños de recubrimiento electrolítico y la iluminación (Arévalo y Jurado, 2012; Caballero y Ramírez, 2012).

FANTAXIAS S.A.S ha desarrollado interés en la construcción de su responsabilidad ambiental por lo que ha venido realizando estudios con ayuda de la Universidad Industrial de Santander para cuantificar y caracterizar los efluentes, emisiones y vertimientos de algunas etapas de sus procesos a fin de conocer el impacto ambiental que están generando. En los estudios realizados se identificó que en la etapa de fundición se generan emisiones atmosféricas donde las concentraciones de CO, CH₄, NO, NO₂ y SO₂ sobrepasan el valor límite permisible de 0,05 ppm definido por la resolución 909 del 2008. Así mismo, en el pulimento se generan vertimientos con concentraciones de 74,84 mg/L para el zinc, 418,5 mg/L para el aluminio y 103,14 mg/L para el cobre, excediendo los parámetros permitidos por la Norma Ambiental Colombiana la cual dispone que la concentración en vertimientos de estos compuestos debe ser de 10, 5 y 3 mg/L respectivamente (Ruiz, 2011).

Con el fin de solucionar esta problemática Fantaxias desea realizar un estudio de impacto ambiental potencial (EIAP) de sus procesos para identificar dichos impactos y proceder a su evaluación y descripción final correspondiente. La

información obtenida permitirá realizar cambios que garanticen que el proceso de producción se realice en las mejores condiciones para la preservación del medioambiente.

El análisis de los impactos ambientales potenciales de un proceso se puede realizar mediante diversos métodos, uno de ellos es la aplicación de la metodología del análisis de ciclo de vida (ACV) la cual se basa en la recopilación de las entradas y salidas del proceso permitiendo la cuantificación de las cargas ambientales y la evaluación de las mismas, determinando su impacto o contribución sobre una serie de problemas ambientales. En un estudio de ACV se le asigna al producto todos los efectos ambientales derivados del consumo de materias primas y energías necesarias para su elaboración, así como las emisiones y residuos generados.

En las últimas décadas se ha realizado gran cantidad de estudios de impacto ambiental a nivel mundial aplicando la metodología de ACV en casos como la generación de energías renovables en Canadá, procesos de metalurgia del Zinc y del Cobre en Chile y la producción de cerveza en Grecia (Chacón, 2008).

La norma ISO 14044 detalla los requisitos para llevar a cabo un estudio de ACV enunciando las cuatro etapas que lo conforman: la definición de objetivos y alcance, el análisis del inventario, la evaluación de impactos y la identificación de soluciones. Existen diferentes tipos de análisis de ciclo de vida de acuerdo a los límites del sistema, “de la cuna a la tumba”, “de la cuna a la puerta” “de la puerta a la puerta” (CEGESTI, 2011; Gallego, 2008).

Existen herramientas que facilitan el desarrollo de la metodología de ACV, una de ellas es el software SimaPro que mediante el uso de bases de datos propias y bibliográficas permite evaluar los impactos ambientales de cualquier tipo de producto o proceso.

El éxito de la realización del estudio futuro de ACV en la empresa Fantaxias usando SimaPro depende en gran medida de la creación de una estructura que relacione la base de datos establecida de acuerdo a la caracterización de las operaciones llevadas a cabo en el proceso así como de los respectivos vínculos o relaciones y las restricciones de los datos ingresados.

Por lo anterior, la finalidad de este trabajo es el diseño de la estructura de atributos de la línea de producción de la manija que facilite su posterior evaluación de impacto ambiental, con esta estructura de atributos se garantiza la confiabilidad y calidad de la base de datos para el proceso de la manija.

Para el desarrollo del trabajo inicialmente se realizó un reconocimiento en la empresa del proceso de producción de la MPM, se construyeron los diagramas de flujo y se realizaron los balances de materia. Se estructuró la base de datos con la información recopilada de la caracterización de las operaciones y de las corrientes de entradas y salidas. Una vez obtenida la estructura de atributos ambientales se realizó el análisis de las cargas ambientales seleccionando como categorías de impacto

Las categorías que fueron analizadas para la asignación de cargas ambientales fueron: Calentamiento Global, Toxicidad Humana agua, Eco-toxicidad crónica del agua, Residuos No Peligrosos, Formación de la capa de Ozono, calentamiento global y depleción de la capa de ozono principalmente.

Los resultados reflejan que las etapas del proceso con un aporte significativo en cuanto a impacto ambiental se refiere y en la cuales se pueden implementar estrategias de mejoramiento persiguiendo la fundición y los electro-recubrimientos, ya que sus aportes son del 34,4% y 24,2% respectivamente al impacto total.

1. MARCO TEÓRICO

El análisis del ciclo de vida es una herramienta que permite la evaluación del impacto ambiental generado por un producto, actividad o proceso durante todas las etapas de su ciclo de vida.

Según la norma NTC-ISO 14040:2001, esta metodología se desarrolla a partir la recopilación y cuantificación de las entradas (uso de recursos, energía, materias primas y transporte) y salidas del sistema (emisiones al aire, vertimientos y generación de residuos y subproductos.) para llevar a cabo la evaluación de los impactos ambientales potenciales asociados, logrando de esta manera identificar y evaluar oportunidades que permitan reducir estos impactos (Sánchez, Cardona, 2007; Sociedad de Gestión Ambiental, 2009; Roy et al, 2009).

El sistema corresponde al conjunto de procesos unitarios o subsistemas necesarios que conectados material y energéticamente permiten la presencia en el mercado del producto estudiado. De modo que, los límites del sistema definen los procesos unitarios que serán incluidos en el ACV (Aragón, 2010).

De acuerdo a lo anterior, se tienen diferentes tipos de análisis de ciclo de vida, “de la cuna a la tumba” cuando el análisis se efectúa a partir de la adquisición de la materia prima pasando por la producción, el uso y la disposición. Mientras que, cuando el sistema son las entradas y salidas desde que se obtienen las materias primas hasta que el producto se pone en el mercado, se le denomina como “de la cuna a la puerta”. Finalmente, cuando en el análisis solo se tienen en cuenta las entradas y salidas de la etapa de producción, se le conoce como “de la puerta a la puerta” (Cegesti, 2011; Gallego, 2008).

❖ Etapas del análisis del ciclo de vida

De acuerdo a la norma ISO 14040 se distinguen cuatro fases en un estudio de ACV:

1. Objetivo y alcance del estudio: en esta primera fase se establece el producto que se va analizar y se definen los objetivos que se pretenden alcanzar (Sociedad pública de gestión ambiental, 2009).
2. Análisis de inventario de ciclo de vida (ICV): esta fase comprende la recolección de datos y los procedimientos de cálculo para identificar y cuantificar las entradas y salidas asociadas al sistema de estudio (Aranda, 2006).
3. Evaluación del impacto del ciclo de vida: en primer lugar se seleccionan las categorías de impacto ambiental (acidificación del terreno, reducción de la capa de ozono, toxicidad, agotamiento de los recursos, etc.) de acuerdo al objetivo del estudio. A continuación, los resultados obtenidos en el ICV se clasifican en las categorías de impacto seleccionadas teniendo en cuenta el potencial impacto que puedan generar. Seguidamente se transforman los datos procedentes del ICV en las unidades de referencia de cada categoría (Baumann y Tillman, 2004; Gallego, 2008). Para ello existen los factores de caracterización que permiten obtener valores con unidades equivalentes, los cuales pueden ser sumados para medir la contribución de las sustancias a esa categoría de impacto. (Aranda, 2006; Sociedad pública de gestión ambiental, 2009).
4. Interpretación: Los resultados de las fases precedentes son evaluados confrontándolos con los objetivos definidos en el estudio, para poder establecer las conclusiones y recomendaciones finales. Para ello se incluyen diversas técnicas el análisis de la relevancia de las etapas del proceso y el análisis de escenarios alternativos (Aranda, 2006; Güereca, 2006).

❖ **SimaPro: Herramienta informática para ACV**

Herramienta software profesional para el cálculo de los impactos ambientales asociados a un producto o servicio a lo largo de todo su ciclo de vida. SimaPro permite realizar un análisis interactivo de los resultados con una buena trazabilidad ya que genera automáticamente un árbol de proceso o diagrama de flujo de acuerdo a la estructura de atributos diseñada con el fin de facilitar la evaluación de los impactos ambientales.

❖ **Construcción de un SETL (Supra-estructura tecnológica local)**

El software SimaPro 7.1 contiene bases de datos de inventarios ambientales de diferentes procesos productivos, sin embargo cuando no existen los procesos se requiere de la creación de las SETLs, las cuales modelan cada operación, estas se construyen tomando como referencia procesos existentes en el software que sean similares para modificar los datos de acuerdo al inventario o se crean por completo.

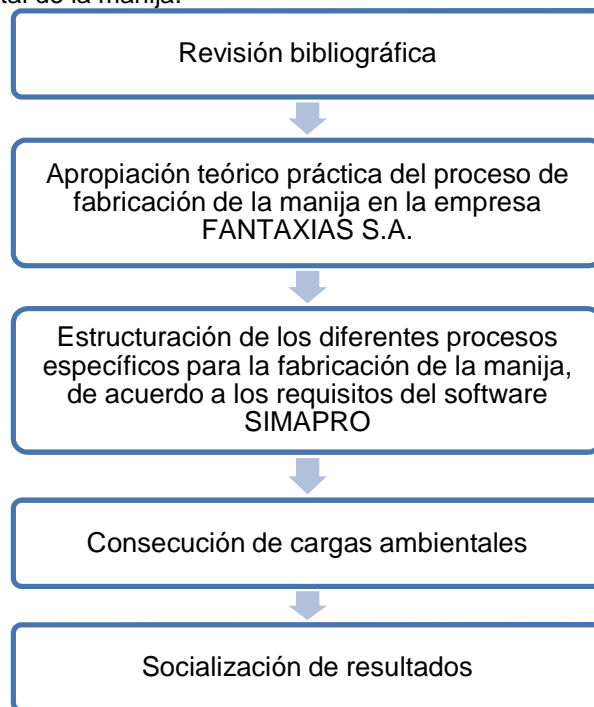
Una SETL está conformada por:

- Salidas conocidas a la tecnosfera (Productos y coproductos): Productos y posibles subproductos obtenidos en la operación o etapa del proceso.
- Salidas conocidas a la tecnosfera (Productos evitados): Materiales que son reciclados en el proceso.
- Entradas conocidas desde la naturaleza (recursos): Materias primas o insumos que no tienen transformaciones, es decir son directamente tomadas desde la naturaleza, por ejemplo el carbón, el aire, el agua de río.
- Entradas conocidas desde la tecnosfera (materiales/ combustibles): Materias primas e insumos que se obtienen mediante otros procesos industriales como el acero o el zinc.
- Entradas conocidas desde la tecnosfera (electricidad/ calor): Los diferentes tipos de energía de acuerdo al proceso industrial utilizado para su obtención.
- Emisiones al aire, vertimientos al agua, residuos al suelo: Las composiciones de las diferentes sustancias contaminantes que se producen en un proceso.

2. METODOLOGÍA

Para cumplir con los objetivos propuestos en este trabajo, se desarrolló la siguiente metodología:

FIGURA 1. Metodología desarrollada en el diseño de la estructura de atributos en SIMAPRO para evaluar el impacto ambiental de la manija.



Fuente: Autores

2.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Después de llevar a cabo la recopilación y búsqueda de información se logró la comprensión de los conceptos y temas necesarios para el eficiente desarrollo del trabajo.

2.2. APROPIACIÓN TEÓRICO PRÁCTICA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE LA MANIJA EN LA EMPRESA FANTAXIAS S.A.

Mediante la realización de visitas a la empresa Fantaxias S.A.S se logró la apropiación y comprensión del proceso de producción de la manija. Se identificaron las etapas desarrolladas y se recolectó información acerca de las técnicas y tipos de energía utilizados en el proceso, las materias primas y productos.

Con la información recolectada y la revisión de trabajos de grado previos sobre los procesos de FANTAXIAS S.A.S se realizó el diagrama de proceso, la descripción de las etapas y la caracterización de las entradas, salidas, consumo de energía y las operaciones realizadas.

2.3. ESTRUCTURACIÓN DE LOS PROCESOS ESPECÍFICOS PARA LA FABRICACIÓN DE LA MANIJA

El software Simapro no cuenta con los procesos llevados a cabo para la elaboración de una MPM, por ello se crearon las SETLs de los procesos utilizando la información suministrada por Fantaxias de los equipos, la caracterización de materias primas, residuos, agua y tipo de energía, así como los datos proporcionados por trabajos de grado anteriores y fuentes secundarias de antecedentes, tales como reportes industriales, documentos EPA y artículos de revistas.

Se definió como unidad funcional UF “una manija” (1 MPM). Los balances de masa fueron normalizados al peso de la UF (25,068 g). Finalmente se agruparon los procesos unitarios en una estructura principal llamada manija terminada, la cual a su vez comprendió las 5 etapas de la línea de producción de la manija: elaboración del molde, fundición a presión en cámara fría, preparación mecánica, recubrimiento electrolítico y terminación (Ver Anexo C).

Esta estructura facilita establecer en que procesos se encuentran localizadas mayoritariamente las cargas ambientales de acuerdo a un indicador en porcentaje asignado a cada proceso unitario.

Antes de crear las operaciones o sub-etapas desarrolladas en cada etapa se identificaron los materiales existentes en las bases de datos del software que iban a de acuerdo a las características de los insumos y materias primas y también se fijaron los que debían ser creados por completo en una SETL. No se consideró en las SETL la infraestructura necesaria para la producción de estos insumos y materias primas.

Para crear las etapas de la elaboración de la manija en SimaPro 7.1, fue necesario insertarle las operaciones o sub-etapas que las componen con sus respectivas materias primas o insumos utilizados, así como productos, subproductos y corrientes contaminantes generadas, indicando la cantidad presente por unidad funcional (UF).

Cada una de esas etapas y sub-etapas incluyen las fases de extracción de materiales, el transporte hasta el lugar donde se fabrican los distintos equipos y elementos, los procesos de producción, la energía y agua requerida por dichos procesos, emisiones, residuos, vertimientos generados, sub-productos y finalmente materiales que serán dispuestos para reciclar.

2.4. CONSECUCCIÓN DE CARGAS AMBIENTALES

Para el desarrollo de la evaluación de los impactos en el ciclo de vida existen diferentes metodologías de aplicación, para el presente trabajo se eligió EDIP 2003 (Environmental Design of Industrial Products), por considerar los efectos intermedios de los impactos generados y por crear un perfil ambiental donde se identifica claramente en qué punto del proceso de producción de la manija se afecta al medio ambiente.

Con el fin de interpretar los resultados obtenidos se analizó la relación entre la estructura de la contribución de atributos con los resultados obtenidos de las cargas ambientales por etapa, logrando identificar las etapas del proceso de fabricación de la manija que pueden llevar a una mejora mayor así como las que no generan impactos ambientales negativos.

2.5. SOCIALIZACIÓN DE RESULTADOS

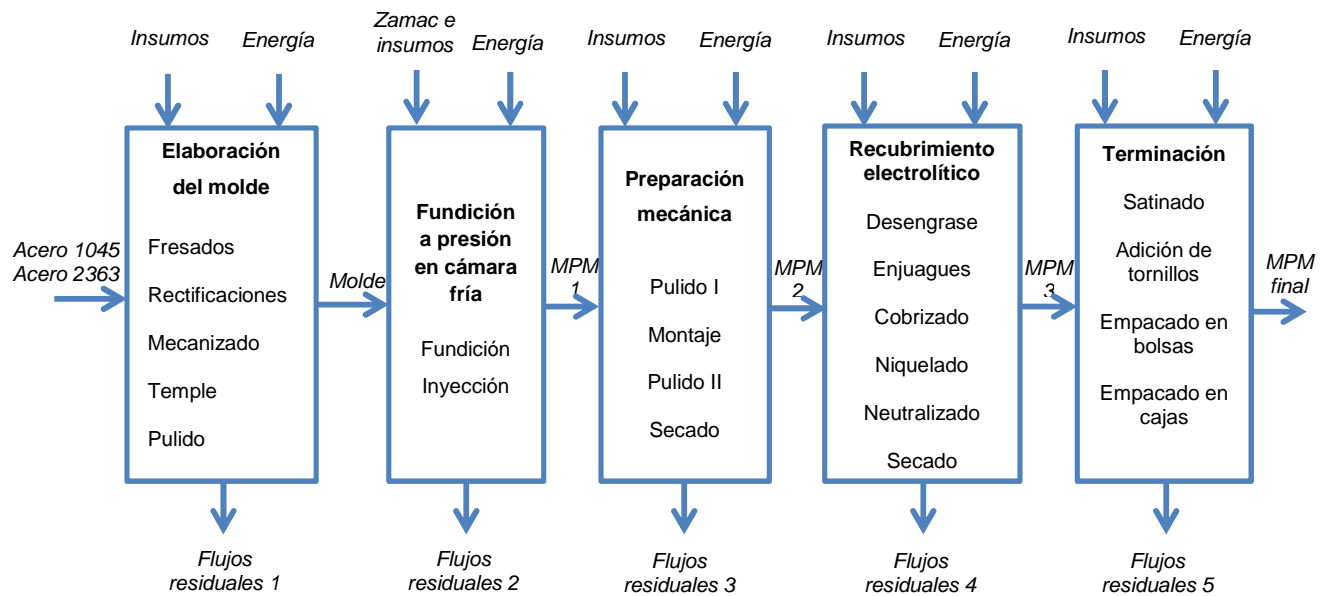
Los resultados de estudio están dirigidos a la empresa FANTAXIAS S.A.S como responsable del proceso de producción de la manija y de sus impactos con el fin de que sean utilizados para la identificación de oportunidades de mejora medioambiental en algún punto del ciclo de vida del proceso. Así mismo, al tratarse de un trabajo de grado también se dirige a cualquier persona en el ámbito universitario que esté interesada en los análisis de ciclo de vida.

3. RESULTADOS

3.1. DESCRIPCIÓN PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA MPM

Para la obtención de la manija se desarrollan las etapas de elaboración del molde, fundición a presión en cámara fría, preparación mecánica, recubrimiento electrolítico y terminación (Figura 2).

FIGURA 2. Diagrama de proceso de la manija en FANTAXIAS.



Fuente: Autores

Elaboración del molde: En esta etapa se parte de un diseño que es elaborado en Bogotá, a éste se le realizan algunas reformas con el fin de cumplir con los parámetros finales de la pieza. El molde está formado por dos partes, una fija y una móvil. La parte fija corresponde a la que no se mueve mientras se lleva a cabo la inyección, por el contrario la otra parte está sujeta a la bandeja móvil de la inyectora y se mueve con ésta.

La elaboración del molde incorpora diferentes operaciones de conformación de la pieza que consisten en la eliminación de acero desprendiendo el material sobrante

para obtener la geometría final mediante tres métodos; el fresado mediante arranque de viruta, la rectificación por abrasión y el mecanizado por descarga eléctrica; asimismo se realiza un pulido para despojar al molde de cualquier tipo de asperezas y un temple, el cual proporciona las propiedades mecánicas adecuadas.

Fundición a presión en cámara fría: Esta etapa comprende la fundición de zamac y su posterior inyección. La fundición se realiza en un horno tipo crisol que utiliza gas natural para el aporte de calor, el material es calentado a una temperatura de 470°C para llevarlo a estado líquido. A continuación, el zamac fundido es impulsado mediante un pistón a la cámara fría de la inyectora donde está la cavidad del molde. En esta etapa se alimenta un exceso de zamac con el fin introducir la mayor cantidad de metal fundido en la cavidad del molde para contrarrestar la contracción que se produce durante la solidificación.

FIGURA 3. Horno tipo crisol de FANTAXIAS S.A.S



Fuente: Autores

FIGURA 4. Inyectora de FANTAXIAS S.A.S



Fuente: Autores

Preparación mecánica: La primera operación de esta etapa consiste en un pulido con lijas para eliminar las irregularidades de la manija después de la fundición. Posteriormente, en el montaje se realiza el perforado y la elaboración de las roscas de la manija utilizando brocas y machos de acero rápido. Después de esta operación, la manija es introducida en una máquina vibradora donde mediante fricción con chips plásticos abrasivos sumergidos en agua y la adición de

componentes se logra la eliminación de las rebabas formadas en el montaje y se obtiene el acabado físico de la manija. Finalmente, se retira la humedad de la manija usando una secadora centrífuga.

FIGURA 5. Operación de Pulido 1



Fuente: Autores

FIGURA 6. Taladro TRUPER Modelo TAL-5/8 X13 de la operación de montaje.



Fuente: Autores

FIGURA 7. Máquina vibradora utilizada en el Pulido 2.



Fuente: Autores

Recubrimiento electrolítico: En la primera operación de esta etapa se eliminan los restos de grasas, taladrinas y aceites presentes en la superficie de la pieza. Después la pieza se enjuaga en un tanque con agua para evitar el arrastre de las soluciones de desengrase y enseguida es neutralizada con el fin de eliminar las capas de óxido formadas sobre la superficie. Una vez la superficie de la manija se encuentra en condiciones óptimas se realiza el primer paso del recubrimiento propiamente dicho que corresponde al cobrizado, en donde se da la protección anticorrosiva a la pieza; después la pieza debe pasar por otra etapa de enjuague y neutralizado con el propósito de preparar la superficie para el niquelado donde la manija además de adquirir poder anticorrosivo es abrigantada; la pieza nuevamente pasa por una serie de enjuagues para eliminar residuos del niquelado y finalmente es secada.

FIGURA 8. Manija terminada



Fuente: Autores

Terminación: Inicialmente se elimina el exceso de apariencia brillante de la pieza mediante el satinado,

después se incluyen los tornillos de hierro galvanizado y se empaca la manija en bolsa de polipropileno y en caja de cartón. En el Anexo A se encuentran los balances de masa de las etapas mencionadas anteriormente, adicionalmente se elaboraron los diagramas de flujo.

3.2. DISEÑO DE ESTRUCTURA DE ATRIBUTOS EN SIMAPRO

La figura 9 representa la estructura obtenida llevar a cabo la evaluación de los impactos ambientales potenciales. De igual forma se presentan a continuación las consideraciones para crear dicha estructura (Ver Anexo C).

Creación/modificación de las SETL de la energía eléctrica y el combustible

Energía Colombia: Para la creación de la SETL se consideró la generación de energía, su correspondiente transmisión y distribución:

- Generación:

Inicialmente se tomó de acuerdo a la información disponible acerca de la participación de los diferentes tipos de generación de energía se ingresaron los aportes como entradas conocidas desde la naturaleza: Energía hidroeléctrica 67,7%, Energía térmica 32,2%, Energía Eólica 0,1%. Además, se incluyeron las entradas correspondientes a la transformación del suelo y a la ocupación de cuerpos de agua para la construcción de represas para Hidroeléctricas

- Transmisión:

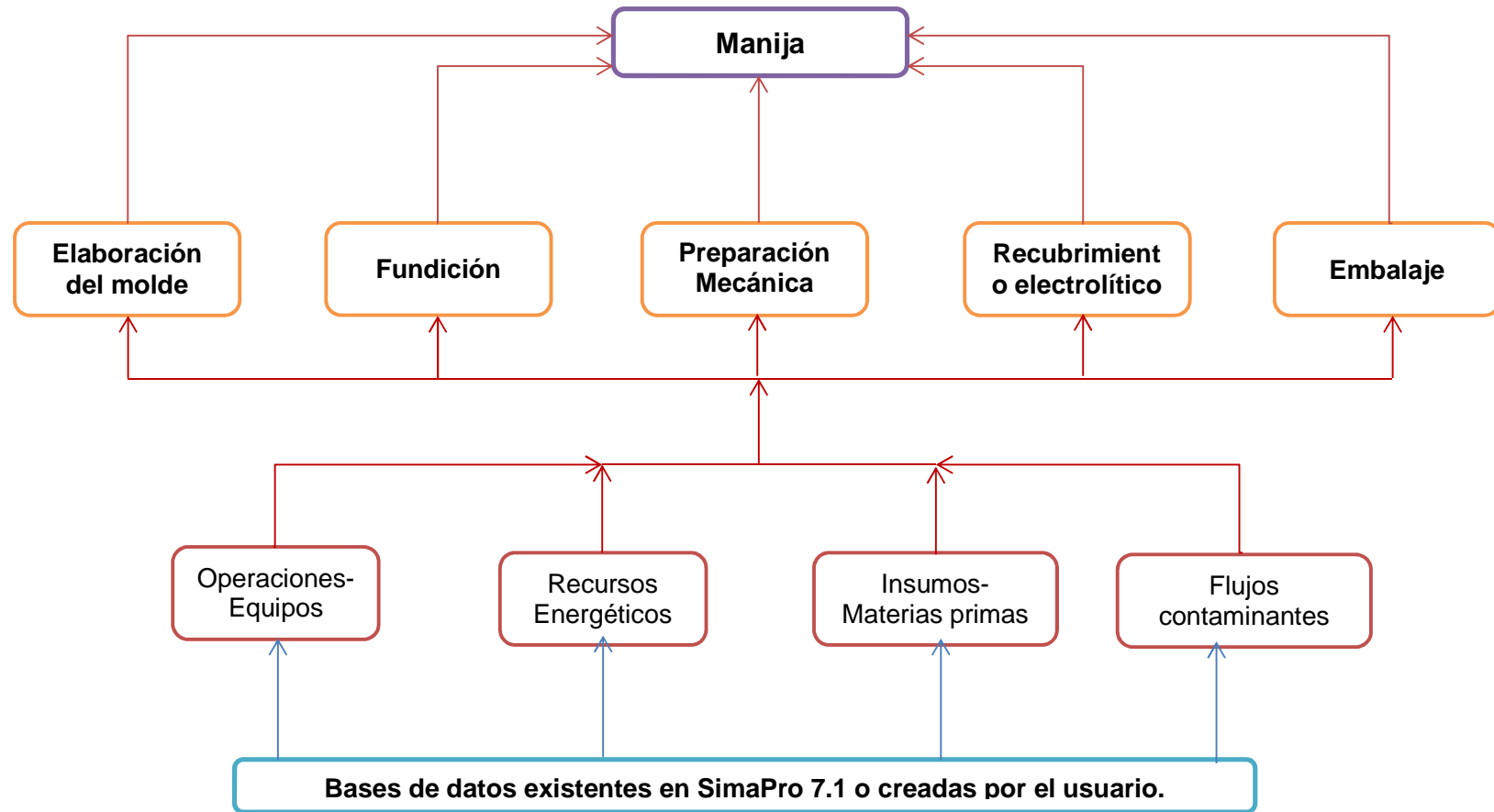
Debido a que la energía utilizada por FANTAXIAS es de medio voltaje se consideró la transmisión de energía de alto voltaje y de medio voltaje.

- Distribución

Finalmente se consideró la distribución de la energía de medio voltaje.

Para las etapas donde existe consumo energía eléctrica se considera como emisión al aire una pérdida de energía del 10% de la utilizada por el equipo disipada como calor.

FIGURA 9. Estructura de atributos de la manija elaborada en Fantaxias para evaluar los impactos ambientales.



Fuente: Autores

Gas natural: Para la creación de la SETL del combustible se utilizó como referente el proceso de gas natural base de datos Ecoinvent System Process, este proceso incluye los requerimientos de energía, la distribución del gas mediante tuberías y las emisiones atmosféricas.

Creación/modificación de las SETL etapas del proceso.

La mayoría de las etapas se crearon de acuerdo a referentes encontradas en las bases de datos Ecoinvent System Process, se hicieron los cambios respectivos ingresando las materias primas, insumos, el consumo de energía eléctrica, combustible o agua y la generación de productos, subproductos y corrientes contaminantes al agua, al aire o al suelo. Para ellos se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones especiales por etapa:

Elaboración del molde:

- El esmeril y el disco abrasivo se ingresan como óxido de aluminio ya que este compuesto es el componente principal de estos materiales usados para las operaciones de conformación mecánica.
- El fluido de corte conocido como taladrina utilizada en la rectificación se ingresa al software como un lubricante mineral con las propiedades de refrigerante.
- En la etapa de pulido el residuo de papel lija se considera como residuo de empaque de papel, siendo este el más similar al utilizado por Fantaxias S.A.S.
- Los residuos de esmeril de las etapas de conformación mecánica se ingresan como partículas suspendidas de 10 μ m en emisiones al aire.

Fundición a presión en cámara fría de Zamac:

- La rejuva y el apartagas no se incluyen en las entradas ya que la cantidad usada de estos compuestos es mínima.

Preparación mecánica:

- Las brocas y machos se ingresan como acero rápido por ser el material con el cual se fabrican.
- Los residuos de Zamac en la inyección se ingresan como residuos de zinc.
- Los chips abrasivos utilizados en el pulido 2 se ingresan de acuerdo a la composición química de estos.
- Se ingresan los desechos de lijas como residuos pesados sin especificación.
- Se ingresa como agua en emisión al aire la humedad retirada a la manija en el secado centrífugo.

Recubrimiento electrolítico:

- Los insumos necesarios se ingresan teniendo en cuenta la caracterización química que define la composición de cada material.

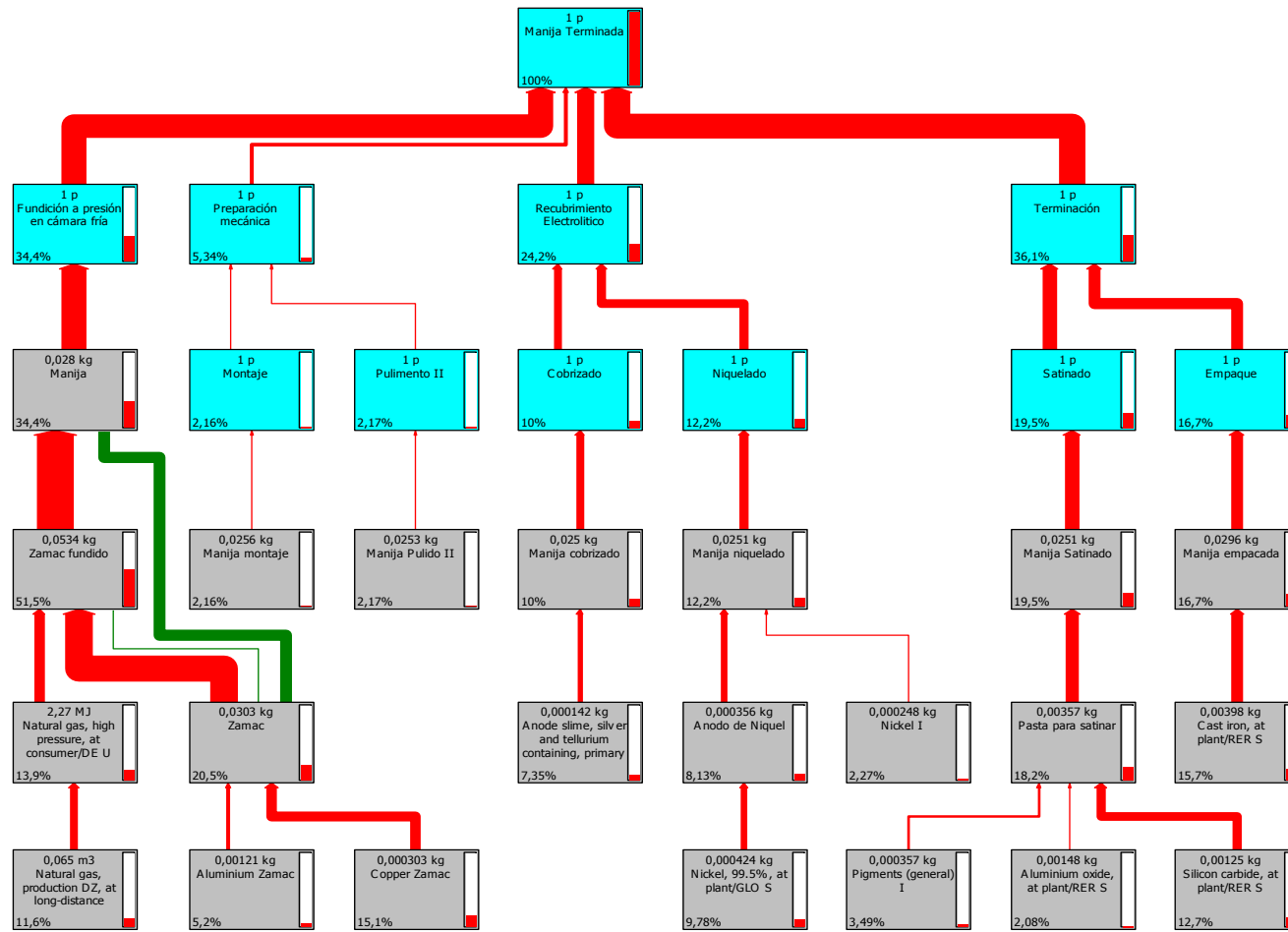
Terminación final:

- Los residuos de pasta para satinar se ingresan como residuos sin especificar.
- Se ingresa el material polipropileno y empaque de cartón que representan los materiales donde es empacada la MPM.
- Se ingresa el hierro galvanizado, este representa los tornillos de hierro galvanizado de la MPM.

3.3. CARGAS AMBIENTALES EN EL PROCESO DE PRODUCCION DE LA MANIJA.

El árbol de proceso generado por SimaPro 7.1 después de crear las bases de datos e interconectarlas se puede visualizar en la figura 10, el software asigna a cada etapa un porcentaje de contribución ambiental, para este estudio se estableció mostrar los procesos con un porcentaje de contribución por encima del 2%.

FIGURA 10. Árbol de proceso con las respectivas contribuciones para la elaboración de la MPM en Fantaxias S.A.S



Fuente: Autores

Al analizar el árbol se tiene que para la producción de una manija el 36.1% de las cargas ambientales se le atribuyen al proceso de ensamblaje, seguido de la etapa de fundición con un 34,4% contribución ambiental negativa, así mismo se encuentra en tercer lugar los baños electrolíticos con un 24,2%, finalmente con un porcentaje poco significativo quedan las etapas de preparación mecánica y la elaboración del molde con 5,29% y 0,00574% respectivamente.

En la tabla 1 se encuentran los porcentajes de contribución de cada una de las sub-etapas para la producción de una MPM en Fantaxias S.A.S.

TABLA 1. Contribución por etapas para el proceso de producción de la manija

Etapas	Sub-etapas	% Contribución
Moldeo	Procesos unitarios	0,00574% (*)
Fundición	Fundición	34,4%
	Inyección	
Preparación mecánica	Pulido 1	1,82%
	Montaje	2,17%
	Pulido 2	2,12%
	Secado	(0,59*)
	Desengrase por inmersión	0,729%
Recubrimiento Electrolítico	Enjuague (1)	0,0138%
	Neutralizado (1)	0,199%
	Enjuague(2)	0,124%
	Cobrizado	10,1%
	Enjuague (3)	(0,000187*)
	Enjuague (4)	0,682%
	Neutralizado (2)	0,0313%
	Enjuague (5)	(0,0018*)
	Niquelado	12,2%
	Enjuague (6)	(0,000181*)
	Enjuague (7)	(0,00406*)
	Enjuague (8)	(0,000837*)
	Secado	0,0826% (*)
	Embalaje	Satinado
Empacado		16,7%

Fuente: Autores

(*) Estas sub-etapas no se visualizan en la Figura 10 ya que se encuentran por debajo del corte de visualización establecido.

En la estructura de atributos también se puede ver la contribución de cada etapa al daño del medio ambiente mediante las líneas rojas gruesas que recorren las sub-etapas hasta llegar al montaje principal de la manija terminada.

En el caso del embalaje todo el impacto se origina en la utilización de los tornillos (15,7%) que van en la manija debido a que este incluye las cargas ambientales de los procesos de fabricación del producto con hierro galvanizado, los cuales conforman una industria altamente contaminante de fuentes hídricas y grandes emisiones al aire (Ministerio de Ambiente, 2010). De igual forma se encuentra la pasta para satinar la MPM, la cual se compone de carburo de silicio aportando un 12,8% de las cargas totales del proceso de embalaje. Sin embargo estos resultados corresponden a productos o servicios externos requeridos por la empresa y suministrados por terceros sobre los cuales no se tiene control directo, pero si se puede reducir su consumo estableciendo estrategias de rendimiento en la etapa de acabado de la manija.

De acuerdo a lo anterior en los siguientes análisis se suprimió la etapa de ensamblaje, y solo se incluyeron las etapas sobre las cuales la empresa puede ejercer un cambio que minimice radicalmente los impactos ambientales generados.

En la tabla 2 se encuentran los porcentajes de contribución a la carga ambiental teniendo en cuenta las 4 etapas con mas relevancia de fabricación de la manija.

TABLA 2. Contribución de las etapas de producción de la manija eliminando el embalaje.

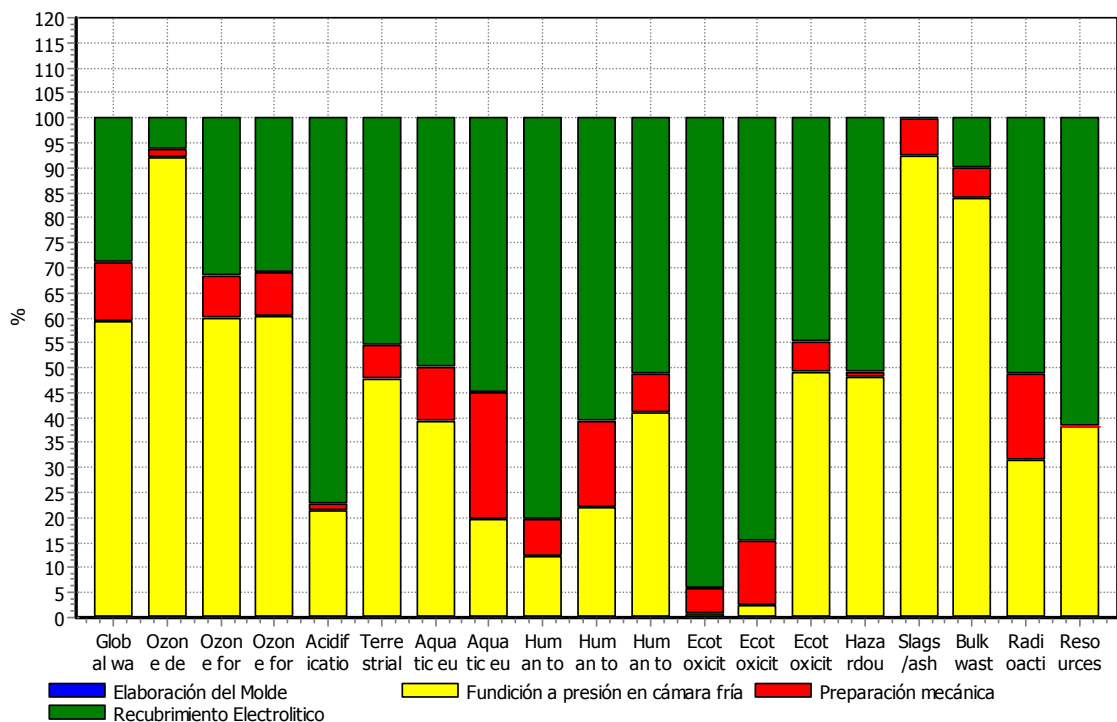
Etapas	% Contribución
Moldeo	0,00574%
Fundición	34,4%
Preparación mecánica	5,4%
Recubrimiento Electrolítico	24,2%

Fuente: Autores

Según la tabla 10 los puntos débiles son la etapa de la fundición y de los electrorecubrimientos con un aporte del 34,4% y 24,2% respectivamente al impacto total, De igual forma se observa que la etapa de “preparación mecánica” aporta sólo un 5,4 % a la carga total; sin embargo también podría Fantaxias llegar a realizar cambios en esta etapa a fin de reducir al mínimo sus aportes.

Una vez determinadas las etapas donde deben priorizarse la evaluación de los impactos ambientales, se construyó el gráfico de caracterización por categorías de impacto figura 11, en el cual se puede observar que las categorías de impacto más significativas para el presente estudio son las de residuos radioactivos, toxicidad humana en el suelo, calentamiento global, toxicidad humana en el agua, formación de ozono por actividades humanas, formación de ozono (vegetación), eco toxicidad crónica y aguda en agua.

FIGURA 11. Caracterización de los impactos ambientales en la producción de la MPM Fantaxias S.A.S.



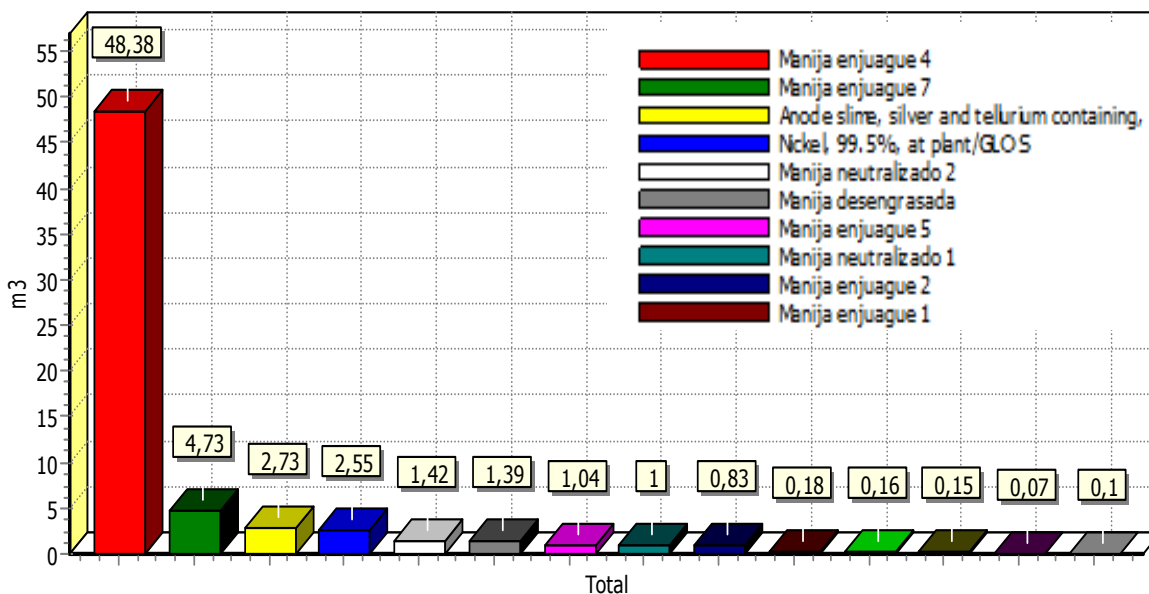
Analizando 1 p (Manija terminada 2); Método: EDIP 2003 V1.01 / Default / Caracterización

Fuente: Autores

Es posible identificar con la figura 11 que los procesos de fundición y recubrimiento son las etapas con mayor aporte en cada una de las categorías.

Para las categorías de eco-toxicidad crónica y aguda del agua e igualmente toxicidad humana en el agua se creo un perfil ambiental (Figura12), en el cual se puede observar que sub-etapas del recubrimiento electrolítico son mas significativas, encontrando que el enjuague 4 es el mayor aportante en cuanto a contaminación hídrica se refiere, este enjuague se encuentra después de realizar el cobrizado. Igualmente en orden descendente se encuentra la sub-etapa del enjuague 7, el cual se realiza después del niquelado (Anexo A).

FIGURA 12. Caracterización de los recubrimientos electrolíticos realizado a la MPM en Fantaxias S.A.S

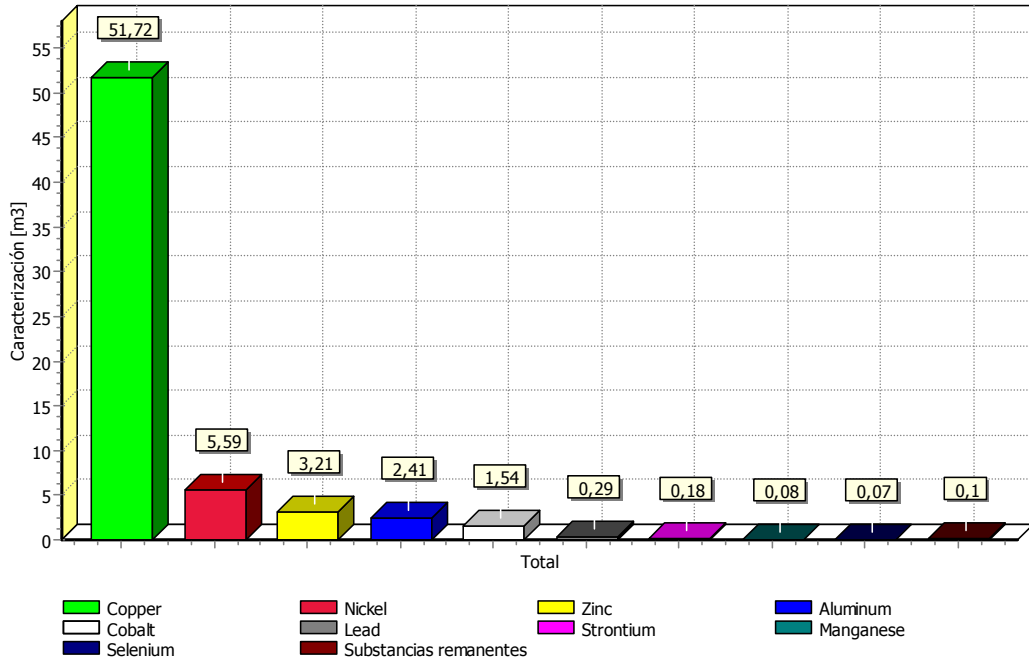


Fuente: Autores

Para el enjuague 4 se genera el perfil ambiental (Figura 13) con el fin de determinar que sustancia presente en los vertimientos generados contribuye al impacto

ambiental que ocurre por la producción de la MPM, en este caso estudio el mayor contaminante es el Cobre seguido en menor proporción de Níquel, zinc y aluminio.

FIGURA 13. Caracterización del enjuague 4 para la categoría de impacto: Eco toxicidad del agua.

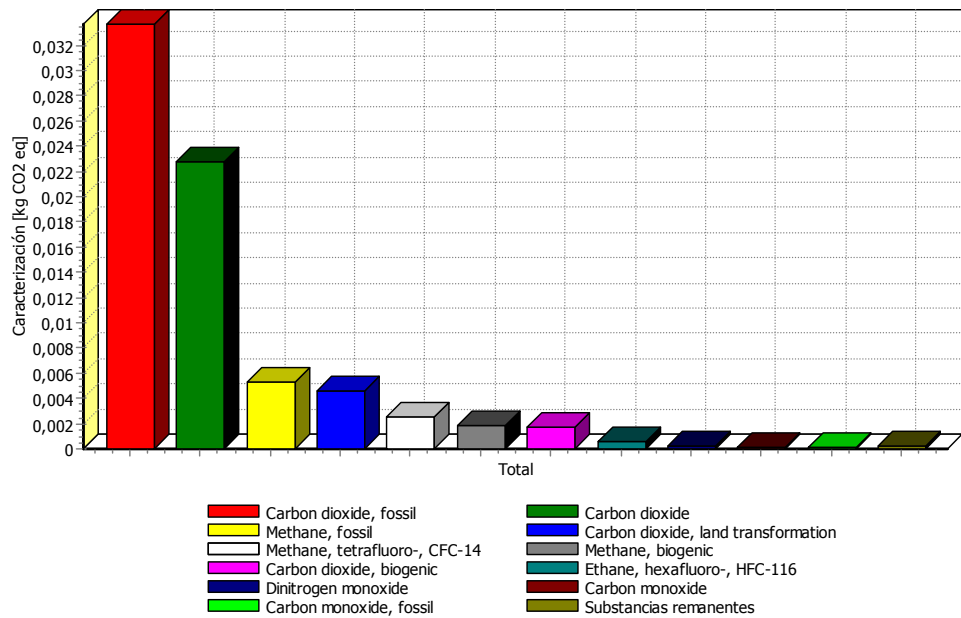


Analizando 1 p (Manija terminada 2); Método: EDIP 2003 V1.01 / Default / Caracterización

Fuente: Autores

En cuanto a las categorías de impacto formación de ozono por actividades humanas, formación de ozono (vegetación) y calentamiento global, de acuerdo a la figura 11, la etapa de mayor influencia es la fundición con un aporte del 91% sobre la categoría debido a la generación de emisiones atmosféricas de compuestos orgánicos volátiles COVs, monóxido de carbono, dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno en el horno de galvanización (Ver figura 14). Adicionalmente con menor importancia en las mismas categorías de impacto se encuentra el recubrimiento electrolítico con vapores de ácido nítrico y clorhídrico.

FIGURA 14. Caracterización para la categoría de calentamiento global por sustancias emitidas al aire.



Analizando 1 p (Manija terminada 2); Método: EDIP 2003 V1.01 / Default / Caracterización

Fuente: Autores

Finalmente en las categorías de residuos pesados (Figura 11), es decir residuos de metales entre otros, se encuentra claramente la etapa de la fundición como mayor contribuyente de la categoría, sin embargo como se puede observar en la figura 10 una línea verde la cual representa el reciclo que se realiza del zamac una vez este sale de la maquina inyectora, gracias a este reciclo de material se reduce el impacto en un 60% en la producción de manijas para muebles.

4. CONCLUSIONES

1. El impacto ambiental generado por el proceso de elaboración de la manija para muebles en FANTAXIAS S.A.S está relacionado con las categorías: Calentamiento Global, Toxicidad Humana agua, Eco-toxicidad crónica del agua, Residuos No Peligrosos, Formación de la capa de Ozono, calentamiento global y depleción de la capa de ozono principalmente.
2. Se identificó que en el proceso de elaboración de la manija para muebles en la empresa Fantaxias S.A.S, las etapas de fundición, recubrimiento electrolítico y preparación mecánica, aportan las mayores cargas ambientales, con porcentajes de 34,4%, 24,2% y 5,42% respectivamente.
3. El perfil medioambiental, y la caracterización elaborada para la etapa de recubrimiento electrolítico, indica que las entradas con mayor impacto ambiental son los enjuagues realizados después del níquelado y cobrizado, debido a la generación de vertimientos tóxicos. Por consiguiente, FANTAXIAS S.A.S debe enfocarse en estandarizar y reducir los vertimientos de estas sustancias la empresa.
4. La producción de manijas, con la producción a máxima capacidad, reduce los vertimientos generados por cantidad de producto ya que así se produzca una o 100 manijas se necesitan los mismos recursos en ciertas etapas del proceso productivo, por consiguiente esta opción conlleva a una disminución del impacto ambiental.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, Gema. CRISTANCHO, Diana. OSPINA, Edgar. MORALES, Nelly. Identificación del manejo de metales en vertimientos de la industria galvánica. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá D.C.

ALZATE, Adriana. OQUENDO, Carolina. MUÑOZ, Arnoldo. Guía de producción más limpia para el sector de recubrimientos electrolíticos en Colombia. Universidad Pontificia Bolivariana/Centro Nacional de Producción más limpia.

ARANDA, Alfonso. Análisis del ciclo de vida como herramienta de gestión empresarial. FC Editorial. España. 2006; Pp. 63-99.

ARÉVALO A, JURADO R. Balance ambiental de un producto representativo de la línea de producción de la línea de aluminio llamado pata julia (REF. PM-0167) en el proceso de producción en la empresa FANTAXIAS S.A.S, trabajo de grado. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Química. 2012.

BALLESTEROS E, MARTÍNEZ R. Diseño de alternativas para la oxidación de cianuros y la remoción de metales presentes en los efluentes de la empresa de electro-recubrimientos FANTAXIAS S.A.S, trabajo de grado. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Química. 2007.

BURGESS, A. A. BRENNAN, D. Application of cycle assessment to chemical processes. Chemical Engineering Science. 2001; Pp. 2589-2604.

B.W. Vigon, D.A. Tolle, B. W. Cornaby, H. C. Latham. Life-cycle assessment: inventory guidelines and principles. U.S U.S Environmental Protection Agency. 1993. Ohio.

CABALLERO C, RAMÍREZ M. Balance ambiental para la producción de una pieza de ferretería tipo manija en ZAMAC en la empresa FANTAXIAS S.A.S, trabajo de grado. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Química. 2012.

CAPRA F, PAULI G. The challenge. Steering Business Towards Sustainability, United Nations University Press, Tokyo. 1995; Pp. 1-14.

CEGESTI Desarrollo Sostenible. Análisis de Ciclo de Vida. San José, Costa Rica; 2011.

CHARGOY, Juan Pablo. ROSAS, Amador. TÉLLEZ, Diego. Generación de inventarios para el Análisis de Ciclo de Vida de cemento, block, bovedilla, vigueta y ladrillo en la zona centro de México. (Tesis de maestría). México. Universidad de las Américas Puebla; 2009.

CURRAN, Mary. MANN, Margaret. NORRIS, Gregory. Report on the International workshop on electricity data for life cycle inventories. . National Risk Management Research Laboratory, U.S Environmental Protection Agency. 2001. Ohio

CURRAN, Mary. Life Cycle Assessment Handbook: A Guide for Environmentally Sustainable Products. Wiley & Sons. United States of America. 2012. Pp. 143-157.

DINCER I. Environmental impacts of energy. Energy Policy 1999; 27. Pp. 845-854.

ESTENSSORO, Fernando. Crisis ambiental y cambio climático en la política global: un tema crecientemente complejo para américa latina. Universidad de Talca. 2010; Pp. 55-77.

ESTREMS, Manuel. Principios de mecanizado y planificación de procesos. Universidad Politécnica de Cartagena. 2007; Pp. 3-30.

FANTAXIAS S.A (Sitio en internet). Disponible en <http://www.fantaxias.com>. Acceso el 28 de febrero 2013.

GARRAIN, Daniel. Desarrollo y aplicación de las categorías de impacto ambiental de ruido y de uso de suelo en la metodología De análisis de ciclo de vida.(Tesis doctoral). Universidad Jaume; 2009.

GALLEGO A. Diferenciación espacial en la metodología de análisis del ciclo de vida: desarrollo de factores regionales para eutrofización acuática y terrestre, tesis doctoral. Santiago de Compostela, España: Universidad de Santiago de Compostela USC; 2008.

GUERRERO A, ROMERO L. Evaluación de la carga Contaminante de las vertientes liquidas de la empresa de herrajes FANTAXIAS S.A.S., trabajo de grado. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Química. 2006.

GORDILLO G, VALERO R. Evaluación de las pérdidas energéticas en la planta de fundición de la empresa de Herrajes FANTAXIAS S.A.S., trabajo de grado. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Química. 2005.

GOODLAND R. Desarrollo económico sostenible: avances sobre el informe de Bruntland. Tercer mundo Editores en coedición con Ediciones Uniandes, Santafé de Bogotá. 1994; Pp. 25-58.

GÜERECA L. Desarrollo de una metodología para la valoración en el análisis del ciclo de vida aplicada a la gestión integral de residuos municipales.(Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Cataluña; 2006.

HELLWEG, Stefanie. FISHER, Ulrich. SCHERINGER, Martin. HUNGERGUHLER, Konrad. Environmental assessment of chemicals: methods and application to a case study of organic solvents. Pp. 418-427. 2004.

HERNANDEZ, Liliana. AVILAR, Mario. LEGORRETA, Felipe. HERNANDEZ, Leticia. Extracción líquido-líquido de ZN(ii) en diferentes medios empleando como extractante el líquido iónico CYPHOS IL 109. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 2011, México.

HISCHIER, Roland. HELLWEG, Stefanie. CAPELLO, Christian. PRIMAS, Alex. Establishing life cycle inventories of chemicals based on differing data availability. The International Journal of Life Cycle Assessment. 2005.

KLOPFFER W. Life Cycle Assessment from the beginning to the current state. Environ. Sci and Pollut. Alemania. 1997; Pp. 223-228.

L. Vivancos Bonop, T. Gómez Navarro, P. Ferrer Gisbert, R. C. López García, S. Capuz Rizo. Análisis de ciclo de vida (acv): una técnica cuantitativa al servicio del diseño respetuoso con el medio ambiente (dfe). Universidad Politécnica de Valencia. 2000; Pp. 205-214

MONROY, Nestor. HOOFF, Bart. ESPINOSA, Juan. LCA (Life Cycle Analysis) Una herramienta de la industria para conciliar la crisis ambiental y el desarrollo empresarial. Revista de Ingeniería, Universidad de los Andes. 1999; Pp.44-51.

NIEMBRO, Isabel. Energía y Exergía: Enfoques hacia la Sostenibilidad mediante el Análisis de Ciclo de Vida. Congreso Nacional del medio ambiente. Universidad Politécnica de Cataluña. 2001. Pp. 1-12.

PEÑUELAS J, LLUIS J. Emisiones biogenicas de COVs y cambio global, ¿Se defienden las plantas contra el cambio climático?; 2003 (1).

PRé Consultants. Introduction to LCA with SimaPro 7. Amersfoort, Holanda. 2006; Pp. 82.

RAP-AL. Contaminación y eutrofización del agua: Impactos del modelo de agricultura industrial. Uruguay; 2010.

RIVELA B, Moreira MT, MUÑOZ I, RIERADEVALL J, FEIJOO G. Life cycle assessment of wood wastes: A case study of ephemeral architecture. Universidad de Santiago de Compostela. 2006.

ROY P, NEI D, ORISAKA T, XU Q, OKADOME H, NAKAMURA N et al. A review of life cycle assessment (LCA) on some food products. Journal of food engineering 2009; 90. Pp 1-10

RODRIGUEZ, Evelyn. GARCIA, Yuset. CACHALDORA, Javier. GALLO, Yan. Estrategia de producción más limpia para el taller galvánico de INPUD. Universidad central marta abreu de las villas; Pp. 1-21.

SÁNCHEZ O, CARDONA C, SÁNCHEZ D. Análisis de ciclo de vida y su aplicación a la producción de bioetanol: Una aproximación cualitativa. REVISTA Universidad EAFIT. 2007; 43 (146); Pp. 59-79.

SINGH S, GOYAL D. Microbial and plant derived biomass for removal of heavy metals from wastewater. Bioresource Technology 2007; 98; Pp. 2243–2257.

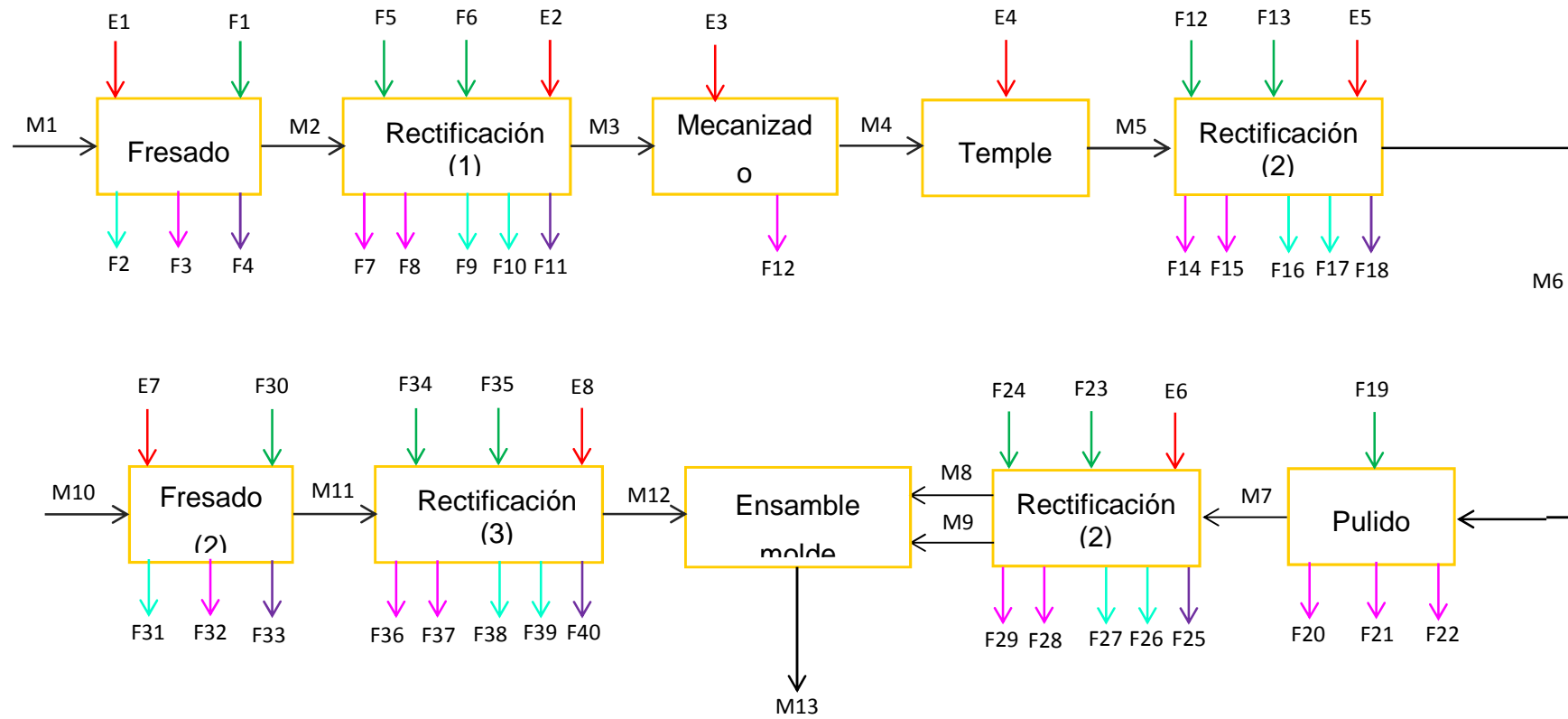
STONE, Kenneth. SPRINGER, Johnny. Life cycle assessment for chemical agent resistant coating. National Risk Management Research Laboratory. 1996. Ohio.

Sociedad Pública de Gestión ambiental. Análisis de Ciclo de Vida y Huella de Carbono. 2009.

CURRAN, Mary. Life Cycle Assessment Handbook: A Guide for Environmentally Sustainable Products. Wiley & Sons. United States of America. 2012. Pp. 143-157.

ANEXO A

FIGURA A1. Diagrama de proceso de la elaboración del molde.



Fuente: Autores

TABLA A1. Balances realizados en la elaboración del molde por 1g de Manija.

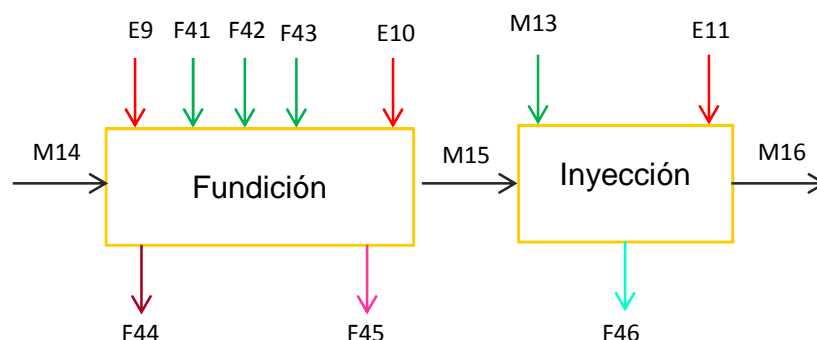
Proceso	# Corriente	Detalle	Entrada	Salida
Fresado	F1	Taladrina	0,6032 gr	
	M1	Acero 23-63	1,7979 gr	
	E1	Energía	2.2670*10-6 MJ	
	F2	Taladrina para reciclar		0,6016 gr
	F3	Residuo Acero		0,7978 gr
	F4	Efluente taladrina		1,6063*10-3 gr
	M2	Acero fresado		1 gr
Rectificación (1)	F5	Taladrina	0,6053 gr	
	F6	Disco abrasivo	0,2075 gr	
	M2	Acero fresadp	1,0034 gr	
	E2	Energía	1,153*10-7 MJ	
	F7	Residuo disco abrasivo		5,9956*10-5
	F8	Residuo Acero		3,4590*10-3
	F9	Disco abrasivo reciclo		0,2074 gr
	F10	Taladrina reciclar		0,6051 gr
	F11	Efluente taladrina		1,7526*10-4 gr
	M3	Acero Rectificado		1gr
Mecanizado	E3	Energía	2,1728*10-5 MJ	
	M3	Acero rectificado	1,0559 gr	
	F12	Residuo de acero		0,0559 gr
	M4	Acero mecanizado		1 gr
Temple	E4	Energía	9,1172*10-3 MJ	
	M4	Acero mecanizado	1gr	
	M5	Acero temple		1 gr
Rectificación (2)	F12	Taladrina	0,6408 gr	
	F13	Disco abrasivo	0,2197 gr	
	M5	Acerp temple	1,0024 gr	
	E5	Energía	1,0224*10-4 MJ	

	F14	Residuo disco abrasivo	5,2484*10 ⁻⁵
	F15	Residuo Acero	2,4411*10 ⁻³ gr
	F16	Disco abrasivo reciclo	0,2196 gr
	F17	Taladrina reciclar	0,6405 gr
	F18	Efluente taladrina	1,5501*10 ⁻⁴ gr
	M6	Acero Rectificado 2	1gr
Pulido	F19	Esmeril tipo lija	8,9676*10 ⁻³ gr
	M6	Acero rectificado 2	1,0009 gr
	F20	Residuo acero	9*10 ⁻⁴ gr
	F21	Residuo Esmeril	1,6616*10 ⁻³
	F22	Residuo papel lija	7,3060*10 ⁻³ gr
	M7	Acero pulido	1gr
Rectificación (3)	F23	Taladrina	0,6563 gr
	F24	Disco abrasivo	0,225 gr
	E6	Energía	2,0108*10⁻³ MJ
	M7	Acero pulido	2,0231 gr
	F25	Efluente taladrina	1*10 ⁻³
	F26	Taladrina Reciclar	0,6553 gr
	F27	Disco abrasivo reciclar	0,2239 gr
	F28	Residuo disco abrasivo	1,1*10 ⁻³ gr
	F29	Residuo Acero	0,02312 gr
	M8	Matriz móvil	1 gr
	M9	Matriz fija	1 gr
Fresado (2)	F30	Taladrina	0,0382 gr
	E7	Energía	1,5629*10⁻⁴ MJ
	F31	Taladrina reciclar	0,0381 gr
	F32	Acero residuo	0,0519 gr
	F33	Efluente taladrina	1,1659*10 ⁻⁴ gr
	M10	Acero 10-45	1,0515 gr

	M11	Acero fresado 2	1gr
Rectificación (4)	F34	Taladrina	0,0383 gr
	F35	Disco Abrasivo	0,013119 gr
	M11	Acero fresado 2	1,00026 gr
	E8	Energía	2,9313*10-5 MJ
	F36	Residuo Acero	2,6239*10-4 gr
	F37	Residuo disco abrasivo	1,5*10-5 gr
	F38	Taladrina reciclar	0,0341 gr
	F39	Disco abrasivo reciclar	0,013104 gr
	F40	Efluente taladrina	4,1327*10-3 gr
	M12	Acero rectificado 4	1 gr
Ensamble	M8	Matriz móvil	
	M9	Matriz fija	1,00571*10-4
	M12		1,8163*10-3
	M13		1,9169*10-3

Fuente: Autores

FIGURA A2. Diagrama de proceso de la fundición.



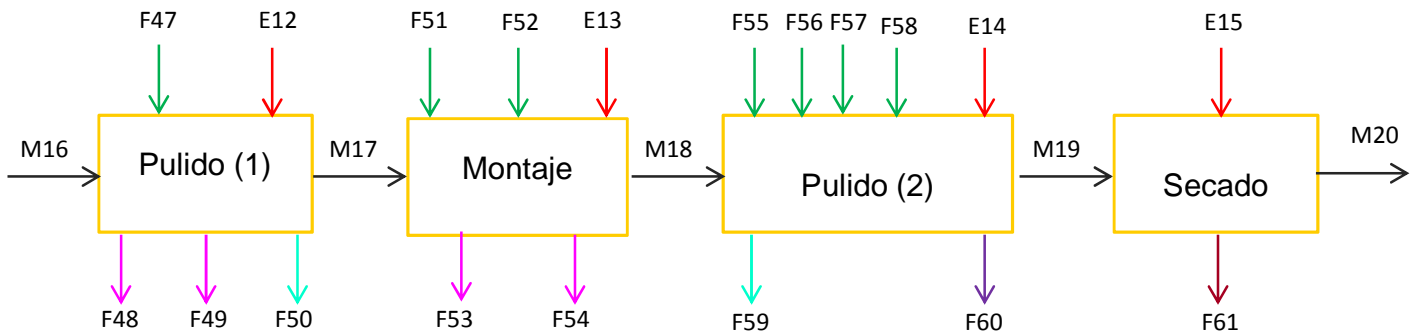
Fuente: Autores

TABLA A2. Balances realizados en la fundición por 1 gramo de manija.

Proceso	# Corriente	Detalle	Entrada	Salida
Fundición	F41	Rejuva	5,1471*10 ⁻⁵ gr	
	F42	Apartagas	3,6369*10 ⁻⁵ gr	
	F43	Aire	374,672 gr	
	M14	Zamac	1,0534 gr	
	E9	Gas Natural	0,0428 MJ	
	E10	Energía	6,7641*10 ⁻⁵ MJ	
	F44	Gases de combustión		1,4985E-03
	F45	Escoria zamac		5,3382*10 ⁻² gr
	M15	Zamac fundido		1gr
Inyección	M13	Molde		
	E11	Energía	1,3571 MJ	
	M15	Zamac fundido	1,9061	
	F46	Zamac reciclar		0,9061 gr
	M16	Manija		1gr

Fuente: Autores

FIGURA A3. Diagrama de proceso de preparación mecánica de la manija.



Fuente: Autores

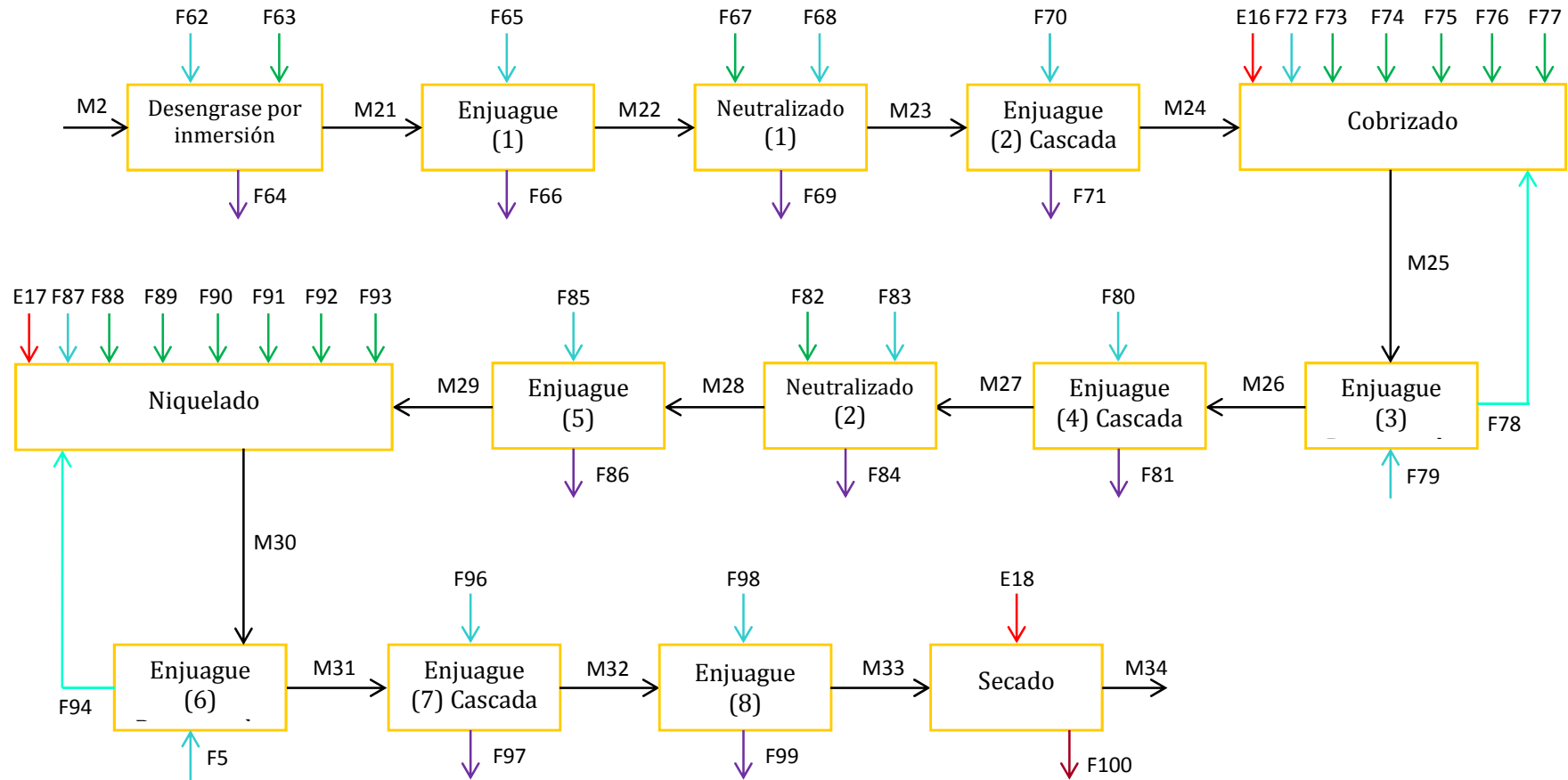
TABLA A3. Balances realizados en la preparación mecánica por 1 g de manija.

Proceso	# Corriente	Detalle	Entrada	Salida
Pulido (1)	F47	Esmeril	1,0577*10 ⁻³ gr	
	M16	Manija Bruta	1,0769 gr	
	E12	Energía	2,0038 MJ	
	F48	Residuo Esmeril		3,1232*10 ⁻⁴ gr
	F49	Residuo zamac		0,0769 gr
	F50	Reciclo Esmeril		7,4538*10 ⁻⁴ gr
	M17	Manija pulido		1 gr
Montaje	F51	Acero Rápido	1,578 gr	
	F52	Machos		
	M17	Manija pulido	1,0156 gr	
	E13	Energía	2,8906*10⁻⁴ MJ	
	F53	Residuo		1,5788 *10 ⁻⁵ gr
	F54	Residuo zamac		0,0156 gr
	M18	Manija montaje		1 gr
Pulido (2)	F55	Chips abrasivos	0,9537 gr	
	F56	Agua acueducto	1,9485p10 ⁻³	
	F57	Desbarbante	4,7943 p10 ⁻³	
	F58	Tensoactivo	1,4988*10 ⁻⁴	
	M18	Manija montaje	1,0126 gr	

	E14	Energía	3,5601*10-5 MJ
	F59	Chips abrasivos rec	0,9260gr
	F60	Efluente	0,0471 gr
	M19	Manija pulido 2	1 gr
	E15	Energía	6,7844 *10-4 MJ
Secado	M19	Manija pulido 2	1,01489 gr
	F61	Vapor Agua	0,0149 gr
	M20	Manija secado	1 gr

Fuente: Autores

FIGURA A4. Diagrama de proceso del recubrimiento electrolytico.



Fuente: Autores

TABLA A4. Balances realizados en la etapa de recubrimiento electrolítico por 1 gramo de manija.

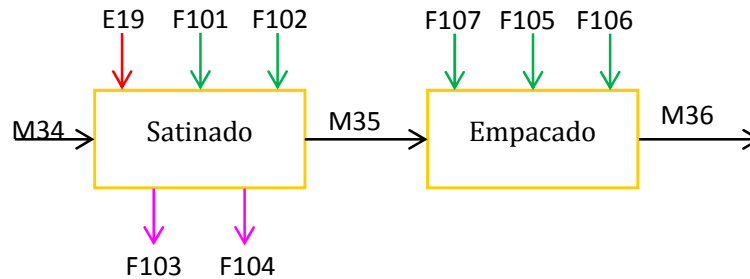
Proceso	# Corriente	Detalle	Entrada	Salida
Desengrase por inmersión	F62	Agua acueducto	0,084 gr	
	F63	Novaclean	2,7326*10-3	
	M20	Manija preparación	1gr	
	F64	Efluente		0,0875 gr
	M21	Manija desengrase		1gr
Enjuague (1)	F65	Agua acueducto	0,3939 gr	
	M21	Manija desengrase	1 gr	
	F66	Efluente 1		0,3947 gr
	M22	Manija		1 gr
Neutralizado (1)	F67	Acido sulfúrico	1,6648*10-3	
	F68	Agua acueducto	0,2110 gr	
	M22	Manija enjuague 1	1 gr	
	F69	Efluente 2		0,2132 gr
	M23	Manija neutralizado		1 gr
Enjuague(2)	F70	Agua acueducto	0,07879 gr	
	M23	Manija neutralizado	1,004 gr	
	F71	Efluente		0,8169 gr
	M24	Manija enjuague2		1gr
Cobrizado	F72	Agua acueducto	0,1203 gr	
	F73	Cianuro de sodio	0,0156 gr	
	F74	Cianuro de cobre	0,0109 gr	
	F75	Sal de rochele	9,3291 *10-4	
	F76	Cobre metálico	5,6789*10-3	
	F77	Alkabrite	5,8786 *10-4	
	M24	Manija enjuague 2	0,9944 gr	
	E16	Energía	1,9865*10-3 MJ	
	F78	Recovery cobre	0,0435 gr	

	M25	Manija cobrizado	1gr
Enjuague (3)	F79	Agua acueducto	0,0411 gr
	M25	Manija cobrizado	1gr
	F78	Recovery cobre	0,0435 gr
	M26	Manija enjuague	1gr
Enjuague (4)	F80	Agua acueducto	0,7879 gr
	M26	Manija enjuague 3	1 gr
	F81	Efluente	0,7859 gr
	M27	Manija enjuague 4	1 gr
Neutralizado (2)	F82	Agua acueducto	0,1466 gr
	F83	Acido sulfúrico	1,6649
	M27	Manija enjuague 4	1 gr
	F84	Efluente	0,1488 gr
	M28	Manija neutralizado	1 gr
Enjuague (5)	F85	Agua acueducto	0,3940 gr
	M28	Manija neutraizado2	1 gr
	F86	Efluente	0,3971
	M29	Manija neutralizado5	1gr
Niquelado	F87	Agua acueducto	0,0409 gr
	F88	Acido bórico	$6,5975 \cdot 10^{-4}$
	F89	Cloruro de níquel	$7,2597 \cdot 10^{-4}$
	F90	Sulfato de níquel	$1,9797 \cdot 10^{-3}$
	F91	Ánodo de níquel	0,0142 gr
	F92	Abrillantador de Ni	0,0141 gr
	F93	Base para níquel	$7,1440 \cdot 10^{-3}$
	M29	Manija neutralizado5	0,9988 gr
	F94	Recovery niquel	0,0417 gr
	E17	Energía	$9,4136 \cdot 10^{-4}$ MJ
	M30	Manija Niquelado	1 gr
Enjuague (6)	F95	Agua acueducto	0,0396 gr

	M30	Manija niquelado	1 gr
	F94	Recovery níquel	0,0417 gr
	M31	Manija enjuague 6	1 gr
Enjuague (I)	F96	Agua	0,8879 gr
	M31	Manija enjuague 6	1 gr
	F97	Efluente	0,8907 gr
	M32	Manija enjuague 7	1 gr
Enjuague (8)	F98	Agua acueducto	0,1761 gr
	M32	Manija enjuague 7	0,9605 gr
	F99	Efluente	0,1762 gr
	M33	Manija enjuague 8	1 gr
Secado	E18	Energía	6,9974*10⁻⁴ MJ
	M33	Manija enjuague 8	1,0411 gr
	F100	Vapor de agua	0,0411 gr
	M34	Manija secado	1 gr

Fuente: Autores

FIGURA A5. Diagrama del proceso de terminación.



Fuente: Autores

TABLA A5. Balances realizados en la etapa de terminación por 1 gramo de manija.

Proceso	# Corriente	Detalle	Entrada	Salida
Satinado	F101	Pasta para satinar	0,1423 gr	
	F102	Felpa	No considerada	
	E19	Energía	0,8043 KJ	
	M34	Manija secado	1 gr	
	F103	Residuo pasta		0,1423 gr
	F104	Residuo felpa	No considerada	
	M35	Manija satinado		1 gr
Empacado	F105	Cajas cartón	0,0372 gr	
	F106	Bolsa polipropileno	0,0176 gr	
	F107	Tornillo de hierro galvanizado	0,1346	
	M35	Manija satinado	0,8477 gr	
	M36	Manija empacada		1gr

Fuente: Autores

TABLA A6. Valores de los vertimientos en las diferentes etapas del proceso.

Proceso	Etapa	Corriente	Contaminantes (mg/MPM)						
			Cu	Zn	Ni	Al	Cianuro	Aceites y grasas	OH ⁻
Preparación mecánica	Pulido 2	F60	0,1137	0,0825	-	0,4616	-	0,7626	1,88 ⁻²
Recubrim. electrolítico	Desengrase	F64	0,0030	1,4834	0,0010	0,0634	0,0001	0,3947	3,67 ⁻¹²
	Enjuague 1	F66	0,0073	0,0646	0,0555	-	-	1,5695	1,67 ⁻⁶
	Neutralizado 1	F69	0,0042	1,0255	0,0353	-	0,0001	0,7735	8,97 ⁻¹²
	Enjuague 2	F71	0,0169	0,6388	0,0943	-	0,0002	2,8164	3,34 ⁻⁷
	Enjuague 4	F81	4,2423	0,0288	0,1346	-	1,5113	2,7999	3,35 ⁻²
	Neutralizado 2	F84	0,0914	0,0561	0,5412	-	0,1717	0,5019	6,28 ⁻²
	Enjuague 5	F86	0,0659	0,0070	0,4721	-	0,3753	1,2081	1,68 ⁻⁹
	Enjuague 7	F97	-	0,0130	7,7844	-	0,0016	2,5163	3,78 ⁻⁸
Enjuague 8	F99	-	0,0137	0,0993	-	0,0006	0,5109	7,81 ⁻⁶	

Fuente: Autores

ANEXO B

TABLA B1. Características y composición de las materias primas e insumos de la etapa de elaboración del molde.

Materia Prima / Insumo	Descripción	Composición
Acero 1045	Conocido por una resistencia bastante buena y por sus propiedades de impacto. Tiene buenas cualidades de mecanización, así como cualidades de soldadura de reparación.	Acero=98,47%, Mn=0,75%, S=0,04%, Si=0,27%, C=0,47%
Acero 2363	Acero de alta estabilidad dimensional durante el tratamiento térmico. Entre sus cualidades están la alta resistencia al desgaste y alta tenacidad.	Acero=92,4%, Cr=5,3%, Mo= 1,1%, C=1%, V=0,2%
Taladrina	Producto con un alto poder lubricante en las operaciones de mecanizado donde existe un contacto directo entre la pieza en construcción y la herramienta, optimiza las condiciones físico-químicas de la zona de contacto prolongando la vida de las herramientas y reduciendo la energía de fricción.	Aceite mineral=20% Emulgentes=30% Agua=40% Aditivos=10%
Esmeril – Disco Abrasivo	Compuestos de gran dureza que se utilizan para desbastar, pulir y dar brillo	Principalmente Óxido de aluminio

Fuente: Autores

TABLA B2. Características y composición de las materias primas e insumos de la etapa de fundición a presión en cámara fría.

Materia Prima / Insumo	Descripción	Composición
Zamac	Es un material barato que posee buena resistencia mecánica, deformabilidad plástica, y buena colabilidad.	Zn=93,51%, Al=3,46%, Mg=0,123%, Cu=3,35%, Pb=0,0029%, Cd=0,0012%, Fe=0,0086%, Sn=0,0007%

Fuente: Autores

TABLA B3. Características y composición de las materias primas e insumos de la etapa de preparación mecánica.

Materia Prima / Insumo	Descripción	Composición
Esmeril	Compuesto principalmente de Corindón, de gran dureza, se utiliza para desbastar, pulir y dar brillo	Principalmente Óxido de aluminio
Acero rápido (Brocas y machos)	Se utiliza para realizar procesos de mecanizado, tiene buena resistencia a la temperatura y al desgaste.	Fe=81,15%, Mn=0,3%, Si=0,3%, Cr=4,15%, Mo=5%, V=1,95%, W=6,4%, C=0,85%
Chips plásticos abrasivos	Elementos abrasivos que mediante vibración realiza un pulido fino superficies más suaves como aluminio inyectado o zamac.	SiO ₂ =63%, Al ₂ O ₃ =33%, Fe ₂ O ₃ =1%, Na ₂ O=2%, CaO=0,2%, MgO=0,2%, TiO ₂ =0,6%
Desbarbante	Sustancia que contiene una mezcla de sales sódicas alcalinas y abrasivos naturales.	Sodio metasilicato pentahidratado NaSi·5H ₂ O=98,2%, P=1,8%
Tensoactivo	Sustancia que influye por	Principalmente Alcohol

medio de la tensión superficial en la superficie de contacto entre dos fases, se utiliza para eliminar la grasa de las piezas.	etoxilado
--	-----------

Fuente: Autores

TABLA B4. Características y composición de las materias primas e insumos de la etapa de recubrimiento electrofítico.

Materia Prima / Insumo	Descripción	Composición
Novaclean	Es un desengrasante alcalino en forma de sólido granulado totalmente soluble al agua. Elimina todo tipo de suciedades de origen orgánico o mineral.	NaSi·5H ₂ O=25%, Alcohol etoxilado (A7)=25%, alcohol etoxilado (A11)=25%, Tripolifosfato de sodio Na ₅ P ₃ O ₁₀ =25%
Sal de Rochelle (Tartrato de Sodio y Potasio)	Es una sal soluble en agua y ligeramente en alcohol que posee la propiedad de la doble refracción. Se utiliza en el recubrimiento de metales y aleaciones.	NaKC ₄ O ₆ H ₄ ·4H ₂ O
Cianuro de Cobre	Es un polvo de color blanco a crema o verde. Utilizado en electrolisis para el cobrizado de hierro y el zamac, como funguicida y en polimerización como catalizador.	Cu=68%, HCN=32%
Cianuro de Sodio	Compuesto sólido e incoloro que se usa en el recubrimiento, especialmente de zinc, cobre, latón y cadmio.	HCN
Abrillantador de Níquel	Sustancia que se utiliza para dar brillo a la pieza en la etapa de niquelado del recubrimiento electrofítico.	NiCl ₂ =15,2%, NiSO ₄ =73,3%, H ₃ BO ₃ =11,5%

Ánodo de Níquel	Utilizado en el recubrimiento mediante electrodeposición de una capa delgada de níquel sobre una pieza metálica. La capa formada puede tener finalidad decorativa o proporcionar resistencia a la corrosión o al desgaste.	Mayoritariamente Níquel
Ácido Sulfúrico	Se utiliza en el proceso de recubrimiento electrolítico para eliminar las capas de óxido que se forman al contacto entre la atmósfera y las piezas metálicas.	H ₂ SO ₄
Alka Brite	Producto con base alcalina, contiene detergentes y tensoactivos para penetrar y eliminar manchas de grasa, su formación de espuma ayuda a levantar suciedad grasienta de la superficie de la pieza dejándola limpia y brillante rápidamente.	Principalmente Aceite Mineral

Fuente: Autores

TABLA B5. Características y composición de las materias primas e insumos de la etapa de terminación.

Materia Prima / Insumo	Descripción	Composición
Hierro Galvanizado (Tornillos)	Es el hierro resistente a la corrosión gracias a la capa de zinc. Es de color gris y bastante activo químicamente.	Fe en su mayoría, Zn

Fuente: Autores

ANEXO C

Elaboración del molde

Operaciones de conformación mecánica (fresado, rectificado y mecanizado):

Se escogió como referencia el proceso *Drilling conventional Steel/RER U*, existente en la base de datos *Ecoinvent Unit Processes* de SimaPro. Lo anterior, teniendo en cuenta que esta operación se localiza en los procesos de transformación de metales mediante el arranque de viruta; Este proceso abarca el consumo eléctrico directo de la máquina, el consumo de servicios auxiliares en la operación de la misma, adicionalmente considera que el material removido es reciclado. Adicionalmente, se incluye la infraestructura de la fábrica donde se procesa el metal y como emisión al aire contiene las pérdidas por calor.

A fin de acoplar este proceso al realizado en Fantaxias, se hicieron las siguientes modificaciones para crear el SETL del fresado, rectificado y mecanizado:

- Se incluyó como nueva entrada desde la tecnosfera la taladrina como el fluido de corte.
- Se cambió la entrada *Steel, low-alloyed, at plant/RER U* por el acero 1045 o 2363 creados de acuerdo a la etapa.
- Se eliminó la entrada *Metal working factory, unspecified, at plant/RER/ I U* que corresponde a la infraestructura de la fábrica.
- Se adicionaron las cargas contaminantes al agua, y residuos considerados en los balances (Anexo A).

Pulido: Se creó la SETL de la siguiente manera:

- Se ingresaron como entrada conocida desde la tecnosfera el *Aluminium oxide, at plant/RER/ S* y el acero 2363 obtenido en la rectificación 2.
- Se ingresó la emisión al aire *Particulates, < 10 µm* correspondiente a los residuos diminutos del Acero 2363.

- En cuanto a los flujos finales de residuos, se agregaron los residuos de acero *Steel Waste* y de papel lija *Packaging waste, paper and board*.

Temple: Para esta operación en donde se adecuan las propiedades mecánicas del acero se creó una SETL:

- Se ingresaron como entradas desde la tecnosfera la energía eléctrica colombiana para el uso del horno eléctrico y el Acero 2363 obtenido en el Mecanizado.
- Se ingresó como emisión al aire la pérdida de energía del 10%.

Fundición a presión en cámara fría

Fundición: para la creación de esta etapa se utilizó como referente el unit process *Zinc , from Imperial smelting furnace/GLO U, S* existente en la base de datos *Ecoinvent System Processes*, el cual abarca la fundición de Zinc en un horno de fundición Imperial incluyendo materiales, usos de la energía, la infraestructura y las emisiones de la operación. Se consideraron las siguientes reformas:

- Se cambiaron las entradas de *Zinc concentrate, at beneficiation/ GLO U*, de *Electricity, medium voltaje, production UCTE, at grid/ UCTE U* y de *Natural gas burned in industrial furnace low-NOx>100 kW/RER U* por el Zamac, la electricidad y el gas natural creados.
- Se eliminan las entradas de las demás fuentes de energía.
- Se eliminan las entradas que consideran el transporte de las materias primas el *Transport, transoceanic freight ship/OCE U; Transport, lorry > 16t, fleet average/ RER U* y *Transport, freight, rail/RER U*.
- Se cambió la entrada desde la tecnosfera de *Oxigen, liquid, at plant/RER U* por la entrada desde la naturaleza de aire para la combustión en horno
- Las emisiones al aire se cambiaron de acuerdo a los balances de materia realizados en el horno de fundición.

Inyección: En la creación de esta operación se tuvo en cuenta la energía requerida por el equipo y las materias primas.

- Se ingresaron como entradas desde la tecnosfera el Zamac fundido y la electricidad necesaria para el funcionamiento de la inyectora.
- Se estableció como producto evitado el Zamac reciclado ya que cuando el zamac es inyectado en el molde se obtienen 8 manijas además del sistema de llenado, este es separado de las piezas y es reciclado nuevamente al horno.
- Se ingresó como emisión al aire la pérdida de energía del 10%.
- No se consideraron los insumos de rejuva y apartagas ya que su consumo es muy mínimo y no representan un aporte significativo. La rejuva y el apartagas son ayudantes de esta etapa, el apartagas elimina los gases en el crisol del horno y la rejuva aglomera la escoria para su fácil eliminación en la fundición.

Preparación Mecánica

Pulido I: Se crea la SETL:

- Se ingresó como entrada desde la tecnosfera el *Aluminium oxide, at plant/RER/ S* que corresponde al esmeril.
- Se ingresó la energía necesaria para el funcionamiento del equipo.
- Se adicionaron como flujos finales los desechos de lijas como *Bulk waste, unspecified*, mientras que el zamac se ingresó como *Zinc waste* debido a que este es el componente mayoritario del material.

Montaje: Se realiza el perforado y enroscado de la manija por medio de taladros. Se utilizó de referencia el proceso *Drilling, conventional, steel/RER U:*

- Se cambió la entrada *Steel, low-alloyed, at plant/RER U* por la manija pulida.

- Se agregó como entrada el acero rápido debido a que de este material están hechos las brocas y los machos usados en el taladrado.
- Se eliminó la entrada *Metal working factory, unspecified, at plant/RER/ I U* que corresponde a la infraestructura de la fábrica.
- Se ingresó como emisión al aire la pérdida de energía del 10%.

Pulido 2: Para esta operación se crea la SETL:

- Se ingresaron como entradas desde la tecnosfera los chips abrasivos, el desbarbante, el tensoactivo y el agua.
- Se ingresaron las emisiones al agua de acuerdo a los balances de masa.
- Se ingresó la electricidad para el funcionamiento de la máquina vibradora.

Secado: Se crea la SETL:

- Se ingresa la energía utilizada por la secadora centrífuga
- Se adiciona como emisión al aire la humedad retirada a la pieza.

Recubrimiento Electrolítico

Enjuagues: Se crearon las SETL para los diferentes enjuagues presentes en la etapa:

- Se ingresó como entrada desde la tecnosfera el agua.
- Se adicionaron como emisiones al agua los compuestos que conforman la caracterización de los vertimientos.

Neutralizados: Se crearon las SETL para los diferentes dos neutralizados de la etapa:

- Se ingresaron como entradas desde la tecnosfera el agua y el ácido sulfúrico que corresponde a *H2SO4 ETH S*.

- Se adicionaron como emisiones al agua los compuestos que conforman la caracterización de los vertimientos.

Cobrizado: Se creó la SETL de la siguiente manera:

- Los baños alcalinos cianurados se ingresan en el software como entradas conocidas desde la tecnosfera usando los procesos de las bases de datos: *Sodium cyanide, at plant/RER S* y *Anode slime, silver and tellurium containing, primary copper production/GLO S*.
- Se crearon los insumos de acuerdo a sus composiciones: Cianuro de cobre, el agua de acueducto y la Sal de Rochelle.
- Se ingresó el consumo de energía para el calentamiento de los baños electrolíticos como una entrada conocida desde la tecnosfera.

Niquelado: Se creó la SETL teniendo en cuenta lo siguiente:

- Se ingresaron en el software como entradas conocidas desde la tecnosfera los compuestos: *Boric acid, anhydrous, poder, at plant/ RER S*, y *Nickel I*.
- Se crearon los insumos: Agua de acueducto, Cloruro de níquel, Sulfato de níquel, Ánodo de níquel y el abrillantador de níquel de acuerdo a las composiciones de cada sustancia.
- Se ingresó como una entrada conocida desde la tecnosfera el consumo de energía para el calentamiento de los baños electrolíticos.

Acabado y empaque de la manija

Satinado: Se creó la SETL:

- Se ingresó como entrada conocida desde la tecnosfera la pasta para satinar y la manija secada que sale del recubrimiento electrolítico.
- Se ingresó la energía necesaria para la realización del satinado.

- Se adicionó como flujo final de residuo la pasta para satinar usada como *Waste, unspecified*.

Empacado: Se creó la SETL:

- Se ingresa la bolsa de polipropileno como *LDPE B250*, polietileno de baja densidad.
- Se ingresa la caja de cartón como *Packaging carton ETH S*.
- Se adicionan los tornillos de hierro galvanizado para completar manija, estos se ingresan como *Cast iron, at plant/ RER S*, esta entrada incluye los procesos de obtención del hierro galvanizado.

Creación/modificación de las SETL de la energía eléctrica y el combustible

Energía Colombia: Para la creación de la SETL se consideró la generación de energía, su correspondiente transmisión y distribución:

- Generación:

Inicialmente se tomó como referencia “Energy South America I” para crear la SETL Energía Colombia, de acuerdo a la información disponible acerca de la participación de los diferentes tipos de generación de energía se ingresaron los aportes como entradas conocidas desde la naturaleza: Energía hidroeléctrica 67,7%, Energía térmica 32,2%, Energía Eólica 0,1%. Además, se incluyeron las entradas correspondientes a la transformación del suelo y a la ocupación de cuerpos de agua para la construcción de represas para Hidroeléctricas. No se realizaron modificaciones a las emisiones al aire.

- Transmisión:

Debido a que la energía utilizada por FANTAXIAS es de medio voltaje se consideró la transmisión de energía de alto voltaje y de medio voltaje. Se definieron los procesos “High Voltage” y “Medium Voltage”:

Para Alto voltaje se tomó como referente *Electricity, high Voltage, production BR, at grid/BR U* modificando la entrada de producción de energía por la creada para Colombia.

Al igual que para Alto Voltaje, para el caso de Transmisión de Medio Voltaje se tomó como referencia el proceso *Electricity, medium Voltage, production BR, at grid/BR U* en donde una de las entradas conocidas de la tecnosfera es el proceso creado en el paso anterior *Electricity, high Voltage, production Colombia U*.

- Distribución

Finalmente se consideró la distribución de la energía de medio voltaje ingresando en el proceso *Electricity, high Voltage, production Colombia U* la entrada del proceso correspondiente a la distribución de energía *Transmission network, electricity, medium voltage/CH I S*.

Gas natural: Para la creación de la SETL del combustible se utilizó como referente el proceso de *Natural gas, high pressure, at consumer/DE U*, este proceso incluye los requerimientos de energía, la distribución del gas mediante tuberías y las emisiones atmosféricas. Las modificaciones realizadas fueron:

- Se cambió la entrada de energía eléctrica *Electricity, medium voltaje, at grid/DE U* por la SETL de electricidad creada para Colombia.
- Se eliminaron las cuatro entradas correspondientes a tubería de gas de larga distancia y por estas se ingresó *Natural gas, production DZ, at long distance pipeline/ RER S*.
- Se agregó el proceso *Natural gas, production DZ, at long distance pipeline/RER S*.
- Se cambiaron las entradas que se encontraban como Unit processes de gas natural *Natural gas, burned in industrial furnace > 100kW/RER U*; tubería *Pipeline, natural gas, high pressure distribution network/ RER I U* y transporte de gas en tubería *Transport, natural gas, pipeline, long distance/DE U* por sus respectivos System Processes. Esto debido a que el Unit process es más complejo y carga además de la huella propia, los flujos

unitarios, ambientales y económicos mientras que el System Process presenta la huella global del proceso.

Creación/modificación de las SETL de las materias primas de la etapa de elaboración del molde

Acero 2363: Este acero tiene características determinadas debido a su composición, de acuerdo a la ficha técnica de este material se eligieron los componentes Cromo, Molibdeno, Vanadio, Acero y Carbono.

- Se ingresaron como entradas conocidas desde la tecnosfera los componentes: Cromo, Molibdeno, Vanadio y Acero, estas entradas incluyen las cargas ambientales correspondientes a los procedimientos necesarios para su obtención.
- Se ingresó Carbón como entrada desde la naturaleza, esta entrada solo incluye el uso de la roca debido a que no existe este proceso en las bases de datos del software.

Acero 1045: El tratamiento para la creación de este material fue el mismo que el utilizado para el Acero 2363 donde el Manganeso, Fósforo, Azufre y Silicio son entradas desde la tecnosfera mientras que el Carbono está representado por el Carbón como entrada desde la naturaleza.

Taladrina: FANTAXIAS S.A es restringida se eligió el material *Lubricating oil, at plant/RER/I S* ya que este cumplía la misma función de lubricante además de contar con la composición estándar de este material.

Disco abrasivo y esmeril tipo lija: Estos dos artículos son utilizados para remover el material sobrante y alisar la superficie del molde mediante las etapas de rectificado y pulido, estas herramientas abrasivas están compuestas en su

mayoría por óxido de aluminio, por lo que se eligió el material *Aluminium oxide, at plant/RER/ S* existente en la base de datos *Ecoinvent System Processes*

Creación/modificación de las SETL de las materias primas de la etapa de fundición a presión en cámara fría

Zamac: La base de datos *IDEMAT 2001* cuenta con un material llamado *Zamak5*, este se tomó como referencia para crear la SETL:

- Inicialmente al proceso de cada compuesto se le modificó internamente la energía requerida para su extracción ya que utilizaban la energía *Energy US I* donde debe existir es la de Suramérica *Energy South America I* debido a que el Zamac es importado por Fantaxias S.A. desde Perú, las otras entradas corresponden a su transformación y transporte.
- Se modificaron en las entradas los porcentajes de composición de los elementos.

Creación/modificación de las SETL de las materias primas de la etapa de recubrimiento electrolítico

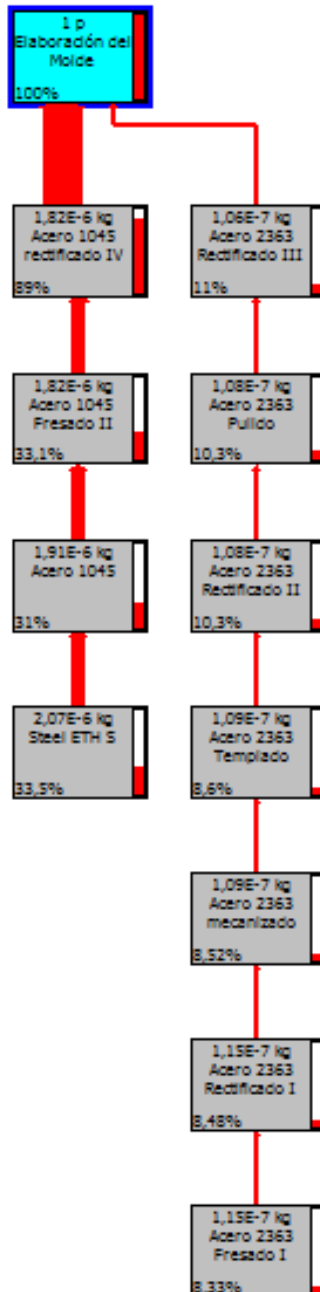
Desbarbante: Este componente abrasivo está conformado de Sodio metasilicato pentahidratado principalmente, se eligió de la base de datos *Ecoinvent system processes* el proceso *Sodium metasilicate pentahydrated, 58%, powder, at plant/RER S*.

Tensoactivo: Se eligió el proceso *Ethoxylated alcohols (AE11), palm oil, at plant/RER S*.

Chips Abrasivos: Se creó el proceso ingresando como entradas desde la tecnosfera las sustancias que los conforman con su respectiva composición.

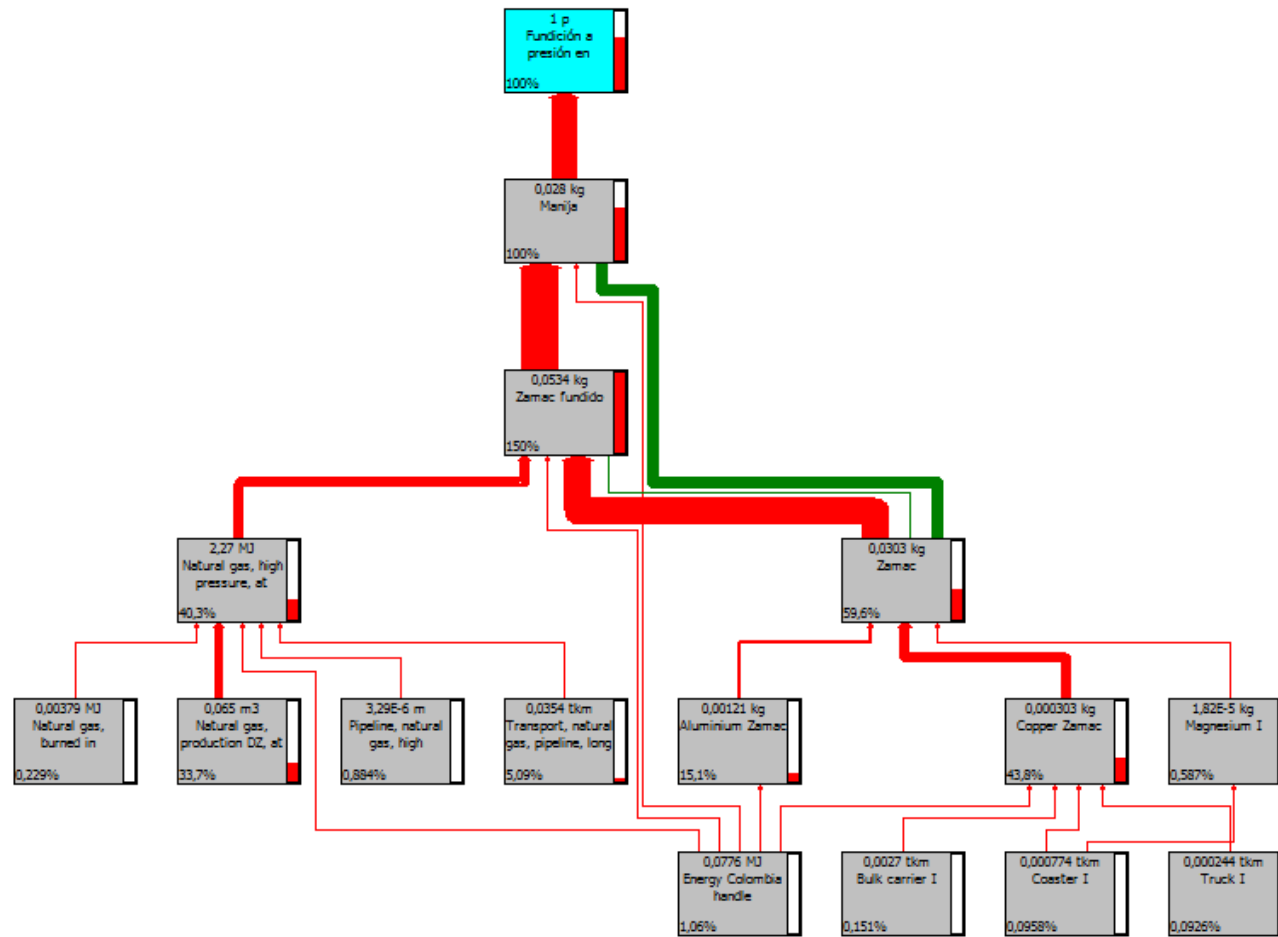
ANEXO D

FIGURA D1. Estructura de atributos para la etapa de elaboración del molde.



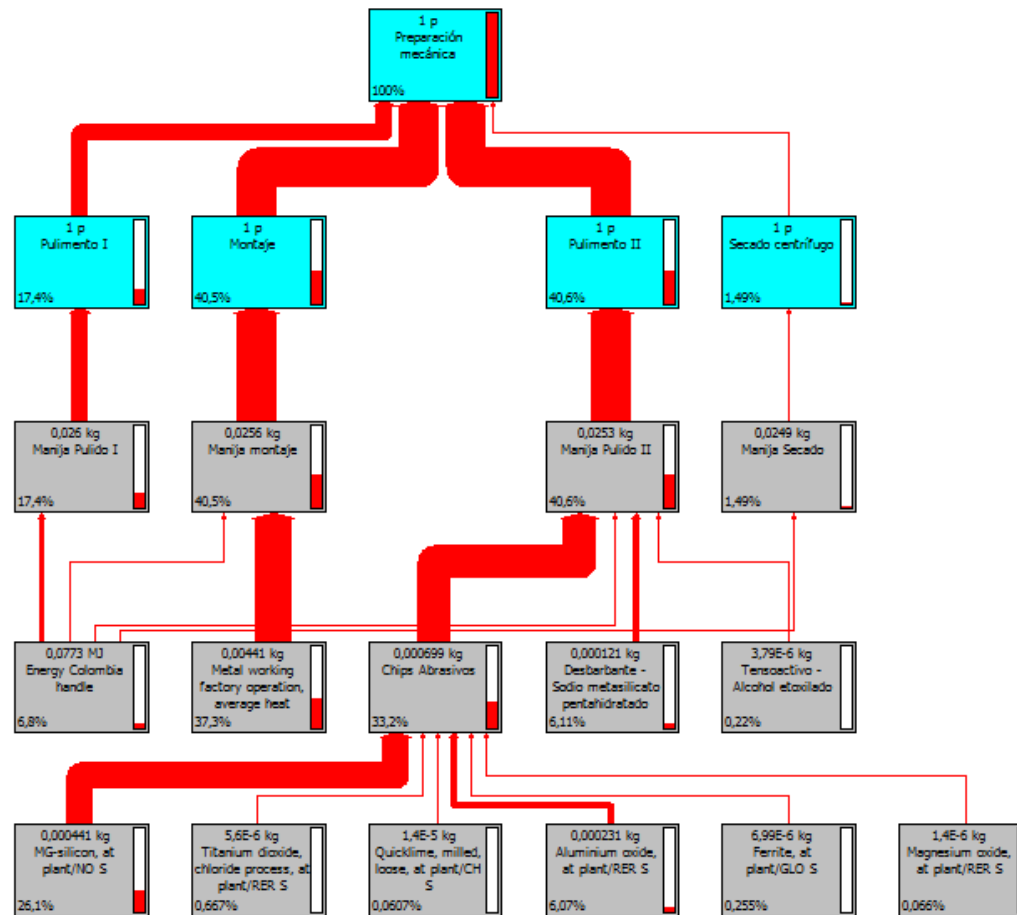
Fuente: Autores

FIGURA D2. Estructura de atributos para la etapa de fundición a presión en cámara fría.



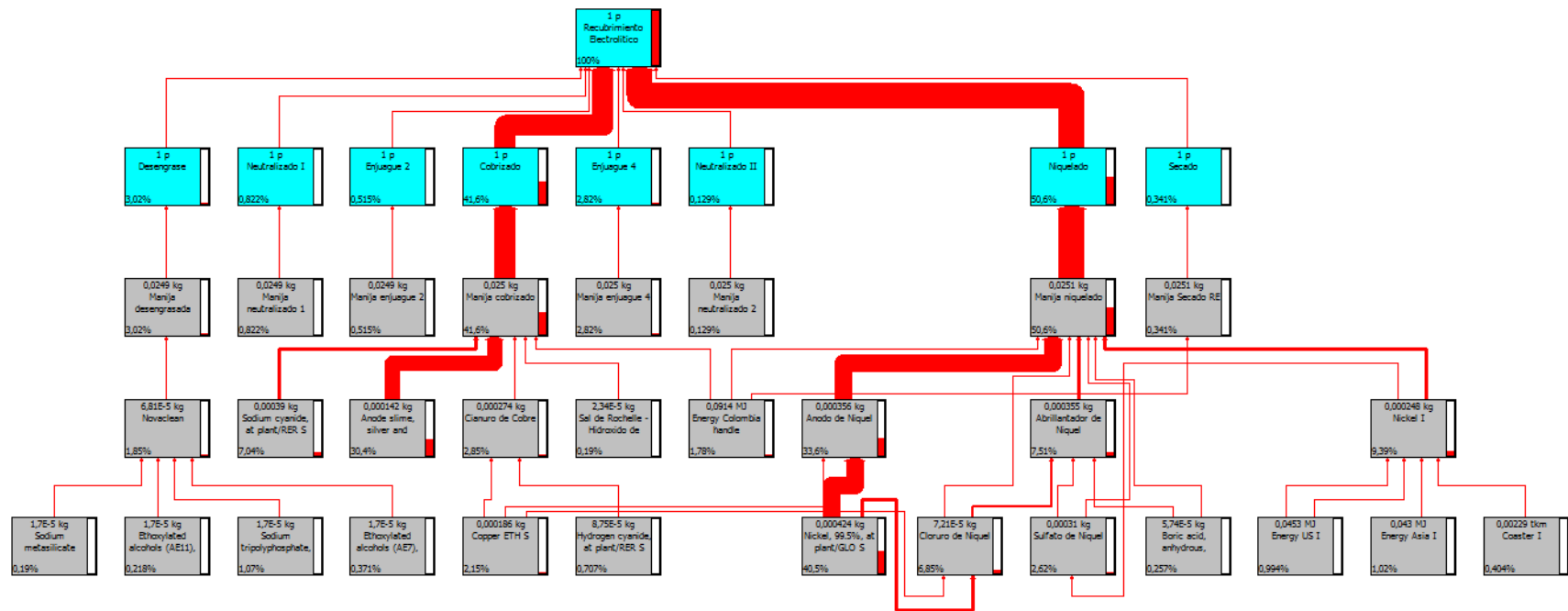
Fuente: Autores

FIGURA D3. Estructura de atributos para la etapa de preparación mecánica.



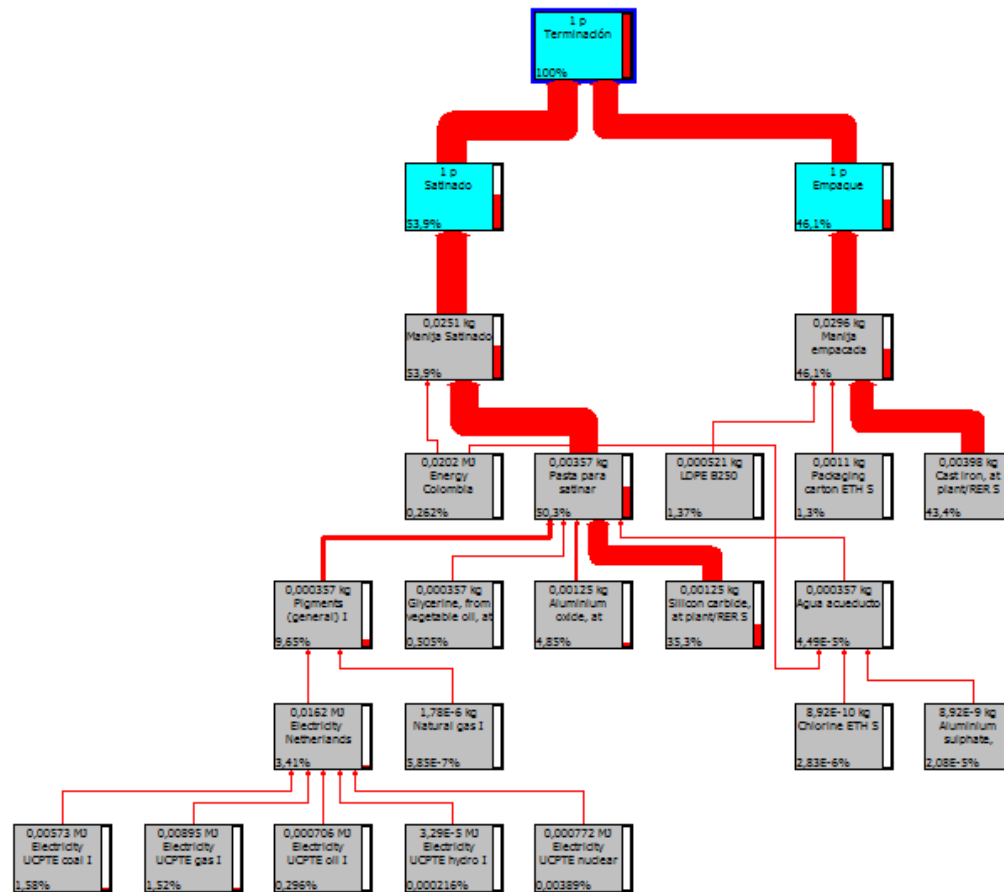
Fuente: Autores

FIGURA D4. Estructura de atributos para la etapa de recubrimiento electrolítico.



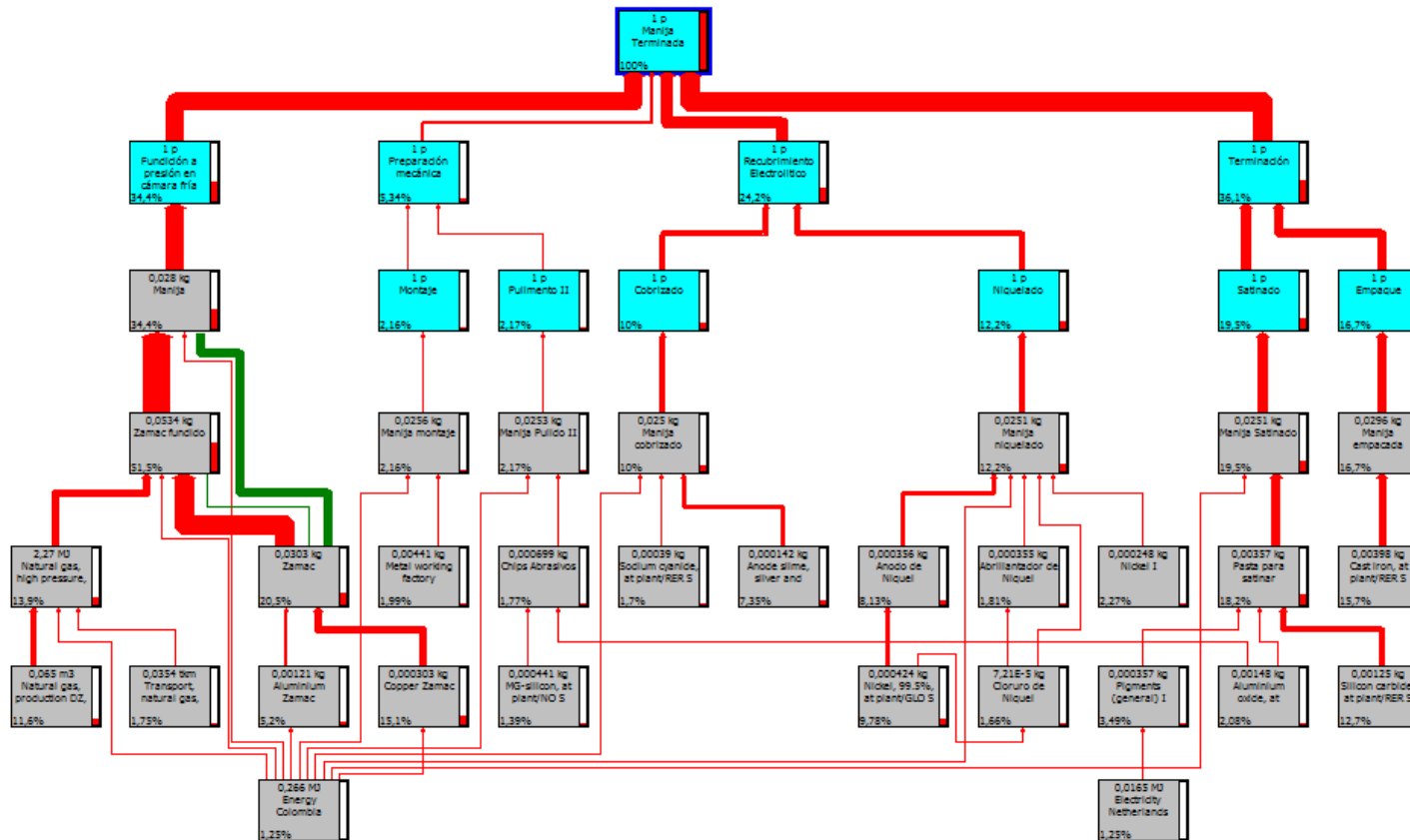
Fuente: Autores

FIGURA D5. Estructura de atributos para la etapa de terminación.



Fuente: Autores

FIGURA D6. Estructura de atributos para el proceso de producción de la Manija.



Fuente: Autores