

EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL POTENCIAL DE LA PRODUCCION
DE KUMIS EN FRESKALECHE S.A., APLICANDO LA METODOLOGIA DEL
ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

CLAUDIA MIREYA NIÑO LIZCANO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA AMBIENTAL
BUCARAMANGA

2013

EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL POTENCIAL DE LA PRODUCCION
DE KUMIS EN FRESKALECHE S.A., APLICANDO LA METODOLOGIA DEL
ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

CLAUDIA MIREYA NIÑO LIZCANO

Trabajo de aplicación para optar al título de
Magister en Ingeniería Ambiental

Director

HUMBERTO ESCALANTE H.
Ingeniero Químico Ph.D.

Co-director

ALEXANDER MENESES J.
Ingeniero Químico M.Sc.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA AMBIENTAL
BUCARAMANGA
2013

A Dios Todopoderoso por su infinito amor y bendiciones y por darme fuerzas en aquellos momentos difíciles.

A mis padres, gracias a su apoyo, ejemplo y dedicación, soy lo que soy.
A mi esposo, por creer y confiar en mí, por la paciencia y comprensión en todas esas largas jornadas de trabajo.

A mi bebé, en camino, por permitirme experimentar una nueva etapa en mi vida y ser una de mis mayores satisfacciones personales.

AGRADECIMIENTOS

A la empresa FRESKALECHE S.A. por creer y apoyar incondicionalmente este tipo de estudios, poniendo a disposición los recursos tecnológicos, humanos y financieros requeridos para su desarrollo.

Al ing. Arnulfo Pinzon, coordinador de mantenimiento de Freskaleche S.A. por su constante colaboración y apoyo para la ejecución del estudio.

Al señor Elver Porras, técnico del área de mantenimiento de Freskaleche S.A. por su incondicional ayuda y amistad, por aquellas largas jornadas de trabajo conjunto y por levantarme el ánimo cada vez que lo necesité.

Al personal de producción de Freskaleche S.A. por compartir su conocimiento y experiencia del proceso realizado, lo que facilitó el entendimiento del mismo.

A los profesores Humberto Escalante y Alexander Meneses, director y codirector del proyecto, por su confianza, colaboración, asesoría y aportes para llevar a feliz término el presente estudio y versión final de esta tesis.

A Eileen y Heidy, estudiantes de pregrado de Ingeniería Química, quienes participaron en la recolección de los datos requeridos para el proceso estudiado en planta.

A los profesores de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander, quienes han contribuido a mi formación académica y personal.

A mis compañeros de maestría por su amistad, colaboración y esos momentos gratos que pasamos juntos.

A mi familia, por su constante apoyo y confianza.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. PROCESO DE ELABORACION DEL KUMIS EN FRESKALECHE S.A.	20
1.1 GENERALIDADES	20
1.2 ABASTECIMIENTO DE LECHE DEL CENTRO DE ACOPIO A LA PLANTA	21
1.3 PASTEURIZACIÓN DE LECHE CRUDA PARA DERIVADOS LÁCTEOS	23
1.4 ELABORACIÓN DEL KUMIS	26
2. MARCO TEORICO	33
2.1 METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	34
2.2 ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA ACV	38
2.2.1 Fases del ACV	41
2.2.2 Categorías de Impacto Ambiental	53
2.2.3 Herramientas ofimáticas para el Análisis de Ciclo de Vida ACV	54
2.3 IMPACTOS AMBIENTALES EN LA INDUSTRIA LÁCTEA	56
2.4 NORMATIVIDAD AMBIENTAL COLOMBIANA	71
3. METODOLOGIA	73
3.1 SUBPROCESO 1: ABASTECIMIENTO DE LA LECHE	75
3.2 Subproceso 2: Pasteurización de leche para derivados lácteos.....	77
3.3 SUBPROCESO 3: ELABORACIÓN DEL KUMIS	80
3.4 SANEAMIENTO BÁSICO	85
3.5 ANÁLISIS DE CALIDAD	87
3.6 GENERACIÓN DE VAPOR	87
3.7 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO EN BANCO DE HIELO.....	89
3.8 Sistema de enfriamiento en chiller.....	90
3.9 GENERACIÓN DE RUIDO	91
3.10 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	92
3.11 SUMINISTRO DE AGUA POTABLE, ENERGÍA ELÉCTRICA, GAS NATURAL Y DIESEL.....	92

3.12 MATERIAS PRIMAS E INSUMOS:	94
3.13 ENVASES:.....	94
3.14 TRANSPORTES:.....	95
3.15 CONSTRUCCIÓN DEL BALANCE DE MASA:.....	95
3.16 CONSTRUCCIÓN DEL BALANCE DE ENERGÍA:.....	96
3.17 APLICACIÓN DE LA ISO 14040	96
4. RESULTADOS	103
4.1 Balances de masas y energía	103
4.2 Perfil medioambiental del proceso de elaboración de kumis en Freskaleche S.A.....	112
5. CONCLUSIONES	138
6. RECOMENDACIONES.....	140
BIBLIOGRAFIA	149
ANEXOS	164

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Programas informáticos para estudios de ACV generales.....	54
Tabla 2 Métodos de evaluación seleccionados para el ACV del kumis	56
Tabla 3 Identificación por color de acuerdo al tipo de corriente	75
Tabla 4 Corrientes del subproceso 1: Abastecimiento de leche	77
Tabla 5 Corrientes del subproceso 2: Pasteurización de leche para derivados lácteos.....	79
Tabla 6 Corrientes del subproceso 3: Elaboración de kumis	83
Tabla 7 Corrientes del proceso de generación de vapor en la caldera	88
Tabla 8 Corrientes del proceso de generación agua de enfriamiento en banco de hielo	90
Tabla 9 Corrientes del proceso de generación de agua de enfriamiento en Chiller	91
Tabla 10 Ensamblajes utilizados para la elaboración del árbol global del proceso	101
Tabla 11 Balance de masa y energía Subproceso 1: Abastecimiento de leche.	103
Tabla 12 Balance de masa y energía Subproceso 2: Pasteurización de leche para derivados lácteos	104
Tabla 13 Balance de masa y energía Subproceso 3: Elaboración de kumis	106
Tabla 14 Balance de masa y energía proceso de generación de vapor en caldera	108
Tabla 15 Balance de masa y energía proceso de generación de agua de enfriamiento en banco de hielo	109
Tabla 16. Balance de masa y energía proceso de generación de agua de enfriamiento en chiller	110
Tabla 17 Balance de masa y energía proceso de saneamiento básico	111
Tabla 18 Sustancias químicas utilizadas en análisis de calidad	112

Tabla 19	Etapas finales agrupadas consideradas para la presentación de los resultados del ACV del kumis en Freskaleche S.A.	113
Tabla 20	Cargas ambientales del proceso general de elaboración de kumis en Freskaleche S.A.....	116
Tabla 21	Cargas ambientales del proceso general de elaboración de kumis en	120
Tabla 22	Comparativo de escenario base con escenarios propuestos.....	147

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Subproceso 1: Etapa de Abastecimiento de leche.....	21
Figura 2 Subproceso 2: Pasteurización de leche para derivados lácteos	23
Figura 3 Subproceso 3: Elaboración de kumis.....	27
Figura 4 Ciclo de vida de un producto	33
Figura 5 Procesos incluidos en un Análisis de Ciclo de Vida.....	39
Figura 6 Fases del ACV propuestas en ISO 14040	41
Figura 7 <i>Estructura general del Ecobalance</i>	47
Figura 8 Metodología aplicada en el ACV del kumis.....	73
Figura 9 Subprocesos para la elaboración del kumis en Freskaleche S.A.	74
Figura 10 Diagrama Subproceso 1: Abastecimiento de leche	76
Figura 11 Diagrama Subproceso 2: Pasteurización de leche para derivados lácteos.....	78
Figura 12 Diagrama Subproceso 3: Elaboración del kumis	81
Figura 13 Diagrama del sistema de generación de vapor en la caldera	88
Figura 14 Diagrama del sistema de agua de enfriamiento del banco de hielo	89
Figura 15 Diagrama del sistema de agua de enfriamiento del chiller.....	91
Figura 16 Etapas consideradas para el estudio “Puerta a Puerta” del kumis.....	98
Figura 17 Árbol global de proceso con corte de visualización al 2% de relevancia ambiental	115
Figura 18 Árbol de proceso para los tres subprocesos realizados en Freskaleche S.A. con corte de visualización al 2% de relevancia ambiental.....	119
Figura 19 Caracterización de Impactos ambientales globales.....	123
Figura 20 Ponderación de Impactos ambientales.....	124
Figura 21 Análisis de contribución	125
Figura 22 Perfil medioambiental para los tres subprocesos de la planta Freskaleche S.A.....	127
Figura 23 Perfil medioambiental para el calentamiento global.....	128
Figura 24 Perfil medioambiental para la eutrofización acuática (N)	129

Figura 25	Perfil medioambiental para la toxicidad humana en agua.....	130
Figura 26.	Perfil medioambiental para la toxicidad humana en suelo	131
Figura 27	Perfil medioambiental para la formación de ozono por actividades humanas	132
Figura 28	Perfil medioambiental para la formación de ozono por vegetación.....	133
Figura 29	Perfil medioambiental para los residuos no peligrosos a granel	134
Figura 30	Perfil medioambiental para los residuos radiactivos	135
Figura 31	Ponderación de Impactos ambientales escenario 1.....	143
Figura 32	Análisis de contribución escenario 1.....	144
Figura 33	Ponderación de Impactos ambientales escenario 2.....	145
Figura 34	Análisis de contribución escenario 2.....	146

LISTA DE FOTOS

	Pág.
Foto 1 Carrotanques especializados para el transporte de leche cruda	22
Foto 2 Tanque de almacenamiento de leche cruda	22
Foto 3 Descremadora o clarificadora	24
Foto 4 Bactofugadora	24
Foto 5 Tanque utilizado para desodorizar leche	25
Foto 6 Equipo pasteurizador de leche	25
Foto 7 Tanques de almacenamiento de leche pasteurizada.....	26
Foto 8 Tanque para preparación de la mezcla base de kumis.....	27
Foto 9 Homogenizador de derivados lácteos.....	28
Foto 10 Pasteurizador de derivados lácteos	29
Foto 11 Bioreactor para la fermentación de derivados lácteos	29
Foto 12 Intercambiador de placas para enfriamiento de derivados lácteos	30
Foto 13 Tanques de almacenamiento de kumis para el envasado	30
Foto 14 Máquinas envasadoras de kumis en presentación flexible (bolsa) y rígidos (botella y vaso).....	31
Foto 15 Presentaciones de kumis de Freskaleche S.A.....	31
Foto 16 Cava para almacenamiento refrigerado del kumis.....	32
Foto 17 Vehículos para la distribución del kumis	32
Foto 18 Sistema CIP instalado en la planta de leches de Freskaleche S.A.....	86

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. CATEGORIAS DE IMPACTO AMBIENTAL	165
Anexo B BALANCE DE MASA Y ENERGIA EN LA CALDERA	172
Anexo C BALANCE DE MASA Y ENERGIA EN EL BANCO DE HIELO	176
Anexo D BALANCE DE MASA Y ENERGIA EN EL CHILLER.....	179
Anexo E INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA	183

RESUMEN

TITULO: EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL POTENCIAL DE LA PRODUCCION DE KUMIS EN FRESKALECHE S.A., APLICANDO LA METODOLOGIA DEL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA*

AUTOR: Claudia Mireya Niño Lizcano**

PALABRAS CLAVES: Análisis de ciclo de vida, categoría de impacto ambiental, abastecimiento, pasteurización, kumis, leche, sistema CIP.

DESCRIPCION:

El presente estudio consistió en la elaboración del Análisis de Ciclo de Vida ACV “de la puerta a la puerta” para el proceso de elaboración de kumis en Freskaleche S.A. Bucaramanga desde el transporte de la leche del centro de acopio hasta la entrega del kumis en la planta. El objetivo fué la cuantificación de los IAP del proceso productivo del kumis utilizando el ACV para una producción de 6.874,29 kg, se elaboraron los diagramas de los tres subprocesos: abastecimiento, pasteurización de la leche y elaboración de kumis y actividades auxiliares, se aplicó la metodología propuesta en la NTC 14040 y se crearon y modificaron algunos escenarios.

Los resultados obtenidos mostraron que al analizar los procesos externos e internos, el transporte (leche, azúcar, envases), materias primas e insumos (azúcar, inóculo), envases (bolsa LDPE, vaso PS y botella HDPE) representan el 78% de la carga ambiental total, mientras que los subprocesos realizados dentro de la planta como abastecimiento, pasteurización y elaboración de kumis sólo aportan el 22% restante. Al analizar estos tres subprocesos por separado se encontró que el subproceso de elaboración de kumis reportó el 82,2%, el de pasteurización el 13,9% y abastecimiento el 3,92%. Las entradas con mayor incidencia ambiental fueron el consumo de soda cáustica y agua en los lavados de equipos en el subproceso de elaboración del kumis, la energía eléctrica, la generación de vapor en la caldera y el uso del ácido nítrico en la PTARI con el 44,4%, 16,9%, 14% y 11,87% del puntaje total respectivamente. En cuanto a las categorías de impacto las de mayor contribución fueron residuos radioactivos, toxicidad humana en el suelo, calentamiento global y toxicidad humana en el agua con el 27,4%, 20,3%, 17,5% y 14,6% del puntaje total respectivamente. Estos resultados permitieron proponer mejoras al proceso estudiado.

*Proyecto de grado.

**Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Director. Dr. Humberto Escalante Hernández. Codirector: M.Sc. Alexander Meneses.

ABSTRACTS

TITLE: POTENTIAL ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT IN PRODUCTION OF KUMIS IN FRESKALECHE S.A., APPLYING THE METHODOLOGY OF LIFE CYCLE ANALYSIS *

AUTHORS: Claudia Mireya Niño Lizcano**

KEYWORDS: Life cycle analysis, environmental impact category, supply, pasteurization, kumis, milk, CIP system.

SUMMARY:

This study involved the development of Life Cycle Analysis LCA "door to door" to the preparation of kumis in Freskaleche S.A. Bucaramanga from transporting milk collection center to delivery of kumis in the industry. The aim was to quantify the potential environmental impact PEI of kumis production process using the ACV for a production of 6874.29 kg, were drawn diagrams of the three sub-processes: supply, pasteurization of milk and kumis processing and auxiliaries activities, was applied the methodology proposed in ISO 14040 and were created and modified some scenarios.

The results showed that when analyzing the external and internal processes, transport (milk, sugar, packaging), raw materials and supplies (sugar, inoculum), containers (LDPE bag, PS noggin and HDPE bottle) represent 78% of the total environmental load, while the sub-processes made inside the plant only contribute the remaining 22%. By analyzing these three sub-processes separate found the kumis processing making 82.2%, the pasteurization, 13.9% and supply, 3.92%. The entries with the highest environmental impact were consumption of caustic soda and water in washing of equipment in the kumis processing, electric power, steam generation in the boiler and the use of nitric acid in wastewater treatment with 44.4%, 16.9%, 14% and 11.87% respectively of the total score. The impact categories with major contributing were radioactive waste, human toxicity in soil, global warming and human toxicity in water with 27.4%, 20.3%, 17.5% and 14.6% total score respectively. These results allowed to suggest improvements to the process studied.

*Graduation Project.

**Physicochemical Faculty. Chemical Engineering School. Director: Dr. Humberto Escalante Hernández. Codirector: M.Sc. Alexander Meneses.

INTRODUCCIÓN

La leche es catalogada, dentro de la cadena alimentos de origen animal, como uno de los productos más relevantes al igual que la carne y el huevo. De la producción mundial de leche, el 84% proviene del ganado bovino. A nivel mundial la producción de leche fresca sin procesar se distribuye así: Europa 36%, Asia 31%, América 24%, África 5% y Oceanía 4%. En el año 2009, Colombia produjo 4,765 millones de toneladas de leche ocupando el cuarto puesto en Latinoamérica después de Brasil, México y Argentina [FAO, Anuario Estadístico 2010]. En Colombia, en los últimos 15 años la producción de leche ha venido creciendo a una tasa anual del 2.8% [Guía Ambiental, 2007].

La industria láctea colombiana adquiere el 96,5% de la producción primaria de leche del país [Observatorio Agrocadenas, 2005]. En Colombia, en el año 2004 un 43% de la producción de leche se destinó a la elaboración de los derivados lácteos. En el año 2007 la producción de kumis alcanzo los 10´779.312 litros [DANE, EAM 2007].

Freskaleche S.A. es una empresa santandereana, líder a nivel regional en la producción y comercialización de leche. Sus productos son arequipe industrial, yogurt, kumis, avena, leche light, leche 12 días entera y semidescremada, leche larga vida, leche deslactosada, yogurt con cereal, gelatina, mantequilla industrial y de mesa, postre y queso crema. Freskaleche tiene una producción mensual promedio de 15.000 litros de kumis [Datos suministrados por Freskaleche S.A.]. Actualmente la compañía ha extendido su mercado a Barrancabermeja, Cúcuta, Aguachica, Barranquilla, San Gil, Socorro, Barbosa, Zapatoca y Saravena.

Freskaleche S.A. procesa un promedio de 4.000.000 l/mes de leche cruda, de los cuales alrededor de 14.000 l/mes de leche fresca son destinados para la

producción de kumis. Para el proceso productivo del kumis es necesario transportar la leche cruda desde los centros de acopio hasta la planta, donde es almacenada en tanques. El proceso productivo conlleva las etapas de: estandarización de la grasa, bactofugación, desodorización, homogenización, pasteurización, homogenización de aditivos, fermentación, empackado y almacenamiento del producto terminado. En los procesos productivos de Freskaleche S.A., se tiene los siguientes consumos: 2,5 litros de agua por litro procesado, 11 litros procesados por kwh (energía eléctrica) y 60litros procesados por m³ gas natural. Para la limpieza y desinfección de equipos, se consumen un promedio por día 120 kg de soda y 25 kg de ácido.

Actualmente Freskaleche S.A. cuenta con la Certificación al Sistema de Gestión Ambiental, bajo la norma ISO 14001:2004. Sin embargo, Freskaleche desconoce el impacto ambiental que puede estar ocasionando el proceso productivo de elaboración de kumis. La identificación del impacto ambiental del proceso productivo de elaboración de kumis, permite a la empresa proponer mejoras para aumentar la productividad, adecuada utilización de los recursos, conservación del ambiente y cumplir la normatividad ambiental colombiana.

Existen diferentes metodologías para la identificación y valoración de los impactos ambientales inherentes a la producción de un bien o servicio. La metodología del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) permite generar información sobre los impactos ambientales potenciales (IAP) de un sistema, producto, proceso o servicio. Por lo anterior el objeto de este trabajo fue evaluar el IAP de la producción del Kumis Bio, elaborado por la empresa de lácteos Freskaleche S. A., mediante la metodología propuesta por el análisis de ciclo de vida (ACV).

Para llevar a cabo el presente estudio se identificaron y analizaron los procesos involucrados en la elaboración del kumis en Freskaleche S.A., desde el centro de acopio hasta la entrega del producto terminado en la Planta de Bucaramanga. Se

tuvieron en cuenta los informes históricos que posee la empresa y se cuantificaron las masas de alimentos y productos. Se realizó un muestreo y caracterización fisicoquímica de las corrientes de los procesos. Se construyó una base de datos con la información recopilada, que se constituyó en el inventario del proceso. Una vez obtenido el inventario, se realizó el análisis del impacto ambiental potencial mediante la utilización del software SimaPro, seleccionando como categorías de impacto ambiental el calentamiento global, la acidificación y energía no renovable fósil, la toxicidad humana en el aire y agua y el agotamiento de los recursos

De los resultados obtenidos se pudo concluir que el subproceso que presentó el mayor impacto ambiental fue el de elaboración de kumis con la etapa de lavado como la mayor aportante. Se identificó el calentamiento global, residuos radioactivos, toxicidad para el ser humano en el suelo y agua, formación de ozono por actividades humanas, eutrofización acuática (N) y formación de ozono como las categorías de impacto con mayor relevancia. Dentro de los procesos o entradas que contribuyeron significativamente en el impacto ambiental se encuentran la energía eléctrica, soda cáustica en lavados, ácido nítrico para el tratamiento de las aguas residuales y el uso de vapor para las cuales se propusieron algunas mejoras y se evaluaron escenarios alternativos para el uso del ácido nítrico en la PTARI.

1. PROCESO DE ELABORACION DEL KUMIS EN FRESKALECHE S.A.

1.1 GENERALIDADES

Freskaleche S.A. inició actividades en el año 1989 con el nombre de Cooperativa, en el año 1991 paso a ser Sociedad Anónima adquiriendo su actual nombre. La compañía ha logrado posicionarse en el mercado nacional como empresa líder en la producción, comercialización de leche y sus derivados lácteos. Freskaleche S.A. ha edificado una alta imagen de seriedad y crecimiento con los proveedores y los clientes, mantiene y garantiza la calidad, inocuidad y confiabilidad de sus productos dentro de procesos amigables con el medio ambiente. También ha desarrollado centros de acopio de leche en La Esperanza, Cimitarra, Málaga, Tamacara, Vélez, Ágata, Simijaca, Oiba, San Gil y Puerto Berrío, de donde es transportada la leche en carrotaques hasta la planta de producción ubicada en el Parque Industrial de Bucaramanga.

Actualmente Freskaleche S.A. produce arequipe industrial, yogurt con probióticos, kumis Bio, avena, leche light, leche 12 días entera y semidescremada, leche larga vida, leche deslactosada, yogurt con cereal, gelatina, mantequilla industrial y de mesa, postre Yoin, queso crema, bebida láctea y cuenta con la licencia para comercializar en Santander el “Tampico Citrus Punch”. Además cuenta con la Certificación al Sistema de Gestión de la Calidad bajo la norma ISO 9001; la Certificación al Sistema de Gestión Ambiental bajo la norma ISO 14001 (otorgadas por el ICONTEC).

En Bucaramanga, la empresa Freskaleche S.A. procesa 4.000.000 litros de leche/mes, para producir leche para consumo humano y derivados lácteos. La producción de kumis, en la planta de Bucaramanga se ofrece en las

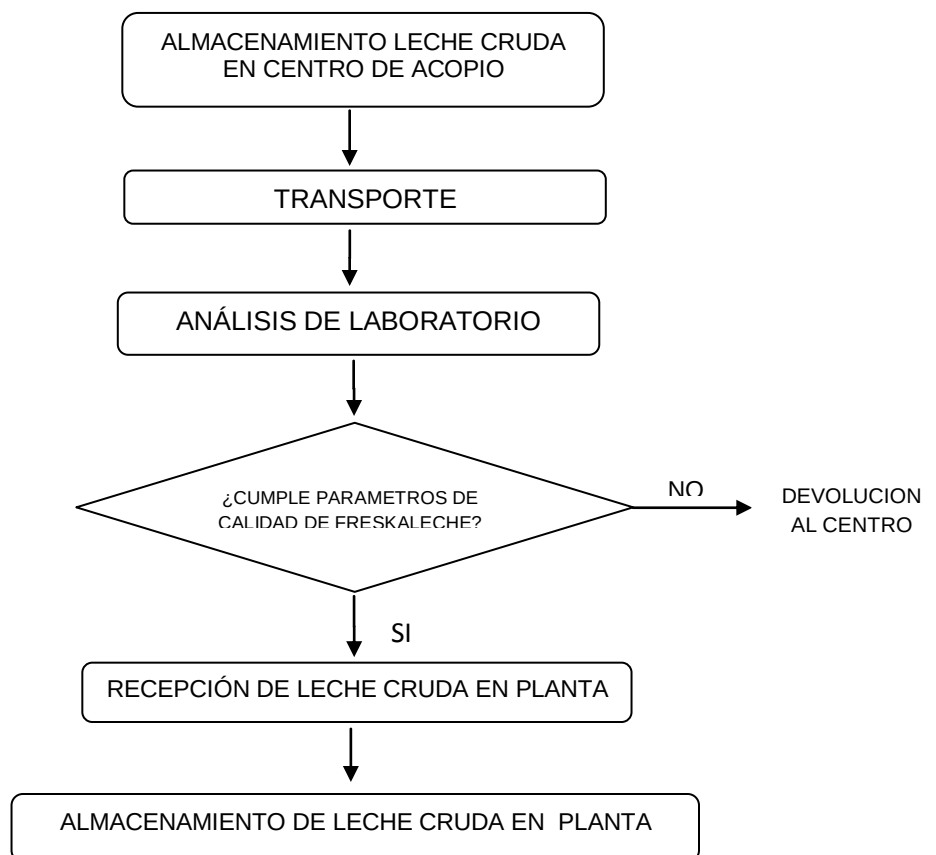
presentaciones de bolsa de 200 g, botella de 950 g y vaso de 150 g. En el año 2012 la producción de kumis osciló entre 14.000 y 16.000 kg/mes.

En Freskaleche S.A. la producción del kumis con lleva los siguientes subprocesos: a) el abastecimiento de la leche, b) la pasteurización de leche, c) la producción del kumis y d) la entrega del producto en plataforma.

1.2 ABASTECIMIENTO DE LECHE DEL CENTRO DE ACOPIO A LA PLANTA

La leche que utiliza Freskaleche es transportada desde los centros de acopia, hasta la planta, mediante carrotanques provistos de doble compartimiento (Fig. 1).

Figura 1 Subproceso 1: Etapa de Abastecimiento de leche



- **Almacenamiento de leche cruda en los centros de acopio:** Los centros de acopio reciben la leche cruda provenientes de las fincas y hatos de la región y es almacenada en tanques para su refrigeración a una temperatura de $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$ hasta su envío a la planta de producción
- **Transporte de la leche cruda:** la leche se transporta en vehículos especiales, provistos de doble compartimiento para evitar un aumento considerable de la temperatura de la leche (Foto 1).

Foto 1 Carrotanques especializados para el transporte de leche cruda



- **Entrega de la leche cruda en planta:** al llegar el carrotanque a la planta, se toma una muestra de leche y se realiza una caracterización fisicoquímica, que permita determinar si la leche se recibe o rechaza de acuerdo con los parámetros de calidad establecidos por la empresa.
- **Almacenamiento de leche cruda a $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$:** la leche cruda que se recibe, en la planta, se enfría y almacena en los tanques de acero inoxidable de una capacidad aproximada de 50.000 litros (Foto 2).

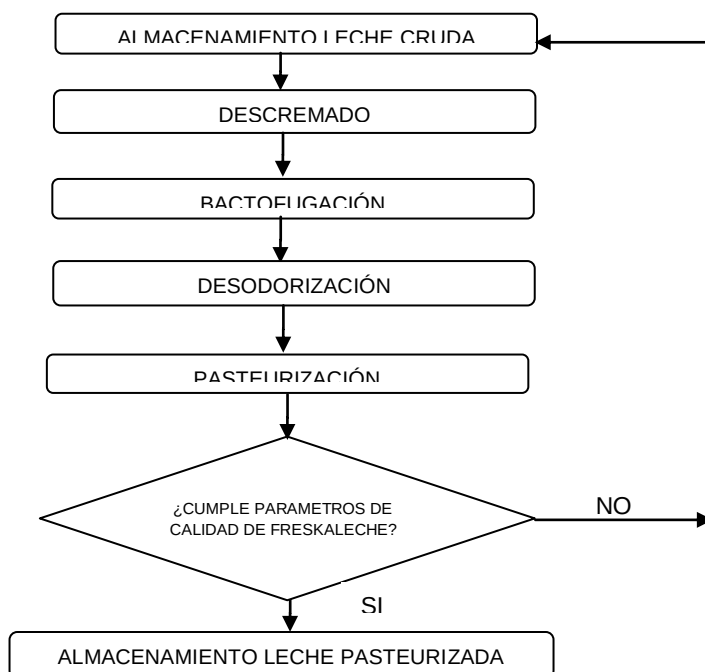
Foto 2 Tanque de almacenamiento de leche cruda



1.3 PASTEURIZACIÓN DE LECHE CRUDA PARA DERIVADOS LÁCTEOS

La leche pasteurizada se constituye en la base para la producción de diferentes derivados lácteos. Por consiguiente, la leche cruda que ingresa a la planta, debe ser pasteurizada (Figura 2). El caudal de leche a pasteurizar es de 10.000 litros/hora.

Figura 2 Subproceso 2: Pasteurización de leche para derivados lácteos



- **Estandarización de grasa (Descremado o clarificado):** para la elaboración del kumis, se extrae una cierta cantidad de grasa de la leche cruda (Foto 3). Para esto, la leche cruda almacenada en el tanque, es enviada a la primera placa del pasteurizador para un primer calentamiento gracias a la leche caliente que circula en contracorriente. La leche alcanza los 56°C y es enviada a la descremadora o clarificadora donde se somete a centrifugación (6800 a 7280 rpm y 20-40 psi) y se descarga una corriente con lodos residuales. Este proceso se encarga de separar la grasa de la leche por fuerza centrífuga. La crema separada se recoge en cestillos

limpios, se almacena en estibas, para ser utilizada en la fabricación de mantequilla industrial y de mesa.

Foto 3 Descremadora o clarificadora



- **Bactofugación:** la leche clarificada es enviada a la bactofugadora y por fuerza centrífuga (6800 a 7200 rpm y 60 psi) se eliminan las partículas extrañas y macroscópicas diferentes a la leche y aproximadamente un 90% de las endosporas presentes (Foto 4). Este proceso descarga una corriente con lodos residuales.

Foto 4 Bactofugadora



- **Desodorización:** en esta etapa se extraen los olores característicos de la leche cruda, haciéndola circular por un tanque elevado en acero inoxidable

de donde se aplica vacío (0.4 a -0.5 bar) (Foto 5).

Foto 5 Tanque utilizado para desodorizar leche



- **Pasteurización:** la leche desodorizada es enviada a un segundo calentamiento donde alcanza la temperatura de pasteurización de 75 ± 1 °C. La leche caliente es enviada a enfriamiento intercambiando calor en la sección de recuperación con la leche fría que entra a la primera placa alcanzando los 22°C, pasando finalmente a la sección de enfriamiento rápido con agua fría proveniente del banco de hielo hasta disminuir su temperatura a 4°C. Antes de enviar la leche pasteurizada al tanque de almacenamiento, se realiza muestreo de la leche para los respectivos análisis de calidad.(Foto 6)

Foto 6 Equipo pasteurizador de leche



- **Almacenamiento de leche pasteurizada:** la leche se almacena en tanques, provistos de doble compartimiento, con el fin de preservarla a temperatura de 4 ± 2 °C. Los tanques almacenadores son en acero inoxidable, con capacidad promedio de 12.000 litros. La leche permanece almacenada en promedio 1 día antes de circular a la etapa siguiente.

Foto 7 Tanques de almacenamiento de leche pasteurizada



1.4 ELABORACIÓN DEL KUMIS

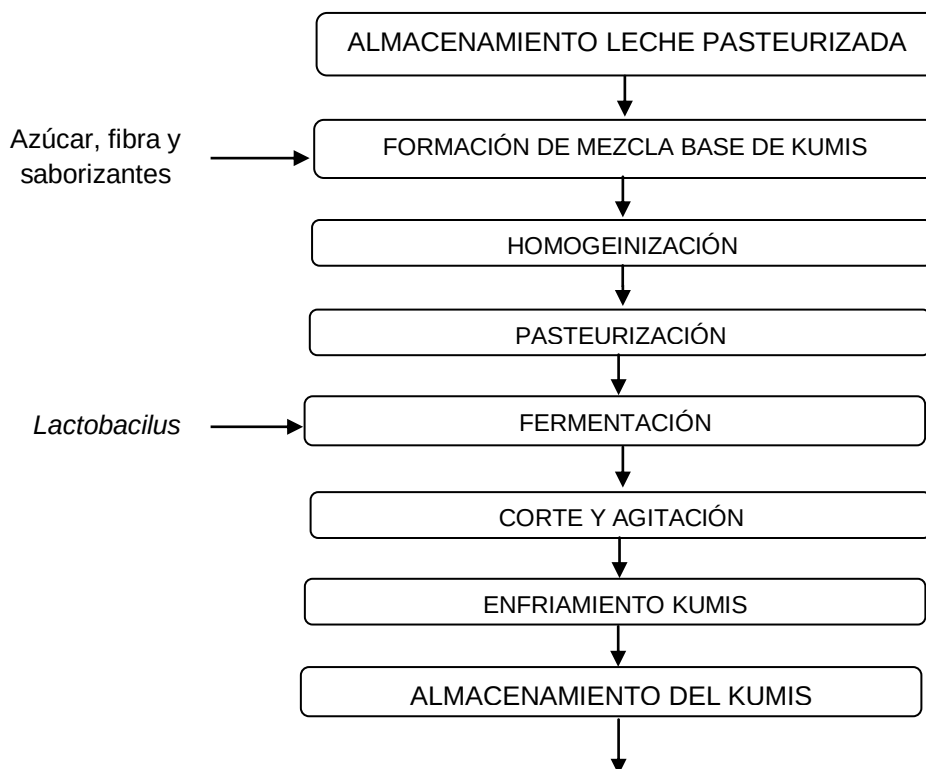
En la figura3 se muestra el esquema de elaboración del kumis. En Freskaleche, este proceso comprende las siguientes etapas:

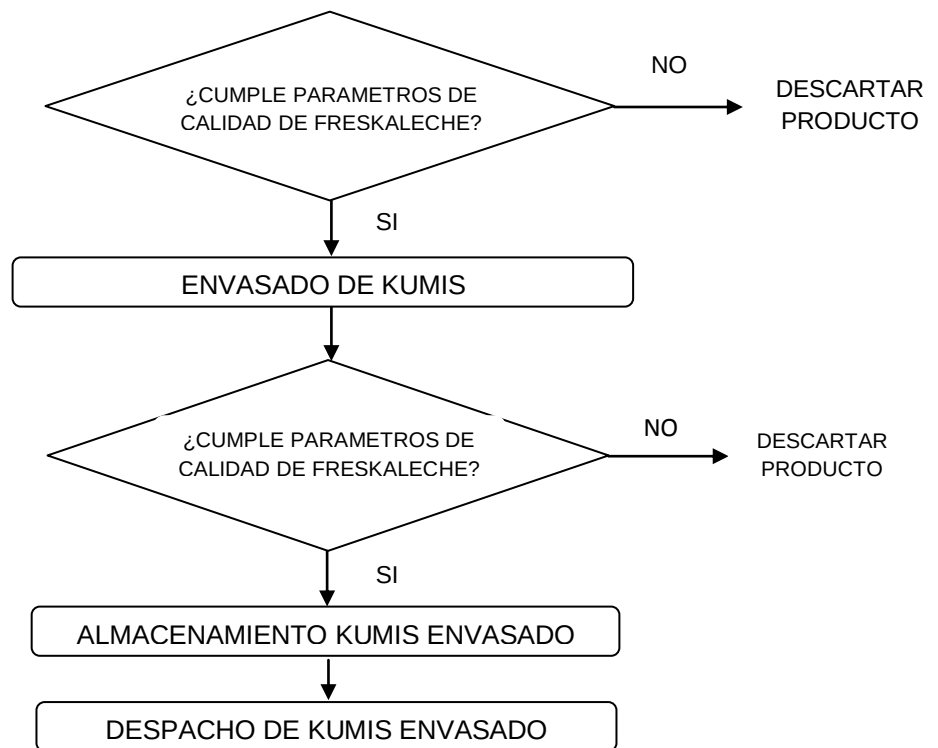
- **Preparación de la mezcla base:** en esta etapa, se adiciona a la leche los demás compuestos (azúcar, saborizante, fibra) que darán las características propias del producto. Para este fin se utiliza un tanque de 4.000 litros provisto de un sistema de agitación con paletas, que giran a 50 rpm y garantizan la formación de la mezcla base de kumis.

Foto 8 Tanque para preparación de la mezcla base de kumis



Figura 3 Subproceso 3: Elaboración de kumis





- **Homogenización:** la mezcla base es enviada a la primera placa del pasteurizador para un primer calentamiento **gracias** a la leche caliente que circula en contracorriente. La mezcla alcanza los 58°C y es enviada al homogenizador pasando por la válvula de estrangulación a presión donde se alcanza los 120 bares y se logra una perfecta mezcla. El caudal de mezcla manejado en este subproceso es de 4.100 litros/hora.

Foto 9 Homogenizador de derivados lácteos



- **Pasteurización:** ésta etapa tiene por objeto eliminar poblaciones microbianas que a posteriori puedan causar problemas en la preservación del kumis. La mezcla base homogeneizada es enviada a un segundo calentamiento donde alcanza la temperatura de pasteurización de 92 ± 2 °C y luego es enviada a enfriamiento intercambiando calor en la sección de recuperación con la mezcla fría que entra a la primera placa alcanzando los 37°C, pasando finalmente a la sección de enfriamiento rápido donde se disminuye la temperatura a 31 ± 1 °C mediante la circulación de agua a temperatura ambiente.

Foto 10 Pasteurizador de derivados lácteos



- **Fermentación:** la mezcla base pasteurizada se alimenta al bioreactor, se adiciona un peso de 195 g aproximadamente de *lactobacillus*, se agita por 5 minutos. Luego se mantiene la temperatura a 31 ± 1 °C y pH entre 4,90 y 5,0, durante 7 horas aproximadamente.

Foto 11 Bioreactor para la fermentación de derivados lácteos



- **Corte y agitación:** el proceso de fermentación se interrumpe, cortando el coágulo mediante agitación por mínimo 30 minutos a 25 rpm. Esta mezcla es enfriada con agua de enfriamiento hasta disminuir su temperatura a 22°C. El producto de esta etapa es el kumis.
- **Enfriamiento:** el kumis se enfría, para inhibir las poblaciones de lactobacterias, haciendo circular la corriente por un intercambiador de placas para garantizar que la temperatura del producto disminuya hasta 10 ± 2 °C.

Foto 12 Intercambiador de placas para enfriamiento de derivados lácteos



- **Almacenamiento:** el kumis se acopia en tanques en acero inoxidable de 1.300 litros cada uno donde permanece en “espera” mientras es sometido a análisis para verificar su calidad. Si el producto cumple con los estándares de Freskaleche, se libera el producto para su envasado.

Foto 13 Tanques de almacenamiento de kumis para el envasado



- **Envasado:** el kumis se lleva a las máquinas envasadoras de flexibles (bolsa de 200 gramos) y rígidos (botella de 950 gramos y vaso de 150 gramos) verificando el lote y la fecha de vencimiento. Durante el envasado se toman muestras a cada presentación, por parte del laboratorio de control de calidad, para corroborar la calidad final del producto envasado.

Foto 14 Máquinas envasadoras de kumis en presentación flexible (bolsa) y rígidos (botella y vaso)



Foto 15 Presentaciones de kumis de Freskaleche S.A.



Fuente: Freskaleche S.A.

- **Embalaje:** el kumis envasado en presentación flexible se organiza en displays por 7 unidades, se verifican los sellos para corroborar que no hayan filtraciones. Los displays junto con el kumis envasado en botella y vaso son dispuestos en calados o canastillas para su almacenamiento dentro del cuarto frío.

- **Almacenamiento de producto terminado:** el kumis embalado en sus diferentes presentaciones se mantiene refrigerado (en cuarto frío) antes de ser despachado. El producto permanece en esta etapa hasta por 15 días, tiempo en el cual se genera una nueva producción de kumis.

Foto 16 Cava para almacenamiento refrigerado del kumis



- **Despacho:** Las condiciones de despacho deben ser tales que el producto de menor vida útil sea el primero en salir al mercado (PEPS).

Foto 17 Vehículos para la distribución del kumis



De acuerdo a lo anterior, se puede percibir que el proceso de producción de kumis en Freskaleche S.A. cuenta con la tecnología de punta para industrias lácteas disponible en el mercado, donde sus procesos son sometidos a constante monitoreo por parte del área de control de calidad con el fin de garantizar la calidad e inocuidad de los productos ofrecidos al consumidor.

2. MARCO TEORICO

Impacto ambiental (IA) es cualquier cambio en el medio ambiente (aire, tierra, agua, flora, fauna, seres humanos y sus interrelaciones) adverso o beneficioso como resultado total o parcial de los aspectos ambientales de una organización [ISO 14001:2004].

El Impacto Ambiental en el contexto de producción, se refiere a todas aquellas emisiones de gas, contaminación hídrica y de suelos y demás efectos causados por el uso de los recursos en la creación de un producto; es decir, la producción se interpreta en términos de impacto potencial en la naturaleza o medio ambiente, como por ejemplo: la eutrofización (abundancia anormalmente alta de nutrientes), la acidificación, el cambio climático, toxicidad terrestre, uso de energía no renovables y la ocupación de la tierra [Vander Werf et al. 2009].

Específicamente, el impacto ambiental es la categorización o valoración de ese cambio: inicia con la extracción de las materias primas y termina cuando la vida útil del producto finaliza.

Las empresas tienen la responsabilidad sobre el impacto ambiental que ocasiona un proceso productivo, hasta que el producto llega al cliente e incluso cuando termina su vida útil. Todo producto tiene un ciclo de vida (Figura 4).

Figura 4 Ciclo de vida de un producto



2.1 METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Para evaluar el impacto ambiental (IA) de un proceso y/o producto se han diseñado diferentes metodologías, las cuales solo tienen aplicabilidad a proyectos específicos, siendo difícil establecer un método general de evaluación. Para seleccionar la herramienta de valoración de IA es necesario considerar recursos técnicos, financieros, tiempo de ejecución, cantidad y calidad de información disponible, aspectos legales, administrativos y los términos de referencia propuestos [Conessa 1999].

Magrini (1990) diferencia dos grandes grupos de técnicas para la evaluación de impactos: métodos tradicionales para la evaluación de proyectos y métodos cuantitativos. Los primeros corresponden a técnicas que hacen sus mediciones en términos monetarios (caso relación beneficio/costo), cuya principal limitante es la dificultad que representa el establecer valoración económica a los distintos factores que definen la calidad del medio (polución, aire, contaminación de aguas, etc.). Los métodos cuantitativos consisten en la aplicación de escalas valorativas para los diferentes impactos, medidos originalmente en sus respectivas unidades físicas. En estos se diferencian dos grupos: el primero permite la identificación y síntesis de los impactos (listas de chequeo, matrices, redes, diagramas, métodos cartográficos) y un segundo grupo incorpora, de forma más efectiva, una evaluación pudiendo explicitar las bases de cálculo (Batelle, hoja de balance y matriz de realización de objetivos).

Se tiene además métodos integrales que hacen posible la valoración cualitativa y cuantitativa de los impactos ambientales, mediante adopción y medición de indicadores ambientales y funciones de transformación que permiten su comparación directa.

- **Listas de chequeo, control o verificación (LCH):** Son relaciones categorizadas o jerárquicas de factores ambientales a partir de las cuales se identifican los impactos producidos por un proyecto o actividad específica. Existen listas de chequeo elaboradas según el tipo de proyecto, haciendo identificación expresa de los elementos del medio que en forma particular resultan impactados por las actividades desarrolladas en el marco del mismo. Además de permitir la identificación, bien podrían asimismo incorporar escalas de valoración y ponderación de los factores, ante lo cual *Magrini (1990)* anota que a pesar de que constituyen una forma concisa y organizada de relacionar los impactos, no permiten la identificación de las interrelaciones entre los factores ambientales. La mayor ventaja que presentan las listas de chequeo es que ofrecen cubrimiento o identificación de casi todas las áreas de impacto; sin embargo, representan básicamente un método de identificación cualitativo, limitándose su alcance en el proceso de EIA, a un análisis previo.
- **Métodos matriciales (MM):** Los métodos matriciales son técnicas bidimensionales que relacionan acciones con factores ambientales; son básicamente de identificación. Los métodos matriciales, también denominados matrices interactivas causa-efecto, fueron los primeros en ser desarrollados para la EIA. La modalidad más simple de estas matrices muestra las acciones del proyecto en un eje y los factores del medio a lo largo del otro. Cuando se prevé que una actividad va a incidir en un factor ambiental, éste se señala en la celda de cruce, describiéndose en términos de su magnitud e importancia [*Canter 1998*]. Uno de los métodos matriciales más conocido es el de la Matriz de Leopold, desarrollado en 1971 para el Servicio Geológico del Ministerio del Interior de los Estados Unidos de América.
- **Matriz de Leopold (ML):** Desarrollada por el Dr. *Luna Leopold et al. 1991* en el Geological Survey de los Estados Unidos, especialmente para proyectos en construcción. El principio básico del método consiste, inicialmente, en señalar

todas las posibles interacciones entre las acciones y los factores, para luego establecer, en una escala que varía de 1 a 10, la Magnitud e Importancia de cada impacto identificando si éste es positivo o negativo. Con respecto a la valoración de la Magnitud, ésta es relativamente objetiva o empírica puesto que se refiere al grado de alteración provocado por la acción sobre el factor medioambiental. Por otra parte, la puntuación de la Importancia es subjetiva, ya que implica atribución de peso relativo al factor afectado en el ámbito del proyecto. El establecimiento de estos pesos constituye uno de los puntos más críticos en la Matriz de Leopold, dado que no explicita claramente las bases de cálculo de las escalas de puntuación de la Importancia y de la Magnitud.

Otros aspectos criticables pueden ser señalados [*Magrini 1990*] al igual que para las listas de chequeo, como la no identificación de interrelaciones entre los impactos, lo que puede llevar a repetidos conteos o a la subestimación de los mismos, así como el poco énfasis atribuido a los factores sociales y culturales.

- **Redes (R):** Las redes representan un avance en relación con las técnicas anteriores, ya que establecen relaciones de tipo causa-efecto, permitiendo una mejor identificación de los impactos y de sus interrelaciones. Uno de los métodos más conocidos es el de Sorensen, elaborado en 1971 para analizar diversos tipos de uso del suelo en regiones costeras. Estos diagramas son métodos que integran las causas de los impactos y sus consecuencias, mediante la identificación de las interrelaciones existentes entre las actividades o acciones causales y los factores ambientales impactados, incluyendo aquellas que representan sus efectos secundarios y terciarios [*Canter 1998*].

El método, se destaca por permitir la identificación de efectos primarios, secundarios y terciarios y las relaciones causa-efecto que origina la cadena; sin embargo, tal identificación tiene una connotación subjetiva, ya que a pesar de dejarse en manos de especialistas, ésta no tiene un procedimiento normalizado

para decidir las relaciones causa-efecto o su importancia relativa. Además, las redes tienden a ser complejas y su comprensión por tanto, resulta en ocasiones difícil [Sanz 1991].

- **Matriz de Batelle-Columbus (MBC):** Desarrollado en el laboratorio Batelle-Columbus, por encargo de la Oficina de Reclamaciones del Ministerio del Interior de los Estados Unidos de América para proyectos hídricos, aplicable tanto en micro como macro proyectos. El método permite la evaluación sistemática de los impactos ambientales de un proyecto mediante el empleo de indicadores homogéneos. A pesar de que este método presenta ventajas en relación con los ya descritos, dado que hace explícitas las bases de cálculo, presenta limitaciones en cuanto a la identificación de las interacciones entre impactos, pudiendo llevar a repetidos conteos y a la subestimación de los mismos.

Si bien puede ser considerado una ventaja tener claras las bases de cálculo -lo que le confiere en la práctica la cualidad sistemática al ser aplicado- la asignación de puntajes a las diferentes categorías consideradas por este desarrollo metodológico, implica de hecho cierta subjetividad y amarre o condicionamiento a las mismas.

Otro aspecto a considerar, no sólo aquí sino también en las demás técnicas que emplean escalas como unidad común de medición, es que cuando se hace uso de ellas, en realidad se comparan y se suman impactos de naturaleza distinta [Sanz 1991].

- **Matriz de “Conessa” (MC):** propone niveles para describir diferentes elementos ambientales (los más amplios engloban los más específicos). La escala más amplia corresponde a los sistemas y la más específica son factores

ambientales. Este esquema puede variar según el enfoque que sea tomado por parte de los evaluadores [Canter1998].

- **Análisis de Ciclo de Vida (ACV):** metodología que permite identificar, cuantificar y caracterizar los impactos ambientales potenciales de un bien o servicio a lo largo de su ciclo de obtención [Chacón 2008]. El ACV involucra los impactos ambientales asociados a los procesos de obtención de materias primas, transporte, transformación, consumo y disposición final, lo cual garantiza que sea un proceso objetivo. El ACV ha sido utilizado en las últimas décadas para evaluar Impactos Ambientales Potenciales (IAP) en las cadenas productivas, tomar acciones correctivas en los procesos que están impactando gravemente el ambiente y evaluar la amigabilidad de los procesos [Abdallah et al. 2012].

2.2 ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA ACV

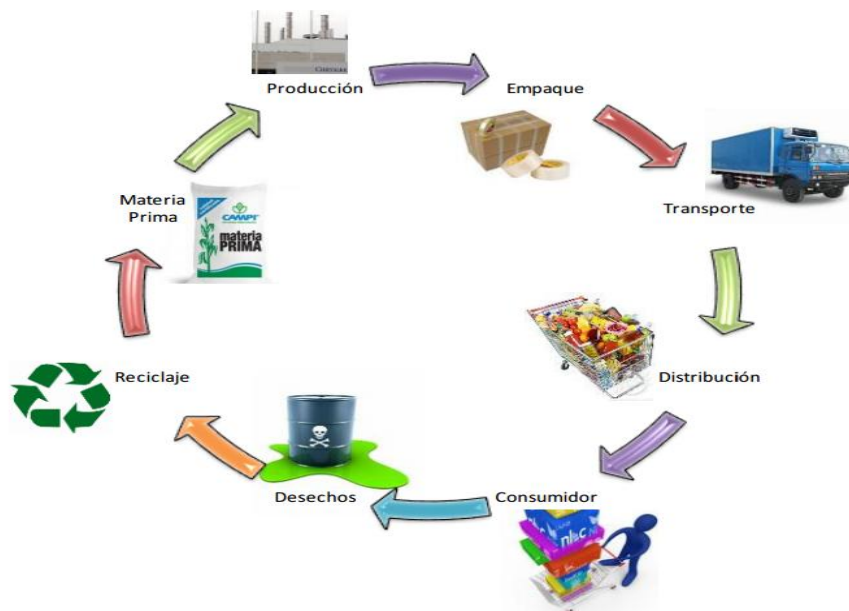
La metodología del ACV ha ganado importancia en la última década como el método de elección en la medición en los impactos ambientales de un producto, proceso o servicio, identificando y cuantificando las entradas y salidas (tanto el uso de materia y energía como las emisiones al entorno), para determinar el impacto final del proceso completo [Milani et al., 2011]. El estudio del ACV incluye el ciclo completo del producto: extracción y procesamiento de materias primas, producción, transporte y distribución, uso, reutilización y mantenimiento, reciclado y disposición final. El ACV de un producto se considera como la historia del producto desde su origen como materia prima hasta su disposición final como residuo [SETAC 1993].

El análisis de ciclo de vida toma en cuenta todo el proceso productivo de un producto, desde el momento que toma la materia prima de la naturaleza para crear los insumos necesarios para comenzar la producción hasta que el producto se

desecha o recicla dependiendo del caso. En la Figura 5 se presenta un diagrama de los procesos que se deben tomar en cuenta al momento de hacer un análisis de ciclo de vida.

La principal función del ACV es dar a conocer, con el mayor detalle posible, las consecuencias ambientales inherentes al modelo de producción utilizado y proveer información para que la dirección de una organización pueda tomar decisiones técnicas para la modificación de dicho modelo mejorando así su desempeño ambiental sin que conlleve a desmejorar la calidad del producto obtenido.

Figura 5 Procesos incluidos en un Análisis de Ciclo de Vida



Fuente: Goedkoop, et al. 2010

El primer ACV fue realizado en 1969 por el Midwest Research Institute (MRI) para Coca-Cola, donde la premisa fundamental fue disminuir el consumo de recursos y por lo tanto, disminuir la cantidad de emisiones al ambiente. Los estudios continuaron durante los años setenta y grupos como Franklin Associates Ltda.

junto con la MRI realizaron más de 60 análisis usando métodos de balance de entradas/salidas e incorporando cálculos de energía [Romero 2012].

La utilidad de los estudios de ACV se masificó hacia los años 80s, en los cuales se cambió el modelo para la cuantificación de los IA de procesos, bienes y servicios y se adquirió madurez metodológica y rigurosidad técnico científica [Arnold 2010]. En 1993 se formuló el primer texto con fines metodológicos para la aplicación del ACV. Posteriormente, la Organización Internacional de Estandarización (ISO) desarrolló el documento que compiló los pasos de aplicación del ACV. La Sociedad de Toxicología y Química Ambiental (SETAC) desarrolló y lideró las discusiones científicas acerca del ACV y en 1993 formuló el primer código internacional de prácticas para homogeneizar los diversos estudios realizados con esta metodología [Romero 2012].

La SETAC estableció que la información desde la adquisición de materias primas hasta la producción, uso y eliminación (de la cuna a la tumba) es importante para: identificar mejoras ambientales durante el ciclo de vida de un producto, evaluar las cargas ambientales asociadas al producto, identificar y cuantificar la energía y desechos liberados al medio ambiente, con el fin de evaluar oportunidades para efectuar mejoras ambientales [EPA 1994].

Por consiguiente, el objetivo principal del ACV es determinar los impactos ambientales de un sistema bajo estudio en las áreas de bienestar ecológico, la salud humana y el agotamiento de los recursos [Tanseyy Worsley1995].

En vista a que en las industrias cada vez se agregaban nuevas etapas, se creaban metodologías, índices, programas computacionales dedicados a realizar ACV, la ISO apoyó este desarrollo con el fin de establecer una estructura de trabajo, uniformizar métodos, procedimientos y terminologías y de esta forma para

controlar y mejorar el rendimiento medioambiental de una organización [www.forumambiental.org/cast/archivos/eines12.htm].

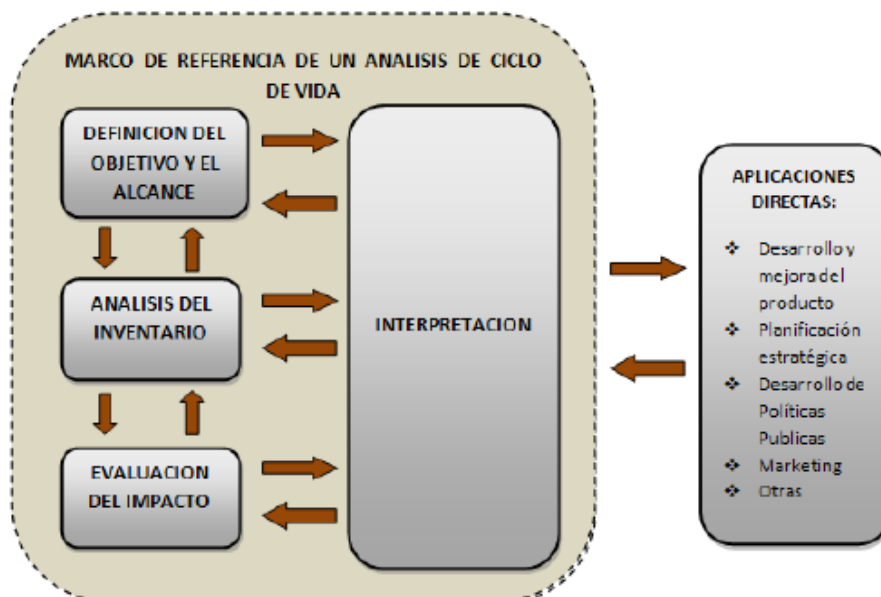
2.2.1 Fases del ACV

Los principios generales del ACV se establecen en cuatro fases (Figura 5).

- a) Definición de los objetivos y el alcance (ISO 14041)
- b) Análisis del inventario (ISO 14041)
- c) Evaluación de impacto (ISO 14042)
- d) Interpretación de resultados (ISO 14043).

Específicamente la ISO 14041 se titula "Análisis del Ciclo de Vida - Objetivos y definición / Ámbito de aplicación y Análisis de inventario" y tiene por objeto describir los requisitos especiales y las directrices para la preparación, el desarrollo y la revisión crítica del análisis de inventario del ciclo de vida [ISO 14041].

Figura 6 Fases del ACV propuestas en ISO 14040



Fuente: Norma técnica NTC ISO - 14040

- **Fase 1: Objetivo y alcance del estudio**

La primera fase del ACV es la definición de objetivos y alcance del estudio, que debe incluir tanto la definición exacta del tema a tratar como el alcance y profundidad del estudio, para determinar con qué propósito se utilizarán los resultados obtenidos, si éstos serán de uso interno (para una compañía) o externo (para informar al público general o a una institución), y las conclusiones extraídas. Si en el transcurso de la realización del ACV se obtiene información relevante, el objetivo puede reconsiderarse. Esta primera etapa sirve para organizar la totalidad del estudio y como referencia para la expresión de los resultados, cuyas conclusiones deberían tener en cuenta cualquier modificación habida con respecto del objetivo inicialmente marcado.

a) Objetivo del estudio: Debe ser claro y específico para cada escenario a evaluar. Al momento de definir el objetivo, se debe tener en cuenta el propósito del estudio y las razones por las cuales se aplica y el público a quienes se presentarán los resultados.

b) Objetivo del alcance: Debe estar bien definido, ser claro, de aplicación coherente con la intención deseada en el estudio. Sin embargo, el alcance del ACV puede ser ajustado durante el desarrollo de sus fases metodológicas y sea necesario reajustar la fase inicial.

c) Alcance del estudio: Es necesario describir bien el sistema, proceso o actividad y las funciones que cumple dentro del escenario en estudio para ello se define la unidad funcional del sistema y los límites del estudio. La unidad funcional proporciona una referencia de normalización matemática de los datos de entrada y salida del sistema. Los límites del sistema determinan que procesos unitarios integran el ACV, de modo que todos los procesos dentro de ellos serán analizados mientras que el resto de procesos serán excluidos. Para

definir el sistema es preciso tener en cuenta la aplicación, la hipótesis, criterios de exclusión de flujos o datos y las limitaciones económicas.

En la definición del alcance de un ACV deben ser considerados y descritos claramente los siguientes puntos:

- i) **Función y unidad funcional:** La función o funciones del sistema describen las características de operación del mismo. La definición de una unidad funcional o característica de rendimiento es la base funcional para un ACV, ya que la unidad funcional define la escala para comparar dos o más productos incluido la mejora del producto o sistema. Todos los datos recogidos en el Análisis de Inventario (ICV Inventario de Ciclo de Vida o LCI, Life Cycle Inventory) estarán relacionados con la unidad funcional. Uno de los principales propósitos de definir una unidad funcional es proveer una referencia para la cual los datos de entrada y salida puedan ser normalizados.
- ii) **Límites del sistema:** Los límites del sistema definen los procesos y operaciones del sistema (manufactura, transporte y tratamiento de residuos), así como las entradas y salidas que deben tomarse en cuenta en el ACV. La entrada puede ser el promedio de las entradas, así como la entrada a un solo proceso, lo mismo que para las salidas. Los procesos que estén dentro de los límites del ACV serán analizados mientras que el resto de procesos serán excluidos. Para definir el sistema es preciso tener en cuenta la aplicación, la hipótesis, criterios de exclusión de flujos o datos y las limitaciones económicas.
- iii) **Calidad de los datos:** La calidad de los datos usada en el ICV se refleja en la calidad de los resultados del ACV. Cuando un ACV se realiza por primera vez, es aconsejable no despreciar ningún dato por su calidad. La calidad

inicial de los datos requerida debe quedar establecida cuando se definen los siguientes parámetros:

- La antigüedad de los datos y su rango de validez temporal.
- Validez geográfica (local, regional, nacional, continental, global).
- Campo de aplicación tecnológica.

iv) Revisión crítica del proceso: El proceso de revisión crítica permite asegurar la calidad del ACV mediante una revisión tanto de los objetivos y alcance como de los límites del estudio. Esta revisión puede ser interna, externa o involucrar partes interesadas que fueron definidas en el objetivo y alcance del trabajo.

Esta primera fase condiciona de manera permanente el resto de elementos del ACV, desde las necesidades de tiempo y recursos hasta los resultados finales [Curran 2006].

- **Fase 2: Inventario del Ciclo de Vida (ICV)**

El análisis de inventario (ICV) corresponde al inventario de cargas ambientales. De hecho, se trata tan sólo de resolver balances de materia y energía, tras definir correctamente el sistema en estudio y presentarlo mediante un diagrama de flujo donde aparecen todas las etapas del proceso. Está compuesta por las siguientes etapas:

a) Recopilación de datos: El análisis de inventario incluye la recopilación y tratamiento de datos para ser usados en el cálculo del consumo de materiales y en la realización del perfil ambiental para todas las fases del ACV. Es, la mayoría de las veces, la parte más intensiva del trabajo en el ACV, especialmente cuando se requieren datos de un sitio específico para todos los procesos involucrados. En muchas ocasiones se usan datos promedio que

pueden provenir de sitios específicos, como compañías, áreas o países específicos, o de fuentes más generales como son organizaciones de estadísticas, organizaciones Europeas (como la BUWAL) registros públicos, de la literatura, etc.

Los datos promedio pueden ser usados para realizar un ACV simplificado y conseguir una primera impresión del impacto potencial causado por la producción de un material específico, aunque la mayoría de las veces son antiguas y además no representan los últimos desarrollos tecnológicos.

- b) Ajuste de los límites del sistema:** Los límites del sistema están definidos como parte del alcance del estudio, sin embargo después de la recopilación inicial de los datos, estos pueden ser redefinidos como resultado de la exclusión de etapas de vida o subsistemas, o de la inclusión de nuevos procesos unitarios. Los resultados de esta redefinición deben ser documentados. Este análisis limita el manejo de datos y las entradas y salidas que son realmente significativas para los objetivos del estudio.
- c) Procedimiento de cálculo:** No existen procedimientos formales para llevar a cabo los cálculos en el ACV, excepto la descripción de los procedimientos de asignación. Debido a la cantidad de datos, para este propósito específico es recomendable desarrollar al menos una hoja de cálculo.
- d) Validación de los datos:** La validación de los datos debe llevarse a cabo durante los procesos de recopilación para mejorar la calidad promedio de los mismos. La validación sistemática de los datos puede mostrar los puntos donde debe mejorarse la calidad. Este proceso puede involucrar la realización de balances de masa y energía y/o realizar un análisis comparativo de factores de emisión.

e) Reglas de asignación: Cuando se lleva a cabo el ACV en sistemas complejos, puede suceder que no sea posible manejar todos los impactos y las salidas dentro de los límites del sistema. Este problema puede resolverse de dos formas: expandiendo los límites del sistema para incluir todas las entradas y salidas, o utilizando criterios de asignación para algunos de los impactos ambientales del sistema.

Cuando se expanden los límites del sistema existe el riesgo de hacer demasiado complejo el ACV. La recogida de datos, la evaluación de impacto y la interpretación pueden tomar mucho tiempo y resultar demasiado costoso. La asignación puede resultar una mejor alternativa, si se encuentra un método adecuado para realizarla. El detalle y complejidad de los procedimientos de asignación a usar depende del nivel de sofisticación del ACV que se lleve a cabo.

Es posible clasificar los datos en las siguientes categorías:

- Entradas de energía, materias primas y complementarias.
- Productos, subproductos y desechos.
- Emisiones al aire, descargas al agua y suelo.
- Otros aspectos ambientales.

La recolección de datos puede efectuarse a través de mediciones, cálculos o estimaciones. La definición de la unidad funcional es una cuestión importante que permite una comparación equitativa de los diferentes sistemas a través del ACV.

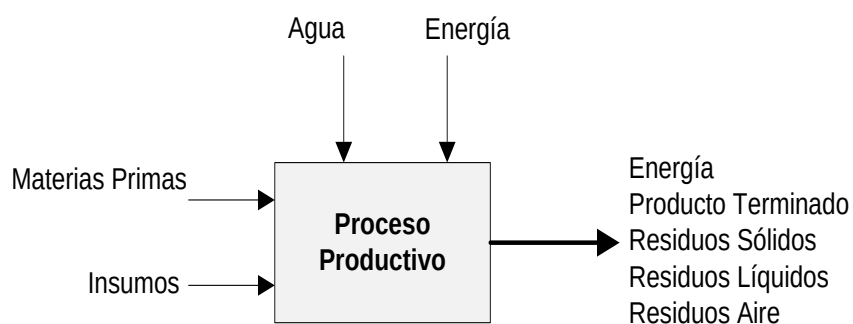
Una vez realizada la recopilación de los datos y la definición de los procedimientos para el cálculo de los mismos, se cuantifican los IAP asociados a la unidad funcional. De forma práctica se define el IAP como “carga ambiental” [Chenet *al.* 2012], esta involucra emisión de gases, residuos sólidos

y líquidos, consumos de recursos naturales, ruido, radiaciones, olores etc. [Higgins y Kendall 2012].

Los inventarios ambientales se realizan a partir del balance ambiental o ecobalance. El ecobalance permite acoplar y organizar datos para evaluar estrategias de prevenir contaminación, reducir costos, administración ambiental y financiera (ver figura6).

El ecobalance evalúa e identifica aspectos ambientales de los materiales, la energía, consumo de productos y subproductos en el proceso productivo. Posteriormente se asignan las entradas y salidas (insumos, desechos, productos, etc.) a las distintas unidades del proceso de producción y finalmente se identifican los impactos ambientales de las actividades que no están directamente relacionadas con el proceso de producción [Tobón y Hoyos 2010].

Figura 7 Estructura general del Ecobalance



Fuente: Van Hoof B. et al. 1999

- **Fase 3: Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV)**

Esta fase está dirigida a entender y evaluar la magnitud y la significación de los potenciales impactos ambientales del sistema de producción del bien que se está estudiando [Finnveden et al. 2009].

En primer lugar, se deben definir las categorías de impacto referidas a efectos ambientales a los que se asignarán los resultados del inventario. Las categorías de impacto deben responder a una serie de requisitos, como ser consistentes con el objetivo y alcance del estudio, ser comprensibles para la audiencia a la que van dirigidas y estar internacionalmente aceptadas.

Los resultados obtenidos en el análisis de inventario se asocian a las diferentes categorías de impacto definidas y se aplican factores de caracterización para cada componente de la categoría. Estos factores convierten el resultado del análisis del inventario a una unidad común para cada categoría de impacto, agrupando todos los resultados de esa categoría en un único valor. Los factores de caracterización pueden variar en función del método de evaluación que se utilice en esta etapa.

Las técnicas de evaluación de impacto ayudan a convertir el resultado del inventario -una tabla de doble entrada de centenares de datos referentes a diferentes cantidades de cargas ambientales en todas las etapas del proceso- en una lista de pocos datos interpretados según su capacidad de afectar al medio ambiente. La evaluación se realiza en toda una serie de categorías de impacto, como puede ser la reducción de la capa de ozono, la acidificación, la nitrificación de las aguas, la toxicidad o el agotamiento de recursos.

El proceso se lleva a cabo en varios pasos llamados: clasificación, caracterización, normalización y valoración/ponderación. Cada uno de estos elementos va manipulando los datos provenientes del inventario, reduciéndose sucesivamente en cantidad o en complicación y facilitando su interpretación. No obstante, este proceso tiene un precio: frente a la objetividad de los datos de inventario (dentro de los márgenes de error que tengan), cada nuevo elemento incorpora una cierta subjetividad, de modo que al llegar al final del proceso

podríamos encontrarnos con un solo número o índice ambiental para describir el sistema (etapa de valoración), sencillo de interpretar pero muy subjetivo.

Esta tercera fase del ACV se compone de los siguientes aspectos:

a) Definición de las categorías: Las categorías de impacto son seleccionadas para describir los impactos que produce el sistema. Según la ISO 14044 una categoría de impacto es una clase representativa de variables medioambientales a la que pueden asignarse los resultados del Inventario de Ciclo de Vida (ICV).

b) Clasificación: La clasificación es un paso cualitativo en un análisis científico de los procesos que tienen relevancia ambiental. La clasificación tiene que asignar el inventario de entradas y salidas a las categorías de impacto, si algunas salidas contribuyen a dos categorías de impacto diferentes, deben mencionarse dos veces. El resultado de la doble contabilidad es aceptable si los efectos son independientes para cada uno, por ejemplo la disminución del ozono estratosférico y efectos tóxicos sobre la salud humana del método CML baseline consideran ambas al metano.

Deben definirse las categorías de impacto más relevantes que cubran en lo posible los impactos producidos de acuerdo con los datos de inventario. Las categorías de impacto deben ser ubicadas en una escala dividiéndolas en tres grandes grupos: impactos globales, regionales y locales (ver anexo A).

c) Caracterización: El objetivo de la caracterización es aplicar modelos a las categorías de impacto para obtener indicadores ambientales. Los indicadores ambientales según ISO 14044 son la representación cuantificable de una categoría de impacto.

Una de las maneras de caracterizar los datos de inventario, es decir, de convertir los resultados asignados del ICV a la unidad común del indicador de categoría, es multiplicar cada una de las sustancias que contribuyen o forman parte de una categoría de impacto por su factor de caracterización, que expresa la contribución relativa de la sustancia a dicha categoría de impacto.

Por ejemplo, el factor de caracterización para el CO₂ en la categoría de impacto Cambio Climático puede ser igual a 1, mientras que el factor de caracterización del metano puede ser 21. Esto significa que la emisión de 1 kg de metano causa la misma cantidad de cambio climático que 21 kg de CO₂. Estos factores deben ser científicamente justificables y aceptados internacionalmente. Los resultados de los indicadores de una categoría de impacto serán la suma de las contribuciones de todas las sustancias que forman parte de dicha categoría, obteniendo así un perfil ambiental del sistema, compuesto por el conjunto de los indicadores ambientales de todas las categorías de impacto consideradas.

d) Normalización: Engloba una serie de técnicas para evaluar la significación del perfil ambiental obtenido en la caracterización o el grado de la contribución relativa de las categorías de impacto sobre el problema ambiental global. Según la SETAC, los datos de la caracterización se normalizan dividiéndolos por la magnitud real o predicha de la categoría de impacto correspondiente (también llamado valor de referencia o normal). En muchos casos se toma como referencia la media de la carga ambiental anual en un país o continente, dividido por el número de habitantes. Sin embargo la referencia puede ser elegida libremente.

Los propósitos de la normalización son:

- Dejar fuera de consideración las categorías de impacto que contribuyen sólo en pequeñas cantidades comparadas con otras categorías de impacto, reduciendo así el número de puntos que necesitan ser evaluados.
- Muestra el orden de magnitud de los problemas ambientales generados por el ciclo de vida de los productos, comparados con las cargas totales ambientales.

Después de la normalización los indicadores de las categorías de impacto tienen la misma unidad, generalmente 1/año, lo cual hace fácil su comparación.

e) Ponderación: Con la caracterización se logra un análisis cuantitativo de las diferentes categorías de impacto, pero la comparación entre éstas no se hace inmediatamente posible. Para ello es necesario una ponderación o valoración, donde se evalúa cualitativa o cuantitativamente la importancia relativa de las distintas categorías de impacto. Si dicha valoración es cuantitativa, supone un proceso similar al de la caracterización, donde los factores de ponderación son obtenidos con criterios socioeconómicos y no científicos y la suma de todos ellos debe ser la unidad.

El cálculo de la ponderación, donde los resultados de la categoría de impacto o daño son multiplicados por los factores de ponderación o peso, lleva a la obtención de un perfil ambiental ponderado que, si se suman todas las categorías, conducirá a un único índice ambiental global o puntuación total para el sistema, haciendo más fácil la toma de decisiones. Sin embargo, se pierde mucha información y se simplifica la realidad.

Los factores de valoración pueden variar de una región geopolítica a otra, dependiendo de la importancia relativa o alcance que se dé a las diferentes categorías de impacto: globales, regionales y locales.

La ponderación puede ser aplicada tanto en resultados normalizados o no, como sucede en los métodos EPS 2000, Demanda Acumulada de Energía, Demanda Acumulada de Exergía y Huella Ecológica, que no tienen normalización y sí se aplica la ponderación.

- **Fase 4: Interpretación de resultados**

En esta fase se combinan los resultados del análisis de inventario con la evaluación del impacto y cada resultado obtenido de esta interpretación es transformado a una conclusión y por consiguiente en una recomendación para futuras decisiones, según los objetivos marcados, entre las que puede encontrarse el camino a seguir para perfeccionar el estudio. Para mejorar el sistema en estudio, primero deben identificarse las áreas de posible mejora. Dentro de éstas, el ACV ayuda a identificar aquellas que pueden llevar a una mejora mayor o las que apenas afectan al conjunto y en las que no vale la pena invertir recursos, mientras que el conocimiento del sistema descubrirá aquellas de mejora más rápida y sencilla.

También es un proceso iterativo que debe ser repetido hasta que los requerimientos planteados en los objetivos y el alcance del estudio sean completamente satisfechos.

Esta fase es importante para identificar los procesos que aportan mayores cargas ambientales y por lo tanto realizar mejoras al proceso. Esta etapa ayuda a la identificación de IA significativos y concluye sobre el estado de afectación ambiental ocasionado por el sistema bajo estudio [ISO 14040]. Los resultados del ACV giran en torno a los IAP que generan las categorías de impacto evaluadas.

2.2.2 Categorías de Impacto Ambiental

Las categorías de impacto son los efectos sobre el medio ambiente que causan los aspectos medioambientales del sistema o producto en estudio. Las categorías de impacto se definen de acuerdo al impacto potencial que pueda generar el sistema.

Según la *SETAC 1993*, las categorías de impacto a considerar en un ACV se engloban en: Consumo de recursos naturales (R), impactos al ecosistema (E) y daños a la salud (S). Sin embargo, estas categorías también se pueden agrupar en función del tipo de impacto que origina cada una:

- a) Efectos globales (G): impactos independientes de la localización geográfica donde se extraen los recursos o donde tienen lugar las emisiones
- b) Efectos de alcance regional (R) o Local (L): aquellos cuyos impactos solo afectan a un área geográfica localizada [*Curran 2006*].

Algunas de las categorías de impacto ambiental evaluadas son:

- Calentamiento global
- Agotamiento de la capa de ozono
- Formación de oxidantes fotoquímicos
- Acidificación
- Eutrofización
- Agotamiento de recursos
- Toxicidad humana
- Ecotoxicidad acuática y terrestre
- Uso del agua y del suelo

Para más detalle de las categorías de impacto ambiental ver Capítulo Anexos.

2.2.3 Herramientas ofimáticas para el Análisis de Ciclo de Vida ACV

Diversas herramientas informáticas han sido desarrolladas para facilitar la aplicación masificada del ACV. Estas herramientas permiten simplificar las etapas del proceso de análisis de IAP. Estas herramientas son programas informáticos (software) que incluyen bases de datos de procesos, actividades, sustancias que varían en extensión, calidad y precio. A pesar de que cada uno de ellos tiene sus propias características, casi todos ellos se basan en la misma metodología y presentan rasgos comunes. La función básica de cualquiera de ellos es completar los balances de masa y energía sobre un proceso específico y entonces asignar las emisiones, usos de energía, etc., normalizados sobre una base común que usualmente es la masa.

Las aplicaciones antes mencionadas y las metodologías de evaluación que éstos usan son mayoritariamente de origen europeo lo que puede significar que se basan en características de ese lugar como propiedades climáticas, temperaturas, disponibilidad de recursos naturales, minerales fósiles, cantidad de seres humanos por metro cuadrado, impacto de ciertos agentes en la salud de los seres humanos en la región, etc. [Chacón 2009]. En la tabla 1 se presenta una descripción sencilla de las principales herramientas ofimáticas para el desarrollo de ACV.

Tabla 1 Programas informáticos para estudios de ACV generales.

SOFTWARE	COMPAÑÍA	PAÍS	OBSERVACIONES
Eco-it	PréConsultants	Países Bajos	Indicado especialmente para diseñadores de productos y envases. Manejo sencillo. Utiliza el EI 99.
Ecopro	Sinum A.G. Eco Performance Systems	Suiza	Permite la realización sencilla de CV del producto. Utiliza la librería BUWAL.
EcoScan	TNO Industrial Technology	Países Bajos	Puede utilizarse por encargados y técnicos responsables de la implantación del ecodiseño de productos. Dispone de varias bases de datos y su manejo es sencillo.

Boustead	Boustead Consulting	Reino Unido	Herramienta muy completa indicada para realizar estudios de ACV dentro de la industria química, plásticos, acero, etc.
GaBi	Universidad de Stuttgart	Alemania	Además de las posibilidades convencionales del ACV, permite asociar costes a los flujos y realizar análisis económicos
KCL Eco	Finnish Pulp and Paper Research Institute	Finlandia	Presenta una interfaz gráfica muy completa. Posee el Eco 95 y destaca por sus datos de la industria papelera
LCAit	Chalmers Idustritenik	Suecia	De aplicación principal en el sector de envases y productos de papel
Miet	Universidad de Leiden	Países Bajos	Trabaja con MS Excel y se basa en datos ambientales de EE.UU.
Pems	Pira International	Reino Unido)	Posee un interfaz gráfico flexible. Puede ser utilizado tanto por principiantes como por expertos en la materia.
SimaPro	Pré-consultans	Países bajos	Permite realizar ACV completos con múltiples métodos de evaluación de impactos. Presenta completas y variadas bases de datos
TEAM	Ecobilan	Francia	Herramienta muy completa, flexible y potente aunque más compleja de utilizar. Permite introducir información relativa a costes.
Umberto	Ifu Institute Hamburgo	Alemania	Ofrece datos de gran calidad y resultados transparentes. Las librerías de datos son completas y flexibles.
Uuklid	Frauenhofer-Institute	Alemania	Programa orientado a estudios de ACV de productos industriales
Wisard	Price water house Coopers	Francia	Indicado para análisis de impacto económico y medioambiental de residuos sólidos municipales

Fuente: Aranda 2008

Los más utilizados a nivel mundial por su facilidad de manejo son SimaPro, TEAM y Umberto. SimaPro es el software más utilizado en Latinoamérica para la elaboración de ACV. Esta herramienta dispone bases de datos de procesos, materias primas, combustibles, transportes, etc. que facilitan el diseño de

escenarios para evaluar los IAP de procesos. Las bases de datos y la información registrada en el software son de carácter internacional.

En el software se encuentra la información organizada por sectores industriales a nivel mundial; cada sector cuenta con bases de datos de procesos y materiales propios para cada actividad (ver Anexo A).

Existe un gran número de métodos de impacto aplicables a los ACV. La elección del método más apropiado para el estudio debe estar condicionada al objetivo y alcance del mismo así como a la audiencia a la que va dirigido. En la tabla 2 se describen tres de los métodos de evaluación más utilizados, CML 2001, EDIP 2003 y Ecoindicador 99.

Tabla 2 Métodos de evaluación seleccionados para el ACV del kumis

METODO	DESCRIPCION
CML 2001	Método elaborado por el Centro para Estudios Medioambientales (CML). De origen holandés. Los indicadores están basados en el principio de la mejor práctica disponible o aproximación orientada al problema y utiliza categorías obligatorias de impacto (indicadores de las categorías utilizadas en la mayoría de los LCA) [Raluy 2009].
EDIP 2003	Environmental Design of Industrial Products <i>EDIP</i> . De origen Danés, involucra parámetros relacionados con el destino y la exposición de los residuos o de los productos generados. Está orientado al diseño de productos y procesos [Raluy, 2009]. Es un método muy completo en categorías.
ECOINDICADOR 99	De origen holandés. Resuelve mediante la introducción de una función de aproximación orientada al daño, mediante la cual, de cada emisión se determina cuánto daño produce. Es más un indicador de consumo de recursos. Sólo tiene en cuenta el efecto local y regional.

2.3 IMPACTOS AMBIENTALES EN LA INDUSTRIA LÁCTEA

Un ACV completo considera un enfoque de la cuna a la tumba, al tenerse en cuenta desde la extracción de materias primas, la producción hasta el final de su vida útil incluyendo la eliminación de sus residuos. Estudios de ACV pueden ser

de la cuna a la tumba, de la cuna a la puerta, de la puerta a la puerta y de la puerta a la tumba. Un ejemplo de un estudio de la puerta a la puerta sería un análisis simplificado de una planta de leche líquida, comenzando en el punto en el que la leche cruda entra en la planta y terminando con el envasado de la leche en la empresa.

En un ACV, el proceso general puede dividirse en varios procesos unitarios con el fin de obtener un mayor detalle de los resultados. Las principales entradas que necesitan ser cuantificadas incluyen la leche cruda, agua, electricidad, combustible, productos químicos de limpieza y envases. Las principales salidas son los productos envasados, aguas residuales, CO₂ y otros contaminantes asociados con los combustibles fósiles utilizados en la generación de energía eléctrica, CO₂ asociado al gas natural utilizado para producir vapor y las emisiones asociadas a la producción de productos químicos de limpieza y materiales de envasado. Si existen coproductos, entonces la asignación de entradas y salidas se puede hacer a los coproductos [Milani et al., 2011].

La actividad humana produce más gases de efecto invernadero (GEI), con el potencial de calentamiento global asociado, del que puede ser absorbido por el carbón natural y los ciclos del nitrógeno. Alrededor del 21% de todos los gases de efecto invernadero provenientes de la actividad humana se estiman en el cultivo, la transformación, el transporte, el consumo y la eliminación de alimentos [Solomon, 2007], lo que hace necesario adelantar estudios de los sistemas alimentarios con el fin de entender en qué parte de la cadena alimentaria se producen gases de efecto invernadero y así tomar acciones para su reducción. En un reciente informe de la oficina para la Alimentación y la Agricultura (FAO) de la Organización de las Naciones Unidas para la división de Producción Animal y Salud titulado "las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes del sector lácteo" [Gerber et al., 2010], se concluye que el sector lácteo mundial

contribuye en el 2,7% del total mundial de gases de efecto invernadero antropogénico.

Los sectores con mayor contribución a los gases de efecto invernadero son la generación de energía, cambio de uso del suelo, el transporte y la agricultura con contribuciones del 24,6%, 18,2%, 13,5% and 13,5%, respectivamente [*World Resources Institute, 2010*].

Tukker et al., 2005, en su informe EIPRO (Environmental Impact of Products) sugiere:

- La leche fluida es uno de los diez contribuyentes de los impactos totales para todos los temas ambientales considerados excepto el agotamiento de la capa de ozono.
- La leche y el queso han sido ampliamente estudiados usando el ACV mientras que el yogurt y el helado han sido menos estudiados. Muchos estudios que van más allá de la puerta de la finca se centran en el uso de energía primaria o en los impactos asociados al calentamiento global bajo condiciones locales.
- Los impactos de ciclo de vida por eutrofización para todos los productos lácteos son dominados por las contribuciones desde la finca productora de leche: en el caso de la leche fluida, la finca aporta más del 95% de estos impactos.
- Debido al fuerte potencial de calentamiento global del metano y del óxido nítrico, la producción agrícola tiende a tener la mayor contribución del impacto ambiental por calentamiento global durante el ciclo de vida para productos lácteos: un estudio mostró que aún para el helado, considerado un producto altamente procesado, la producción agrícola registra más del 90% del total del potencial de calentamiento global en su ciclo de vida.

- La producción de leche orgánica parece requerir menos demanda de energía, elimina el uso de pesticidas pero requiere más tierra que la producción convencional.
- La diversificación de productos en el procesamiento de alimentos tiende a incrementar el consumo de agua y energía debido a la necesidad de limpiezas intermedias entre corridas más cortas de producto.

La industria de los alimentos requiere la aplicación de normas estrictas que garanticen la inocuidad y calidad de sus productos. El estudio realizado por *Hospido et al. 2003*, para la producción de leche en España, permitió identificar los elementos cruciales para la mejora de los procesos, formulando acciones para la fase agrícola, la fabricación de envases, la formulación de alimentos para animales en las granjas y las emisiones de las calderas en las industrias lácteas, cuya implementación de estas acciones puede llevar a una reducción máxima de casi el 22% del impacto ambiental global.

Examinando la contribución individual en el proceso de la leche fluida, se tiene que el mayor impacto lo tiene la producción primaria de la leche (94,4%), seguido por la planta de productos lácteos (4,2%), mientras que el resto de la contribución fue hecha por todos los otros componentes y procesos (1,4%). Es interesante observar que, aparte de la contribución por la producción de leche y la planta de lácteos, ninguno de los otros componentes usados contribuyó más de 1% a la entrada o salida del proceso [*Berlin 2002*].

En cuanto al calentamiento global y el potencial de acidificación de la leche, se tiene que la etapa de producción primaria de la leche tiene el mayor impacto durante el ciclo de vida [*Basset-Mens et al 2009; Hekkert et al 2000; Braz et al 2008; Berlin 2002*]. Una gran parte de los gases de efecto invernadero GEI, en la etapa de producción de la leche, se asocia con la actividad del rumen en la vaca; por tanto, la disminución de las emisiones de GEI de las vacas presentará un reto

importante en la mitigación o reducción de las emisiones de metano [*del Prado et al., 2010*]; el potencial de calentamiento global de la producción primaria de leche es del 95% debido a la emisión de metano [*Berlin 2002*].

En los procesos de producción, procesamiento y consumo de la leche, *Eide (2002)* informó sobre múltiples indicadores ambientales en los que la producción agrícola fue significativamente mayor que otros impactos a lo largo de la cadena de la leche líquida envasada. La contribución total de GEI de toda la cadena de la leche es de aproximadamente 0,65 kg de CO₂ eq/kg de leche; la contribución media desde la puerta de la finca hasta la eliminación por parte del consumidor es de unos 0,24 kg de CO₂ eq/kg de leche.

Sonesson y Berlín (2003) informaron de aproximadamente 0,14 kg de CO₂ eq/kg de leche (conversión de sus unidades funcionales reportados como toneladas métricas por año) de un estudio a partir de la puerta de la granja hasta el consumo. En otro estudio, *Hospido et al. (2003)* informaron de un ACV para Galicia (España) en la producción y el procesamiento de la leche, la contribución total de GEI fue de 1,05 kg de CO₂ eq/kg de leche, mientras que la contribución después de la puerta de la finca fue de 0,21kg de CO₂ eq/kg. En un estudio de la leche líquida en EE.UU., *Thoma et al., 2010*, encontraron emisiones después de la producción agrícola de 0,57kg de CO₂ eq/kg de leche consumida (28% del total), incluido el transporte de leche cruda, elaboración, envasado, transporte, venta al por menor, el consumo, la eliminación y los desperdicios de leche.

La mayor variación de impacto por GEI se encontró en la elaboración de productos lácteos. En pequeñas plantas se encontró un impacto cuatro veces mayor por GEI en comparación con las plantas grandes, de los cuales la mayoría podrían ser asignados al uso de la electricidad. El 93% del potencial de eutrofización, como contribuciones de la lixiviación de nitrógeno y fósforo, así como el amoníaco por las pérdidas de estiércol, estaba vinculado a la agricultura y a las pérdidas de

leche en las granjas. El autor informa que la mayoría del potencial de acidificación también se asoció con la agricultura. La mayor parte del potencial de agotamiento del ozono fue dividido entre la agricultura y la manufactura, con poca contribución de la distribución y la venta al por menor.

Los métodos de tratamiento y los posibles usos de los residuos tratados para el sector lácteo, los presenta *Arvanitoyannis (2008)*, considerando que este sector industrial genera aguas residuales que contiene proteínas, sales, sustancias grasas, lactosa, así como los residuos de los productos químicos utilizados durante los procesos de limpieza, cuyas características de estos efluentes también varían en gran medida, dependiendo del tipo de sistema y los métodos de operación utilizado así como del tipo de producto procesado (leche, mantequilla, queso, yogur, leche condensada, leche en polvo, helados, diversos tipos de postres y quesos).

El estudio realizado por *De Boer 2003* (“de la cuna a la puerta de la granja”) muestra que el potencial de acidificación de la producción de leche, es de 78-97% debido a la volatilización de amoníaco el cual no se reduce necesariamente por el cambio de la producción convencional a la producción de leche orgánica. El potencial de eutrofización por tonelada de leche o por hectárea de tierra de cultivo fue menor para la producción orgánica de leche sobre la producción convencional debido a menores tasas de aplicación de fertilizantes.

Según *Flysjö, et al 2012*, los dos factores más importantes para abordar en el análisis del sistema ambiental de la producción de leche son: 1) la relación entre la producción de leche y carne y 2) la competencia por la tierra, llevando posiblemente a cambio del uso de la tierra (LUC) con gases de efecto invernadero (GEI) y pérdida de la biodiversidad con sus implicaciones. El estudio fue desarrollado en 23 granjas lecheras (tanto convencionales como orgánicas), encontrando que el aumento de rendimiento de leche por vaca es a menudo una

de las soluciones discutidas con el fin de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la producción de leche.

Sin embargo, cuando también se hace la contabilidad para otros sistemas afectados (por ejemplo, la producción de carne) no es seguro que un aumento en la producción de leche por vaca conduce a una reducción en el total de las emisiones de gases de efecto invernadero por kg de leche. Estos resultados y el análisis de ciclo de vida realizado al sector lácteo en Europa por *Yan et al. 2011*, demuestran que dependiendo del método para el análisis del uso de la tierra que se utiliza se presentan diferentes resultados en cuanto al rendimiento en huella de carbono, por lo tanto, los escenarios de producción de leche y carne debe ser analizados en un enfoque integrado para reducir las emisiones totales del sector ganadero.

Después de la producción primaria de la leche y la producción de los materiales de empaque, el procesamiento de la leche en las industrias es la parte más intensiva del ciclo de vida de la leche líquida en términos de uso de energía. Al igual que en la producción primaria, la eficiencia de esta etapa depende en gran medida del tamaño de las operaciones de procesamiento con las economías de escala [*Keoleian y Pitzley 1999; Berlin y Sonesson 2002*].

Los principales impactos ambientales asociados con el procesamiento de productos lácteos son el alto consumo de agua, la descarga de efluentes con altas cargas orgánicas y el consumo de energía: el consumo total de energía en el procesamiento es de 0,2 MJ/kg de leche producida, el consumo total de combustible (a la entrada de la caldera) es de 0,46 MJ/kg de leche producida y el consumo total de agua es de 1,3 – 2,5 litros de agua/kg de leche producida [UNEP 2000].

Muchos de los datos disponibles acerca de los consumos anteriores son europeos (escandinavos en particular) y están basados en casos de estudio de industrias lácteas a inicios de los años 90. Al considerar la importancia de estos datos, se debe considerar los potenciales de mejora tanto en la eficiencia energética como del recurso agua como un resultado de cambios normativos (Panel intergubernamental de cambio climático IPCC, regulaciones de empaques), cambios tecnológicos (particularmente en el uso de nuevos sistemas de limpieza) y los cambios de la estructura industrial (incremento en la concentración entre los procesadores de leche y los distribuidores minoristas) que puedan haber tenido lugar en los últimos 5-10 años.

La leche es el principal ingrediente del yogurt y los impactos asociados a la producción primaria de la leche y su transporte desde la granja a la planta procesadora son relevantes. Hay tres aspectos del sistema que tienen los mayores impactos: la producción primaria de leche, la producción de los materiales de empaque y el procesamiento del yogurt. Otros tres aspectos, de menor importancia pero no insignificantes son: la manufactura de los empaques para el yogurt, el consumo y disposición del yogurt y el transporte del yogurt desde la planta procesadora hasta los distribuidores [Green et al, 2006].

La gran mayoría de la leche se procesa térmicamente al menos una vez durante su fabricación a un producto consumible, por tanto el consumo de energía es significativo así como el aumento de los recursos necesarios para los procesos de limpieza de los equipos de la planta de procesamiento. Las mejoras en los procesos de limpieza de los equipos utilizados en la termización disminuirían el consumo de energía y los impactos ambientales [Christian and Fryer, 2006]. Una revisión sobre la limpieza de los intercambiadores de calor (pasteurizador, esterilizador) fue realizada por Jun y Puri (2005) quienes llegaron a la conclusión que la limpieza relacionada con el ensuciamiento aumenta los costos por demanda de agua y energía y por mano de obra, además de aumentar las

pérdidas de tiempo en el proceso productivo. Las estimaciones de las contribuciones al costo total de limpieza por agua, productos de limpieza, mano de obra y energía son 25,6%, 23,2%, 23,9% y 27,3%, respectivamente [Sandu y Singh, 1991].

Berlin et al. (2007) realizaron un estudio para una planta de yogur donde se fabricaban varios productos, la cual requiere cambios operacionales entre los ciclos de producción y múltiples limpiezas con el fin de poner de manifiesto la importancia de realizar programaciones de producción y toma de decisiones basados en los impactos ambientales de un proceso. En el estudio se reportó la eutrofización, la acidificación, GEI y oxidación fotoquímica, con la conclusión que se deben hacer menos limpiezas por libra de producto terminado con miras a obtener un menor impacto ambiental. Aunque se esperaba este resultado, la novedad era poder cuantificar la importancia, en términos ambientales, del procesamiento de datos (programaciones, volúmenes) a nivel de producción con el fin de evitar los lavados intermedios al cambiar de un producto a otro.

Teniendo en cuenta que las aguas residuales de industrias lácteas tienen alta concentración de carga orgánica y residuales de los productos químicos utilizados en el lavado de equipos, *Changani et al., 1997*, ofrecen una revisión de los principales factores que intervienen en el lavado de estos equipos. El conocimiento de estos factores puede conducir a la reducción del uso de recursos y sustancias de limpieza y a disminuir la carga de efluentes. La selección de las sustancias químicas, cuando se aplica la metodología del ACV, puede conducir a unos adecuados criterios de selección cuando se conocen y se toman en el contexto de los recursos disponibles y los impactos ambientales [*Borén et al., 2009*]. Los factores primarios identificados a ser influyentes en el análisis de selección de sustancias químicas, son aquellas que no contengan fósforo, sean biodegradables y se obtengan de materias primas renovables.

El uso de compuestos que contienen cloro para el saneamiento en industrias lácteas presenta un impacto ambiental significativo. El uso del ozono en reemplazo de los compuestos que contienen cloro tendría un impacto mucho menor. *Pascual et al. (2007)* revisaron la tecnología y su eficacia, presentando un caso en que el uso de ozono para muchas industrias de alimentos daría los mismos resultados que los compuestos que contienen cloro, además de ser un desinfectante de bajo costo y de eliminar el cloro de las aguas residuales.

El consumo de agua fresca en una planta de productos lácteos en relación con la cantidad de leche procesada es significativo. Esto se deriva de la necesidad de limpiar los tanques de retención después de cada ciclo de llenado y los equipos de procesamiento con el fin de mantener la calidad de los productos derivados de la leche.

Stefanis et al. (1997) utilizaron el ACV para la evaluación de la fabricación de productos lácteos encontrando que la limpieza de la planta tiene un impacto significativo en el consumo de energía y generación de residuos. El uso de mayor cantidad de productos químicos en el proceso de limpieza aumentó la cantidad de residuos a disponer; para las plantas con múltiples procesos, se encontró que la limpieza en paralelo es más eficiente y disminuye el uso de hidróxido de sodio de manera muy significativa.

Hogaas y Ohlsson (1998) describieron grandes y pequeñas plantas de procesamiento de lácteos utilizando la metodología de ACV. Se utilizan 2 métodos de asignación de las cargas ambientales de uso de energía y agua: un método simplificado en el que todos los recursos utilizados se asignaron a la producción total de leche y un método detallado que segregó procesos unitarios tales como leche fresca de los productos lácteos fermentados. El método detallado demostró que algunos productos utilizan más recursos que otros, lo cual contrasta con el método simple que agrupa todos los productos en la misma planta. Sin embargo,

el método simple es fácil de llevar a cabo, mientras que el método detallado parte del conocimiento profundo al hacer la división de los recursos utilizados. También se llegó a la conclusión que la elección del método a utilizar es dependiente en gran medida de la meta del ACV y que cada método tiene fuentes de error.

Investigadores italianos [*Bianconi et al, 1998; Masoni et al, 1998*] realizaron dos estudios en plantas de fabricación de mantequilla, encontrando que el porcentaje más alto de la categoría de inventario de uso de recursos y emisiones, con la excepción de residuos sólidos, se asoció con la fabricación del producto y no con el envasado, distribución o uso final. La producción de polietileno o de aluminio para su uso en el envasado era responsable de las mayores cantidades de residuos sólidos en la etapa de producción de las materias primas.

Berlín (2002) proporciona un ACV de la “cuna a la tumba” para un queso semiduro en cuanto al uso de los recursos globales y los impactos ambientales. La producción de ECM (de las siglas en inglés de energy corrected milk) sin incluir la finca, contribuyó con la mayor parte del total de la carga ambiental de GEI del queso, reportando 8,3 kg de CO₂ eq/kg de queso, mientras que el proceso de fabricación de queso contribuyó en 0,4 kg de CO₂ eq/kg de queso. Las etapas del ciclo de vida del producto a través de la distribución, uso comercial y de los consumidores contribuyeron en 0,05 kg de CO₂ eq/kg de queso. El estudio también incluyó el cálculo de la acidificación, la eutrofización, potencial de agotamiento del ozono y la toxicidad potencial eco-humana. La mayoría de estos efectos son debidos a la etapa de producción primaria de la leche. El potencial de formación de ozono fotoquímico se calculó a partir del metano del rumen, pero excluye los compuestos de óxido de nitrógeno.

El ACV realizado por *Sonesson et al. 2008*, para la producción de leche, yogur y queso considerando todos los actores de la cadena, establece que cuando los hogares eligen productos ecológicos, reducen el consumo de energía y los gases

de efecto de invernadero; mientras que en cuanto a los tres productos, el yogur es el producto que ofrece el mayor potencial de mejora. Lo anterior ofrece un campo de estudio tendiente a evaluar los impactos ambientales para proponer mejoras a los procesos de producción de yogur y demás derivados lácteos.

Dentro de los derivados lácteos, en la producción de yogur con sabor, *Sorgüven et al. 2012*, evaluaron el impacto de los procesos de producción de alimentos en el medio ambiente en términos de utilización de la energía y exergía y la emisión de dióxido de carbono. Se consideraron los tres mecanismos de utilización de energía en la producción de yogur: la utilización de la energía solar por las plantas para producir bienes agrícolas, el consumo de alimento por los herbívoros para producir carne y leche y el consumo de combustibles fósiles en los procesos industriales para realizar la mezcla, calentamiento, refrigeración y demás procesos de transformación. El análisis comienza con el cultivo de los ingredientes y termina con la transferencia del producto final en el mercado. Los resultados muestran que el 53% de la pérdida de exergía total se produce durante la producción de leche y 80% de la entrada total de trabajo se consume durante la fabricación de yogur natural. El grado de perfección acumulada es de 3,6% para el yogur con sabor a fresa pudiendo aumentar en un 4,6%, si los recursos de energía renovables, como la energía hidroeléctrica y el biodiesel de algas se emplean en lugar de los combustibles fósiles.

La preocupación permanente de la industria de alimentos por emplear envases y empaques que preserven la calidad nutricional de los alimentos, ha llevado a la fabricación de envases en diversos materiales (vidrio, plástico, acero, aluminio, cartón) que impactan en diferentes grados al medio ambiente, dependiendo de la capacidad para ser reutilizados o reciclados; es así como desde la década de los años setenta se han realizado estudios de ACV a envases de bebidas y alimentos en general en Gran Bretaña y toda Europa y China [*Madival et al.2009*].

La selección del empaque puede tener una fuerte influencia en el consumo de energía, pudiendo aumentar en el orden de siete veces el consumo de energía asociado con el proceso de manufactura y transporte de la leche [Keoleian and Spitzley, 1999], sugiriendo que el consumo de energía en la etapa de manufactura del empaque de la leche varía entre 0,4623 MJ por litro de leche para bolsas flexibles de polietileno de baja densidad y 3,7328 MJ por litro de leche para botellas de vidrio.

Para la industria de lácteos se realizó un estudio comparativo, para evaluar la afectación al medio, relacionada con la selección de envases (materiales de envasado, tamaños y su método de eliminación) y la variabilidad de los datos de producción de leche, desde el punto de vista del calentamiento global y la acidificación. El estudio realizado por *Meneses et al. 2012*, demostró que los tamaños más grandes de los envases de cartón aséptico y su eliminación, tienen el mayor impacto ambiental comparado con los envases de polietileno de baja densidad.

Klöpffer y Rippen (1992) informaron acerca del uso de energía en la producción de envases y llegaron a la conclusión de que los envases de vidrio retornables utilizan tres veces menos energía, siempre y cuando estos son reutilizados 20 veces, en comparación con el uso de envases de productos lácteos elaborados en cartón y materiales compuestos de plástico. La disposición en rellenos sanitarios, al final de su ciclo de vida, sería muy favorable para el vidrio retornable ya que el vidrio no se descompondrá en comparación con el cartón y el plástico; sin embargo, la incineración del cartón proporcionaría energía en calor y por tanto sería un material con origen neutro de carbono con GEI renovable.

Otro estudio [*Bloemhof-Ruwaard et al., 2001*] comparó los costos y el impacto ambiental de los envases de leche líquida con envases desechables de cartón o botellas de policarbonato retornables. Se estimó que las botellas retornables eran

reutilizadas 27 veces. Al realizar el ACV encontraron que el envase desechable de cartón, en comparación con las botellas retornables, produce 3,2 veces más gases de efecto invernadero, 4,5 veces más acidificación, 1,7 veces más contaminación, 1,4 veces más nutrientes asociados al agua y 2 veces más toxicidad humana.

Así mismo, en el estudio realizado por *Ruano 2010*, se evaluó el uso de diferentes tipos de envases (bolsa LDPE, cartón aséptico, botella HDPE, botella de vidrio) para la leche fluida utilizando los métodos de cálculo EDIP 2003, EPD 2007, IPCC GWP 2007 y TRACI 2, encontrándose como resultado la misma tendencia para los métodos evaluados así: menor impacto la Bolsa LDPE, seguido por el Cartón tipo Brick, Cartón tipo Gable-Top, Botella HDPE y finalmente la Botella de vidrio con el mayor impacto ambiental. Además del impacto por el consumo de energía, el tipo de empaque tiene importante implicación para los plásticos, ya que tienen un efecto significativo sobre la acidificación, oxidantes fotoquímicos y manejo de residuos [*Berlin y Sonesson 2002*].

Mourad et al., 2008a encontraron que la tasa de reciclaje del 20% en los envases de cartón aséptico da como resultado una disminución del 6% en el uso de energía y del 9,7% en la energía derivada de las emisiones de gases de efecto invernadero, una disminución del 9% en la DBO₅, del 10% en la DQO, del 6% en los SST, 11% de disminución en la madera para la producción de fibra, 7% de disminución en el uso del agua y disminución del 7% en el volumen de relleno. También encontraron que el reciclaje de los envases de cartón aumentaron los SDT en un 57%, pero señalaron que esto podría ser mejorado con el cambio de infraestructura, como se demuestra en otros países con límites de descarga más estrictos.

Este mismo grupo de investigadores publicó otro informe [*Mourad et al., 2008b*] el cual se centra en el uso de energía y gases de efecto invernadero y de las tasas de reciclaje del envase aséptico, encontrando que el aumento de la tasa de

reciclaje de 0 a 70% disminuiría el uso de energía en 24,9 o 37,2%, según se recicle sólo el cartón o el polietileno, aluminio y cartón, respectivamente. Además, el aumento de la tasa de reciclaje de 0 a 70% disminuiría las emisiones de GEI en 48% solo con el reciclaje del cartón o en el 52% si se recicla el polietileno, aluminio y cartón.

Banar y Cokaygil (2009) realizaron un ACV para el empaque común del queso, encontrando que la extracción de los recursos y el uso de combustibles fósiles produce impactos ambientales, sin embargo, la descomposición del envase en el relleno sanitario tiene el mayor impacto en la producción de gases de efecto invernadero.

Las tendencias en el consumo y la producción en los últimos veinte años han incidido en el consumo de energía asociado con los materiales para el yogurt. De una parte, las tendencias de los consumidores por aumentar la diversificación de los productos y su producción, ha llevado a un aumento en los envases pequeños que a su vez incrementan el uso de empaques [*Berlin et al, 2005; Dewick et al, 2006*]. De otra parte, grandes eficiencias de recursos se han logrado por reducciones absolutas en la cantidad de materiales de empaque usados (entre 1970 y 1990 el peso promedio de envases plásticos de yogurt bajó de 11,8 g a 5 g: *British Plastics Foundation*).

Un aporte para la evaluación de la huella de carbono y la eficiencia energética en las cadenas de suministro, lo hacen *Rizet et al.2012*, comparando el consumo de energía y las emisiones de CO₂ de las cadenas de suministro en Bélgica, Francia y el Reino Unido, para jeans, yogures, manzanas, tomates y muebles, utilizando una metodología genérica que permitió comparar toda la cadena de suministro de productos. La evaluación comparativa mostró que las emisiones son relativamente altas para el transporte marítimo y la entrega a los consumidores, mientras que las actividades de logística, como el almacenamiento y el transporte por carretera

presentan emisiones relativamente bajas. Las influencias de la distancia, el tipo de venta al por menor, la densidad de área y el comportamiento del consumidor también mostraron una incidencia importante en la evaluación ambiental.

2.4 NORMATIVIDAD AMBIENTAL COLOMBIANA

Colombia es uno de los países latinoamericanos que más ha avanzado en el tema de legislar la gestión de su medio ambiente desde hace algo más de tres décadas luego de la convención de las Naciones Unidas en Estocolmo en el año 1972, donde se trató el problema de las causas, las consecuencias y las posibles soluciones a la crisis del ambiente para la época.

Con esta cumbre se posibilitó una visión más amplia sobre la problemática ambiental al reunirse cerca de 200 países a conversar sobre el ambiente y lograr el interés común de la humanidad de asegurar su supervivencia y sentar las bases de la esperanza para generar una conciencia ambiental mundial y a su vez lograr el compromiso y la responsabilidad ambiental de las personas, como de las instituciones y de las empresas con el propósito común de mejorar las condiciones de uso de los recursos naturales y los ecosistemas.

La Constitución Política de Colombia expedida en 1991, consagró 49 artículos a la protección del medio ambiente y los recursos naturales, situación que le mereció el calificativo de Constitución Ecológica, por parte de algunos tratadistas. A su vez, fue el paso más importante que en materia de legislación y política ambiental ha dado el país pues la protección ambiental fue redimensionada y el ambiente se elevó a la categoría de derecho colectivo dotando de mecanismos de protección ciudadana como las acciones populares o de grupo y del uso de las acciones de tutela y de cumplimiento para temas ambientales.

A la fecha, existen leyes, decretos y resoluciones que han profundizado en materia ambiental cada uno de los componentes del amplio espectro de la gestión

ambiental colombiana generando cada vez más la necesidad de que los procesos productivos del país y la población en general se adapten y adopten una conciencia ambiental que permitirá encontrar el equilibrio entre producción, desarrollo y ambiente.

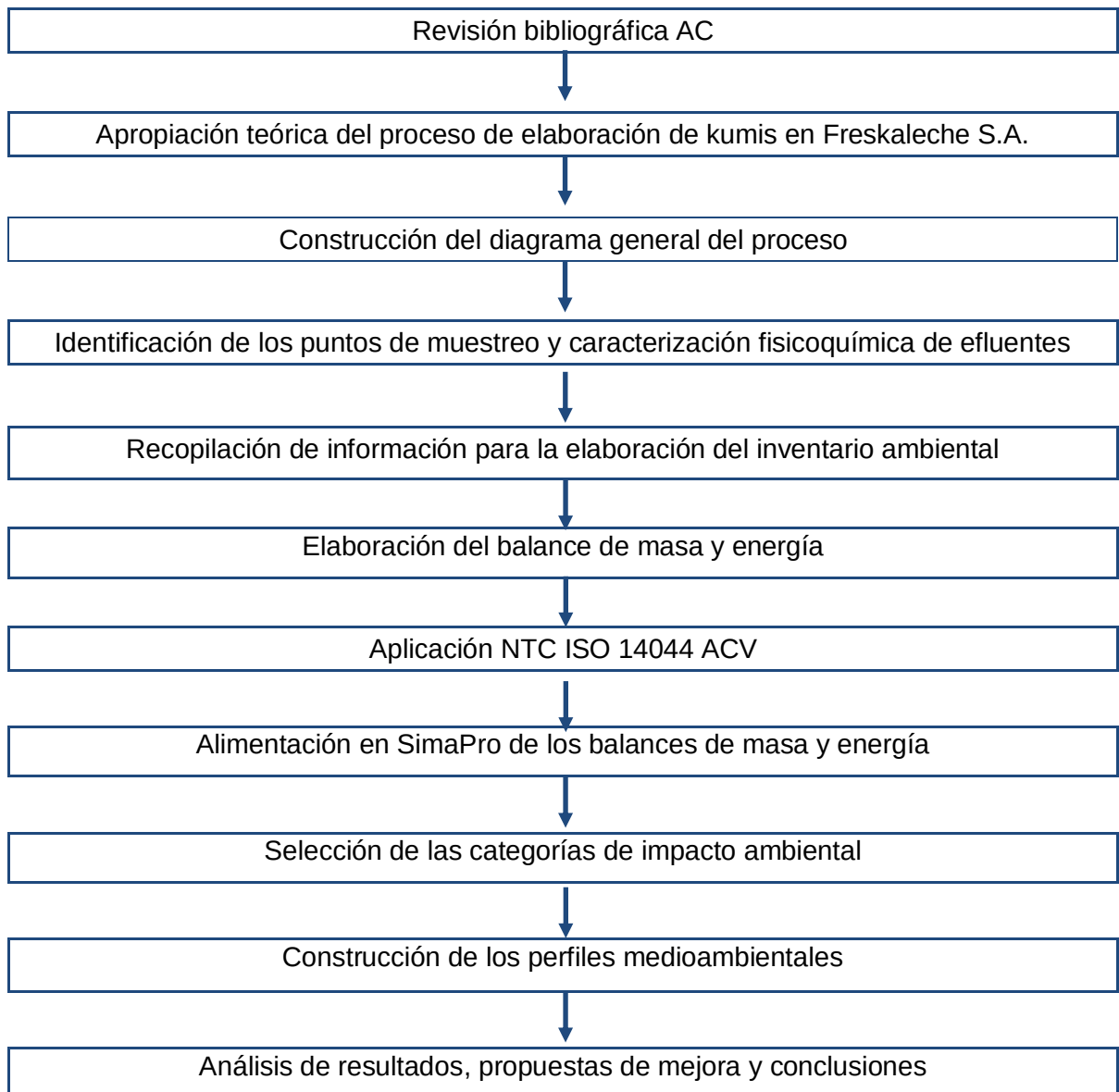
Dentro de las normas colombianas utilizadas en el marco de este estudio se encuentran:

- Decreto 1594 de 1984: Usos del agua y residuos líquidos, Artículos 72 y 73 aún vigentes.
- Decreto 3930 de 2010: En cuanto a usos del agua y residuos líquidos. Deroga el decreto 1594 de 1984 excepto los artículos 72 y 73.
- Resolución 0627 de 2006: Norma Nacional de Emisión de Ruido y Ruido Ambiental
- Resolución 0909 de 2008: Norma y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones
- Resolución 8321 de 1983: Protección y conservación de la audición de la salud y el bienestar de las personas, por causa de la producción y emisión de ruidos
- Ley 373 de 1997: Programa para el Uso Eficiente y Ahorro del Agua
- Ley 697 de 2001: Uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones
- Decreto 1713 de 2002: Gestión Integral de Residuos Sólidos

3. METODOLOGIA

En la figura 8 se presentan las etapas llevadas a cabo para el desarrollo del presente estudio.

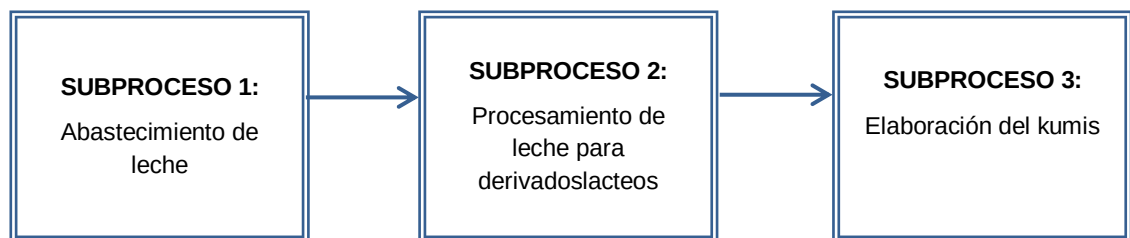
Figura 8 Metodología aplicada en el ACV del kumis



Para el desarrollo del estudio, el proceso global de producción de kumis se dividió en tres subprocesos a los que se les determinaron las etapas con sus corrientes de entrada y salida tanto másicas como energéticas. A su vez, se realizaron los diagramas de proceso para las operaciones auxiliares de servicios industriales requeridas en las diferentes etapas del proceso como son la generación de vapor y la generación de agua de enfriamiento en banco de hielo y chiller.

Estos diagramas se muestran en las figuras 9 a la 15 y los nombres de las corrientes de entrada y salida se muestran en las tablas 5 a la 10.

Figura 9 Subprocesos para la elaboración del kumis en Freskaleche S.A.



Para la elaboración de los balances másicos se calcularon las densidades de las corrientes de proceso y para los balances energéticos se calcularon los consumos de energía eléctrica de cada uno de los equipos involucrados así como los consumos de vapor y agua de enfriamiento requeridos en cada una de las etapas del proceso productivo.

Para la elaboración de los diagramas de proceso se asignaron colores dependiendo del tipo de corriente con el fin de facilitar su diferenciación en cada una de las etapas, así:

Tabla 3 Identificación por color de acuerdo al tipo de corriente

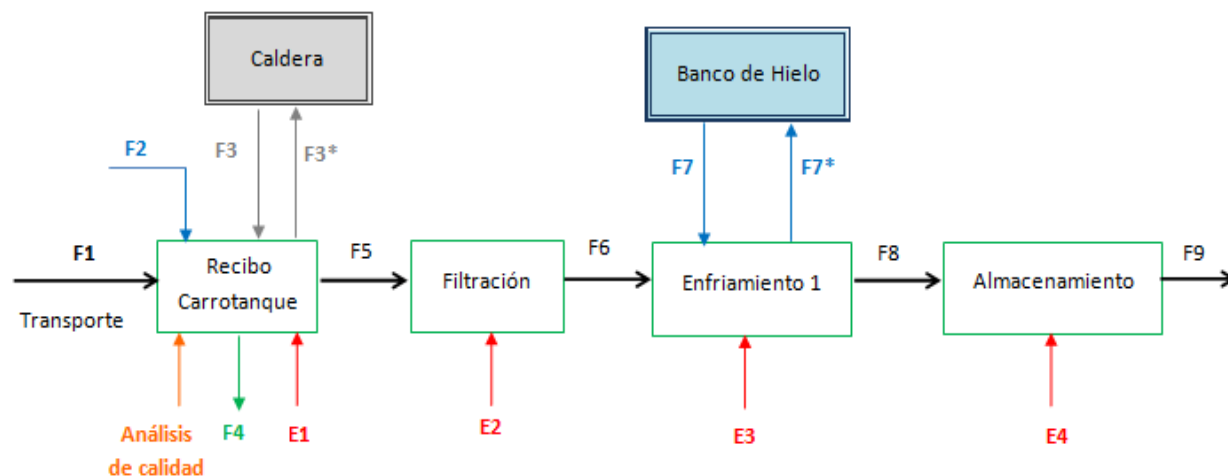
COLOR	TIPO DE CORRIENTE
	Leche, crema, insumos
	Agua potable, agua de enfriamiento
	Energía eléctrica
	Vapor, condensados
	Agua residual
	Residuos sólidos
	Aire
	Empaques
	Gas natural
	Emisiones atmosféricas
	Sustancias químicas

A continuación se hace una descripción de la metodología utilizada en cada una de las etapas de los subprocesos y operaciones auxiliares como generación de vapor y frío.

3.1 SUBPROCESO 1: ABASTECIMIENTO DE LA LECHE

En este primer subproceso se considera el transporte de la leche cruda desde los centros de acopio La Esperanza y Cimitarra. El porcentaje de aporte de cada centro de acopio es del 60% para Cimitarra y del 40% para La Esperanza.

Figura 10 Diagrama Subproceso 1: Abastecimiento de leche



Los vehículos usados para el transporte de esta leche son carrotanques provistos de doble compartimiento para evitar un aumento considerable de la temperatura de la leche desde el centro de acopio hasta su entrega en la planta ubicada en el Parque Industrial de Bucaramanga. Antes de realizar la descarga de la leche, se toman muestras para determinar su calidad y dependiendo de los resultados se autoriza el ingreso o rechazo de la misma. Una vez descargada la leche de los vehículos, éstos son lavados con agua, jabón y un enjuague final con vapor proveniente de la caldera.

La leche del carrotanque es filtrada, enfriada en un intercambiador de placas con agua de enfriamiento proveniente del banco de hielo y enviada a los tanques de almacenamiento hasta su pasteurización. En estos tanques la leche se mantiene a una temperatura de $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$. El volumen de los tanques de almacenamiento de leche cruda es de 50.000 litros.

En la tabla 4 se muestran las corrientes del subproceso de abastecimiento de leche; las corrientes representadas con un asterisco, indican las corrientes que retornan o recirculan al proceso de donde provienen.

Tabla 4 Corrientes del subproceso 1: Abastecimiento de leche

SUBPROCESO 1: ABASTECIMIENTO DE LECHE				
Etapa	Corriente	Descripción	Entrada	Salida
Recibo carrotanque	F1	Leche cruda en carrotanque	X	
	F2	Agua potable para lavado carrotanque	X	
	F3	Vapor caldera para lavado carrotanque	X	
	F3*	Retorno condensados a caldera		X
	F4	Agua residual del lavado carrotanque**		X
	F5	Leche cruda recibida		X
		Pérdida de leche		X
		Pérdida de condensados		X
	E1	Energía bomba de lavado en recibo	X	
Filtración	F5	Leche cruda recibida	X	
	F6	Leche cruda filtrada		X
		Pérdida de leche		X
	E2	Energía eléctrica bomba de leche cruda	X	
Enfriamiento 1	F6	Leche cruda filtrada	X	
	F7	Agua de enfriamiento desde BH	X	
	F7*	Retorno agua de enfriamiento hacia BH		X
	F8	Leche cruda fría		X
		Pérdida de leche		X
	E3	Energía eléctrica bomba agua BH	X	
Almacenamiento leche cruda	F8	Leche cruda fría	X	
	F9	Leche almacenada para pasteurización		X
		Pérdida de leche		X
	E4	Energía eléctrica bomba de leche	X	

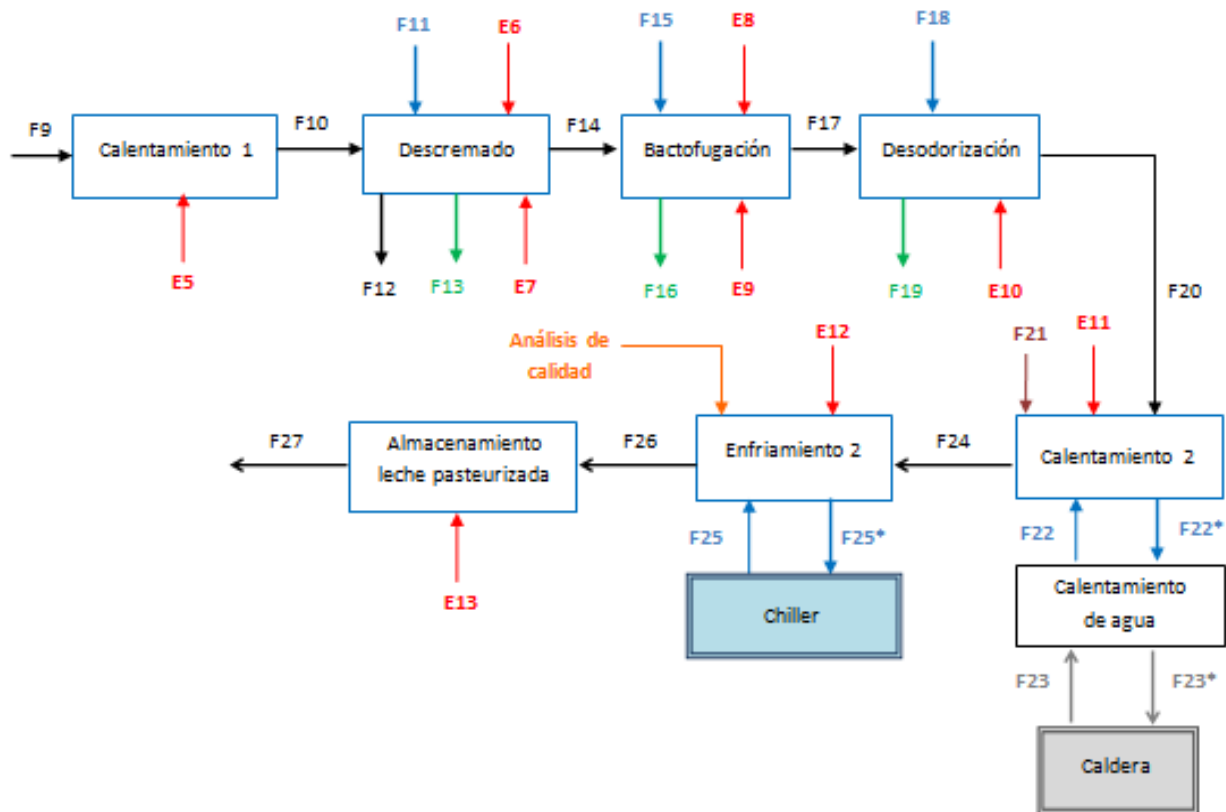
** Incluye las pérdidas de leche por lavado de carrotanque

3.2 Subproceso 2: Pasteurización de leche para derivados lácteos

En el subproceso 2 la leche es enviada al proceso de pasteurización el cual se realiza escalonadamente pasando por un primer calentamiento donde el intercambio de calor se realiza por los flujos en contracorriente de la leche caliente y la leche fría que entran a la primera placa del pasteurizador. Luego la leche pasa

por la descremadora donde se retira una cantidad de crema la cual es utilizada en la elaboración de mantequilla industrial y de mesa. En esta etapa se generan unos lodos provenientes de las purgas periódicas de la descremadora. La leche ya descremada pasa a la bactofugadora donde se retiran sólidos, endosporas y se generan lodos producto de las purgas de este equipo.

Figura 11 Diagrama Subproceso 2: Pasteurización de leche para derivados lácteos



Posteriormente la leche es enviada al desodorizador para retirar por vacío, los olores característicos que pueda traer la leche. La leche es calentada nuevamente con el fin de alcanzar la temperatura de pasteurización la cual es de $75 \pm 1^\circ\text{C}$ para lo cual se utiliza vapor que calienta el agua que va a transferir el calor a la leche. Se asumen un 50% del vapor utilizado como retorno de condensado a la caldera.

Para completar el proceso de pasteurización, la leche caliente es enfriada en dos pasos: primero transfiriendo calor a la corriente de leche que ingresa al calentamiento 1 y luego con agua proveniente del chiller para rebajar la temperatura de la leche pasteurizada a un valor menor a 5°C. El flujo másico del agua proveniente del Chiller es retornado nuevamente al Chiller para repetir el proceso de enfriamiento. La leche pasteurizada es almacenada en tanques de 12.000 litros hasta su envío al proceso de elaboración de kumis.

Tabla 5 Corrientes del subproceso 2: Pasteurización de leche para derivados lácteos

SUBPROCESO 2: PROCESAMIENTO DE LECHE PARA DERIVADOS LACTEOS				
Etapa	Corriente	Descripción	Entrada	Salida
Calentamiento 1	F9	Leche almacenada para pasteurización	X	
	F10	Leche pretratada1		X
	Pérdida de leche			X
	E5	Energía eléctrica bomba del pasteurizador de leche	X	
Descremado	F10	Leche pretratada1	X	
	F11	Agua de acueducto bomba de maniobra descremadora	X	
	F12	Crema		X
	F13	Agua residual por maniobra de la centrifugadora**		X
	F14	Leche descremada		X
	Pérdida de leche			X
	E6	Energía eléctrica del motor de descremadora	X	
	E7	Energía eléctrica bomba maniobra agua descremadora	X	
Bactofugación	F14	Leche descremada	X	
	F15	Agua de acueducto bomba maniobra bactofugadora	X	
	F16	Agua residual por maniobra de la bactofugadora**		X
	F17	Leche bactofugada		X
	Pérdida de leche			X
	E8	Energía eléctrica motor bactofugadora	X	
	E9	Energía eléctrica bomba maniobra agua bactofugadora	X	
Desodorización	F17	Leche bactofugada	X	
	F18	Agua de la bomba de vacío	X	
	F19	Agua residual de la bomba de vacío		X
	F20	Leche desodorizada		X

Calentamiento 2	Pérdida de leche		X
	E10	Energía eléctrica bomba de vacío del desodorizador	X
	F20	Leche desodorizada	X
	F21	Aire comprimido maniobra de válvula entrada de vapor	X
	F22	Agua caliente desde el intercambiador tubo y carcasa	X
	F22*	Retorno agua caliente al intercambiador tubo y carcasa	X
	F23	Vapor para leches	X
	F23*	Retorno condensados a caldera	X
	F24	Leche pretratada 2	X
	Pérdida de leche		X
Enfriamiento 2	Pérdida de condensado		X
	E11	Energía eléctrica de Bomba de agua caliente	X
	F24	Leche pretratada 2	X
	F25	Agua de enfriamiento proveniente del chiller	X
	F25*	Retorno agua de enfriamiento al chiller	X
	F26	Leche pasteurizada para almacenamiento	X
	Pérdida de leche		X
Almacenamiento leche pasteurizada	E12	Energía eléctrica bomba de agua de enfriamiento chiller	X
	F26	Leche pasteurizada para almacenamiento	X
	F27	Leche pasteurizada para kumis	X
	Pérdida de leche		X
	E13	Bomba que envía a derivados	X

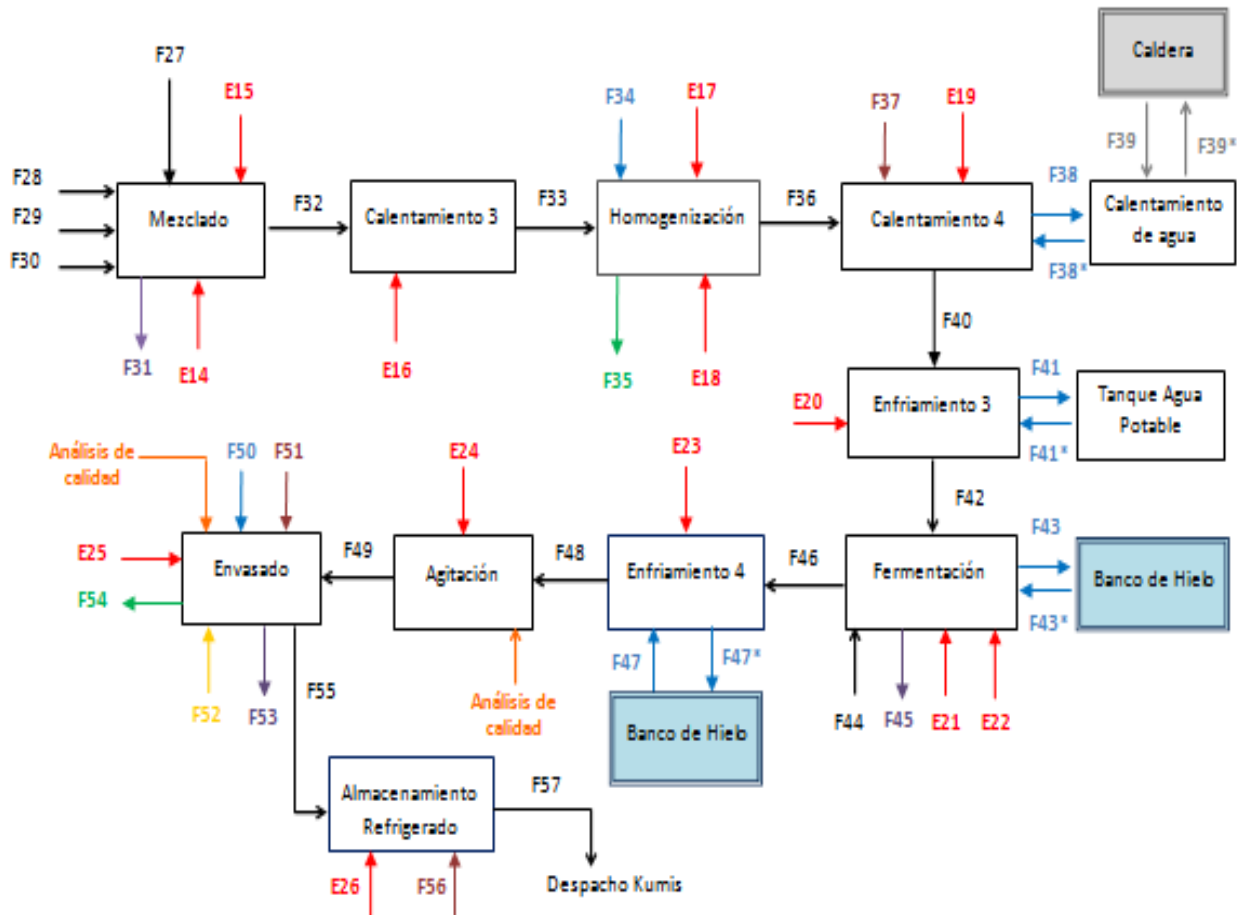
**Incluye las pérdidas de leche durante el proceso

3.3 SUBPROCESO 3: ELABORACIÓN DEL KUMIS

Ya pasteurizada la leche, ésta es enviada al proceso de elaboración del kumis el cual inicia con la mezcla de los ingredientes, pasando al primer calentamiento donde el aumento de temperatura se consigue al entrar en contacto en contracorriente el flujo de mezcla a alta temperatura proveniente de la etapa de calentamiento 4 con la mezcla fría que entra a la primera etapa del pasteurizador. Posteriormente la mezcla pasa a través del homogenizador y de ahí es enviada nuevamente a calentamiento con el fin de alcanzar la temperatura de pasteurización la cual es de $92 \pm 2^\circ\text{C}$ para lo cual se utiliza vapor que calienta el

agua que va a transferir el calor a la leche. Se asume un 50% del vapor utilizado como retorno de condensado a la caldera.

Figura 12 Diagrama Subproceso 3: Elaboración del kumis



Para completar el proceso de pasteurización, la leche caliente es enfriada en dos pasos: primero transfiriendo calor a la corriente de leche que ingresa al calentamiento 3 y luego mediante la circulación de agua potable a temperatura ambiente lo que garantiza disminuir la temperatura de la mezcla a un valor aproximado de $31 \pm 1^\circ\text{C}$. El flujo másico del agua potable de enfriamiento es retornado al tanque de almacenamiento para repetir el proceso de enfriamiento.

La mezcla pasteurizada es enviada al fermentador donde se adiciona el inóculo *Lactobacillus* hasta alcanzar las condiciones de fermentación. Una vez finalizada ésta etapa, se realiza el corte del producto y se hace circular agua del banco de hielo a través de la chaqueta del fermentador para disminuir la temperatura del kumis aproximadamente a 20°C. Luego el producto es enviado al intercambiador de placas el cual disminuye la temperatura hasta $12 \pm 2^{\circ}\text{C}$ por medio de la circulación del agua del banco de hielo. El kumis frío es enviado a los tanques de almacenamiento hasta su envasado.

Para el envasado del kumis se manejan tres tipos de envase:

PEAD: Polietileno de alta densidad

PEBD: Polietileno de baja densidad

PS: Poliestireno

Las presentaciones de kumis ofrecidas por Freskaleche S.A. son:

Empaque flexible: bolsa en PEBD por 200 g en display de 7 unidades

Empaque rígido: botella en PEAD de 950 g y vaso en PS de 150 g.

En ésta etapa se consideran los residuos sólidos generados por los materiales de embalaje de cada empaque utilizado.

Para determinar la cantidad envasada en cada presentación, se tomaron los datos históricos de producción del kumis del año 2012 y se calcularon los porcentajes de participación para cada uno de las tres presentaciones del kumis.

Para los tres subprocesos, se tomaron los datos de pérdidas de leche y kumis, lo que permitió asignar esta pérdida a cada una de las etapas en cada subproceso.

Tabla 6 Corrientes del subproceso 3: Elaboración de kumis

SUBPROCESO 3: ELABORACION DE KUMIS				
Etapa	Corriente	Descripción	Entrada	Salida
Mezclado	F27	Leche pasteurizada para kumis	X	
	F28	Azúcar	X	
	F29	Saborizante	X	
	F30	Fibra	X	
	F31	Residuos provenientes del material de empaque insumos		X
	F32	Mezcla base de kumis		X
	Pérdida de mezcla			X
	E14	Energía eléctrica Bomba tolva de mezcla	X	
	E15	Energía eléctrica del agitador	X	
Calentamiento 3	F32	Mezcla base de kumis	X	
	F33	Mezcla pretratada 3		X
	Pérdidas de mezcla			X
	E16	Energía eléctrica bomba del pasteurizador kumis	X	
Homogenización	F33	Mezcla pretratada 3	X	
	F34	Agua potable enfriamiento pistones del homogenizador	X	
	F35	Agua residual enfriamiento pistones del homogenizador		X
	F36	Mezcla homogenizada		X
	Pérdida de mezcla			X
	E17	Energía eléctrica motor del homogenizador	X	
	E18	Energía eléctrica bomba agua potable del homogenizador	X	
Calentamiento 4	F36	Mezcla homogenizada	X	
	F37	Aire comprimido maniobra válvula entrada de vapor	X	
	F38	Agua caliente desde el intercambiador tubo carcasa	X	
	F38*	Retorno agua caliente hacia intercambiador tubo carcasa		X
	F39	Vapor para kumis	X	
	F39*	Retorno condensados a caldera		X
	F40	Mezcla pretratada 4		X
	Pérdida de mezcla			X
	Pérdida de condensado			X
	E19	Energía eléctrica de Bomba de agua caliente	X	
Enfriamiento 3	F40	Mezcla pretratada 4	X	
	F41	Agua potable para enfriamiento	X	

	F41*	Retorno agua potable de enfriamiento a tanque de agua	X
	F42	Mezcla fría	X
	Pérdida de mezcla		X
	E20	Energía eléctrica bomba de agua potable	X
Fermentación	F42	Mezcla fría	X
	F43	Agua de enfriamiento proveniente de banco de hielo	X
	F43*	Retorno agua de enfriamiento a banco de hielo	X
	F44	Inóculo <i>lactobacillus</i>	X
	F45	Residuos provenientes del material de empaque inóculo	X
	F46	Kumis	X
	Pérdida de kumis		X
	E21	Energía eléctrica bomba del fermentador	X
	E22	Energía eléctrica de Agitador 1	X
Enfriamiento 4	F46	Kumis	X
	F47	Agua de enfriamiento proviene de banco de hielo	X
	F47*	Retorno agua de enfriamiento a banco de hielo	X
	F48	Kumis frio	X
	Pérdida de kumis		X
	E23	Energía eléctrica bomba banco de hielo	X
Agitación	F48	Kumis frio	X
	F49	Kumis agitado para envasado	X
	Pérdida de kumis		X
	E24	Energía eléctrica de agitadores en los tanques	X
Envasado	F49	Kumis agitado para envasado	X
	F50	Agua potable enfriamiento mordazas envasadora flexibles	X
	F51	Aire comprimido para las envasadoras	X
	F52	Empaque flexible (bolsa PEAD y bolsa PEBD)	X
		Empaque rígido botella (botella y tapa PEAD)	X
		Empaque vaso (vaso poliestireno y foil de aluminio)	X
	F53	Residuos provenientes de los empaques flexibles y rígidos	X
	F54	Agua residual enfriamiento mordazas envasadora flexibles	X
	F55	Kumis envasado flexible bolsa 250 g	X
		Kumis envasado rígido botella 950 g	X
		Kumis envasado rígido vaso 150 g	X
	Pérdida de kumis		X

	E25	Energía eléctrica de envasadoras flexibles y rígidos	X
	F55	Kumis envasado	X
	F56	Aire para refrigeración en cavas	X
Almacenamiento refrigerado	F57	Despacho de kumis	X
	E26	Energía eléctrica sistema de refrigeración cavas	X

3.4 SANEAMIENTO BÁSICO

Diariamente se realizan las actividades de saneamiento (limpieza y desinfección) de los tanques de almacenamiento, equipos e instalaciones los cuales comprenden lavados que requieren el consumo de agua, sustancias químicas, vapor, energía eléctrica y la generación de efluentes líquidos.

La frecuencia de lavado en cada uno de los subprocesos involucrados en la elaboración del kumis es el siguiente:

- **Recibo de leche cruda:** el carrotanque es lavado cada vez que éste se desocupa.
- **Tanques de almacenamiento de leche cruda y pasteurizada:** se realiza cada vez que se desocupa un tanque por medio del sistema CIP.
- **Abastecimiento y procesamiento de la leche pasteurizada:** el lavado se realiza al finalizar la jornada laboral por medio del sistema CIP.

El Sistema CIP (por sus siglas en inglés de “cleaning in place”) es un sistema automático diseñado para limpieza y sanitización de líneas y equipos de proceso de alimentos sin desmontarlos, reciclando agua y sustancias químicas en condiciones controladas de tiempo, dosificación, temperatura y acción física, requiriendo solo al final del proceso realizar la reposición por pérdidas

de las mismas con el fin de mantener la concentración de las soluciones en los tanques de preparación y el nivel de agua en el tanque de agua de lavado. En la foto 18 se muestra el Sistema CIP instalado en la planta de leches de Freskaleche S.A.

Foto 18 Sistema CIP instalado en la planta de leches de Freskaleche S.A.



- **Elaboración del kumis:** el lavado se realiza al finalizar la jornada laboral. Para este subproceso el sistema CIP aún no se encuentra en funcionamiento.

Para determinar el aporte de cada una de las etapas en el proceso de saneamiento, se tuvieron en cuenta los datos históricos de la empresa en cuanto al consumo de sustancias químicas y se determinaron los consumos de agua teniendo en cuenta las capacidades de los sistemas de bombeo y los tiempos de operación así como el dato de leche procesada y de esta forma proceder a realizar la asignación másica a cada una de las etapas.

Para realizar la asignación másica, se determinó por los datos históricos de la empresa, la cantidad de leche procesada mensual y diariamente, así como los consumos de sustancias químicas y se determinaron las asignaciones de acuerdo a la cantidad de leche procesada en cada etapa evaluada para la unidad funcional estudiada. Para nuestro caso de estudio, se realizó la asignación másica teniendo en cuenta que la unidad funcional seleccionada

corresponde a la producción de kumis en un día y cuyo proceso se realiza cada quince días.

Para el caso de las sustancias químicas utilizadas, el lavado ácido es realizado con un producto preparado por una casa comercial cuyo componente activo es el ácido nítrico, por lo tanto se tomó esta sustancia para el escenario de lavado en nuestro estudio.

3.5 ANÁLISIS DE CALIDAD

Para los análisis de calidad realizados tanto a la leche como al kumis, se consultaron las diferentes pruebas de laboratorio llevadas a cabo internamente por el laboratorio de control de calidad y los productos químicos utilizados los cuales se incluyeron como entradas a cada una de las etapas donde se realiza el muestreo.

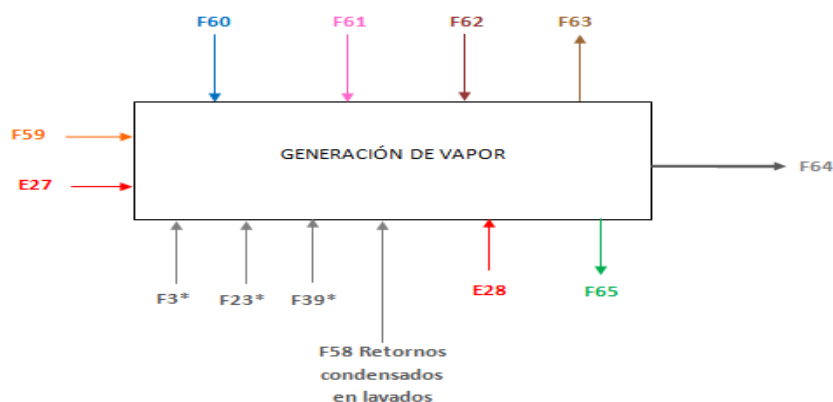
3.6 GENERACIÓN DE VAPOR

La generación de vapor se realiza en una caldera pirotubular de 200 BHP cuyo combustible es gas natural, operando a una presión de 134 psi y 176, 45°C con producción de vapor saturado. La caldera opera con un agua suavizada y adición de productos químicos para garantizar el buen funcionamiento y mantenimiento interno de la caldera. Se asumió que no hay pérdida de calor a través de la tubería de conducción del vapor desde la caldera hasta los puntos finales de uso debido a que se cuenta con un buen porcentaje de la tubería con aislamiento térmico. A la caldera retornan aproximadamente el 50% de los condensados a una temperatura promedio de 70°C; los condensados que no retornan se toman como pérdidas que van al sistema de tratamiento de aguas residuales de la empresa. Con el fin de mantener el nivel interno del agua dentro de la caldera se requiere la adición de agua de reposición.

El proceso de generación de vapor en la caldera genera unas emisiones atmosféricas para lo cual se realizó un análisis de los gases de combustión con el Sistema Integrado de Emisiones ENERAC modelo 700 previamente calibrado por parte de una firma externa certificada.

Diariamente se realizan purgas a la caldera las cuales son descargadas al sistema de tratamiento de aguas residuales de Freskaleche S.A.

Figura 13 Diagrama del sistema de generación de vapor en la caldera



Con las corrientes de entrada y salida para el proceso de la caldera, se creó un escenario en SimaPro para este proceso específico en Freskaleche S.A.

Tabla 7 Corrientes del proceso de generación de vapor en la caldera

OPERACIONES AUXILIARES: GENERACION DE VAPOR				
Etapas	Corriente	Descripción	Entrada	Salida
Generación de vapor	F3*	Retorno condensados caldera lavado carro tanque	X	
	F23*	Retorno condensados caldera calentamiento2	X	
	F39*	Retorno condensados caldera calentamiento4	X	
	F58	Retornos condensados caldera por lavados de equipos	X	
	F59	Químicos para tratamiento de aguas de calderas	X	
	F60	Agua suavizada de reposición	X	
	F61	Gas natural	X	

F62	Aire	X	
F63	Emisiones		X
F64	Vapor		X
F65	Purgas		X
E27	Energía eléctrica bombas químicos tratamiento de agua	X	
E28	Energía eléctrica del sistema generación de vapor	X	

3.7 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO EN BANCO DE HIELO

Se cuenta con un sistema de generación de agua de enfriamiento en banco de hielo consistente en compresor, torre de enfriamiento, tanque acumulador de amoníaco, válvula de expansión y evaporador de serpentín. Para su funcionamiento se usa amoníaco, el cual requiere pequeñas recargas periódicas para mantener la capacidad de refrigeración. Para compensar las pérdidas por purga y evaporación, el sistema requiere agua de reposición. Adicionalmente, se dosifican productos químicos para mantener la calidad del agua dentro del sistema y garantizar el buen funcionamiento y mantenimiento interno del mismo.

Los retornos de aguas de enfriamiento del banco de hielo se asumen del 100% en cada etapa. La temperatura del agua de enfriamiento proveniente del banco de hielo se encuentra entre 1 y 3°C y 90 psi.

Figura 14 Diagrama del sistema de agua de enfriamiento del banco de hielo

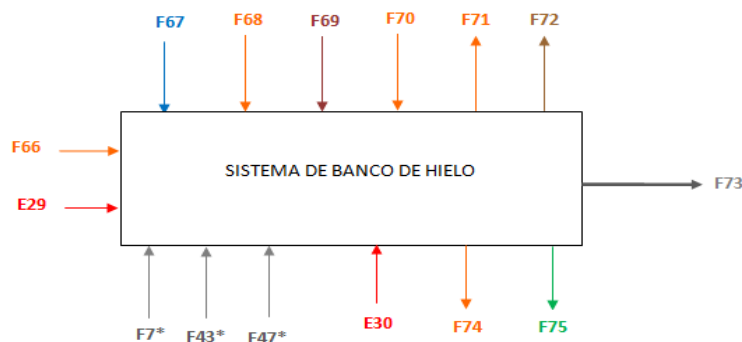


Tabla 8 Corrientes del proceso de generación agua de enfriamiento en banco de hielo

OPERACIONES AUXILARES: GENERACION AGUA DE ENFRIAMIENTO EN BANCO DE HIELO				
Etapas	Corriente	Descripción	Entrada	Salida
Generación agua de enfriamiento banco de hielo	F7*	Retorno agua de enfriamiento en enfriamiento1	X	
	F43*	Retorno agua de enfriamiento en fermentación	X	
	F47*	Retorno agua de enfriamiento en enfriamiento4	X	
	F66	Químicos para el tratamiento agua de alimentación	X	
	F67	Agua potable de reposición	X	
	F68	Recarga de amoníaco	X	
	F69	Aire	X	
	F70	Aceite para lubricación del compresor	X	
	F71	Emisión de amoníaco al aire		X
	F72	Evaporación de agua		X
	F73	Agua de enfriamiento del banco de hielo		X
	F74	Purga de aceite con amoníaco en compresor		X
	F75	Purgas de agua		X
	E29	Energía eléctrica bombas químicos tratamiento de agua	X	
	E30	Energía eléctrica del sistema de banco de hielo	X	

Con las corrientes de entrada y salida para el proceso del banco de hielo, se creó un escenario en SIMAPRO para este proceso específico en Freskaleche S.A.

3.8 Sistema de enfriamiento en chiller

Se cuenta con un sistema de generación de agua de enfriamiento en chiller consistente en compresor, torre de enfriamiento con tanque acumulador de amoníaco, válvula de expansión, evaporador de placas, tanque de almacenamiento de la solución de enfriamiento (agua mas propilenglicol, ésta última se adiciona como anticongelante).

Para su funcionamiento se utiliza como refrigerante amoníaco, el cual requiere pequeñas recargas periódicas para mantener el nivel de refrigeración del sistema.

Con las corrientes de entrada y salida para el proceso del banco de hielo, se creó un escenario en SimaPro para este proceso específico en Freskaleche S.A.

Figura 15 Diagrama del sistema de agua de enfriamiento del chiller

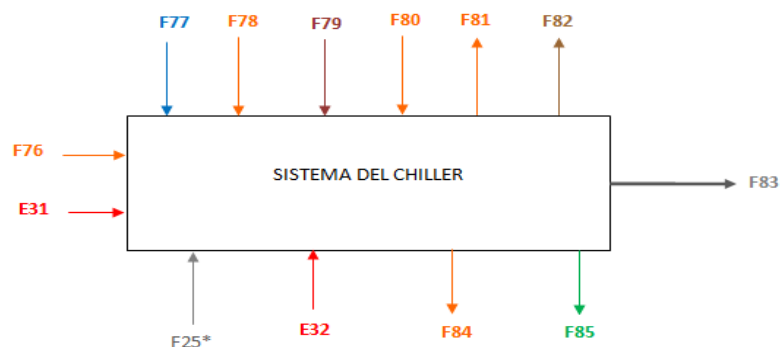


Tabla 9 Corrientes del proceso de generación de agua de enfriamiento en Chiller

OPERACIONES AUXILIARES: GENERACION AGUA DE ENFRIAMIENTO EN CHILLER				
Etapas	Corriente	Descripción	Entrada	Salida
Generación agua de enfriamiento chiller	F25*	Retorno agua de enfriamiento en enfriamiento2	X	
	F76	Químicos para el tratamiento de agua de alimentación	X	
	F77	Agua potable de reposición	X	
	F78	Recarga de amoníaco	X	
	F79	Aire	X	
	F80	Aceite para lubricación del compresor	X	
	F81	Emisión de amoníaco al aire		X
	F82	Evaporación de agua		X
	F83	Agua que sale del banco de hielo		X
	F84	Purga de aceite con amoníaco en compresor		X
	F85	Purgas de agua		X
	E31	Energía eléctrica bombas químicos tratamiento de agua	X	
	E32	Energía eléctrica del sistema Chiller	X	

3.9 GENERACIÓN DE RUIDO

En cuanto a la generación de ruido, se tuvo en cuenta los datos suministrados por la empresa para la planta de leches, derivados lácteos, envasado, caldera, banco

de hielo y chiller realizados en junio de 2011 y julio de 2012 respectivamente por la ARP, estimando para cada etapa del subproceso el aporte a la generación de ruido, mediante asignación de acuerdo al número total de etapas de cada subproceso.

3.10 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Para el tratamiento de las aguas residuales industriales generadas en el desarrollo de las actividades productivas y de saneamiento básico (incluye las pérdidas de leche y kumis durante el proceso productivo y de lavado de tanques y equipos), Freskaleche S.A. cuenta con una PTARI consistente en un tratamiento combinado biológico y fisicoquímico, el cual permite cumplir con el cumplimiento de la normatividad ambiental aplicable a vertimientos al alcantarillado. Para conocer los consumos de sustancias químicas requeridas para el tratamiento (coagulante, floculante, ácido nítrico y soda cáustica), se consultaron los datos históricos de la empresa y se determinó el consumo de energía eléctrica para el funcionamiento de los equipos que componen el sistema de tratamiento.

Para las descargas de la PTARI se tomaron muestras de las descargas líquidas durante el proceso productivo y de saneamiento con el fin de determinar las cargas en términos de DQO, DBO₅, SST y G&A y teniendo en cuenta los porcentajes de remoción de la PTARI se calcularon las cargas vertidas al alcantarillado, lo cual permitió crear el escenario de PTARI para el caso específico en Freskaleche S.A.

3.11 SUMINISTRO DE AGUA POTABLE, ENERGÍA ELÉCTRICA, GAS NATURAL Y DIESEL

Para el desarrollo de las actividades productivas, Freskaleche S.A. cuenta con el suministro de los siguientes recursos:

- **Agua Potable:** realizado por el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga. Para este recurso se consultó el tipo de tratamiento utilizado para la potabilización del agua en el AMB, consumo de insumos químicos y energía eléctrica por litro tratado. Con estos datos se creó un escenario de agua potable más ajustado al caso de Freskaleche S.A. el cual fue alimentado en la base de datos y usado para nuestro estudio.
- **Energía Eléctrica:** la distribución es por la Electrificadora de Santander ESSA y la comercialización es por bolsa con la empresa Vatia. Para la energía eléctrica se consultó la Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG con el fin de conocer el mix colombiano de donde se pudo identificar las emisiones gaseosas para la generación de electricidad referida al caso colombiano donde predomina el uso de hidroeléctricas, seguida por la termoeléctrica. Con estos datos se creó un escenario de energía eléctrica más ajustado al caso colombiano el cual fue alimentado en la base de datos y usado para nuestro estudio. Para efectos de los valores de energía eléctrica alimentados a SIMAPRO, se asumió una pérdida del 16% de esta energía por redes de distribución, pérdida que fue sumada al consumo de energía calculada para cada etapa.
- **Gas natural:** realizado por Gasoriente. Para este recurso se creó un escenario donde se excluyeron las cargas ambientales por la infraestructura de la línea de transporte del gas. Se dejaron las cargas para la explotación onshore, por ser el caso específico para Bucaramanga.
- **Diesel:** utilizado para el transporte de la leche cruda desde los centros de acopio de Cimitarra y La Esperanza y de los insumos y empaques desde las casas fabricantes ubicados fuera de Bucaramanga hasta nuestra planta de producción en el Parque Industrial de Bucaramanga. Para este recurso se creó un escenario donde se excluyeron las cargas ambientales debidas al

transporte del crudo desde la extracción hasta la refinería y de la refinería hasta las estaciones de servicio, así como las cargas por la construcción de la infraestructura física de la refinería. Solo se dejaron las cargas ambientales por emisiones gaseosas debidas a la combustión del combustible en los vehículos.

3.12 MATERIAS PRIMAS E INSUMOS:

Dentro de las materias primas e insumos utilizados tenemos:

- Azúcar: comprada al ingenio Manuelita en Palmira, Valle del Cauca, para la cual se creó un escenario modificando un sistema S para Brasil disponible en la base de datos donde se suprimieron las cargas contaminantes del proceso de producción de la caña en las plantaciones.
- Inóculo: importado desde Italia, se tomó el escenario disponible en la base de datos como sistema S.
- Fibra y saborizante: importados desde Chile y Dinamarca, respectivamente; no fueron incluidos debido a que no se encontraron disponibles en las bases de datos incluidas en SimaPro.

3.13 ENVASES:

El envasado del kumis se realiza en envases flexibles y envases rígidos:

- Envases flexibles: se creó un escenario modificando un sistema S disponible en la base de datos para bolsa en PEBD, dejando solo las cargas ambientales generadas por el proceso de fabricación de las bolsas.
- Envases rígidos: se creó un escenario modificando un sistema S disponible en la base de datos para botella en PEAD y para vaso en PS, dejando solo las cargas ambientales generadas por el proceso de fabricación de las bolsas.

Para el escenario de vaso, se incluyó el foil de aluminio, el cual encontraba disponible en la base de datos.

3.14 TRANSPORTES:

Se consideraron los transportes de la leche, materias primas, insumos y envases, los valores de las distancias a recorrer fueron consultados en el link: <https://www.co.lasdistancias.com>.

- Leche: transportada desde el centro de acopio de Cimitarra y La Esperanza ubicados a 82 y 204 km de Bucaramanga respectivamente. Se tomo el transporte Truck 16t B250.
- Azúcar: transportada desde Palmira, Valle del Cauca, ubicada a 762 km. Se tomó el transporte Truck 40t B250.
- Envases: las bolsas y vasos son transportados desde Bogotá ubicada a 407 km. Se tomó el transporte Delivery van <3,5t B250. Los transportes de las sobrebolsas utilizadas para el embalaje de los display de las bolsas de kumis y las botellas no se consideraron ya que estos envases son comprados a empresas de Bucaramanga.

Una vez contruidos los diagramas de proceso e identificadas las corrientes de entrada y salida se procedió a elaborar los balances de masa y energía para cada una de las etapas del proceso productivo.

3.15 CONSTRUCCIÓN DEL BALANCE DE MASA:

Se cuantificaron las entradas y salidas de las etapas de cada uno de los subprocesos para lo cual se calcularon las densidades de cada una de las corrientes, se aforaron caudales de las bombas, se consultaron los manuales de los equipos para determinar las condiciones de operación de aquellos equipos en

los cuales no fue posible realizar aforos y mediciones directas y se determinaron los tiempos de operación. Con los datos recolectados se calcularon los flujos másicos para las entradas y salidas en cada etapa.

3.16 CONSTRUCCIÓN DEL BALANCE DE ENERGÍA:

Se realizó un inventario de los equipos eléctricos involucrados en el proceso, registrando los tiempos de operación promedio para cada uno de ellos, se consultaron los manuales técnicos de los equipos para conocer los consumos de energía eléctrica y se estimó una eficiencia para cada uno de ellos teniendo en cuenta los años de fabricación y operación con la asesoría del área de mantenimiento de Freskaleche S.A. El suministro de energía para todos los equipos evaluados es a 220V.

Para los sistemas de generación de vapor y frío además de sus consumos eléctricos, se determinaron los calores transferidos del combustible y refrigerante respectivamente al agua. Con los valores de presión y temperatura de las corrientes de proceso y con la ayuda de las tablas termodinámicas para el agua se calcularon los flujos energéticos de entrada y salida para el vapor (entalpías) y agua de enfriamiento (capacidades caloríficas) así como los valores del calor disipado en las etapas del proceso [Smith 1996]. Para la leche se tomó como referencia el valor de capacidad calorífica de 3,89112 kJ/kg*K reportado en http://www.vaxasoftware.com/doc_edu/qui/caloresph2o.pdf.

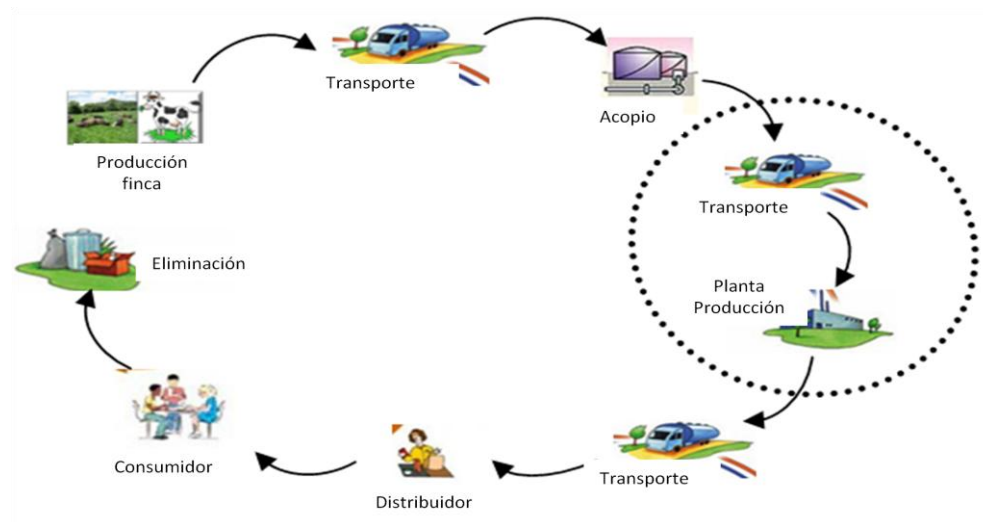
3.17 APLICACIÓN DE LA ISO 14040

A continuación se describen los parámetros del ACV para la producción de kumis en Freskaleche S.A. según la NTC ISO 14040

- **Definición del objetivo:** Realizar el estudio de ACV al proceso de elaboración de kumis en Freskaleche S.A. mediante la utilización del software SimaPro, para determinar los impactos ambientales potenciales por etapas y globales del proceso productivo y de esta forma proponer alternativas de mejora que contribuyan a la minimización de sus impactos ambientales, en las fronteras definidas como límites del sistemas y de acuerdo al alcance descrito a continuación.
- **Alcance del estudio:** Realizar el ACV al proceso de elaboración de kumis vinculando en el estudio los consumos de energía eléctrica, recursos, insumos y sustancias químicas así como la generación de efluentes líquidos y su tratamiento en la PTARI de Freskaleche S.A., desde el transporte de la leche cruda desde el centro de acopio hasta la entrega del kumis en la plataforma de despacho. Se tomaran las bases de datos disponibles en el software y de esta forma la calidad de los resultados no serán 100% representativos del contexto socio-económico local.
- **Función del sistema bajo estudio:** El sistema bajo estudio tiene como fin la elaboración de kumis en tres presentaciones comerciales: empaque flexible (bolsa de 200 g) y empaque rígido (botella de 950 g y vaso de 150 g).
- **Unidad funcional:** La unidad funcional definida para este estudio fue de 6.874,29 kg de kumis envasado, que corresponde a una producción diaria promedio de kumis. Y fue seleccionada bajo este criterio debido a que operacionalmente, los derivados de la leche se procesan por cochadas.
- **Límites del sistema:** Se determinó como límites del sistema el transporte de la leche en carrotanques desde el centro de acopio hasta la entrega del kumis envasado y refrigerado en la plataforma de despacho dentro de la planta.

De esta forma el ACV realizado se categoriza como un estudio “Puerta a Puerta”, que responde al interés de la empresa Freskaleche S. A., quien facilitó la información requerida para el presente estudio. En la figura 16 dentro del círculo punteado se muestran las etapas consideradas para el estudio del ciclo de vida.

Figura 16 Etapas consideradas para el estudio “Puerta a Puerta” del kumis



- **Límites temporales:** Para efectos temporales del estudio, se contemplaron los datos que posee Freskaleche S.A. desde el 1 de enero de 2011 al 31 de diciembre de 2012.
- **Limitaciones del estudio:** Son una limitación para el presente estudio:
 - ♦ Las bases de datos ya que no contienen datos para Latinoamérica. Para nuestro caso de estudio, se tomaron las siguientes bases de datos: IDEMAT 2001, Ecoinvent System Processes, Ecoinvent Unit Processes, BUWAL 250, Industry data 2.0.

- ◆ Se tomaron los datos incorporados en las bases de datos para el inóculo, ácido sulfúrico, alcohol etílico, soda cáustica, ácido nítrico sin crear modificaciones o variantes específicas para este proyecto.
 - ◆ Las emisiones por combustión del diesel se tomaron como datos genéricos del sistema mundial de producción, representado por los procesos contenidos en Ecoinvent, sin ningún tipo de modificación o adecuación para el caso específico del uso de diesel en Colombia.
- **Etapas excluidas del análisis:** Para efectos de este análisis se excluyó del sistema estudiado el flujo correspondiente a las siguientes corrientes:
 - ◆ Cargas ambientales de la leche y del azúcar en la etapa de producción primaria en la finca y en la planta de refinación, respectivamente.
 - ◆ El proceso realizado en el centro de acopio para la recepción y refrigeración de la leche y el proceso de distribución del kumis.
 - ◆ Productos químicos utilizados para el tratamiento de agua de caldera, banco de hielo y chiller.
 - ◆ Sustancias químicas utilizadas en los análisis de calidad realizados a la leche y kumis (excepto el alcohol etílico, soda cáustica, ácido sulfúrico y fenol) y el desinfectante (mezcla de ácidos orgánicos) utilizado en el proceso de lavado de equipos.
 - ◆ Fibra y saborizante utilizados para la elaboración del kumis.
El aporte de las sustancias químicas e insumos mencionados anteriormente fueron excluidas debido a que no se encontraron dentro de las bases de datos disponibles en SimaPro y debido a que su aporte al balance de masa es inferior al 1%.
 - ◆ Transporte de:
 - Sustancias químicas utilizadas en los análisis de calidad, saneamiento básico, tratamiento de agua de la caldera, banco de hielo, chiller y tratamiento de aguas residuales.

- Fibra, saborizante e inóculo: importados de Chile, Dinamarca e Italia respectivamente.
 - Sobrebolsa y botellas utilizadas para el embalaje y envasado del kumis al ser compradas a empresas de Bucaramanga.
 - Grasa generada en la PTARI hasta la empresa externa para el compostaje.
- ◆ Generación de residuos peligrosos y su transporte, tratamiento y disposición final por parte del gestor externo autorizado.
 - ◆ La carga inicial de refrigerante: amoníaco en banco de hielo y chiller y R-404A en cava de derivados lácteos. Debido a que las tasas de reposición son realmente muy bajas, por tanto se desprecian.
 - ◆ Sustancias utilizadas en operaciones de mantenimiento de equipos de la planta de leches y derivados lácteos.
 - ◆ Impresiones con la información nutricional y publicitaria del producto: impresión directa sobre la bolsa y fajillas para la botella y el vaso.
- **Categorías de impacto ambiental:** Actualmente existen diversos métodos de evaluación para estudios de ACV los cuales han sido elaborados con diferente visión o perspectiva, pero debido a la falta de consenso internacional en cuanto a cuál es el mejor método de evaluación a utilizar, se ha escogido el método EDIP 2003 para la evaluación del ACV del kumis por ser un método que permite englobar la totalidad de los impactos ambientales en un “score” o indicador único y por ser un método muy completo en categorías, que permite en una primera aproximación identificar los aspectos que generan mayor sensibilidad ambiental en el ciclo de vida objeto de estudio.

Luego de definir los parámetros descritos anteriormente, se procede a construir el escenario en SimaPro. Con los balances se realiza el cálculo del inventario de ciclo de vida (ICV), el cual relaciona el valor de las descargas con el factor de

caracterización para cada categoría de impacto seleccionada en el método de evaluación seleccionado EDIP 2003. Con el ICV, se generan las gráficas de los perfiles medioambientales del sistema completo y por etapas del proceso.

Para el árbol global del proceso, se realizaron los ensamblajes de los procesos descritos en la tabla 10.

Tabla 10 Ensamblajes utilizados para la elaboración del árbol global del proceso

MONTAJE	SUBPROCESO/ETAPA
I. TRANSPORTES	I.1. Leche I.2. Azúcar I.3. Envases
II. MATERIAS PRIMAS E INSUMOS	II.1. Azúcar II.2. Inóculo
III. ENVASES	III.1. Bolsas III.2. Botellas III.3. Vasos
IV. ABASTECIMIENTO DE LECHE	IV.1. Recibo carrotanque IV.2. Filtración IV.3. Enfriamiento1 IV.4. Almacenamiento leche cruda IV.5. Lavado abastecimiento
V. PASTEURIZACION DE LECHE	V.1. Calentamiento1 V.2. Calentamiento2 V.3. Enfriamiento2 V.4. Descremado V.5. Bactofugación V.6. Desodorización V.7. Almacenamiento leche pasteurizada V.8. Lavado pasteurización de leche
VI. ELABORACIÓN DE KUMIS	VI.1. Mezclado VI.2. Calentamiento3 VI.3. Calentamiento4

VI.4. Enfriamiento³
VI.5. Homogenización
VI.6. Fermentación
VI.7. Enfriamiento⁴
VI.8. Agitación
VI.9. Envasado
VI.10. Almacenamiento y refrigeración
VI.11. Lavado elaboración de kumis

4. RESULTADOS

En las tablas 11 a la 16 se reportan los balances de masa y energía obtenidos para cada una de las etapas del proceso productivo del kumis en Freskaleche S.A.

4.1 Balances de masas y energía

A continuación se muestran los resultados de las corrientes de entrada y salida para cada una de las etapas del proceso.

Tabla 11 Balance de masa y energía Subproceso 1: Abastecimiento de leche

SUBPROCESO 1: ABASTECIMIENTO DE LECHE				
Etapas	Corriente	Descripción	Entrada*	Salida*
Recibo carrotanque	F1	Leche cruda en carrotanque	6.289,39	-
	F2	Agua potable para lavado carrotanque	500	-
	F3	Vapor caldera para lavado carrotanque	10,16	-
	F3*	Retorno condensados a caldera	-	5,08
	F4	Agua residual del lavado de carrotanque	-	500
	F5	Leche cruda recibida	-	6.288,13
		Pérdida de leche	-	1,26
		Pérdida de condensado	-	5,08
	E1	Energía eléctrica bomba lavado en recibo	2.101,64	-
	Q1	Calor disipado en lavado carrotanque	-	4.198,13
Filtración	F5	Leche cruda recibida	6.288,13	-
	F6	Leche cruda filtrada	-	6.288,03
		Pérdida de leche	-	0,1
	E2	Energía eléctrica bomba de leche cruda	6.784,00	-
Enfriamiento 1	F6	Leche cruda filtrada	6.288,03	-
	F7	Agua de enfriamiento desde BH	11.717,86	-
	F7*	Retorno agua de enfriamiento hacia BH	-	11.717,86
	F8	Leche cruda fría	-	6.287,93
		Pérdida de leche	-	0,10

Almacenamiento leche cruda	E3	Energía eléctrica bomba de agua en BH	16.971,43	-
	Q2	Calor disipado	-	25.489,18
	F8	Leche cruda fría	6.287,93	-
	F9	Leche almacenada para pasteurización	-	6.287,83
	Pérdida de leche		-	0,10
	E4	Energía eléctrica bomba leche cruda almacenada	4.228,09	-

*Valores de Flujos Másicos F en kg/cochada y Flujos Energéticos E y Q en kJ/cochada

Tabla 12 Balance de masa y energía Subproceso 2: Pasteurización de leche para derivados lácteos

SUBPROCESO 2: PROCESAMIENTO DE LECHE PARA DERIVADOS LACTEOS				
Etapas	Corriente	Descripción	Entrada*	Salida*
Calentamiento 1	F9	Leche almacenada para pasteurización	6.287,83	-
	F10	Leche pretratada1	-	6.287,73
	Pérdida de leche		-	0,1
	E5	Energía eléctrica bomba del pasteurizador de leche	6.428,08	-
	Q3	Calor disipado	-	6.877,9
	Ruido		-	7,525
Descremado	F10	Leche pretratada1	6.287,73	-
	F11	Agua de acueducto bomba de maniobra descremadora	84	-
	F12	Crema	-	42,91
	F13	Agua residual por maniobra de la centrifugadora	-	100,29
	F14	Leche descremada	-	6.228,43
	Pérdida de leche		-	0,1
	E6	Energía eléctrica motor de descremadora	54.054,33	-
	E7	Energía eléctrica bomba maniobra agua descremadora	2.603,88	-
	Ruido		-	7,525
Bactofugación	F14	Leche descremada	6.228,43	-
	F15	Agua de acueducto bomba maniobra bactofugadora	84	-
	F16	Agua residual por maniobra de la bactofugadora	-	110,05
	F17	Leche bactofugada	-	6.202,28
	Pérdida de leche		-	0,1
	E8	Energía eléctrica motor bactofugadora	54.054,30	-
	E9	Energía eléctrica bomba maniobra agua bactofugadora	2.603,88	-

	Ruido	-	7,525
Desodorización	F17 Leche bactofugada	6.202,28	-
	F18 Agua de la bomba de vacío	245,44	-
	F19 Agua residual de la bomba de vacío	-	245,44
	F20 Leche desodorizada	-	6.202,18
	Pérdida de leche	-	0,1
	E10 Energía eléctrica bomba de vacío del desodorizador	3.867,16	-
	Ruido	-	7,525
Calentamiento2	F20 Leche desodorizada	6.202,18	-
	F21 Aire comprimido para válvula entrada de vapor	40,12	-
	F22 Agua caliente desde el intercambiador tubo y carcasa	6.087,20	-
	F22* Retorno agua caliente al intercambiador tubo y carcasa	-	6.087,20
	F23 Vapor para leches	200,00	-
	F23* Retorno condensados a caldera	-	100,00
	F24 Leche pretratada 2	-	6.202,08
	Pérdida de leche	-	0,10
	Pérdida de condensados	-	100,00
	E11 Energía eléctrica bomba de agua caliente	9.739,51	-
	Q4 Calor disipado	-	37.492,66
	Ruido	-	7,525
Enfriamiento 2	F24 Leche pretratada 2	6.202,08	-
	F25 Agua de enfriamiento proveniente del chiller	18.704,93	-
	F25* Retorno agua de enfriamiento al chiller	-	18.704,93
	F26 Leche pasteurizada para almacenamiento	-	6.201,98
	Pérdida de leche	-	0,10
	E12 Energía eléctrica bomba de agua de enfriamiento chiller	14.429,70	-
	Q5 Calor disipado	-	8.118,77
	Ruido	-	7,525
Almacenamiento leche pasteurizada	F26 Leche pasteurizada para almacenamiento	6.201,98	-
	F27 Leche pasteurizada para kumis	-	6.201,88
	Pérdida de leche	-	0,10
	E13 Bomba eléctrica que envía a derivados	2.795,29	-

*Valores de flujos máscicos F en kg/cochada y flujos energéticos E y Q en kJ/cochada; Ruido en dB

Tabla 13 Balance de masa y energía Subproceso 3: Elaboración de kumis

SUBPROCESO 3: ELABORACION DE KUMIS				
Etapas	Corriente	Descripción	Entrada*	Salida*
Mezclado	F27	Leche pasteurizada para kumis	6.201,88	-
	F28	Azúcar	648,00	-
	F29	Saborizante	6,00	-
	F30	Fibra	60,00	-
	F31	Residuos provenientes material de empaque insumos	-	6,38
	F32	Mezcla base de kumis	-	6.911,28
		Pérdida de mezcla	-	4,60
	E14	Energía eléctrica bomba tolva de mezcla	7.253,73	-
	E15	Energía del agitador	5.373,13	-
		Ruido	-	4,84
Calentamiento 3	F32	Mezcla base de kumis	6.911,28	-
	F33	Mezcla pretratada 3	-	6.906,68
		Pérdida de mezcla	-	4,60
	E16	Energía eléctrica bomba del pasteurizador kumis	20.620,87	-
	Q6	Calor disipado	-	26.655,91
		Ruido	-	4,84
Homogenización	F33	Mezcla pretratada 3	6.906,68	-
	F34	Agua potable enfriamiento pistones del homogenizador	111,93	-
	F35	Agua residual enfriamiento pistones homogenizador	-	111,93
	F36	Mezcla homogenizada	-	6.902,08
		Pérdida de mezcla	-	4,60
	E17	Energía eléctrica motor del homogenizador	229.120,80	-
	E18	Energía eléctrica bomba agua potable del homogenizador	42.005,48	-
		Ruido	-	4,84
Calentamiento 4	F36	Mezcla homogenizada	6.902,08	-
	F37	Aire comprimido para válvula entrada de vapor	87,39	-
	F38	Agua caliente desde el intercambiador tubo carcasa	9.546,70	-
	F38*	Retorno agua caliente hacia intercambiador tubo carcasa	-	9.546,70
	F39	Vapor para kumis	630,00	-
	F39*	Retorno condensados a caldera	-	315,00
	F40	Mezcla pretratada 4	-	6.897,48
		Pérdida de mezcla	-	4,60

	Pérdida de condensados		315,00	
	E19	Energía eléctrica bomba de agua caliente	5.531,89	-
	Q7	Calor disipado	-	28.098,82
	Ruido		-	4,84
Enfriamiento 3	F40	Mezcla pretratada 4	6.897,48	-
	F41	Agua potable para enfriamiento	9.546,70	-
	F41*	Retorno agua potable de enfriamiento a tanque de agua	-	9.546,70
	F42	Mezcla fría	-	6.892,88
	Pérdida de mezcla		-	4,60
	E20	Energía eléctrica bomba de agua potable	35.004,57	-
	Q8	Calor disipado	-	27.104,98
	Ruido		-	4,84
Fermentación	F42	Mezcla fría	6.892,88	-
	F43	Agua de enfriamiento proveniente de banco de hielo	7.065,00	-
	F43*	Retorno agua de enfriamiento a banco de hielo	-	7.065,00
	F44	Inóculo <i>lactobacillus</i>	0,1946	-
	F45	Residuos provenientes material de empaque inóculo	-	0,018
	F46	Kumis	-	6.888,47
	Pérdida de kumis		-	4,60
	E21	Energía eléctrica bomba del fermentador	26.334,58	-
	E22	Energía eléctrica agitadores	62.288,54	-
	Q9	Calor disipado	-	497,85
	Ruido		-	4,84
Enfriamiento 4	F46	Kumis	6.888,47	-
	F47	Agua de enfriamiento proviene de banco de hielo	19.100,00	-
	F47*	Retorno agua de enfriamiento a banco de hielo	-	19.100,00
	F48	Kumis frio	-	6.883,87
	Pérdida de kumis		-	4,60
	E23	Energía eléctrica bomba banco de hielo	242.295,83	-
	Q10	Calor disipado	-	1.009,02
	Ruido		-	4,84
Agitación	F48	Kumis frio	6.883,87	-
	F49	Kumis agitado para envasado	-	6.879,27
	Pérdida de kumis		-	4,60
	E24	Energía eléctrica de agitadores en los tanques	188,95	-
	Ruido		-	4,84
Envasado	F49	Kumis agitado para envasado	6.879,27	-

	F50	Agua potable enfriamiento mordazas envasadora flexibles	87,39	-
	F51	Aire comprimido para las envasadoras	473,82	-
		Empaque flexible (bolsa PEAD y bolsa PEBD)	139,62	-
	F52	Empaque rígido botella (botella y tapa PEAD)	39,589	-
		Empaque vaso (vaso poliestireno y foil de aluminio)	68,742	-
	F53	Residuos provenientes empaques flexibles y rígidos	-	5,038
	F54	Agua residual enfriamiento mordazas envasadora flexibles	-	87,39
		Kumis envasado flexible bolsa 250 g	-	5.087,18
	F55	Kumis envasado rígido botella 950 g	-	618,50
		Kumis envasado rígido vaso 150 g	-	1.168,61
		Pérdida de kumis	-	4,98
	E25	Energía eléctrica de envasadoras flexibles y rígidos	80.378,8	-
		Ruido	-	81,2
Almacenamiento y refrigeración	F55	Kumis envasado	6.874,29	-
	F56	Aire para refrigeración en cavas	312.725,39	-
	F57	Despacho de kumis	-	6.874,29
	E26	Energía eléctrica sistema de refrigeración cavas	30.003,95	-
	Q11	Calor disipado	-	35.086,89

*Valores de flujos máscicos F en kg/cochada y flujos energéticos E y Q en kJ/cochada; Ruido en dB

Tabla 14 Balance de masa y energía proceso de generación de vapor en caldera

OPERACIONES AUXILIARES DE SERVICIOS INDUSTRIALES: CALDERA: GENERACION DE VAPOR				
Etapas	Corriente	Descripción	Entrada*	Salida*
Generación de vapor	F3*	Retorno condensados caldera lavado carrotanque	5,08	-
	F23*	Retorno condensados caldera calentamiento2	100	-
	F39*	Retorno condensados caldera calenamiento4	315	-
	F58	Retornos condensados caldera por lavados de equipos	145,27	-
	F59	Químicos para tratamiento de aguas de calderas	0,103	-
	F60	Agua suavizada de reposición	684,77	-
	F61	Gas natural	51,4	-
	F62	Aire	1.237,78	-
		Emisiones:		
	F63	CO2	-	157,72
		CO		0,017
		NO		0,027

F64	Vapor	-	1120,55
F65	Purgas	-	124,60
E27	Energía eléctrica bombas químicos tratamiento de agua	886,81	-
E28	Energía eléctrica sistema generación de vapor	20.841,37	-
Q11	Pérdida de energía térmica	-	92.025,95
Ruido		-	90,6

*Valores de flujos másicos F en kg/cochada y flujos energéticos E en kJ/cochada; Ruido en dB

Tabla 15 Balance de masa y energía proceso de generación de agua de enfriamiento en banco de hielo

OPERACIONES AUXILIARES DE SERVICIOS INDUSTRIALES: BANCO DE HIELO				
Etapas	Corriente	Descripción	Entrada*	Salida*
Generación de agua de enfriamiento	F7*	Retorno agua de enfriamiento en enfriamiento 1	11.717,86	-
	F43*	Retorno agua de enfriamiento en fermentación	7.065,00	-
	F47*	Retorno agua de enfriamiento en enfriamiento 4	19.100,00	-
	F66	Químicos para el tratamiento de agua de alimentación	0,06408	-
	F67	Agua potable de reposición	393,58	-
	F68	Recarga de Amoníaco	0,00528	-
	F69	Aire	158,51	-
	F70	Aceite para lubricación del compresor	0,0095	-
	F71	Emisión de amoníaco al aire	-	0,00449
	F72	Evaporación de agua	-	314,93
	F73	Agua de enfriamiento del banco de hielo	-	37.882,86
	F74	Purga de aceite con amoníaco en compresor	-	0,0103
	F75	Purgas de agua	-	78,71
	E29	Energía eléctrica bombas químicos tratamiento de agua	3.239,50	-
	E30	Energía eléctrica del sistema de banco de hielo	206.193,19	-
	Q12	Pérdida de energía térmica	-	20.564,98
	Ruido		-	87

*Valores de flujos másicos F en kg/cochada y flujos energéticos E en kJ/cochada; Ruido en dB

Tabla 16. Balance de masa y energía proceso de generación de agua de enfriamiento en chiller

OPERACIONES AUXILIARES DE SERVICIOS INDUSTRIALES: CHILLER				
Etapas	Corriente	Descripción	Entrada*	Salida*
Generación de agua de enfriamiento	F25*	Retorno agua de enfriamiento en enfriamiento 2	18.704,93	-
	F76	Químicos para el tratamiento de agua de alimentación	0,0151	-
	F77	Agua potable de reposición	93,35	-
	F78	Recarga de Amoníaco	0,00326	-
	F79	Aire	98,05	-
	F80	Aceite para lubricación del compresor	0,00368	-
	F81	Emisión de amoníaco al aire	-	0,00277
	F82	Evaporación de agua	-	84,03
	F83	Agua de enfriamiento que sale del chiller	-	18.704,93
	F84	Purga de aceite con amoníaco en compresor	-	0,00417
	F85	Purgas de agua	-	9,33
	E31	Energía eléctrica bombas químicos tratamiento de agua	2.004,07	-
	E32	Energía eléctrica del sistema de banco de hielo	127.378,44	-
	Q13	Pérdida de energía térmica	-	18.394,29
	Ruido		-	90,1

*Valores de flujos másicos F en kg/cochada y flujos energéticos E en kJ/cochada; Ruido en dB

Además del proceso productivo, diariamente se realiza el proceso de saneamiento de la planta de producción y tanques de almacenamiento de leche cruda y pasteurizada. El lavado de la planta se realiza al final de la jornada de producción y el de los tanques de almacenamiento y carrotanques una vez éstos se desocupan. Para los balances de masa y energía se calcularon los consumos de agua, sustancias químicas, vapor y energía eléctrica. Para las descargas líquidas del proceso de saneamiento se consideraron las pérdidas de leche y condensados que no retornaron a la caldera, además se realizó el muestreo y caracterización fisicoquímica de estas descargas en cada subprocesso. Los valores obtenidos se reportan en la tabla 17.

Tabla 17 Balance de masa y energía proceso de saneamiento básico

PROCESO DE SANEAMIENTO DE PLANTA			
Subproceso	Descripción	Entrada*	Salida*
Abastecimiento de leche	Agua potable	1.801,28	-
	Sustancias químicas		
	Soda cáustica	1,97	-
	Ácido Nítrico	0,41	
	Desinfectante	0,07	
	Vapor	18,13	-
	Energía eléctrica CIP	6.225,07	-
	Descargas líquidas	-	1.819,38
Pasteurización de leche	Agua potable	11.231,51	-
	Sustancias químicas		
	Soda cáustica	2,77	-
	Ácido Nítrico	0,58	
	Desinfectante	0,0138	
	Vapor	62,41	-
	Energía eléctrica CIP	45.521,57	-
	Descargas líquidas	-	11.366,76
Elaboración de kumis	Agua potable	25.088,28	-
	Sustancias químicas		
	Soda cáustica	30,00	-
	Ácido Fosfórico	50,55	
	Desinfectante	0,35	
	Vapor	210,00	-
	Energía eléctrica lavado equipos	548.160,00	-
	Descargas líquidas	-	25.621,03

*Valores de flujos máscicos F en kg/cochada y flujos energéticos E en kJ/cochada

Para los análisis de calidad, se consultaron la cantidad de muestras analizadas y las sustancias químicas utilizadas en los mismos. Debido a que no todas las sustancias utilizadas se encuentran disponibles en las bases de datos de SimaPro, en la tabla 18 se muestran las sustancias químicas introducidas en el software.

Tabla 18 Sustancias químicas utilizadas en análisis de calidad

ANÁLISIS DE CALIDAD			
Subproceso	Descripción	Entrada*	Salida*
Abastecimiento de leche	Alcohol etílico	0,0355	-
	Soda cáustica	0,00426	-
	Acido sulfúrico	0,01267	-
Pasteurización de leche	Alcohol etílico	0,07101	-
	Soda cáustica	0,00426	-
	Acido sulfúrico	0,0181	-
	Fenol	0,0006	-
Elaboración de kumis	Soda cáustica	0,01704	-
	Acido sulfúrico	0,0724	-

Con los valores de las entradas y salidas en cada una de las etapas del proceso productivo y saneamiento, se procedió a alimentar los datos en SimaPro y de esta forma obtener los perfiles medioambientales global y por etapas para el proceso de elaboración del kumis en Freskaleche S.A.

4.2 Perfil medioambiental del proceso de elaboración de kumis en Freskaleche S.A.

Una vez introducidos los datos obtenidos en el software SimaPro, se procedió a la generación de las tablas y gráficas de análisis de los inventarios generados por el proceso de elaboración de kumis en Freskaleche S.A. aplicando el método de análisis EDIP 2003.

Con el fin de facilitar la presentación del árbol de proceso, la interpretación y análisis de los resultados, en el subproceso de pasteurización de la leche y de elaboración de kumis se agruparon en una sola etapa aquellas que son realizadas dentro de un mismo equipo o que presentan alguna afinidad. En la tabla 19 se

presentan las etapas finales agrupadas del proceso global de producción de kumis en Freskaleche S.A.

Tabla 19 Etapas finales agrupadas consideradas para la presentación de los resultados del ACV del kumis en Freskaleche S.A.

MONTAJE	ETAPA INICIAL	ETAPA FINAL
TRANSPORTES	Leche (Cimitarra y La Esperanza)	Leche (Cimitarra y La Esperanza)
	Azúcar	Azúcar
	Envases	Envases
MATERIAS PRIMAS E INSUMOS	Azúcar	Azúcar
	Inóculo	Inóculo
ENVASES	Bolsas	Bolsas
	Vaso	Vaso
	Botella	Botella
ABASTECIMIENTO	Recibo carrotanque	Recibo leche y almacenamiento
	Filtración	
	Enfriamiento1	
	Almacenamiento tanque leche cruda	
	Lavado abastecimiento	Lavado abastecimiento
PASTEURIZACION DE LA LECHE	Calentamiento1	Termización de la leche
	Calentamiento2	
	Enfriamiento2	
	Descremado	Higienización de la leche
	Bactofugación	
	Desodorización	Almacenamiento leche pasteurizada
	Almacenamiento leche pasteurizada	
	Lavado pasteurización de leche	
ELABORACION DE KUMIS	Mezclado	Mezclado
	Calentamiento3	Termización mezcla base de kumis
	Calentamiento4	
	Enfriamiento3	Homogenización
	Homogenización	
	Fermentación	Fermentación y enfriamiento4
	Enfriamiento4	
	Agitación	Envasado y almacenamiento de kumis

Envasado	
Almacenamiento y refrigeración	
Lavado elaboración de kumis	Lavado elaboración de kumis

Para cada etapa final agrupada, se creó una nueva corriente que incluye los datos del inventario ambiental de cada una de las etapas individuales que la conforman. En la figura 17 se muestra el árbol de proceso global obtenido. Con el fin de facilitar la captura y lectura en este documento de los árboles de proceso generados por SimaPro, se trabajarán con valores de corte diferentes al 0%, cuyo valor dependerá de la complejidad del árbol generado.

En la figura 17 no se observa el montaje de abastecimiento para el valor de corte de visualización del 2%, pero el valor porcentual de la carga ambiental obtenido en el árbol global de proceso para este subproceso así como para los otros subprocesos evaluados, se indica en la tabla 20

Figura 17 Árbol global de proceso con corte de visualización al 2% de relevancia ambiental

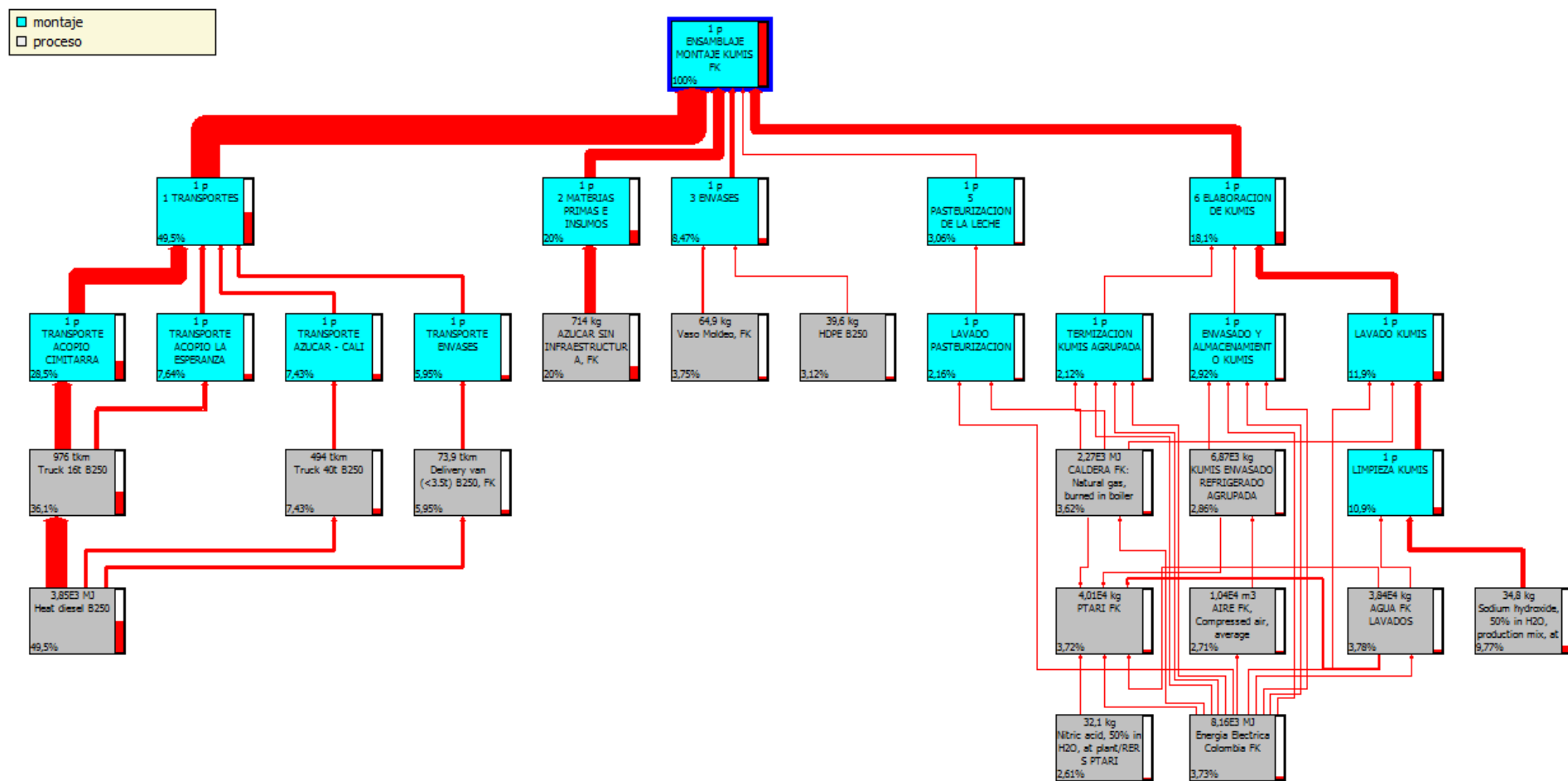


Tabla 20 Cargas ambientales del proceso general de elaboración de kumis en Freskaleche S.A.

MONTAJE	ETAPA	% CARGA AMBIENTAL
TRANSPORTES	Leche centro de acopio Cimitarra	28,5
	Leche centro de acopio La Esperanza	7,64
	Azúcar (Palmira, Valle)	7,43
	Envases (bolsa y vaso)	5,95
	Total	49,5
MATERIAS PRIMAS E INSUMOS	Azúcar	20
	Inóculo	0,0184*
	Total	20
ENVASES	Bolsas	1,6*
	Vaso	3,75
	Botella	3,12
	Total	8,47
ABASTECIMIENTO DE LECHE	Todas las etapas	0,864*
PASTEURIZACION DE LECHE	Todas las etapas	3,06
ELABORACION DE KUMIS	Todas las etapas	18,1
TOTAL:		100%

*Los valores reportados indican que el porcentaje de contribución de esa etapa es menor al valor de corte considerado para el árbol de proceso mostrado, por tanto no se visualizan en la figura correspondiente.

De estos resultados se observa que el 78% de la carga ambiental corresponde a productos o servicios externos requeridos por la empresa y suministrados por terceros así: subproceso de transporte (49,5%), materias primas (20%) y envases (8,47%). El 22% restante de las cargas ambientales están dadas por los subprocesos realizados en las instalaciones de Freskaleche S.A. y sobre los cuales se puede tener incidencia o control directo por parte de la compañía.

Para los productos o servicios externos, sobre los cuales no tenemos control directo, en términos de aportar menos carga ambiental, se podrían disminuir las

cargas asociadas a las emisiones por uso de combustible en el transporte de materias primas, insumos y envases, con proveedores ubicados lo más cerca a Bucaramanga lo que llevaría a una disminución significativa del uso de combustibles en los vehículos. En cuanto a la leche, presentó menor impacto el transporte de la leche del centro de acopio La Esperanza comparada con Cimitarra, debido a la menor distancia entre Bucaramanga y La Esperanza.

En términos de envases, se podría pensar en el uso mayoritario de la bolsa ya que a pesar de requerir la mayor cantidad de empaque, es el que mostró la menor carga ambiental. Además, teniendo en cuenta los estrictos requerimientos en calidad de los envases a utilizar así como el alto volumen de los mismos requeridos para todos los productos del portafolio de la compañía, se podría pensar en contar con la propia planta productora de envases y de esta forma poder tener un control directo en el proceso de manufactura y transporte de los mismos.

Teniendo en cuenta lo anterior, se decidió evaluar los impactos ambientales de los subprocesos de abastecimiento de leche, pasteurización de leche y elaboración de kumis con el fin de conocer las contribuciones ambientales de estos procesos de manera separada de los procesos y servicios externos (transportes, materias primas e insumos y envases) cuyo árbol de proceso se muestra en la figura 18.

En la tabla 21 se muestran los valores porcentuales de las cargas ambientales obtenidos del árbol de proceso generado, para cada uno de los subprocesos evaluados. Las líneas de color verde indican los impactos ambientales positivos por el ahorro de recursos en la caldera como el gas natural y agua debido a los retornos de condensados a la caldera y operaciones de calentamiento por intercambio de calor entre corrientes de proceso a distinta temperatura, que evitan el consumo de estos recursos para la generación de vapor.

De los valores de la tabla 21 se observa que el subproceso de abastecimiento aporta un 3,92% de la contribución total, lo cual no representa un impacto ambiental significativo al proceso total de elaboración de kumis dentro de la planta. Este valor es atribuido casi en su totalidad al proceso de lavado.

Figura 18 Árbol de proceso para los tres subprocesos realizados en Freskaleche S.A. con corte de visualización al 2% de relevancia ambiental

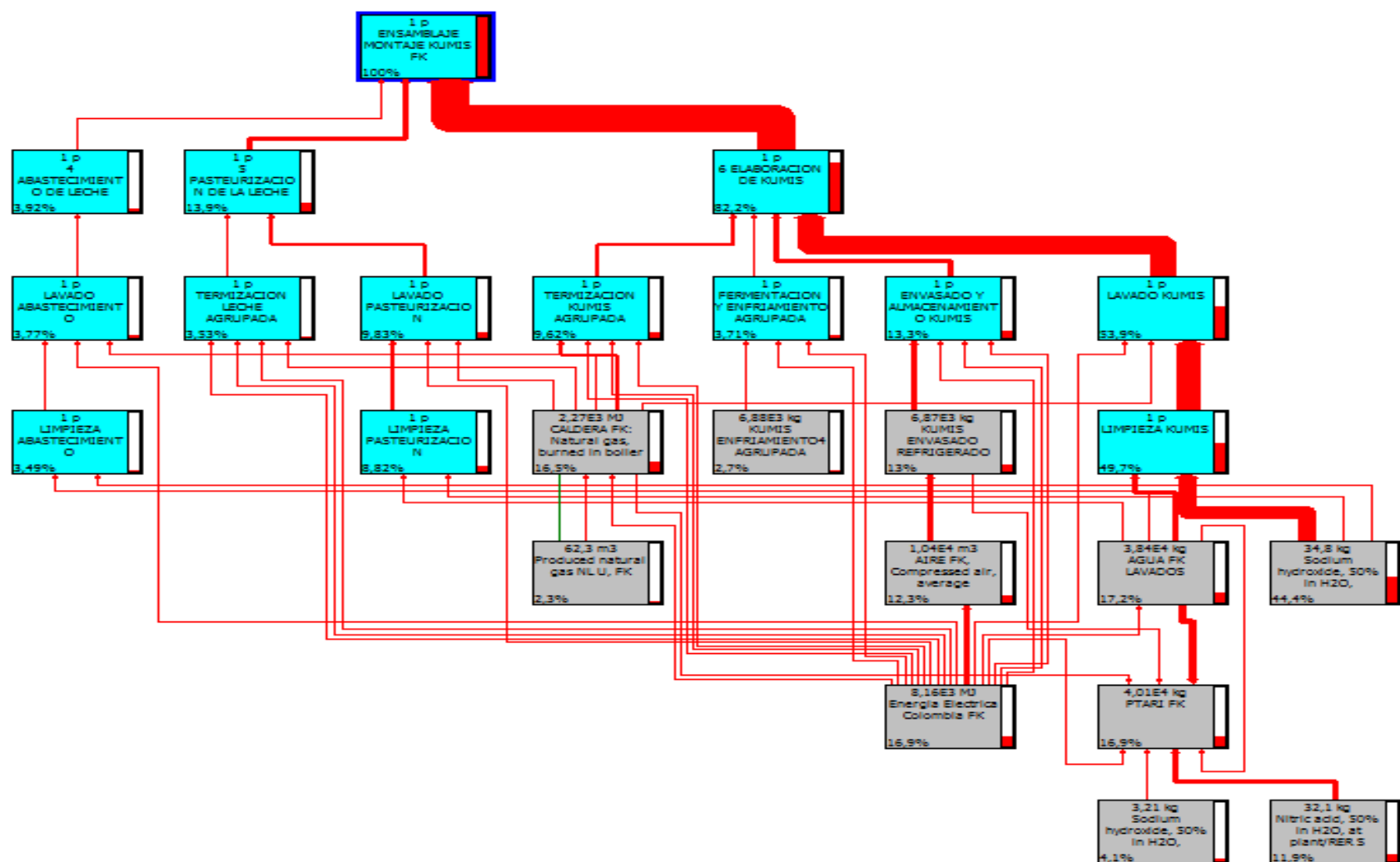


Tabla 21 Cargas ambientales del proceso general de elaboración de kumis en Freskaleche S.A.

MONTAJE	ETAPA	% CARGA AMBIENTAL
ABASTECIMIENTO DE LECHE	Recibo leche y almacenamiento	0,15
	Lavado abastecimiento	3,77
	Total	3,92
PASTEURIZACION DE LECHE	Termización de la leche	3,53
	Higienización de la leche	0,483
	Almacenamiento leche pasteurizada	0,0436*
	Lavado pasteurización de leche	9,83
	Total	13,9
ELABORACION DE KUMIS	Mezclado	0,989
	Termización mezcla base de kumis	9,62
	Homogenización	0,653
	Fermentación y enfriamiento	3,71
	Envasado y almacenamiento de kumis	13,3
	Lavado elaboración de kumis	53,9
	Total	82,2
TOTAL		100%

*Los valores reportados indican que el porcentaje de contribución de esa etapa es menor al valor de corte considerado para el árbol de proceso mostrado, por tanto no se visualizan en la figura correspondiente.

El subproceso de pasteurización de la leche aporta un 13,9% de la contribución total, de donde el 9,83% es por lavados y el 4,013% por el proceso de pasteurización (termización e higienización) de la leche, representando un impacto ambiental moderado al proceso total de elaboración de kumis dentro de la planta.

Esto también se debe a que la planta de leches procesa un alto volumen de leche del cual, un pequeño porcentaje es destinado para el proceso del kumis, lo que permite hacer una asignación másica a cada producto de las cargas ambientales totales del proceso de pasteurización proporcional a la cantidad de leche utilizada

para cada uno. A su vez, la planta de leches cuenta con un CIP que permite optimizar el proceso de lavado de las etapas del abastecimiento y pasteurización de leche.

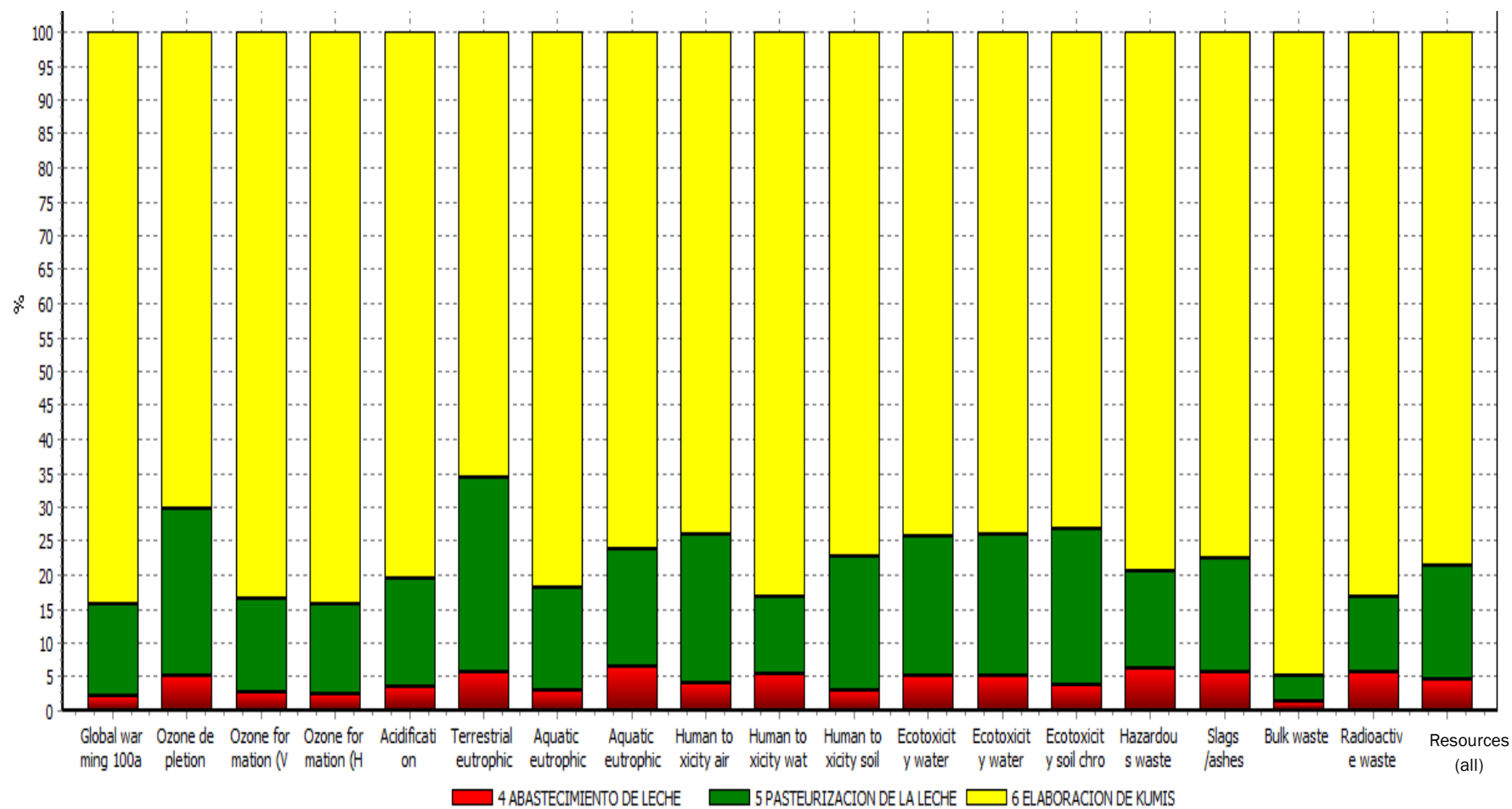
Las mayores cargas ambientales corresponden al subproceso de elaboración de kumis con el 82,2% de las cargas totales del proceso realizado en la planta de producción de Freskaleche S.A., siendo la etapa de lavado la de mayor carga con el 53,9% con los mayores aportes en el consumo del agua y soda cáustica con el 49,7% del lavado, lo que nos indica que el pareto corresponde al proceso de lavado de los equipos y que esta etapa es donde deberían priorizarse todos los esfuerzos de mejora. Cabe anotar que la etapa de lavado es común a los otros dos subprocesos, abastecimiento y pasteurización de la leche y por ende, una sustitución de una sustancia por una menos agresiva con el medio ambiente sería aplicable a estos tres subprocesos sumado a esto la optimización del proceso de lavado ya que actualmente el subproceso de elaboración de kumis no cuenta con un sistema CIP (cleaning in place), mostrándonos la necesidad de la instalación y puesta en funcionamiento de este sistema ya que su implementación conllevaría a una disminución significativa en el consumo de sustancias químicas y agua requeridas para el lavado.

Sumado a lo anterior, en el subproceso de elaboración de kumis toda la carga ambiental está asociada al volumen producido de kumis, por tanto no se realiza asignación másica como si sucede con los subprocesos de abastecimiento y pasteurización de la leche. Esto repercute, que para grandes o pequeñas producciones de kumis se debe hacer el mismo procedimiento de lavado, lo que sugiere que se debe aprovechar al máximo la capacidad de producción instalada para el kumis, lo que contribuirá a una disminución del impacto ambiental por kilogramo de kumis producido, lo cual requiere de revisiones de planeación por el área de producción teniendo en cuenta la demanda y la vida útil del producto, la cual es de 35 días.

Una vez generado el árbol de proceso, se evaluaron las categorías de impacto ambiental, cuyos resultados se muestran en las figuras 19 y 20.

En la figura 19, se presentan los IAP de los subprocesos de abastecimiento de leche, pasteurización de la leche y elaboración de kumis, en la cual se aprecia que el subproceso de elaboración de kumis es el que presenta los mayores porcentajes para cada una de las categorías de impacto evaluadas, seguida por la pasteurización de la leche y finalmente en un muy menor porcentaje el abastecimiento de la leche.

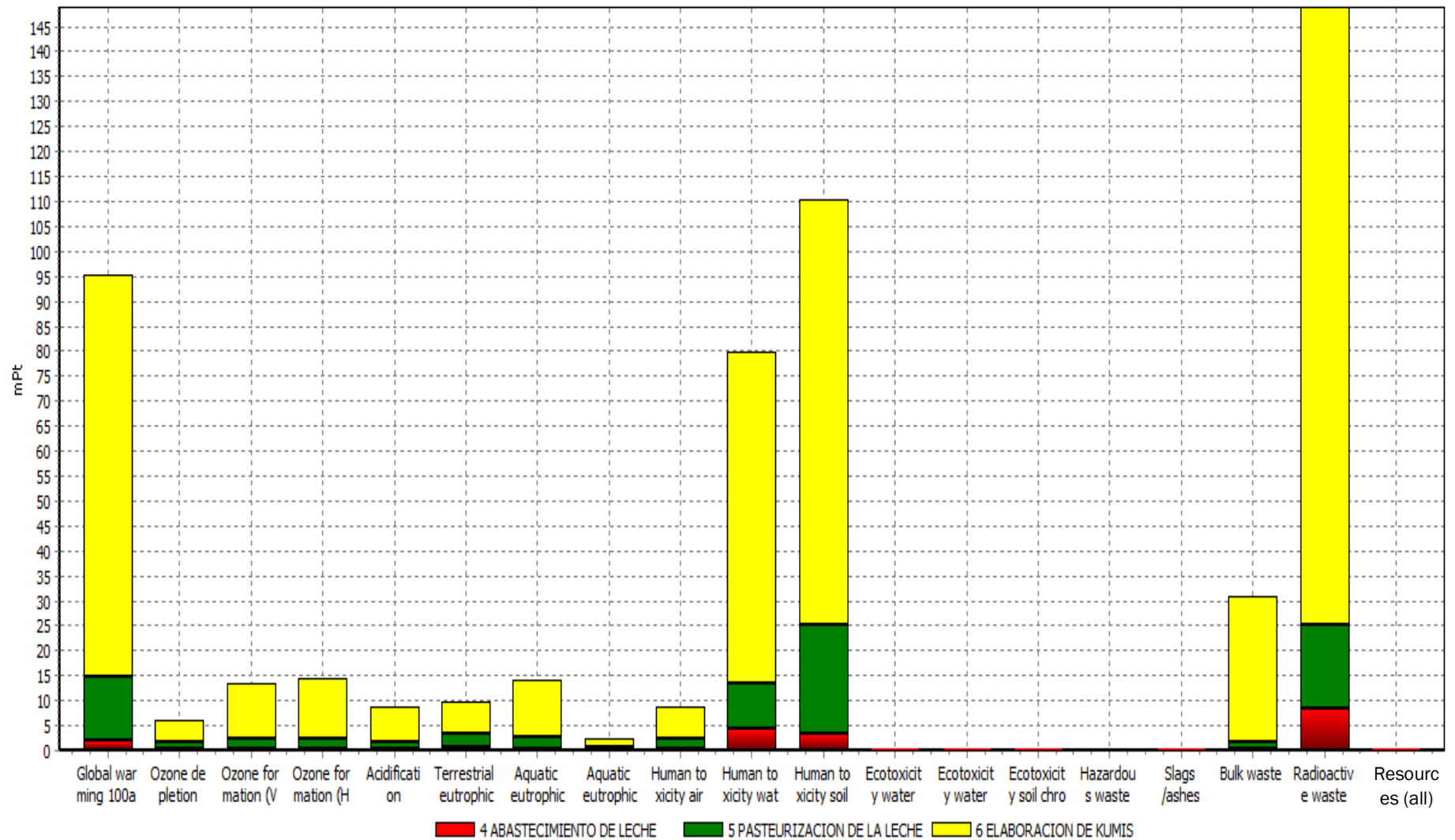
Figura 19 Caracterización de Impactos ambientales globales



Analizando 1 p (ENSAMBLAJE MONTAJE KUMIS FK); Método: EDIP 2003 V1.01 / Default / Caracterización

Fuente: Método EDIP 2003

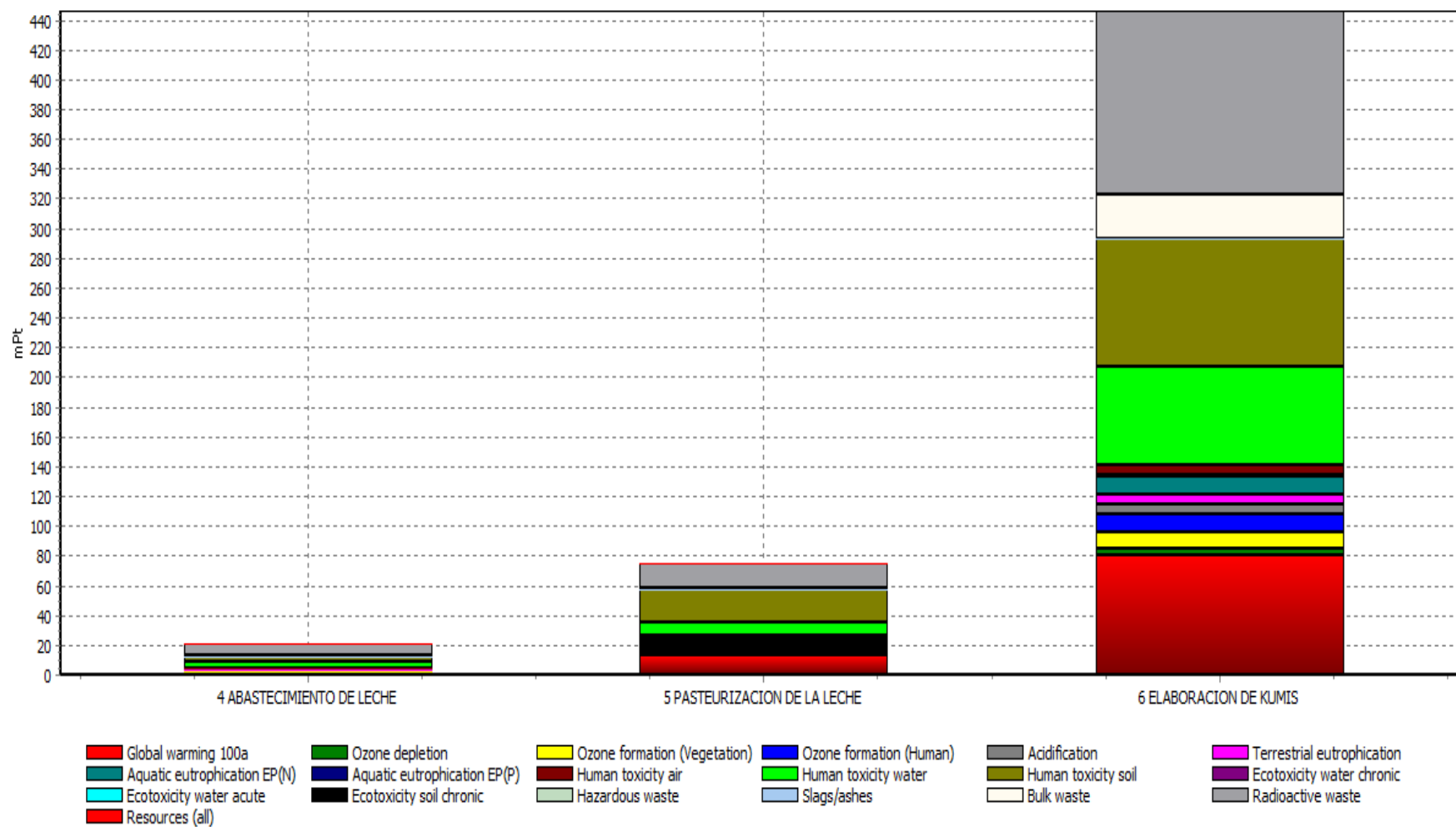
Figura 20 Ponderación de Impactos ambientales



Analizando 1 p (ENSAMBLAJE MONTAJE KUMIS FK); Método: EDIP 2003 V1.01 / Default / ponderación

Fuente: Método EDIP 2003

Figura 21 Análisis de contribución



Analizando 1 p (ENSAMBLAJE MONTAJE KUMIS FK); Método: EDIP 2003 V1.01 / Default / puntuación única

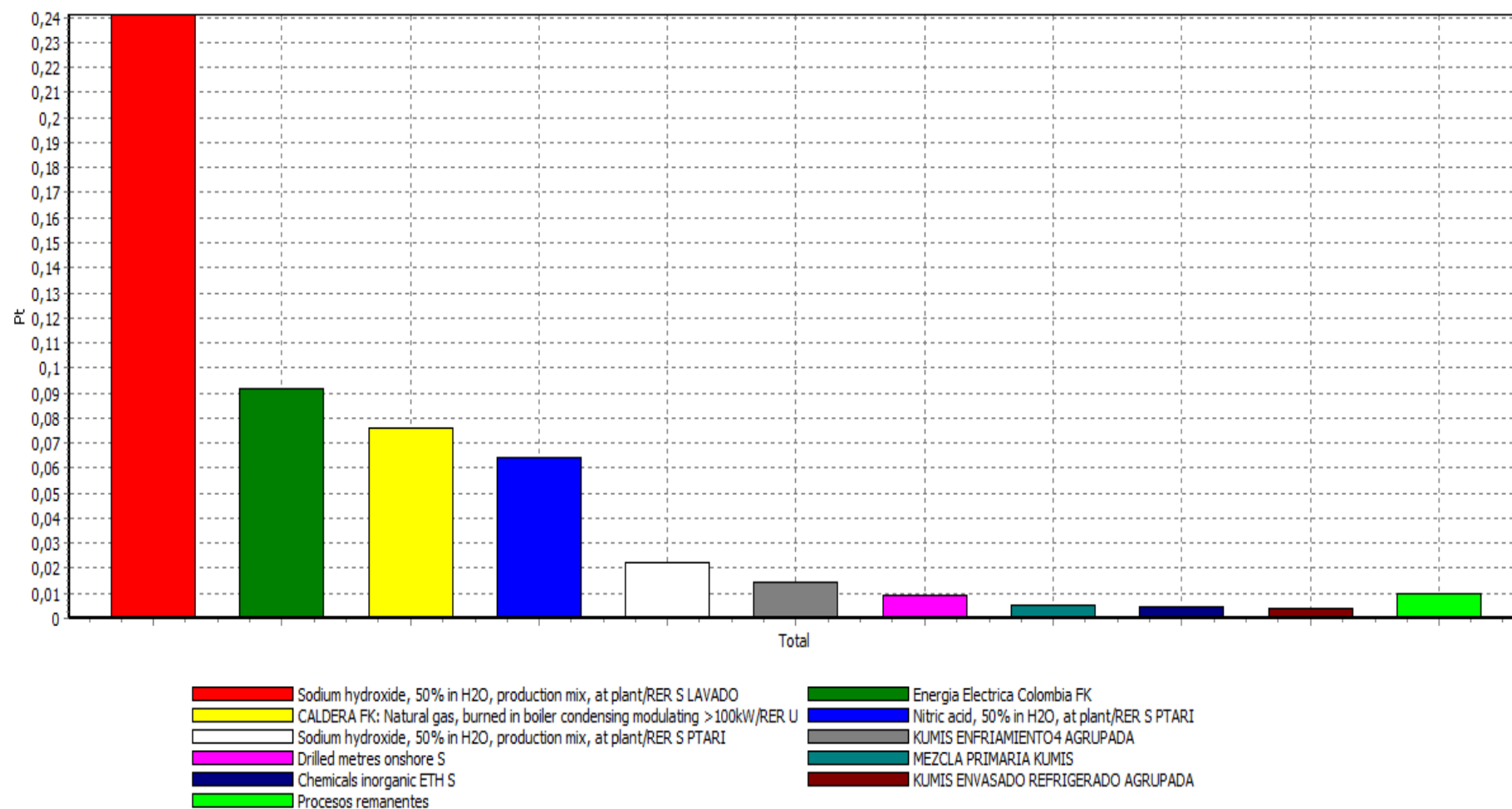
Fuente: Método EDIP 2003

La figura 20 muestra los impactos ambientales globales ponderados. Por su parte la figura 21 muestra el aporte de cada gran área de proceso al impacto ambiental potencial y la discriminación de ese aporte en categorías de impacto ambiental, en donde se puede observar que las categorías de impacto más relevantes para el presente estudio son las de residuos radioactivos, toxicidad humana en el suelo, calentamiento global, toxicidad humana en el agua, residuos no peligrosos a granel, formación de ozono por actividades humanas, eutrofización acuática (N) y formación de ozono (vegetación) siendo el subproceso de elaboración de kumis el de mayor impacto en cada una de las categorías. Para las categorías de impacto: ecotoxicidad crónica y aguda en agua, ecotoxicidad crónica en suelo y recursos (todos) el aporte en carga ambiental fue de cero.

Los perfiles medioambientales o el denominado análisis de contribución por procesos en el nivel de sub-ensamblaje, para el ciclo de vida objeto de estudio y para las categorías de impacto ambiental identificadas como significativas se muestran en las figuras 22 a la 30 con un valor de corte de 0,5%. Las tablas del inventario del ciclo de vida (ICV) para las categorías de impacto ambiental evaluadas se encuentran en el anexo E.

El calentamiento global se ve afectado por todas las etapas que componen el sistema, ya que está asociado al consumo de energía eléctrica en cada una de ellas. Cabe anotar que el proceso de generación de energía eléctrica impacta no solo las categorías relacionadas con emisiones al aire sino también con las categorías del recurso agua (eutrofización acuática N), debido posiblemente a que en Colombia el mix de la producción de energía eléctrica está dado principalmente por hidroeléctricas y que si bien hay una contribución a calentamiento global por este concepto. En el presente estudio se ha creado un proceso para describir mejor la constitución del “mix” de producción eléctrica en Colombia, que hace que este impacto sea considerablemente moderado, con respecto al haber utilizado un “mix eléctrico genérico” de la base de datos del software de uso.

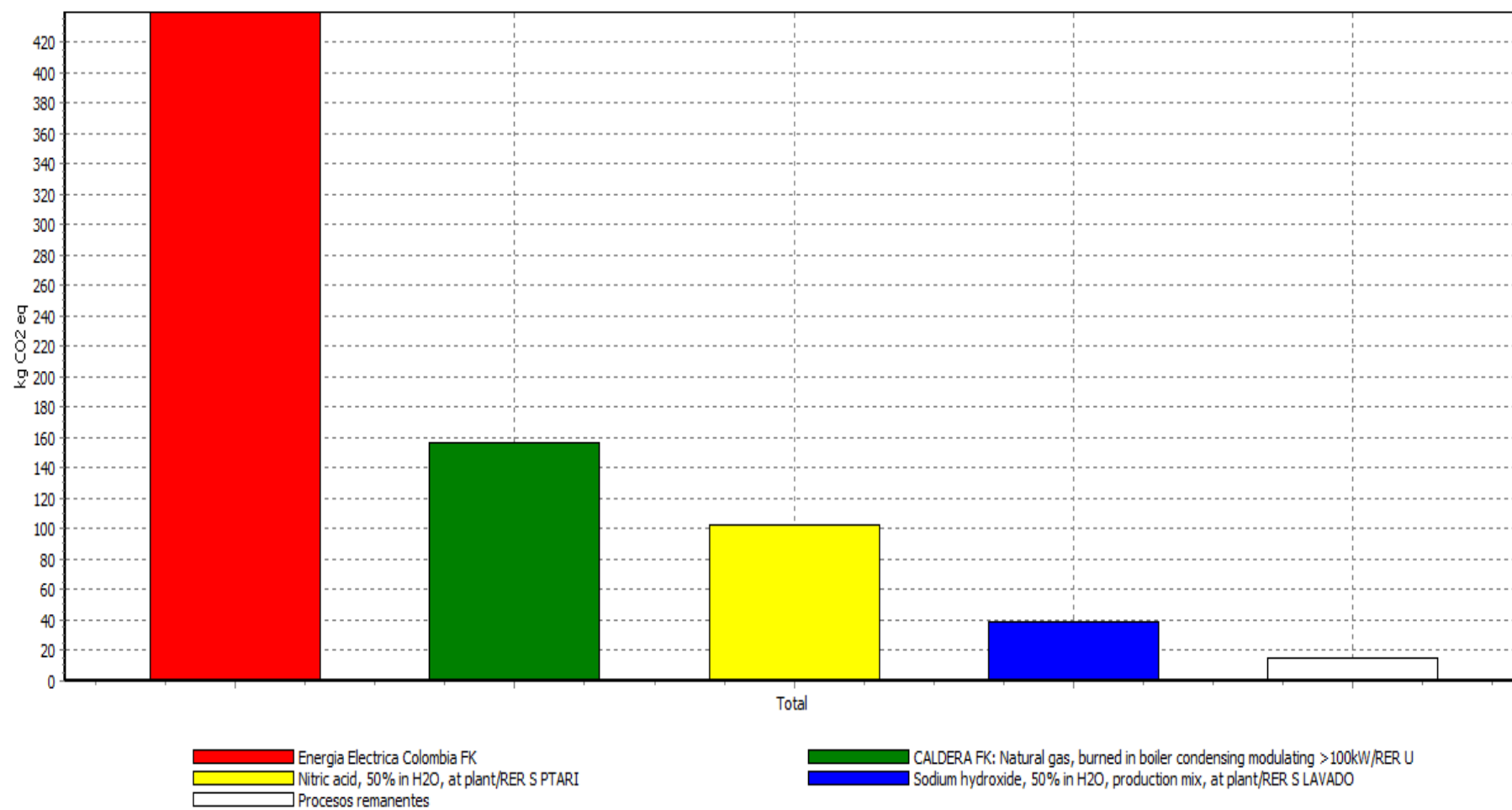
Figura 22 Perfil medioambiental para los tres subprocesos de la planta Freskaleche S.A.



Analizando 1 p (ENSAMBLAJE MONTAJE KUMIS FK); Método: EDIP 2003 V1.01 / Default / puntuación única

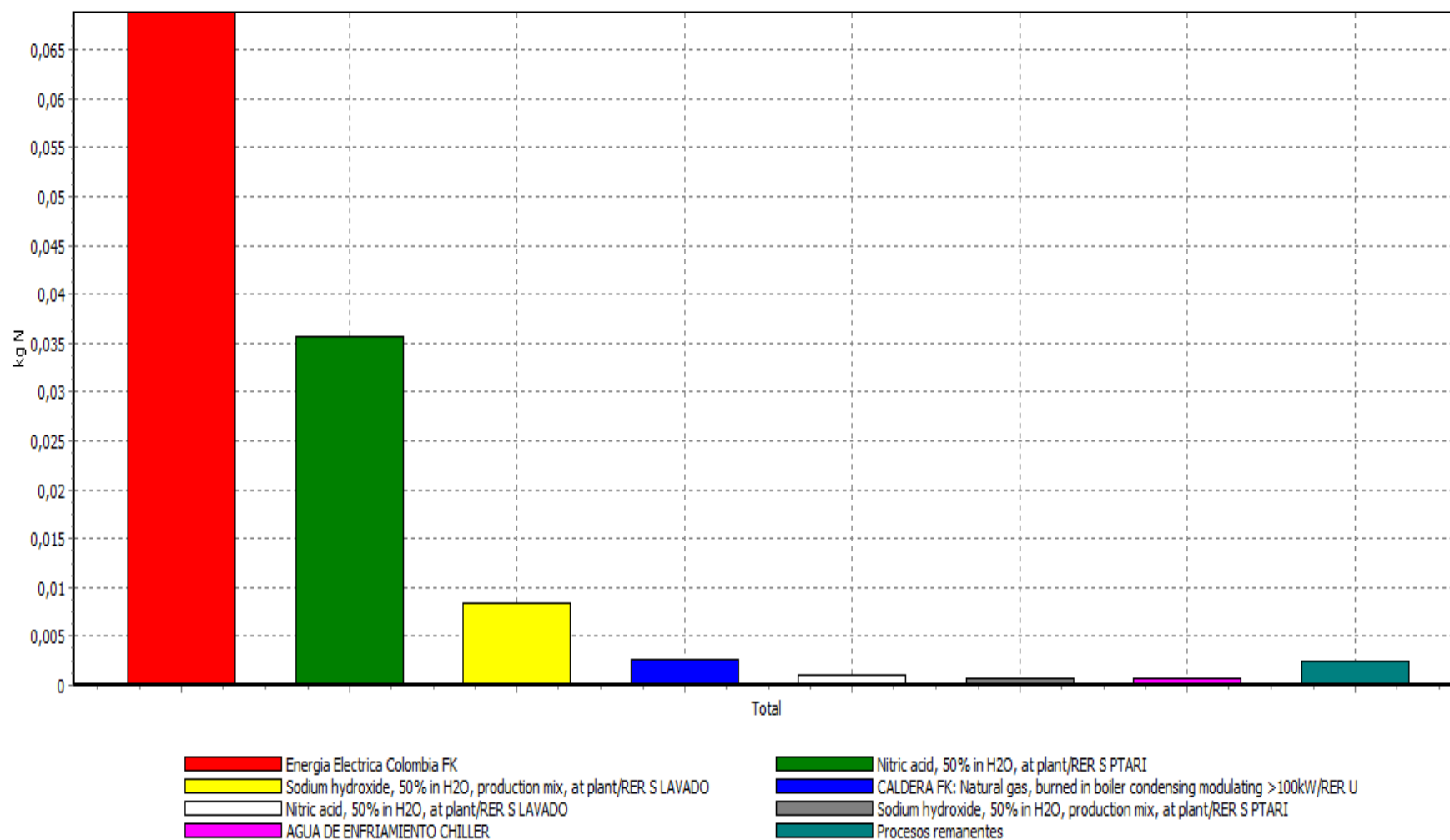
Fuente: Método EDIP 2003

Figura 23 Perfil medioambiental para el calentamiento global



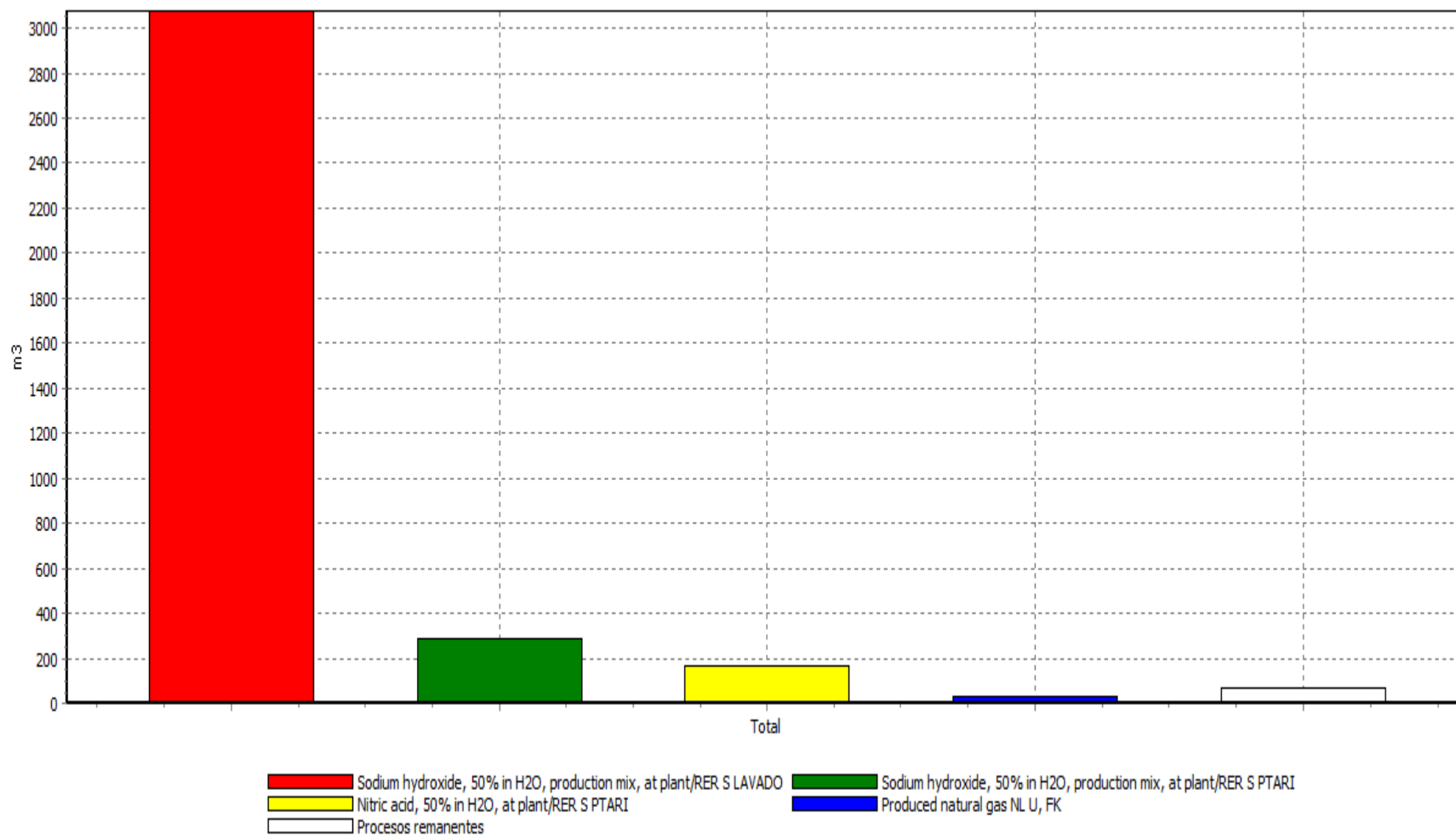
Analizando 1 p (ENSAMBLAJE MONTAJE KUMIS FK); Método: EDIP 2003 V1.01 / Default / Caracterización

Figura 24 Perfil medioambiental para la eutrofización acuática (N)



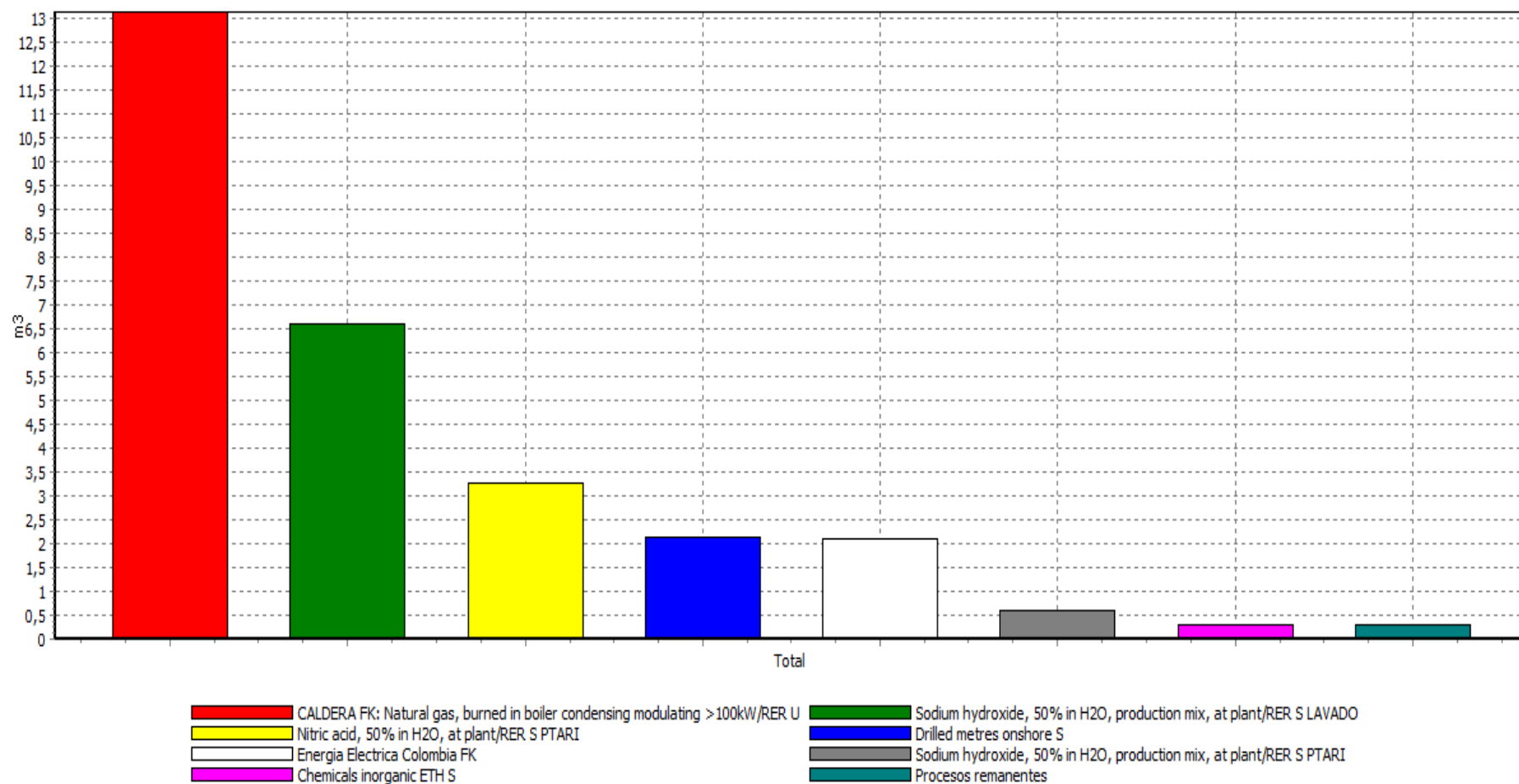
Analizando 1 p (ENSAMBLAJE MONTAJE KUMIS FK); Método: EDIP 2003 V1.01 / Default / Caracterización

Figura 25 Perfil medioambiental para la toxicidad humana en agua



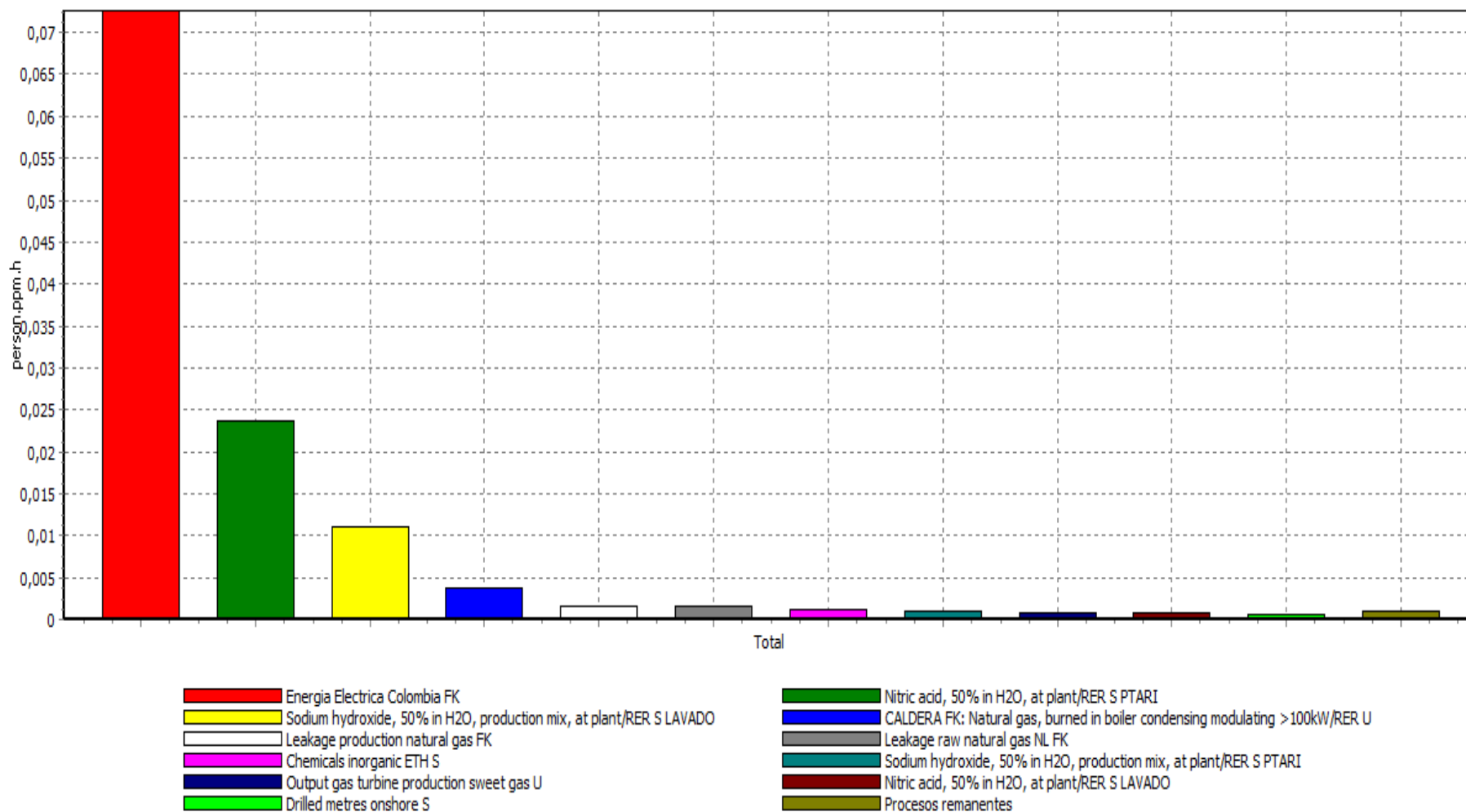
Analizando 1 p (ENSAMBLAJE MONTAJE KUMIS FK); Método: EDIP 2003 V1.01 / Default / Caracterización

Figura 26. Perfil medioambiental para la toxicidad humana en suelo



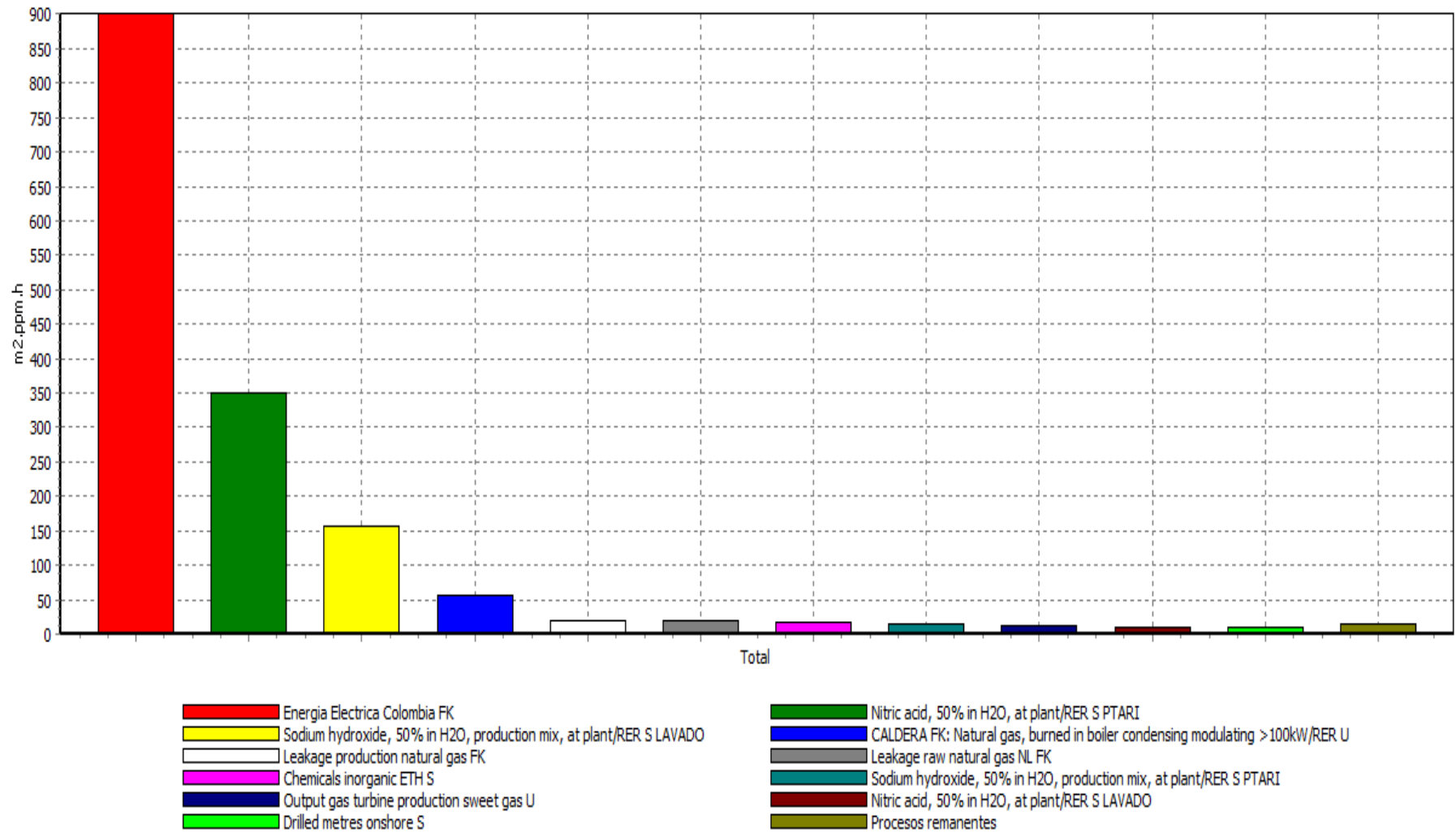
Analizando 1 p (ENSAMBLAJE MONTAJE KUMIS FK); Método: EDIP 2003 V1.01 / Default / Caracterización

Figura 27 Perfil medioambiental para la formación de ozono por actividades humanas



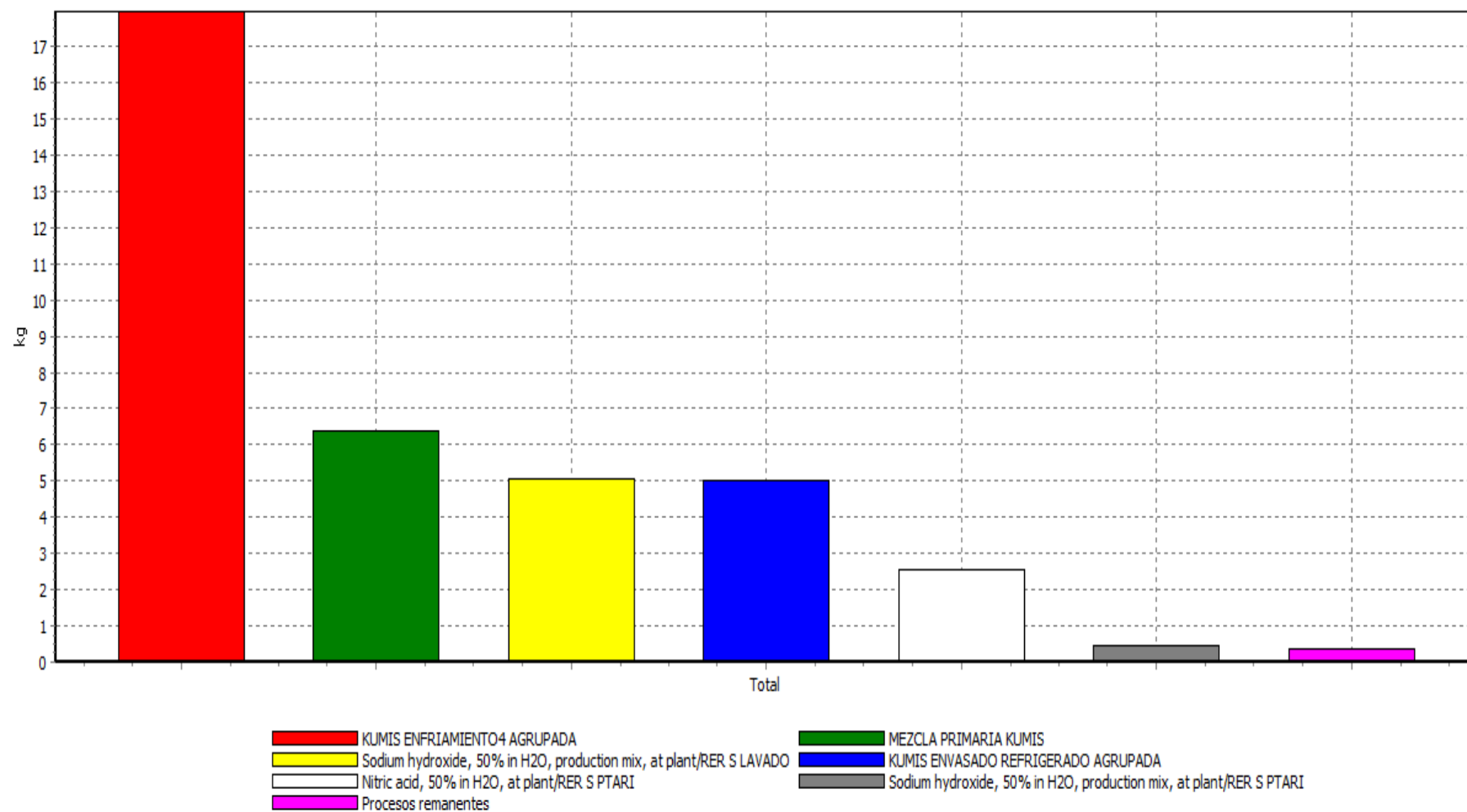
Analizando 1 p (ENSAMBLAJE MONTAJE KUMIS FK); Método: EDIP 2003 V1.01 / Default / Caracterización

Figura 28 Perfil medioambiental para la formación de ozono por vegetación



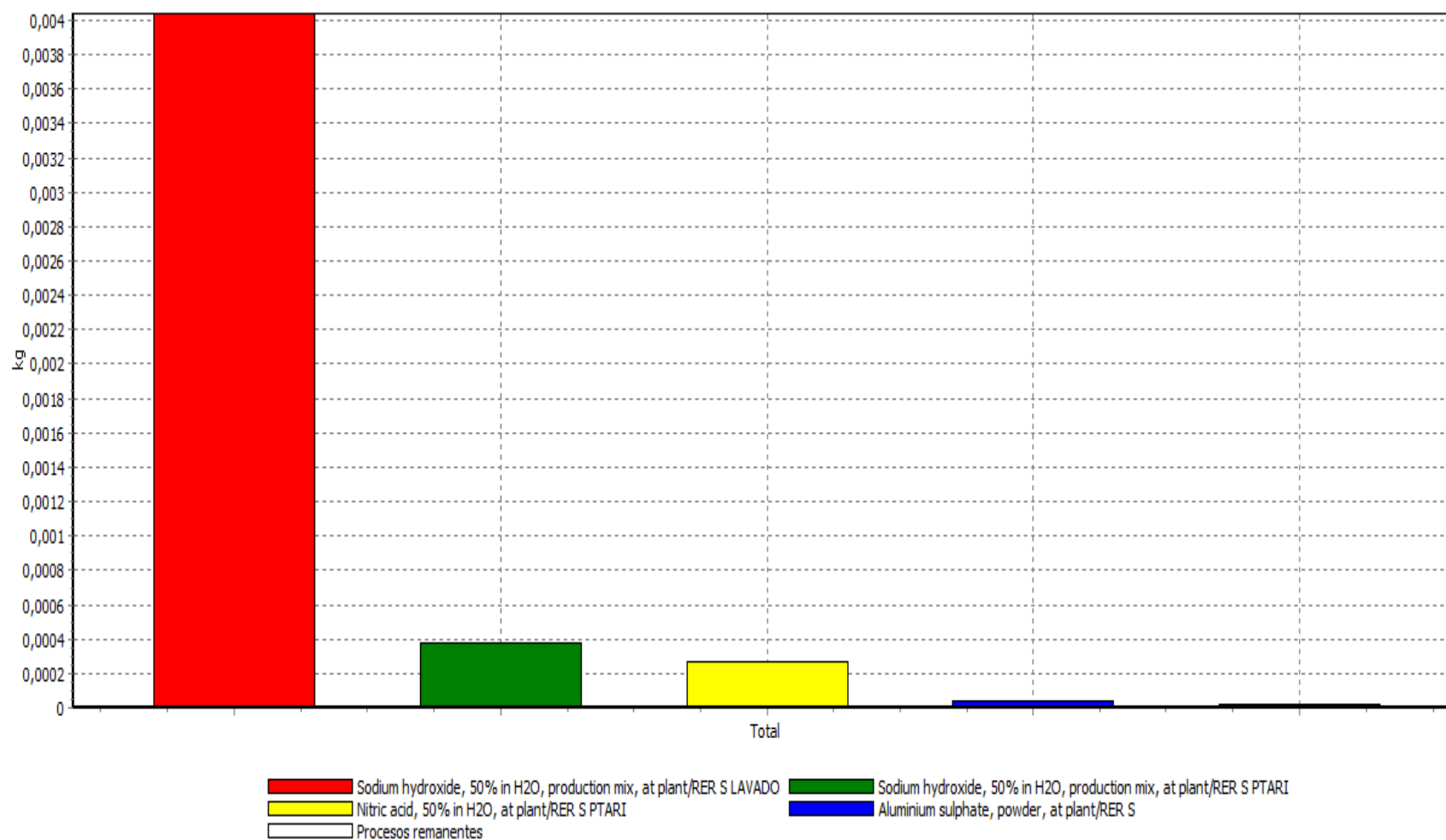
Analizando 1 p (ENSAMBLAJE MONTAJE KUMIS FK); Método: EDIP 2003 V1.01 / Default / Caracterización

Figura 29 Perfil medioambiental para los residuos no peligrosos a granel



Analizando 1 p (ENSAMBLAJE MONTAJE KUMIS FK); Método: EDIP 2003 V1.01 / Default / Caracterización

Figura 30 Perfil medioambiental para los residuos radiactivos



Analizando 1 p (ENSAMBLAJE MONTAJE KUMIS FK); Método: EDIP 2003 V1.01 / Default / Caracterización

La eutrofización se debe a las descargas de DBO_5 , DQO, nitrógeno, nitratos, fosfatos, fósforo y sulfatos al cuerpo receptor, sustancias presentes en el vertimiento a los cuerpos de agua y en las sustancias químicas dosificadas durante el proceso de lavado y para el tratamiento del agua residual en la PTARI.

En el caso del ácido fosfórico usado en el lavado del subproceso de elaboración de kumis, se encontró que a pesar de contener esta sustancia (fósforo) y ser mayor su consumo comparado con el del ácido nítrico, la categoría de eutrofización acuática por fósforo no se encontró como significativa debido posiblemente a que el proceso de producción de ésta sustancia no es tan ambientalmente intensivo como la del ácido nítrico.

En la categoría de toxicidad humana en agua el mayor aportante es el uso de las sustancias químicas, soda cáustica por lavados principalmente seguido de su uso en la PTARI así como del ácido nítrico, lo que puede deberse a las descargas durante la operación del proceso y a la necesidad de tratamiento de las aguas residuales antes de su entrega al alcantarillado del parque industrial y posteriormente al Río de Oro.

En la categoría de toxicidad humana en suelo el mayor aportante es el uso de vapor de la caldera seguida por el uso de soda cáustica en los lavados y el ácido nítrico en la PTARI, lo que puede deberse a las descargas durante la operación del proceso y producción de las sustancias químicas.

Para la categoría de impacto de formación de ozono por actividades humanas y por vegetación se observa que es debida a la energía eléctrica principalmente, seguida del consumo de ácido nítrico en la PTARI y de la soda cáustica en los lavados.

Los residuos no peligrosos a granel se deben principalmente a las etapas de fermentación y mezcla primaria de kumis debido a la generación de residuos sólidos provenientes del material de empaque de las materias primas utilizadas en estas etapas.

La aparición de un impacto no despreciable y por el contrario muy significativo por desechos radiactivos, se encuentra principalmente fuera de las fronteras del proceso productivo y se debe a que la mayor parte de recursos utilizados en este proceso, asociados con un gran consumo y a otros impactos ambientales (soda cáustica, ácido nítrico) provienen de una explotación minera inicial. En general, las versiones más recientes de las bases de datos ambientales y de los métodos de evaluación de impacto ambiental, consideran la liberación de Radón 222 a la atmosfera por operaciones de descapote en actividades mineras.

De estos resultados se puede observar que los procesos o entradas al sistema que representan el mayor impacto ambiental son principalmente el consumo de soda cáustica y agua en lavados del subproceso del kumis, seguido por el consumo de energía eléctrica, consumo de vapor de la caldera y el consumo de ácido nítrico para el tratamiento de las aguas residuales industriales en la PTARI.

5. CONCLUSIONES

1. El impacto ambiental generado por el proceso de elaboración de kumis en Freskaleche S. A. está relacionado con las categorías: *Residuos Radiactivos, Calentamiento Global, Toxicidad Humana al suelo y agua, Residuos No Peligrosos, Formación de Ozono y Eutrofización Acuática* principalmente.
2. Este trabajo le permite identificar a Freskaleche S.A., que el subproceso de elaboración de kumis representa la mayor carga ambiental para la empresa (82,2%), seguido por la pasteurización (13,9%) y finalmente el abastecimiento de leche (3,92%).
3. El perfil medioambiental, elaborado para la producción de kumis, indica que las entradas con mayor impacto ambiental son el consumo de soda cáustica, la energía eléctrica, el vapor de la caldera y el ácido nítrico. Por consiguiente, Freskaleche S.A. debe enfocarse en estandarizar y regularizar el consumo de estos recursos en la planta.
4. La instalación del sistema CIP para el lavado del proceso de derivados lácteos permitirá disminuir el consumo de sustancias químicas y agua, lo cual repercutirá en una reducción de los impactos ambientales asociados al consumo de estos recursos.
5. La producción de kumis, con la planta a máxima capacidad, reduce el consumo de energía eléctrica, el uso de agua y reactivos para el lavado y uso de la PTARI y por ende conlleva a una disminución del impacto ambiental.

6. El proceso de producción de Kumis presenta un consumo de electricidad de 0,33 MJ/kg kumis, este valor sobrepasa en un 65% los gastos energéticos recomendados para el procesamiento de la leche (*UNEP 2000*). Por consiguiente, Freskaleche S.A. debe realizarse un estudio de eficiencia eléctrica de redes internas y equipos e identificar puntos críticos de máximo consumo, e implementar estrategias que permitan reducir el impacto ambiental.
7. El retorno de condensados mostró un ahorro energético y por ende un impacto ambiental benéfico en términos de consumo de gas natural y agua en el proceso de generación de vapor en la caldera.
8. Los transportes de materias primas e insumos indican una carga ambiental del 49,5%, siendo este valor muy relevante, lo que plantea que Freskaleche S.A. debe preferir proveedores cercanos a Bucaramanga con miras a disminuir el impacto ambiental asociados a los transportes.

6. RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta que en la evaluación de los impactos ambientales para el proceso productivo del kumis en Freskaleche S.A., se identificaron como principales etapas o procesos aportantes a la carga ambiental el consumo de soda cáustica y agua en el lavado del subproceso del kumis, energía eléctrica, vapor de la caldera y ácido nítrico en la PTARI, se proponen algunas recomendaciones a tener en cuenta para disminuir los impactos ambientales del proceso.

- **Consumo de energía eléctrica:** se propone realizar con equipo especializado la medición de la calidad de la energía (voltaje, amperaje, aislamiento del motor) con el fin de evaluar la eficiencia energética en los motores de la planta y con base en los resultados obtenidos identificar aquellos que requieran mantenimiento o reemplazo. También se propone optimizar las presiones de trabajo del compresor del banco de hielo y evaluar alternativas de energías renovables como la energía solar mediante el uso de paneles solares, teniendo en cuenta el alto potencial para su implementación en Bucaramanga debido a la buena radiación solar en esta zona del país, lo que ha permitido que esta tecnología ya haya sido implementada por otras industrias ubicadas cerca al Parque Industrial con excelentes resultados.
- **Consumo agua y de soda cáustica en lavado:** se indagó sobre posibles sustancias que podrían sustituir el uso de la soda cáustica en el proceso de lavado encontrando que gracias a su gran capacidad de remover y arrastrar grasas, la soda cáustica es el compuesto más utilizado para el lavado alcalino en industrias lácteas además de garantizar la limpieza, calidad e inocuidad del equipo después de su lavado.

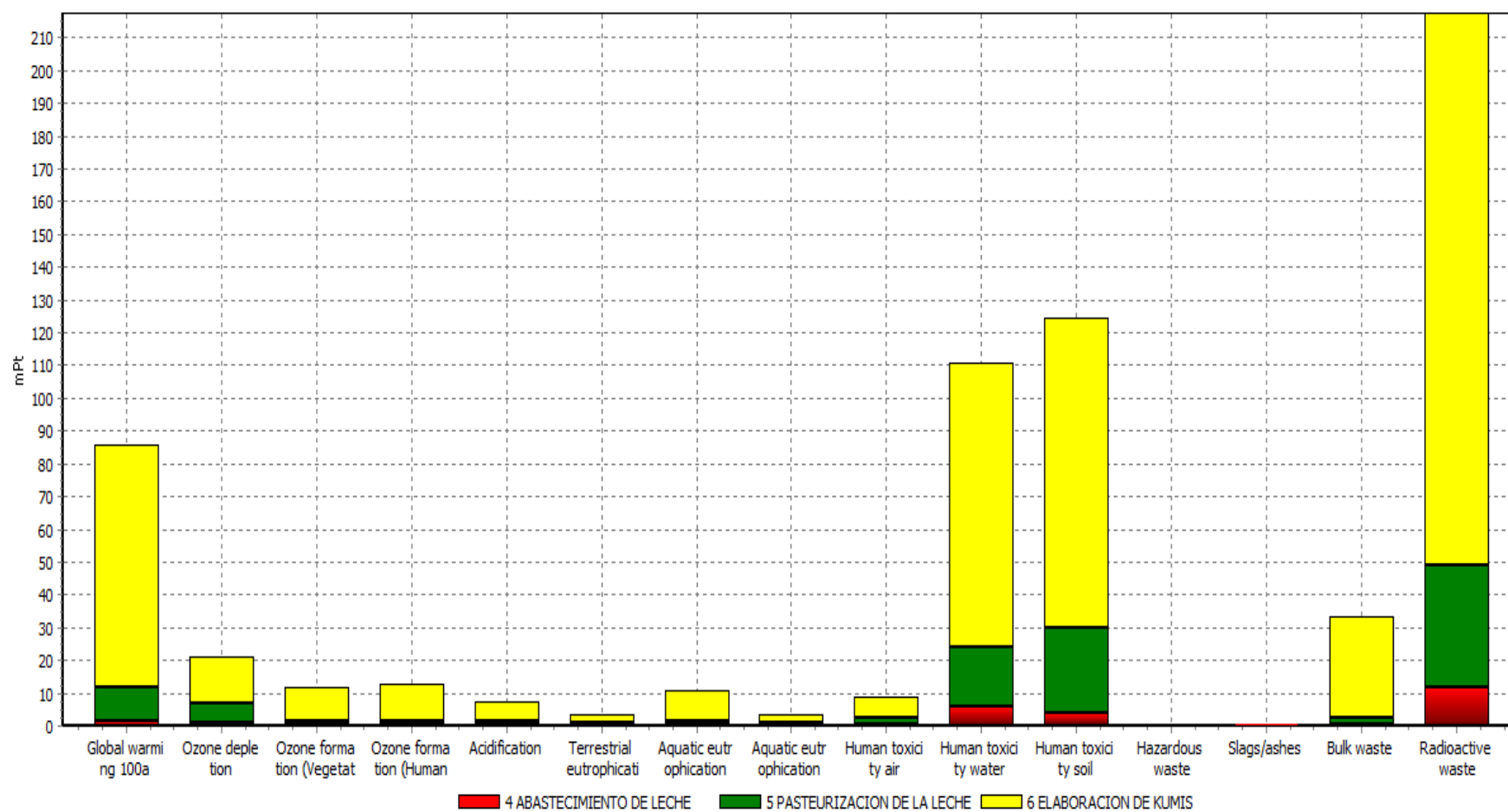
Por tanto, para esta sustancia se propone, no una sustitución sino por una parte, una optimización en el proceso de lavado para lo cual se debe instalar el sistema CIP como el que se encuentra en la planta de leches, lo cual permitirá un ahorro considerable en el consumo de las sustancias químicas y agua potable, disminuyendo los impactos ambientales en la etapa de lavado. Por otra parte, en el mercado ya se encuentran disponibles productos formulados a base de soda cáustica más otros agentes anticorrosivos, biodegradables que potencializan la acción de la soda, siendo igual de efectivos y de más fácil enjuague.

- **Consumo de vapor:** se propone aumentar los retornos de condensados lo cual impactaría en una disminución del agua suavizada y del gas natural a alimentar a la caldera, ya que de acuerdo a los resultados obtenidos para la caldera, se observó que este proceso con los retornos actuales de condensados hace economía ambiental, al evitar un uso mayor de gas natural para satisfacer la demanda de vapor. También se propone garantizar un completo y adecuado aislamiento de la tubería de vapor. Así mismo, se propone realizar un estudio de optimización de las redes de intercambio calórico aplicando la metodología de integración energética.
- **Consumo de ácido nítrico en la PTARI:** se propone sustituirlo por ácido clorhídrico y ácido sulfúrico teniendo en cuenta que estos son ácidos fuertes muy utilizados para fines industriales. Para el cálculo de la masa requerida por estas dos sustancias se tomaron en cuenta el número de iones hidrógeno, la concentración de la sustancia y su peso molecular.
- **Escenario 1:** ácido clorhídrico. Se seleccionó el proceso disponible en la base de datos de Ecoinvent System Processes (S).

- **Escenario 2:** ácido sulfúrico. Se seleccionó el proceso disponible en la base de datos de Buwal 250.

En la figura 31 y 32 se muestran los perfiles medioambientales obtenidos para el ácido clorhídrico y en la figura 33 y 34 los perfiles medioambientales para el ácido sulfúrico. Las tablas del inventario del ciclo de vida (ICV) se encuentran disponibles en el anexo E.

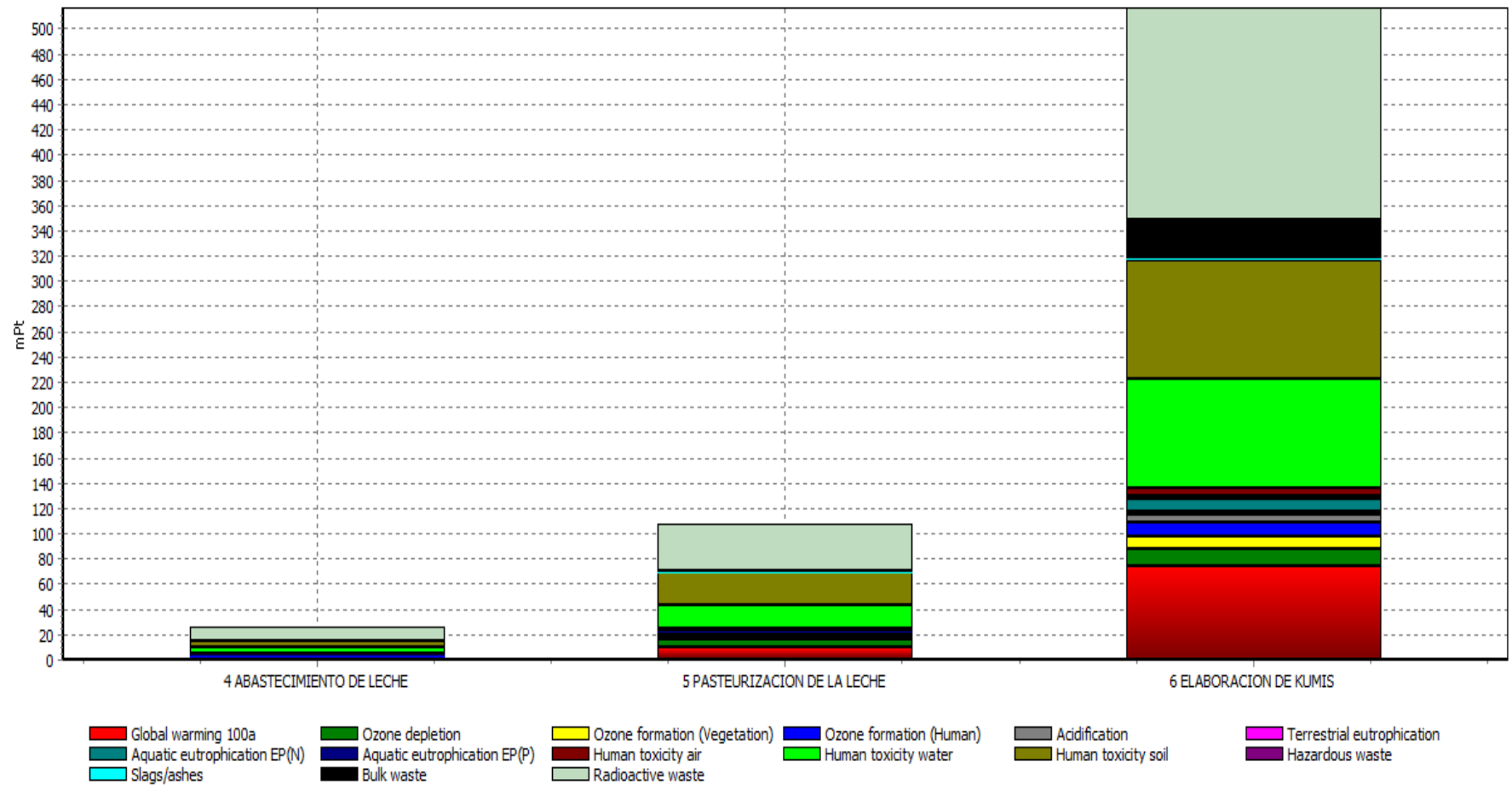
Figura 31 Ponderación de Impactos ambientales escenario 1



Analizando 1 p (ENSAMBLAJE MONTAJE KUMIS FK); Método: EDIP 2003 V1.01 / Default / ponderación

Fuente: Método EDIP 2003

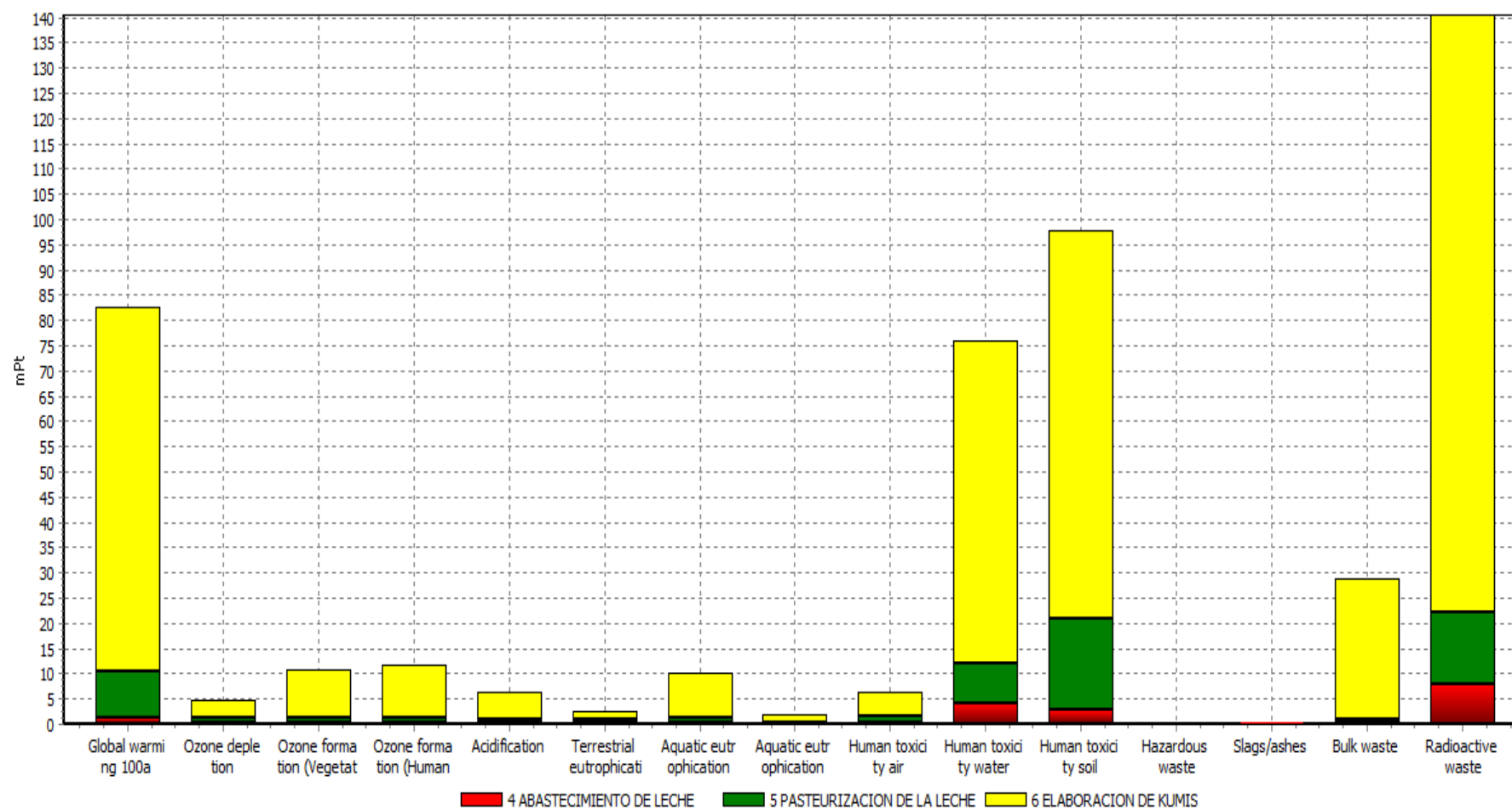
Figura 32 Análisis de contribución escenario 1



Analizando 1 p (ENSAMBLAJE MONTAJE KUMIS FK); Método: EDIP 2003 V1.01 / Default / puntuación única

Fuente: Método EDIP 2003

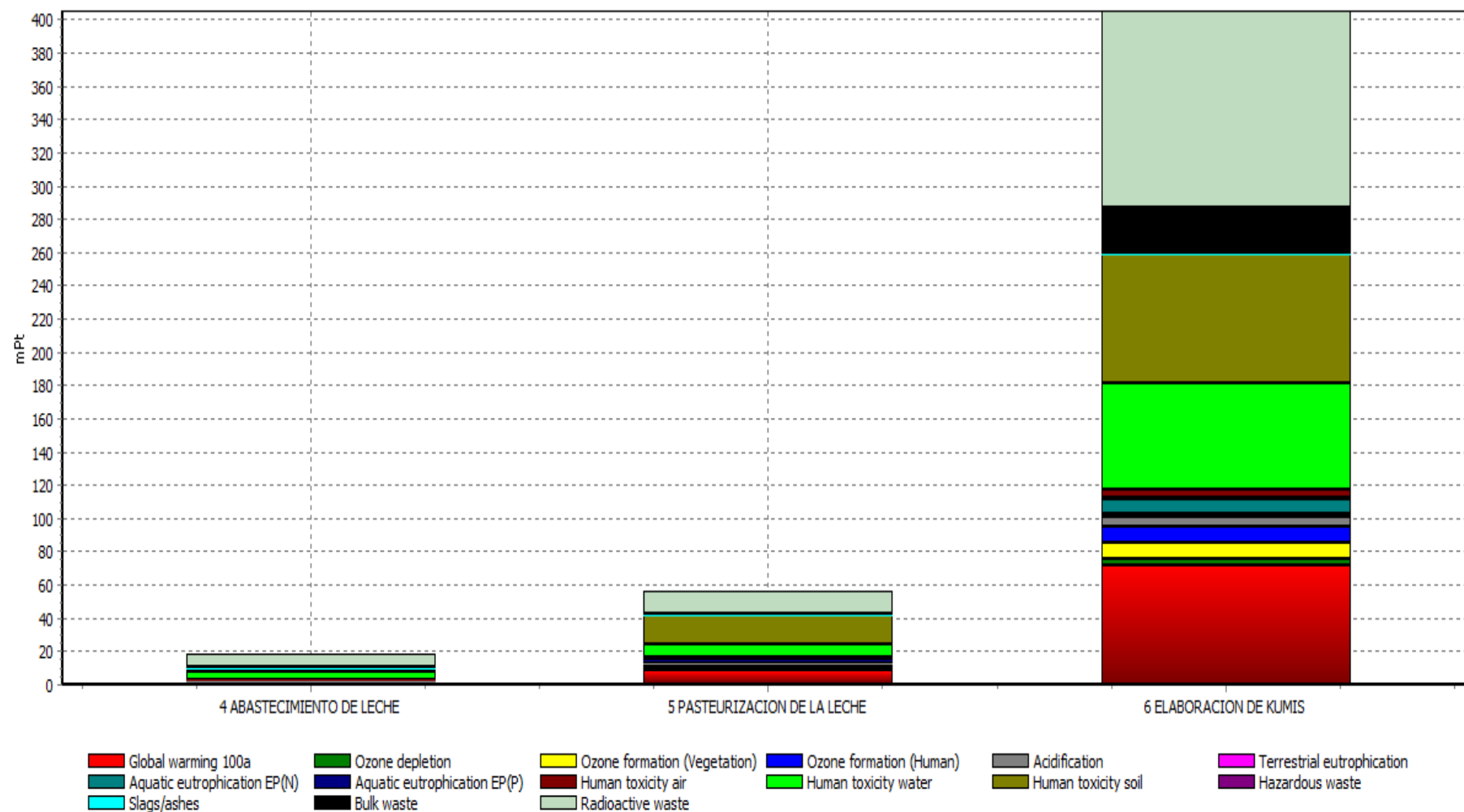
Figura 33 Ponderación de Impactos ambientales escenario 2



Analizando 1 p (ENSAMBLAJE MONTAJE KUMIS FK); Método: EDIP 2003 V1.01 / Default / ponderación

Fuente: Método EDIP 2003

Figura 34 Análisis de contribución escenario 2



Analizando 1 p (ENSAMBLAJE MONTAJE KUMIS FK); Método: EDIP 2003 V1.01 / Default / puntuación única

Fuente: Método EDIP 2003

Al comparar los resultados obtenidos en los escenarios 1 (ácido clorhídrico) y 2 (ácido sulfúrico) con el escenario base (ácido nítrico) se encontraron los siguientes valores de impacto para cada uno:

Tabla 22 Comparativo de escenario base con escenarios propuestos

Puntaje	Escenario base (ácido nítrico)	Escenario 1 (ácido clorhídrico)	Escenario 2 (ácido sulfúrico)
Total, Pt	0,542	0,650	0,480

De acuerdo a los resultados obtenidos de los escenarios evaluados y el escenario base, se observa un aumento en el impacto ambiental con el escenario 1 para ácido clorhídrico mientras que el escenario 2 para ácido sulfúrico, reportó una pequeña disminución. Basados en los resultados para el escenario 2 no es concluyente la sustitución del ácido nítrico por el ácido sulfúrico debido a que la disminución del impacto no fue significativa; se podría evaluar desde el punto de vista técnico de los materiales de construcción de la infraestructura y equipos que constituyen el sistema de tratamiento de aguas residuales (por la alta corrosividad del ácido sulfúrico) la sustitución del ácido nítrico por el ácido sulfúrico. Además, se recomienda refinar la dosis de ácido sulfúrico a utilizar mediante ensayos de laboratorio.

A continuación se proponen otras recomendaciones a tener en cuenta en el proceso realizado en Freskaleche S.A. para la producción de kumis:

1. Actualmente solo se están midiendo DBO₅, DQO, SST, G&A, pH, Temperatura al vertimiento de la PTARI y teniendo en cuenta el uso de sustancias químicas en los procesos de lavado y tratamiento de aguas, se recomienda incluir un análisis más detallado de este vertimiento que incluya otros compuestos de interés ambiental.

2. Refinar los datos de los escenarios creados para agua potable, energía eléctrica y gas natural.
3. Crear un escenario para las emisiones asociadas al transporte en Colombia teniendo en cuenta que para este estudio, se tomó el escenario incluido en la base de datos de SimaPro y la mezcla de combustible en el caso europeo es diferente al caso colombiano.
4. Crear un escenario para la fibra y el saborizante utilizados en la producción de kumis y así mismo incluir el transporte de estos insumos al igual que el del inóculo, todos estos tres, importados desde Chile, Dinamarca e Italia, respectivamente.
5. Tener preferencia por proveedores locales o cercanos a Bucaramanga, de materias primas e insumos con el fin de disminuir los recorridos del transporte y por ende las emisiones generadas por los gases de combustión de los vehículos de carga. En términos del transporte de la leche cruda, se prefiere la leche proveniente del centro de acopio La Esperanza por estar más cerca a Bucaramanga y por tanto, su impacto ambiental es mucho menor que el del centro de acopio de Cimitarra.
6. Realizar este mismo estudio para otros productos realizados en Freskaleche S.A. con el fin de comparar datos entre los mismos.
7. Extender progresivamente el alcance de este estudio al centro de acopio y a la producción primaria en la finca, con el fin de incluir las cargas ambientales de la producción de la leche; así mismo incluir la distribución, venta, consumo y disposición final de los residuos del kumis por parte del consumidor, con el fin de abarcar todo el ciclo de vida del producto.

BIBLIOGRAFIA

ABDALLAH T, FARHAT A, DIABAT A, KENNEDY S. Green supply chains with carbon trading and environmental sourcing: Formulation and life cycle assessment. *Applied Mathematical Modelling*, 36(9), 2012, p. 4271-4285.

ANDREWS E, BARTHEL L. Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products. United Nations Environment Programme, 2009.

ARANDA A. Modelos energéticos sostenibles para España. Perspectiva desde la Ecoeficiencia. Tesis doctoral. Departamento Ingeniería Mecánica. 2008.

ARDENTE F, CELLURA M. Economic allocation in life cycle assessment: The state of the art and discussion of examples. *Journal of Industrial Ecology*, 16(3), 2012, p. 387-398.

ARNOLD K. Life cycle assessment of greenhouse gas mitigation of production and use of bio-methane: Sensitivity of effects from N₂O emissions. *Journal of Integrative Environmental Sciences*, 7 (SUPPL. 1), 2010, p. 257-267.

ARVANITOYANNIS I. ISO 14040: Life Cycle Assessment (LCA) – Principles and Guidelines. Waste Management for the Food Industries. ISBN: 9780123736543. 2008, Elsevier Inc.

ARVANITOYANNIS I, BOUDOUROPOULOS I. Current state and advances in the implementation of ISO 14000 by the food industry. Comparison of ISO 14000 to ISO 9000 to other Environmental programs. Review. *Trends in Food Science & Technology* 9, 1999, p. 395-408.

ARVANITOYANNIS I, AIKATERINIKASSAVETI. Dairy Waste Management: Treatment Methods and Potential Uses of Treated Waste. Waste Management for the Food Industries 13. ISBN: 9780123736543. 2008, Elsevier Inc.

BANAR M, COKAYGIL Z. A life cycle comparison of alternative cheese packages. Clean—Soil, Air, Water 37, 2009, p. 136–141.

BARTL K, GOMEZ C, NEMECEK T. Life cycle assessment of milk produced in two smallholder dairy systems in the highlands and the coast of Peru. Journal of Cleaner Production 19, 2011, p. 1494-1505

BASSET-MENS C, LEDGARD S, BOYES M. Eco-efficiency of intensification scenarios for milk production in New Zealand. Ecological Economics 68, 2009, p. 1615 -1625.

BERLIN J. Environmental LCA of Swedish Semi-Hard Cheese. International Dairy Journal, 12, 2002. P. 939-953.

BERLIN J, SONESSON U. Environmental impact of future milk supply chains in Sweden: a scenario study. Journal of Cleaner Production, 11, 2002, p. 253-266.

BERLIN J, SONESSON U, TILLMAN A. A life cycle based method to minimize environmental impact of dairy production through product sequencing. Journal of Cleaner Production, 2005.

BERLIN J, SONESSON U, TILLMAN A. A life cycle based method to minimize environmental impact of dairy production through product sequencing. J. Clean. Prod. 15, 2007, p.347–356.

BERLIN J, SONESSON U, TILLMAN A. Product chain actors' potential for greening the product life cycle: The case of the Swedish post farm milk chain. Volume 12, Issue 1, February 2008, p. 95-110.

BIANCONI P, MARANI S, MASONI P, RAGGI A, SARA B, SCARTOZZI D, TARANTINI M. Application of life-cycle assessment to the Italian dairy industry: A case-study. Sustainable Energy Systems Division, ENEA, Bologna, Italy. 1998, p. 59-62 in Proc. Int. Conf. Life Cycle Assess. Agric. Agro-Ind. Forest., Brussels, Belgium.

BLOEMHOF-RUWAARD J, VAN NUNEN J, VROOM J, VAN DER LINDEN A, KRAAL A. One and two way packaging in the dairy sector. ERIM Report Series, Reference No. ERS-2001-58-LIS, 2001. Accessed Mar. 17, 2010. <http://ssrn.com/abstract=370916>.

BOREN T, LUDVIG K, HALLDÉN K, SEETZ J. Eco-efficiency analysis—Applied to different chelating agents. Int. J. Appl. Sci. Personal Care, Detergents, Specialties 135, 2009, p. 2–10.

BRAZ G, MOURADA A, GARCIA E, VON ZUBEN F. Influence of recycling rate increase of aseptic carton for long-life milk on GWP reduction. Resources, Conservation and Recycling 52, 2008, p. 678–689.

British Plastics Foundation. Sustainability through Plastics. Disponible en: <http://www.bpf.co.uk/bpfissues/Sustainability.cfm>.

BROWNEA N, ECKARDA R, BEHRENDTB R, KINGWELL R. A comparative analysis of on-farm greenhouse gas emissions from agricultural enterprises in

south eastern Australia. *Animal Feed Science and Technology* 166– 167, 2011, p. 641– 652.

CALDERON L, IGLESIAS L, LACA A, HERRERO M, DIAZ M. The utility of Life Cycle Assessment in the ready meal food industry. *Resources, Conservation and Recycling* 54, 2010, p. 1196–1207.

CANTER L. Manual de evaluación de impacto ambiental. Técnicas para la elaboración de estudios de impacto. Madrid: McGraw-Hill, 1998, p. 841.

CHACON J. Historia ampliada y comentada del análisis de ciclo de vida (ACV). *Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería* N° 72, Octubre-Diciembre 2008.

CHACON Q, POTOENJAK C, CELERY F. Ecodiseño: Innovación tecnológica sostenible. Universidad de Chile. Santiago, Chile, 2009.

CHANGANI S, BELMAR-BEINY D, FRYER P. Engineering and chemical factors associated with fouling and cleaning in milk processing. *Exp. Therm. Fluid Sci.* 14, 1997, p. 392–406.

CHEN S, CHEN B, SONG D. Life-cycle energy production and emissions mitigation by comprehensive biogas-digestate utilization. *Bioresource Technology*, 114, 2012, p. 357-364.

CONESSA V. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Mundi Prensa, 1999.

CHRISTIAN G, FRYER J. The effect of pulsing cleaning chemicals on the cleaning of whey protein deposits. *Trans. I Chem. E C* 84, 2006, p.320–328.

CURRAN M. Life cycle assessment. Principles and practice, National Risk Management Research Laboratory. Office of Research and Development U:S: Environmental Protection Agency. Cincinnati Ohio, 2006.

DANE. Encuesta anual manufacturera EAM. Consultado en diciembre 12 de 2012. Disponible en:

<http://190.25.231.249/encuestas/eam/mostrar2.php?Years=2007&cadabus=kumis&todos=todo&actoper=perso&x=-920&y=-500>

Decreto 1594 de 1984. Ministerio de Agricultura. República de Colombia.

Decreto 616 de 2006. Ministerio de la Protección Social. República de Colombia.

DE BOER I. Environmental impact assessment of conventional and organic milk production. Review. Livestock Production Science 80, 2003, p. 69–77.

DE VRIES M, DE BOER I. Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments. Review. Livestock Science 128, 2010, p. 1–11.

DEL PRADO A, CHADWICK D, CARDENAS L, MISSELBROOK T, SCHOLEFIELD D, MERINO P. Exploring systems responses to mitigation of GHG in UK dairy farms. Agric. Ecosyst. Environ. 2010, p. 136:318–332.

DEWICK P, FOSTER C, GREEN K. Going to Pot? Technology, Sustainability and the Yogurt Industry. Journal of Industrial Ecology. January, 2006.

Distancias terrestres consultadas en diciembre 04 de 2012. Disponible en: <https://www.co.lasdistancias.com>.

EIDE M. Life cycle assessment (LCA) of industrial milk production. *Int. J. Life Cycle Assess.* 2, 2002, p.115–126.

EKVALL T, et al. Life Cycle Assessment Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis and applications. USA: Environment International 30, 2004.

EPA (1994). EPA pollution prevention accomplishments 1993, policy leads to action. EPA Publication Number EPA-100-R-94-002. US Environmental Protection Agency, Office of the Administrator, Washington, DC.

EPA Federal Facility Pollution Prevention Planning Guide. EPA 300-B-94-012 November 1994. Office of Enforcement and Environmental Protection Compliance Assurance Agency Washington, DC. United States.

Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO. Anuario Estadístico 2010. Sección B. Producción Agrícola. B12 Producción de leche y huevos. Consultada en diciembre 12 de 2012. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/015/am081m/PDF/am081m00b.pdf>

FINNVEDEN G. Life cycle assessment as an environmental systems analysis tool – with a focus on system boundaries. Licentiate thesis, AFR Report 137, Swedish Waste Research Council, Stockholm, Sweden, 1996.

FINNVEDEN G, HAUSCHILD M, EKVALL T, GUINEE J, HEIJUNGS R, HELLWEG S, et al. Recent developments in Life Cycle Assessment. *Journal of Environmental Management*, 91(1), 2009, p. 1-21.

FLYSJÖ A, CEDERBERG C, HENRIKSSON M, LEDGARD S. The interaction between milk and beef production and emissions from land use change e critical

considerations in life cycle assessment and carbon footprint studies of milk. Journal of Cleaner Production 28, 2012, p. 134-142.

Fundación Forum Ambiental (2003). “Análisis del Ciclo de Vida (ACV)”. www.forumambiental.org/cast/archivos/eines12.htm.

GERBER P, VELLINGA T, DIETZE K, FALCUCCI A, GIANNI A, MOUNSEY J, MAIORANO L, OPIO C, SIRONI D, THIEME O and WEILER V. Greenhouse gas emissions from the dairy sector—A life cycle assessment. FAO, FIL/IDF, Brussels, Belgium, 2010, p. 95.

GOEDKOOOP M, SPRIENSMA R. The eco-indicator 99 – A damage oriented method for life cycle impact assessment. Methodology report. PRé Consultants and IHOBE. Amersfoort, Netherlands, 2000.

GOEDKOOOP M, DE SCHRYVER A, OELE M, DURKSZ S, DEROEST D. Introduction to LCA with SimaPro 7 (Vol. 4.5). Nederland: PRé Consultants, 2010.

GOEDKOOOP M, EDDTING S, COLLINGNON M. ECO-Indicator 99. Manual, PRé Consultants and IHOBE, 1999.

GREEN K, FOSTER C, BLEDA M, DEWICK P, EVANS B, FLYNN A, MYLAN J. Environmental Impacts of Food Production and Consumption: A Report to the Department for Environment, Food and Rural Affairs. Manchester Business School. Defra, London, 2006.

Guía Ambiental en la Industria Láctea. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Asociación Nacional de Empresarios de Colombia ANDI. Bogotá, 2007.

HAUSCHILD M, WENZEL H. Environmental Assessment of Products. Volume 2: Scientific background. Chapman and Hall. ISBN 0 412 80810 2, 1998. See <http://www.wkap.nl/book.htm/0-412-80810-2>.

HERWICH E, PEASE W, KOSHLAND C. Evaluating the environmental impact of products and production processes: a comparison of six methods. *The Science of the Total Environment* 196. 1997.

HEKKERT M, JOOSTEN L, WORRELL E, TURKENBUR W. Reduction of CO₂ emissions by improved management of material and product use: the case of primary packaging. *Resources, Conservation and Recycling* 29, 2000, p. 33–64.

HIGGINS B, KENDALL A. Life cycle environmental and cost impacts of using an algal turf scrubber to treat dairy wastewater. *Journal of Industrial Ecology*, 16(3), 2012, p. 436-447.

HOGAAS M, OHLSSON T. A comparison of two different approaches to inventory analysis of dairies. *Int. J. Life Cycle Assess* 3, 1998, p. 209–215.

HOSPIDO A, MOREIRA MT, FEIJOO G. Simplified life cycle assessment of Galician milk production. *International Dairy Journal* 13, 2003, p. 783–796.

ISO 14001:2004. *Sistemas de Gestión Ambiental. Requisitos con orientación para su uso*. International Standard Organization. ICONTEC Internacional.

ISO 14040:2007. *Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Principios y Marco de Referencia*. International Standard Organization. ICONTEC Internacional.

ISO 14041:2000. Gestión Ambiental. Evaluación del ciclo de vida. Definición del propósito y del alcance y análisis del inventario. International Standard Organization. ICONTEC Internacional.

ISO 14042:2003. Gestión Ambiental. Análisis del ciclo de vida. Evaluación del impacto del ciclo de vida. International Standard Organization. ICONTEC Internacional.

ISO 14043:2000. Gestión Ambiental. Evaluación del ciclo de vida. Interpretación del ciclo de vida. International Standard Organization. ICONTEC Internacional.

ISO 14044:2007. Gestión Ambiental. Análisis de ciclo de vida. Requisitos y directrices. Requisitos del ciclo de vida. International Standard Organization. ICONTEC Internacional.

ISO. Standards catalogue. TC207 Environmental management. SC 5.LifeCycleAssessment. Consultado en diciembre de 2012. Disponible en: http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=29872.

JUN S, PURI M. Fouling models for heat exchangers in dairy processing: A review. J. Food Process Eng. 28, 2005, p. 1–34.

KEOLEIAN G, SPITZLEY D. Guidance for improving life cycle design and management of milk packaging. Journal of Industrial Ecology, 3 (1), 1999, p. 111-126.

KEOLEIAN G, PHIPPS A, DRITZ T, BRACHFELD D. Life Cycle Environmental Performance and Improvement of a Yogurt Product Delivery System. Volume 17, Issue 2, March 2004, p. 85-103.

KLÖPFER W, RIPPEN G. Life cycle analysis and ecological balance: methodical approaches to assessment of environmental aspects of products. *Environ. Int.* 18, 1992, p. 55–61.

LARRY C. Manual de evaluación de impacto ambiental. Técnicas de elaboración de los estudios de impacto. Editorial McGraw-Hill. Segunda edición, 1999.

LEOPOLD L, CLARKE F, HANSHAW B, BALSLEY J. A procedure for evaluating environmental impact. U.S. Geological Survey Circular 645, Washington, D.C., 1971.

LI LI M, QIAO Q, SUN Q, SUN T. A comparative study on milk packaging using life cycle assessment: from PA-PE-Al laminate and polyethylene in China. *Journal of Cleaner Production* 19, 2011, p. 2100-2106.

MADIVAL S, AURAS R, SINGH S, NARAYAN R. Assessment of the environmental profile of PLA, PET and PS clamshell containers using LCA methodology. *Journal of Cleaner Production* 17, 2009, p. 1183–1194.

MAGRINI A. A Avaliação de impactos ambientais. Meio ambiente. Aspectos técnicos e econômicos (Ed. S. Margulis). Ipea: Brasília, 1990, p. 238.

Manual SimaPro7. Introduction to LCA. Consultado en diciembre 03 de 2012.

Disponibile en:

[http://www.pre-](http://www.pre-sustainability.com/download/manuals/SimaPro7IntroductionToLCA.pdf)

[sustainability.com/download/manuals/SimaPro7IntroductionToLCA.pdf](http://www.pre-sustainability.com/download/manuals/SimaPro7IntroductionToLCA.pdf)

MASONI P, SARA B, SCARTOZZI D, TARANTINI M, RAGGI A. A life cycle assessment pilot study in an Italian dairy company, 1998, p. 193–196 in *Proc. 3rd Int. Conf. EcoBalance*, Tsukuba, Japan.

MENESES M, PASQUALINO J, CASTELLS F. Environmental assessment of the milk life cycle: The effect of packaging selection and the variability of milk production data. *Journal of Environmental Management* 107, 2012, p. 76-83.

MILANI F, NUTTER D, THOMA G. Invited review: Environmental impacts of dairy processing and products: A review. *Journal of Dairy Science* 94, Issue 9, September 2011, p. 4243-4254.

MOURAD A, GARCIA E, VILELA G, VON ZUBEN F. Environmental effects from a recycling rate increase of cardboard of aseptic packaging system for milk using life cycle approach. *Int. J. Life Cycle Assess.* 13, 2008a, p. 140–146.

MOURAD A, GARCIA E, VILELA G, VON ZUBEN F. Influence of recycling rate increase of aseptic carton for long-life milk on GWP reduction. *Resour. Conserv. Recycling* 52, 2008b, p. 678–689.

Observatorio Agrocadenas Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Documento de Trabajo No. 74. La cadena de lácteos en Colombia. Una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005. Bogotá, Marzo 2005.

OREA D. Evaluación de Impacto Ambiental. Editorial Agrícola Española, S.A. Madrid, 1992.

PASCUAL A, LLORCA I, CANUT A. Use of ozone in food industries for reducing the environmental impact of cleaning and disinfection activities. *Trends Food Sci. Technol.* 18, 2007, p.S29–S35.

POPP J, THOMAS G, MULHERN J, JAEGER A, LeFRANC L, KEMPER N. Collecting complex comprehensive farm level data through a collaborative

approach: A framework developed for a life cycle assessment of fluid milk production in the US. International Dairy Journal, 2012, p. 1-6.

PRé Consultants. SimaPro Manual. The Netherlands, 2008a.

PRé Consultants. Database Manual. Methods Library. The Netherlands, 2008b.

RALUY R. Evaluación ambiental de la integración de procesos de producción de agua con sistemas de producción de energía. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza. Departamento de Ingeniería Mecánica, Centro Politécnico Superior. Junio 2009.

Resolución 627 de 2006. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. República de Colombia.

Resolución 909 de 2008. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. República de Colombia.

RIZET C, BROWNE M, CORNELIS E, LEONARDI J. Assessing carbon footprint and energy efficiency in competing supply chains: Review – Case studies and benchmarking. Transportation Research Part D 17, 2012, p. 293–300.

ROMERO B. El Análisis del Ciclo de Vida y la Gestión Ambiental. Tendencias Ambientales. Consultado en diciembre de 2012, en <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd29/tend.pdf>.

ROY P, NEI D, ORIKASA T, XU Q, OKADOME H, NAKAMURA N, SHIINA T. A review of life cycle assessment (LCA) on some food products. Journal of Food Engineering 90, 2009, p. 1–10.

RUANO J. Propuesta de política ambiental de desechos sólidos basa en la “lógica de ciclo de vida”: Estudio de caso sobre envases de leche fluida en Costa Rica. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Sistema de Estudios de Posgrado, Maestría en Política Económica. Heredia, Costa Rica. 2010.

SANZ C. Concepto de impacto ambiental y su evaluación. Evaluación y corrección de impactos ambientales. Madrid: Instituto Tecnológico Geominero de España. 1991, p. 302.

SANDU C, SINGH R. Energy increase in operation and cleaning due to heat-exchanger fouling in milk pasteurization. Food Technol., 45, 1991, p. 84–91.

Sector Lácteo en Colombia. Informe de Proexport Colombia. Enero 2011.

SMITH J, VAN NESS H, ABBOTT M. Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química. Quinta Edición. McGraw-Hill, 1996.

Society of Environmental Toxicology and Chemistry SETAC, Guidelines of Life-cycle Assessment: “A Code of practice” Washington, DC, 1993.

SOLOMON S. Climate Change: The Physical Science Basis. Cambridge University Press, New York, NY. 2007.

SONESSON U, BERLIN J. Environmental impact of future milk supply chains in Sweden: A scenario study. J. Clean. Prod. 11, 2003, p.253–266.

SORGÜVEN E, ÖZILGEN M. Energy utilization, carbon dioxide emission, and exergy loss in flavored yogurt production process. Energy 40, 2012, p. 214-225.

STEFANIS S, LIVINGSTON A, PISTIKOPOULOS E. Environmental impact considerations in the optimal design and scheduling of batch processes. Comput. Chem. Eng. 21, 1997, p. 1073–1094.

STOLMEJER R, ANZINI D. Life cycle assessment of flexible versus rigid packaging. Paper presented at the International Polyolefins Conference 2011: Evolving Technology for the Global Economy.

TANSEY G, WORSLEY T. The food system: a guide. Earth scan Publ. Ltd, London. 1995.

THOMA G, POPP J, SHONNARD D, NUTTER D, ULRICH R, MATLOCK M, KIM D, NEIDERMAN Z, EAST C, ADOM F, KEMPER N, MAYES A. Greenhouse gas emissions from production in fluid milk in the US. Dairy Management Inc., Rosemont, IL. 2010.

TOBONO, HOYOS P. Ecobalances: Balances de material y energía. Centro Nacional de Producción Más Limpia CNPML 2010. Consultado en diciembre 11 de 2012. Disponible en internet:
<http://www.ceo.org.co/images/stories/CEO/ambiental/documentos/Memorias/Modulo2/BALANCESDEMATERIAENERGIA.pdf>

TUKKER A, HIPPEL G, GUINÉE J, HEIJUNGS R, et al. Environmental Impact of Products EIPRO. Analysis of the life cycle environmental impacts related to the total final consumption of the EU25: Draft Report. IPTS/ESTO, April 2005.

UNITED NATION ENVIRONMENT PROGRAMME UNEP. Cleaner Production Assessment in Dairy Processing, disponible en: www.agrifood-forum.net/publications/guided/d_chp0.pdf.

VAN HOOFF B, et al. LCA (Life Cycle Analysis): Una herramienta de la industria para conciliar la crisis ambiental y el desarrollo empresarial. Revista de Ingeniería. No. 9, 1999, p. 44-51. Consultado en diciembre 11 de 2012. Disponible en internet: <http://revistaing.uniandes.edu.co/pdf/rev9art6.pdf>

VAN WYLEN G, BORGNAKKE C, SONNTAG R. Fundamentals of Thermodynamics. Sixth Edition. Ed. Wiley, E.U. 2003.

VANDER WERF H, KANYARUSHOKI C, CORSON M. An operational method for the evaluation of resource use and environmental impacts of dairy farms by life cycle assessment. Journal of Environmental Management, 90(11), 2009.

WENZEL H, HAUSCHILD M, ALTING L. Environmental Assessment of Products. Volume 1: Methodology, tools and case studies in product development. Chapman and Hall. ISBN 0 412 80800 5, 1997. See: <http://www.wkap.nl/book.htm/0-7923-7859-8>.

World Resources Institute. World GHG Emissions Flow Chart. Vol. 2010. World Resources Institute, Washington, D.C., 2010.

YAN MJ, HUMPHREYS J, HOLDEN N. An evaluation of life cycle assessment of European milk production. Journal of Environmental Management 92, 2011, p. 372-379.

ANEXOS

Anexo A. CATEGORIAS DE IMPACTO AMBIENTAL

Tabla A1. Categorías de impacto aceptadas por ISO y disponibles en cuatro métodos de Evaluación de impactos de SimaPro. [PRé Consultants 2008b]

CML baseline 2001	EDIP 2003	Eco Indicador 99	IMPACT 2002+
Agotamiento recursos abióticos	Calentamiento global	Cancerígenos	Cancerígenos
Acidificación	Disminución capa ozono	Orgánicos respirados	No cancerígenos
Eutrofización	Acidificación	Inorgánicos respirados	Inorgánicos respirados
Calentamiento global	Eutrofización	Cambio Climático	Radiación ionizante
Disminución capa ozono	Toxicidad humana aire	Radiación	Disminución capa ozono
Toxicidad humana	Toxicidad humana agua	Capa de ozono	Orgánicos respirados
Ecotoxicidad acuática del agua dulce	Toxicidad humana suelo	Ecotoxicidad	Ecotoxicidad acuática
Ecotoxicidad acuática marina	Ecotoxicidad acuática	Acidificación/ Eutrofización	Ecotoxicidad terrestre
Ecotoxicidad terrestre	Ecotoxicidad terrestre	Uso de la tierra	Acidificación/nitrificación terrestre
Formación fotoquímica	Residuos peligrosos	Minerales	Ocupación de la tierra
Radiación ionizante	Residuos radiactivos	Combustibles fósiles	Acidificación acuática
Uso de la tierra	Recursos		Eutrofización acuática
			Calentamiento global
			Energía no-renovable
			Extracción mineral

Fuente: PRé Consultants 2008b

Tabla A2. Categorías de impacto comúnmente usadas en ACV

CALCULO DEL IMPACTO	ESCALA	EJEMPLO DE DATOS ACV (Clasificación)	POSIBLE FACTOR DE CARACTERIZACION COMUN	DESCRIPCION DEL FACTOR DE CARACTERIZACION
Calentamiento global	Global	Dióxido de carbono (CO ₂) Dióxido de nitrógeno (NO ₂) Metano CH ₄ Clorofluorocarbonados (CFCs) Hidroclorofluorocarbonados (HCFCs) Bromuro de metilo (CH ₃ Br)	Calentamiento global potencial	Convierte los datos del ICV a dióxido de carbono (CO ₂) equivalentes
Agotamiento del ozono estratosférico	Global	Clorofluorocarbonado (CFCs) Hidroclorofluorocarbonado (HCFCs) Halones Bromuro de metilo (CH ₃ Br)	Agotamiento potencial del ozono	Convierte los datos del ICV a triclorofluorometano (CF-11) equivalentes

Acidificación	Regional Local	Óxidos de azufre (SO _x) Óxidos de nitrógeno (NO _x) Ácido clorhídrico (HCl) Ácido fluorhídrico (HF) Amoníaco (NH ₄)	Acidificación potencial	Convierte los datos del ICV a ión hidrógeno (H ⁺) equivalentes
Eutrofización	Local	Fosfato (PO ₄) Óxido de nitrógeno (NO) Dióxido de nitrógeno (NO ₂) Nitratos Amoníaco (NH ₄)	Eutrofización potencial	Convierte los datos del ICV a fosfatos (PO ₄) equivalentes
Smog fotoquímico	Local	Hidrocarburos no metilícos	Creación potencial de foto químicos	Convierte los datos del ICV a etano (C ₂ H ₆) equivalentes
Toxicidad terrestre	Local	Químicos tóxicos con una concentración letal reportada a roedores	LC ₅₀	Convierte los datos LC ₅₀ a equivalentes
Toxicidad acuática	Local	Químicos tóxicos con una concentración letal reportada a peces	LC ₅₀	Convierte los datos LC ₅₀ a equivalentes
Salud humana	Global Regional Local	Emisiones totales al aire, agua y suelos	LC ₅₀	Convierte los datos LC ₅₀ a equivalentes
Agotamiento de recursos	Global Regional Local	Cantidad de minerales utilizados Cantidad de combustibles fósiles utilizados	Agotamiento potencial de los recursos	Convierte los datos del ICV a una proporción de la cantidad de recursos utilizados frente a una cantidad de recursos en reserva
Uso del suelo	Global	Cantidad depositada en un vertedero u otras modificaciones del suelo	Disponibilidad de tierra	Convierte la masa de los residuos sólidos en volumen usando una densidad estimada
Uso del agua	Regional Local	Agua usada o consumida	Escasez de agua potencial	Convierte los datos del ICV a una relación de la cantidad de agua utilizada comparada con la cantidad de recursos en reserva

Fuente: Dumar y Pérez, 2011

Tabla A3. Variables de impacto asociadas a las categorías de impacto

CATEGORIA DE IMPACTO	IMPACTOS GLOBALES
Calentamiento global	Derretimiento de los polos, pérdida de humedad en el suelo, estaciones más largas, pérdida/cambio de los bosques y cambio en los patrones del viento y del mar
Agotamiento del ozono	Aumento de la radiación ultravioleta

Agotamiento de los recursos	Disminución de recursos para futuras generaciones
CATEGORIA DE IMPACTO	IMPACTOS REGIONALES
Smog fotoquímico	“Smog” disminución de la visibilidad, irritación de los ojos, irritación de los pulmones y las vías respiratorias y daños a la vegetación
Acidificación	Corrosión de las construcciones, acidificación del agua, del cuerpo, efectos en la vegetación y efectos en el suelo
CATEGORIA DE IMPACTO	IMPACTOS LOCALES
Salud humana	Incremento en la morbilidad y mortalidad
Toxicidad terrestre	Disminución de la producción y la biodiversidad, disminución en la fauna silvestre para la caza o la visualización
Toxicidad acuática	Disminución de plantas acuáticas, producción de insectos y biodiversidad, disminución de la pesca local comercial o recreativa
Eutrofización	Nutrientes (fósforo y nitrógeno) entran en los cuerpos de agua como lagos, estuarios y las corrientes de movimiento lento, causando un crecimiento excesivo de las plantas y agotamiento del oxígeno
Uso de la tierra	Pérdida del hábitat para la fauna terrestre y el espacio para vertederos
Uso del agua	Pérdida del agua disponible de fuentes subterráneas y superficiales

Fuente: Dumar y Pérez, 2011

Categoría de Impacto “Calentamiento global” (Kg CO₂ eq): Producido por el incremento de gases de efecto invernadero, provocando el sobrecalentamiento del planeta. Los factores de caracterización de esta categoría son los potenciales de calentamiento global PCG a 100 años, obtenidos del IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) [García 2011]. Los potenciales de calentamiento global más usados se presentan en la Tabla A4.

Tabla A4. Factores de caracterización para el calentamiento global [García 2011].

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
20 años	1	56	280
100 años	1	23	296
500 años	1	6.5	170

Fuente: García, 2011

Categoría de Impacto “Acidificación” (Kg SO₂ eq): deposición de ácidos resultantes de la liberación de óxidos de azufre y nitrógeno en la atmósfera, en el suelo y en el agua, variando la acidez del medio y afectando el ecosistema. Se evalúa en relación a la producción de iones H⁺, relacionándolo con la formación de SO₂ [García 2011] (Tabla A5).

Tabla A5. Factores de caracterización para acidificación

SUSTANCIAS	FACTOR DE CARACTERIZACIÓN (SO ₂ gr)	SUSTANCIAS	FACTOR DE CARACTERIZACIÓN (SO ₂ gr)
Amonio	1.88	Oxido nítrico	1.07
Carbonato de amonio	0.67	Dióxido de nitrógeno	0.7
Nitrato de amonio	0.4	Oxido de nitrógeno	0.7
Amonio	1.78	Acido fosfórico	0.98
Cloruro de hidrogeno	0.88	Dióxido de azufre	1
Fluoruro de hidrogeno	1.6	Oxido de azufre	1
Sulfuro de hidrogeno	1.88	Trióxido de azufre	0.8
Acido nítrico	0.51	Acido sulfúrico	0.65

Fuente: García, 2011

Categoría “Formación de oxidantes fotoquímicos” (kg C₂H₄): Bajo la influencia de la radiación solar, los óxidos de nitrógeno NO_x, reaccionan con los compuestos orgánicos volátiles (VOCs) para producir ozono troposférico. Este fenómeno tiene lugar principalmente durante los meses de verano. Estos oxidantes fotoquímicos pueden resultar perjudiciales para la salud humana, los ecosistemas y la agricultura, afectando por tanto a las cuatro áreas de protección de salud humana, recursos naturales y entornos natural y modificado por el hombre [Udo de Haes et al. 1999b]. Para el cálculo del indicador de formación de foto-oxidantes POI, se utiliza como factor de caracterización el potencial de creación de ozono fotoquímico POCP [Guinée et al. 2002].

Categoría “Toxicidad humana en aire y agua” (m^3): Los factores de caracterización para estas categorías de impacto son, Pb para toxicidad humana aire y agua. *Jolliet 1996* propuso un método semi-empírico que determinaba la respuesta general del medio y calculaba unos factores de dispersión como el ratio entre concentración medida y la emisión [*García 2011*]. A continuación se presentan Algunos factores de esta categoría se presentan en la Tabla A6.

Tabla A6. Factores de caracterización para toxicidad humana [*Jolliet 1996*]

TOXICIDAD HUMANA			
SUSTANCIA	SIMBOLO	AIRE m^3	AGUA m^3
Metales Pesados	As		1.5
	Cd		3.1
	Cu		0.022
	Hg	809	7.8
	Ni	0.062	3200
	Pb	1	0.86
	Zn		0.0031

Fuente: Jolliet 1996

Categoría “Energía no renovable” (MJ eq): Se define como la cantidad de energía utilizada en el sistema bajo estudio, durante el ciclo de vida del mismo. Se considera energía consumida, toda aquella que se asociado con los procesos que interviene en el sistema (materias primas, transporte, transformación etc.) [*García 2011*].

Tabla A7. Elementos obligatorios y opcionales de la EICV

OPCIONALES	OBLIGATORIOS
Normalización: Relación de magnitud de las categorías de impacto respecto a un valor de referencia.	Selección de categorías de impacto: Ítem de evaluación de IAP, representa las consecuencias ambientales generadas por el sistema, es una representación cuantitativa
Agrupación: Clasificación y catalogación de indicadores.	Clasificación: Asignación de datos a cada categoría de impacto según el IAP a evaluar.

Ponderación: Establecer factores de importancia de las categorías de impacto, para ser sumados y obtener un resultado ponderado del IAP del sistema.	Caracterización: Modelos de los factores de caracterización de los datos del ICV para cada categoría de impacto.
Análisis de calidad de los datos: Obligatorio para análisis comparativos, se clasifican los datos bajo parámetros preestablecidos.	

Fuente: NTC ISO 14042

Los elementos Obligatorios comprenden la clasificación y caracterización de los impactos y los elementos Optativos son establecidos por la normalización de los impactos

Tabla A8. Ejemplo de algunas bases de datos para sectores específicos [*SimaPro 7.1*]

SECTOR	BASES DE DATOS
ENERGÍA	Carbón mineral
	Aceites
	Gas natural
	Energía nuclear
	Energía hidroeléctrica
	Energía eólica
	Energía fotovoltaica
	Energía calórica
	Suministro de electricidad y mezclas
	Sistemas CHP a pequeña escala
	Biocombustibles
MATERIALES	Materiales para construcción
	Metales
	Plásticos
	Papel y cartón
MATERIAS PRIMAS RENOVABLES	Madera
	Madera tropical
	Fibras renovables
QUIMICOS	Químicos básicos
	Solventes petroquímicos
	Detergentes

TRANSPORTE	Servicios de transporte
GESTION DE RESIDUOS	Tratamiento de residuos
AGRICULTURA	Productos y procesos de agricultura
ELECTRONICA	Productos y procesos de electrónica
INGENIERÍA MECANICA	Procesamiento de metales y aire comprimido

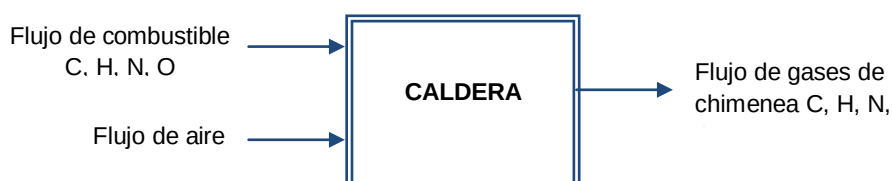
Fuente: SimaPro 7.1

Anexo B BALANCE DE MASA Y ENERGIA EN LA CALDERA

Balance de masa:

Para el balance de masa se caracterizó el sistema, consistente en el flujo de gas que ingresa a la caldera pirotubular y de los gases de combustión debido a que la operación es estable; su vez se indican las corrientes el sistema se muestra en la Figura B1.

Figura B1. Esquema del balance de masa en la caldera



El balance de masa se realizó a partir de los datos obtenidos por el Sistema Integrado de Emisiones ENERAC modelo 700 en el mes de febrero del año 2013 a los gases de chimenea, cuyos valores se muestran en la tabla B1.

Tabla B1. Datos obtenidos de los gases de chimenea por el equipo ENERAC

PARAMETRO	VALOR	PARAMETRO	VALOR
Eficiencia, %	88,2	CO, ppm	15
Temperatura ambiente, °C	34	CO ₂ , ppm	84.000
Temperatura gases de chimenea, °C	196	HC, ppm	0
Stack Draft	0	NO, ppm	21.1
Exceso aire, %	35	NO ₂ , ppm	0
O ₂ , ppm	50.000	SO ₂ , ppm	0

Para el balance de masa se utilizó la composición molar de gas natural facilitada por la empresa Gasorient, la cual se indica en la tabla B2 y las reacciones involucradas en la combustión del gas se muestran en la tabla B3.

Tabla B2. Composición de gas natural considerada para el balance de masa en la caldera

COMPUESTO	Composición molar	COMPUESTO	Composición molar
CH ₄	0,89529	i- C ₅ H ₁₂	0,00121
C ₂ H ₆	0,05498	n- C ₅ H ₁₂	0,00064
C ₃ H ₈	0,01604	n- C ₆ H ₁₄	0,00084
i- C ₄ H ₁₀	0,0037	CO ₂	0,01825
n- C ₄ H ₁₀	0,00318	N ₂	0,00587

Fuente: Gasorient Gas Natural Fenosa

Tabla B3. Reacciones de combustión del gas natural

REACTIVOS	PRODUCTOS
1 CH ₄ + 2 O ₂	1 CO ₂ + 2 H ₂ O
1 C ₂ H ₆ + 3,5 O ₂	2 CO ₂ + 3 H ₂ O
1 C ₃ H ₈ + 5 O ₂	3 CO ₂ + 4 H ₂ O
1 C ₄ H ₁₀ + 6,5 O ₂	4 CO ₂ + 5 H ₂ O
1 C ₅ H ₁₂ + 8 O ₂	5 CO ₂ + 6 H ₂ O
1 C ₆ H ₁₄ + 9,5 O ₂	6 CO ₂ + 7 H ₂ O
1 N ₂ + 1 O ₂	2 NO

El balance masa se estructuró de la siguiente manera:

Para la corriente de combustible:

- Se partió de una base de cálculo de 1 segundo.
- Para el consumo de gas natural en la caldera, se consultaron los datos históricos para el año 2012 disponibles en Freskaleche S.A.
- Se realizó el balance elemental, considerando que:
 - ♦ El nitrógeno que reacciona es del combustible.
 - ♦ La combustión de los hidrocarburos fue del 100% al reportarse una concentración de 0 ppm para los HC en los gases de chimenea.
- Finalmente se determinó el flujo molar de los gases de chimenea.

Los valores del balance de masa para el combustible se muestran en la tabla B4.

Tabla B4. Balance de masa en la caldera

DESCRIPCION	ENTRADA*	SALIDA*
CH ₄	14,32464	0
C ₂ H ₆	1,6494	0
C ₃ H ₈	0,70576	0
i- C ₄ H ₁₀	0,2146	0
n- C ₄ H ₁₀	0,18444	0
i- C ₅ H ₁₂	0,08712	0
n- C ₅ H ₁₂	0,04608	0
n- C ₆ H ₁₄	0,07224	0
CO ₂	0,803	0,803
N ₂	0,16436	0,15988
O ₂	92,30025	23,92969
N ₂ aire	303,65731	303,65731
H ₂ O aire	6,76853	6,76853
H ₂ O formada	0	37,27908
CO ₂ formado	0	48,36428
NO formado	0	0,009592
CO formado	0	0,006364

*Datos en gramos/segundo

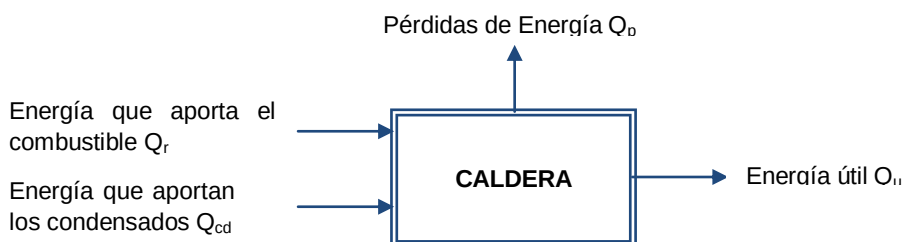
Balance de energía:

El combustible (gas natural) aporta energía (Q_r) que es aprovechada como vapor en la etapa de calentamiento en la pasteurización de la leche y del kumis y en los procesos de lavado (Energía útil Q_u); la otra parte se pierde en los gases de chimenea y por las paredes del horno (Q_p). La Figura A2 muestra el balance de energía en el horno.

El balance de energía se escribe como:

$$Q_r + Q_{cd} = Q_u + Q_p$$

Figura B2. Esquema del balance de energía en la caldera



El balance de energía se estructuró de la siguiente manera:

- e) Se partió de una base de cálculo de 1 segundo.
- f) La temperatura de entrada del gas en la caldera es de 25°C y la temperatura de los gases de chimenea es de 186°C.
- g) La caldera produce vapor saturado
- h) La temperatura de retorno de condensados a la caldera es de 70°C.
- i) Para el cálculo de los calores de reacción y calores sensibles se tomaron los valores de las constantes para el C_p y h° de cada compuesto.
- j) Se consideraron los consumos de energía eléctrica de los equipos requeridos para el funcionamiento de la caldera.

Los valores del balance de masa se muestran en la tabla B5.

Tabla B5. Balance de energía en la caldera

DESCRIPCION	ENTRADA	SALIDA
Energía que aporta el combustible	1.700,03	-
Energía que aportan los condensados	126,97	-
Energía útil	-	1.755,82
Pérdidas de energía	-	71,18

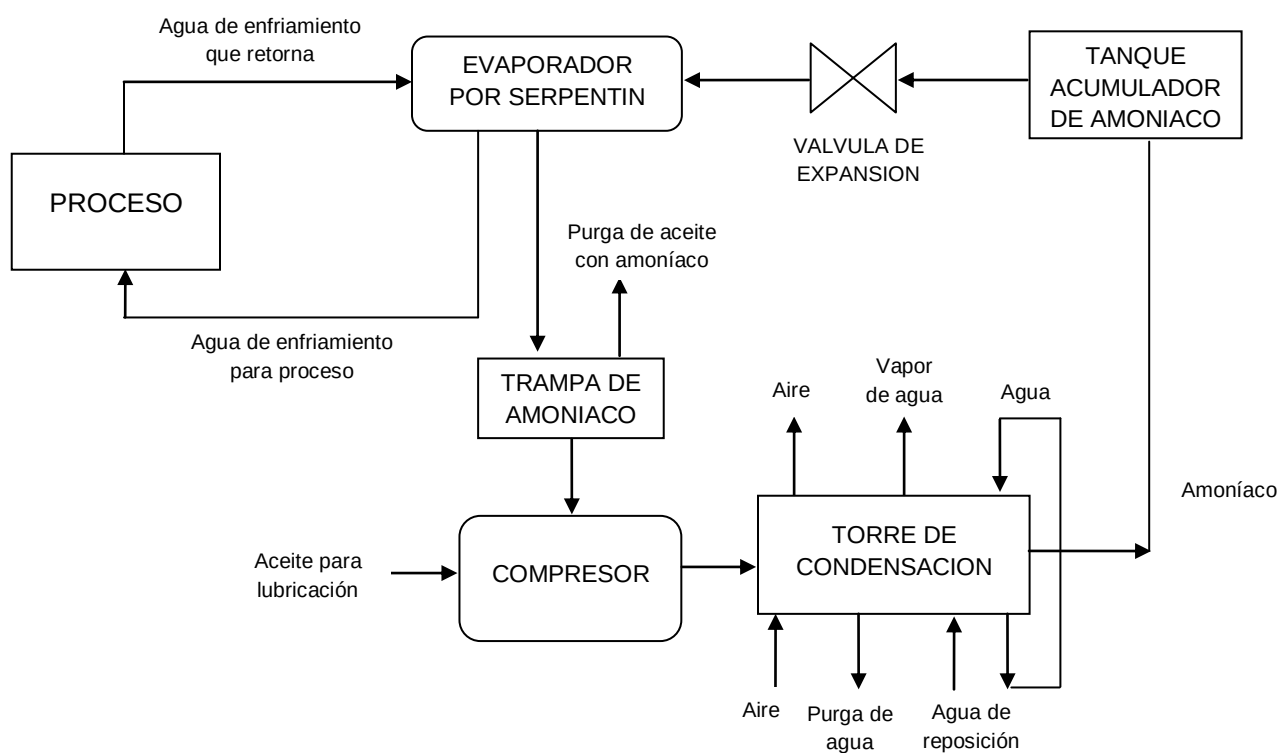
*Datos en kJ/segundo

Anexo C BALANCE DE MASA Y ENERGIA EN EL BANCO DE HIELO

Balance de masa:

El sistema de generación de agua de enfriamiento en el banco de hielo consiste en compresor, torre de enfriamiento, tanque acumulador de amoníaco, válvula de expansión y evaporador de serpentín. En la figura C1 se muestra el esquema general del sistema de banco de hielo en Freskaleche S.A.

Figura C1. Esquema general sistema de banco de hielo

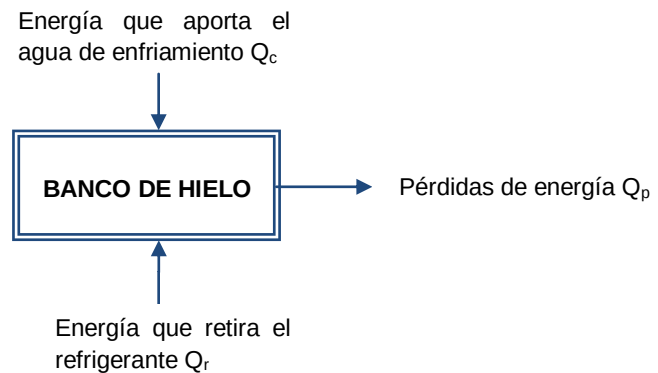


Los valores obtenidos del balance de masa en el sistema banco de hielo se muestra en la tabla 15 del capítulo resultados.

Balance de energía:

El agua proveniente del enfriamiento en cada una de las etapas del proceso es enfriada (Q_c) por contacto con el refrigerante (amoníaco) el cual le retira la energía (Q_r) que permite que el agua alcance la temperatura requerida para un nuevo enfriamiento; las pérdidas de energía del sistema se denominan Q_p . La Figura C2 muestra el balance de energía en el horno.

Figura C2. Esquema del balance de energía en el banco de hielo



El balance de energía se estructuró de la siguiente manera:

- a) Se partió de una base de cálculo de 1 hora.
- b) Las temperaturas y presiones de los flujos de agua y de refrigerante en el evaporador por serpentín son:
 - Agua de enfriamiento: Entrada: 14°C y 94,7 psia
Salida: 2°C y 90,7 psia
 - Refrigerante: Entrada: No se conocen las condiciones de entrada
Salida: -4°C y 50,76 psia
- c) Los flujos de agua y refrigerante en el sistema son:
 - Agua de enfriamiento: 35.000 l/h
 - Capacidad de refrigeración: 34.000 kg/h
- d) Debido a que no se conocen las condiciones de entrada del refrigerante, se utilizó el software ASPEN HYSYS Versión 7.1. disponible en la Escuela de Ingeniería Química con el fin de determinar las variables del refrigerante a la

entrada del evaporador por serpentín así como el valor de la energía transferida entre los dos fluidos.

- e) Finalmente se determinó el calor transferido entre los dos fluidos en 1'735.478,559 kJ/h y las pérdidas de energía del sistema en 20.900 kJ/h.

El diagrama y valores obtenidos en ASPEN HYSYS para el agua de enfriamiento y refrigerante, se muestran en la figura C3 y la tabla C1 respectivamente.

Figura C3. Diagrama de energía transferida en sistema del banco de hielo

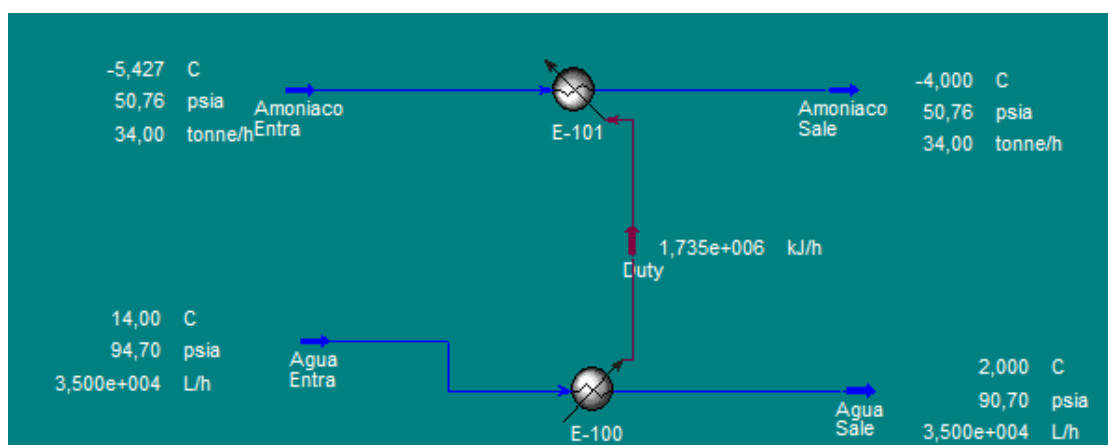


Tabla C1. Valores de corrientes en sistema de banco de hielo

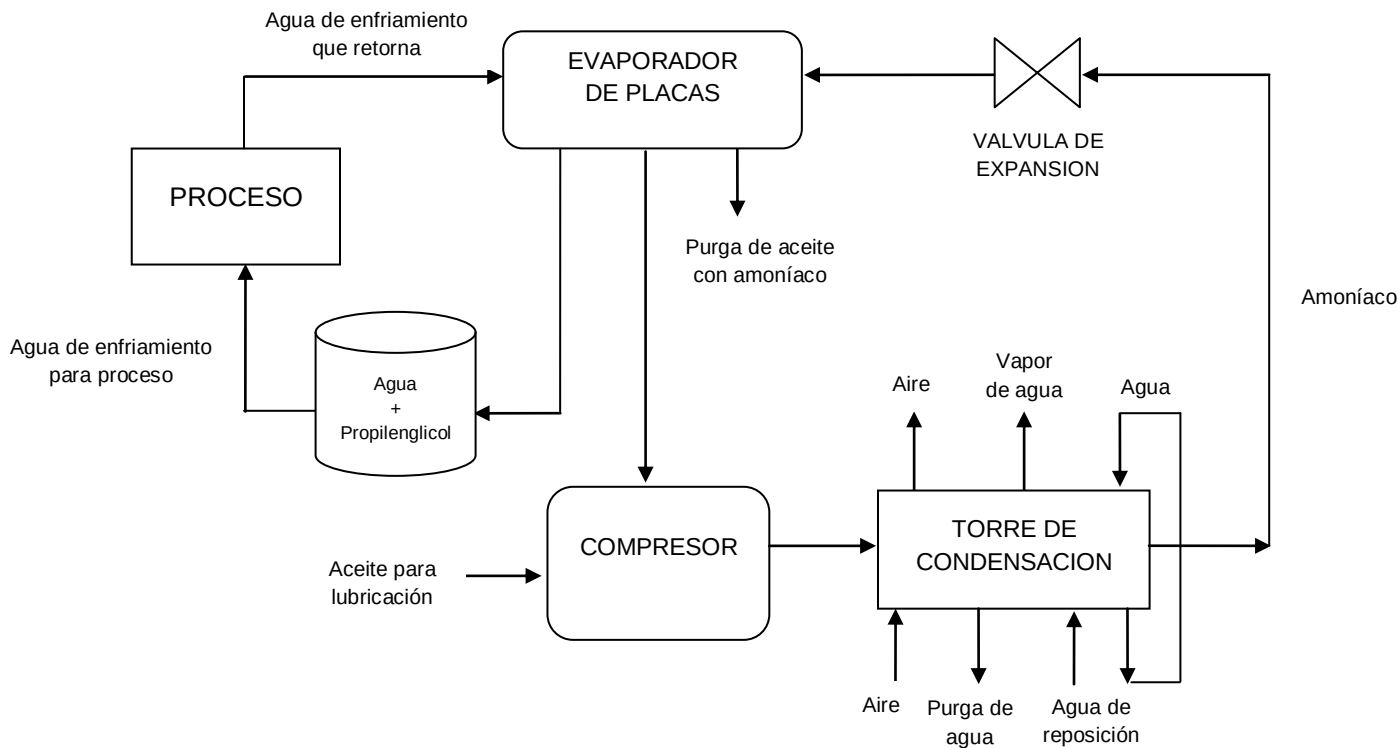
	Agua Entra	Amoniaco Entra	Agua Sale	Amoniaco Sale
Vapour Fraction	0	0,962893645	0	1
Temperature, °C	14	-5,427004255	2	-4
Pressure, psia	94,7	50,763195	90,7	50,763195
Molar Flow, kgmole/h	1.938,901803	1.996,476725	1.938,901803	1.996,476725
Mass Flow, tonne/h	34,9295108	34	34,9295108	34
Liquid Volume Flow, l/h	35.000	55.188,53311	35.000	55.188,53311
Heat Flow, kJ/h	553'993.874,26	-95'042.317,71	-555'729.352,81	93'306.839,16
Duty, kJ/h	1'735.478,559			

Anexo D BALANCE DE MASA Y ENERGIA EN EL CHILLER

Balance de masa:

El sistema de generación de agua de enfriamiento en el chiller consiste en consistente en compresor, torre de enfriamiento con tanque acumulador de amoníaco, válvula de expansión, evaporador de placas, tanque de almacenamiento de la solución de enfriamiento (agua mas propilenglicol, ésta última se adicono como anticongelante). En la figura D1 se muestra el esquema general del sistema chiller en Freskaleche S.A.

Figura D1. Esquema general del sistema chiller

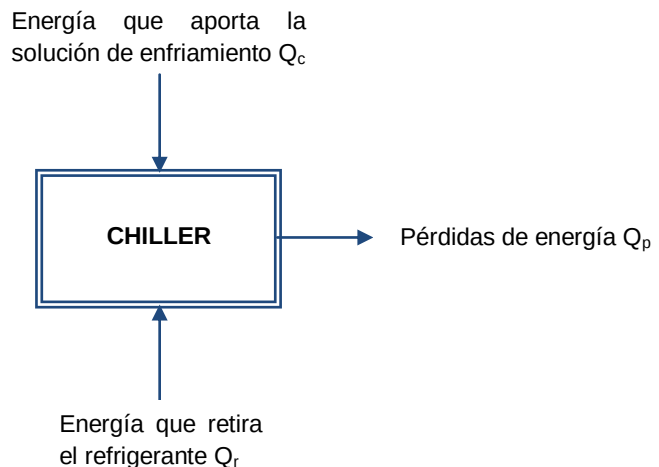


El balance de masa se muestra en la tabla 16 del capítulo resultados.

Balance de energía:

La solución de agua más propilenglicol proveniente del enfriamiento en la etapa del proceso es enfriada (Q_c) por contacto con el refrigerante (amoníaco) el cual le retira la energía (Q_r) que permite que la solución de agua alcance la temperatura requerida para un nuevo enfriamiento; las pérdidas de energía del sistema se denominan Q_p . La Figura D2 muestra el balance de energía en el horno.

Figura D2. Esquema del balance de energía en el sistema chiller



El balance de energía se estructuró de la siguiente manera:

- Se partió de una base de cálculo de 1 hora.
- Las temperaturas y presiones de los flujos de solución de agua mas propilenglicol y de refrigerante en el evaporador de placas son:
 - Agua de enfriamiento: Entrada: 3°C y 287 psia
Salida: -1,5°C y 28psia
 - Refrigerante: Entrada: No se conocen las condiciones de entrada
Salida: -5°C y 50,76 psia
- Los flujos de agua y refrigerante en el sistema son:
 - Agua de enfriamiento: 35.000 l/h

- Capacidad de refrigeración: 34.000 kg/h
- d) Debido a que no se conocen las condiciones de entrada del refrigerante, se utilizó el software ASPEN HYSYS Versión 7.1. disponible en la Escuela de Ingeniería Química con el fin de determinar las variables del refrigerante a la entrada del evaporador por serpentín así como el valor de la energía transferida entre los dos fluidos.
- e) Finalmente se determinó el calor transferido entre los dos fluidos en 608.088,46 kJ/h y las pérdidas de energía del sistema en 30.218 kJ/h.

El diagrama y valores obtenidos en ASPEN HYSYS para la solución de enfriamiento (agua más propilenglicol) y refrigerante, se muestran en la figura D3 y la tabla D1 respectivamente.

Figura D3. Diagrama de energía transferida en sistema del chiller

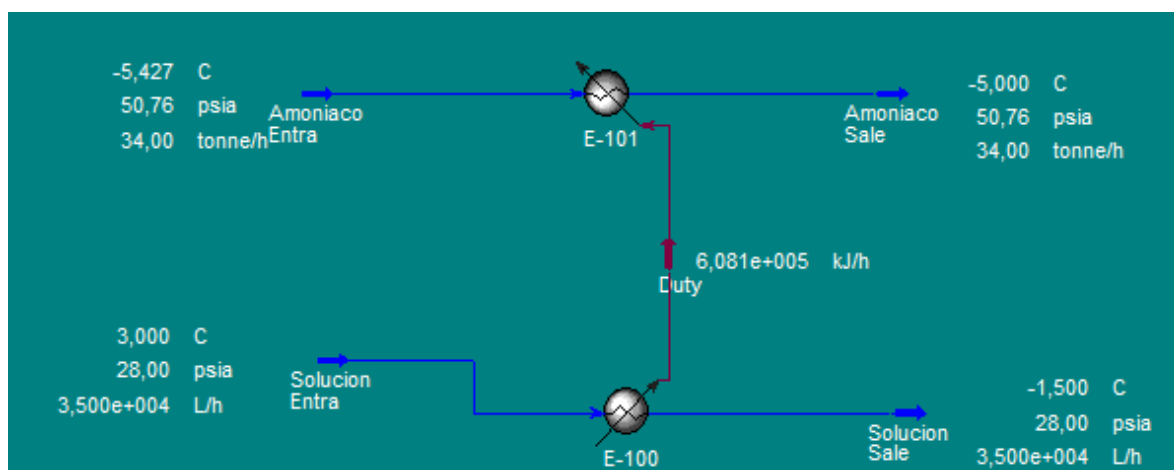


Tabla D1. Valores de corrientes en sistema del chiller

	Solución Entra	Amoniaco Entra	Solución Sale	Amoniaco Sale
Pressure, psia	28	50,7632	28	50,7632
Temperature, °C	3	-5,42676	-1,5	-5
Mass Flow, tonne/h	35,2708	34	35,2708	34

Liquid Volume Flow, l/h	35000	55188,5	35000	55188,5
Vapour Fraction	0	0,986882	0	1
Entalpia especifica, kJ/kgmole	-301413	-47075,4	-301793	-46770,8
	-			
Entalpia, kJ/h	482679290,4	-93984899,36	-483287378,9	-93376810,89
Duty, kJ/h	608.088,46			

Anexo E INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA

Tabla E1. ICV Caracterización de Impactos ambientales globales

SimaPro 7.1	Análisis de impacto	Fecha:	29/06/2013	Período:	06:32:22 p.m.
Proyecto	KUMIS CMN FK				
Título:	Analizando 1 p (ENSAMBLAJE MONTAJE KUMIS FK)				
Método:	EDIP 2003 V1.01 / Default				
Indicador:	Caracterización				
Omitir categorías:	Nunca				
Modo relativo:	No				
Categoría de impacto	Unidad	Total	4 ABASTECIMIENTO DE LECHE	5 PASTEURIZACION DE LA LECHE	6 ELABORACION DE KUMIS
Global warming 100a	kg CO2 eq	753,1789	15,27298669	102,5591902	635,3467508
Ozone depletion	kg CFC11 eq	9,89E-06	5,0554E-07	2,44007E-06	6,94669E-06
Ozone formation (Vegetation)	m2.ppm.h	1581,486	41,9246626	219,3981796	1320,162983
Ozone formation (Human)	person.ppm.h	0,119595	0,002976084	0,015738541	0,100879888
Acidification	m2	14,73507	0,529651998	2,329157353	11,87626272
Terrestrial eutrophication	m2	17,03165	0,943646782	4,917820531	11,1701833
Aquatic eutrophication EP(N)	kg N	0,120655	0,003445087	0,018275134	0,098934327
Aquatic eutrophication EP(P)	kg P	0,000967	6,32843E-05	0,000166717	0,000736911
Human toxicity air	m3	1347972	52905,2801	297857,5148	997209,6082
Human toxicity water	m3	3625,265	200,6075791	404,7544385	3019,903322
Human toxicity soil	m3	28,44343	0,883758256	5,595052217	21,96462328
Ecotoxicity water chronic	m3	17556,98	906,9886039	3604,390784	13045,60221
Ecotoxicity water acute	m3	7011,838	360,8291813	1458,384538	5192,624325
Ecotoxicity soil chronic	m3	33,28457	1,276704491	7,655774954	24,35209479
Hazardous waste	kg	0,005744	0,000361072	0,000821521	0,004561353
Slags/ashes	kg	0,011332	0,000646989	0,001904841	0,008780265
Bulk waste	kg	37,84282	0,47172963	1,42160091	35,9494915
Radioactive waste	kg	0,004732	0,000265585	0,000531966	0,003934747
Resources (all)	kg	0,027142	0,001283574	0,004499265	0,021358883

Fuente: Método EDIP 2003

Tabla E2. ICV Ponderación de Impactos ambientales

SimaPro 7.1	Análisis de impacto	Fecha:	29/06/2013	Período:	06:33:11 p.m.
Proyecto	KUMIS CMN FK				
Título:	Analizando 1 p (ENSAMBLAJE MONTAJE KUMIS FK)				
Método:	EDIP 2003 V1.01 / Default				
Indicador:	Ponderación				
Omitir categorías:	Nunca				
Modo relativo:	No				
Categoría de impacto	Unidad	Total	4 ABASTECIMIENTO DE LECHE	5 PASTEURIZACION DE LA LECHE	6 ELABORACION DE KUMIS
Total	Pt	0,54278144	0,02130211	0,075409071	0,446070259
Global warming 100a	Pt	0,095277134	0,001932033	0,012973738	0,080371364
Ozone depletion	Pt	0,006051416	0,000309254	0,001492663	0,004249499
Ozone formation (Vegetation)	Pt	0,013550171	0,000359211	0,001879804	0,011311156
Ozone formation (Human)	Pt	0,014351342	0,00035713	0,001888625	0,012105587
Acidification	Pt	0,008715795	0,000313289	0,001377697	0,007024809
Terrestrial eutrophication	Pt	0,009728479	0,000539011	0,002809059	0,006380409
Aquatic eutrophication EP(N)	Pt	0,014070733	0,000401766	0,002131246	0,011537721
Aquatic eutrophication EP(P)	Pt	0,002359267	0,000154414	0,000406791	0,001798063
Human toxicity air	Pt	0,008718686	0,000342191	0,001926542	0,006449952
Human toxicity water	Pt	0,07964708	0,004407349	0,008892455	0,066347276
Human toxicity soil	Pt	0,110246749	0,003425447	0,021686422	0,08513488
Ecotoxicity water chronic	Pt	0	0	0	0
Ecotoxicity water acute	Pt	0	0	0	0
Ecotoxicity soil chronic	Pt	0	0	0	0
Hazardous waste	Pt	0,000305176	1,91838E-05	4,36474E-05	0,000242345
Slags/ashes	Pt	3,56508E-05	2,03543E-06	5,99263E-06	2,76227E-05
Bulk waste	Pt	0,030845684	0,000384507	0,001158747	0,029302431
Radioactive waste	Pt	0,148878078	0,00835529	0,016735643	0,123787145
Resources (all)	Pt	0	0	0	0

Fuente: Método EDIP 2003

Tabla E3. ICV Análisis de contribución

SimaPro 7.1 Análisis de impacto Fecha: 29/06/2013 Período: 06:33:41 p.m. Proyecto KUMIS CMN FK Título: Analizando 1 p (ENSAMBLAJE MONTAJE KUMIS FK) Método: EDIP 2003 V1.01 / Default Indicador: Puntuación única Omitir categorías: Nunca Modo relativo: No					
Categoría de impacto	Unidad	Total	4 ABASTECIMIENTO DE LECHE	5 PASTEURIZACION DE LA LECHE	6 ELABORACION DE KUMIS
Total	Pt	0,54278144	0,02130211	0,075409071	0,446070259
Global warming 100a	Pt	0,095277134	0,001932033	0,012973738	0,080371364
Ozone depletion	Pt	0,006051416	0,000309254	0,001492663	0,004249499
Ozone formation (Vegetation)	Pt	0,013550171	0,000359211	0,001879804	0,011311156
Ozone formation (Human)	Pt	0,014351342	0,00035713	0,001888625	0,012105587
Acidification	Pt	0,008715795	0,000313289	0,001377697	0,007024809
Terrestrial eutrophication	Pt	0,009728479	0,000539011	0,002809059	0,006380409
Aquatic eutrophication EP(N)	Pt	0,014070733	0,000401766	0,002131246	0,011537721
Aquatic eutrophication EP(P)	Pt	0,002359267	0,000154414	0,000406791	0,001798063
Human toxicity air	Pt	0,008718686	0,000342191	0,001926542	0,006449952
Human toxicity water	Pt	0,07964708	0,004407349	0,008892455	0,066347276
Human toxicity soil	Pt	0,110246749	0,003425447	0,021686422	0,08513488
Ecotoxicity water chronic	Pt	0	0	0	0
Ecotoxicity water acute	Pt	0	0	0	0
Ecotoxicity soil chronic	Pt	0	0	0	0
Hazardous waste	Pt	0,000305176	1,91838E-05	4,36474E-05	0,000242345
Slags/ashes	Pt	3,56508E-05	2,03543E-06	5,99263E-06	2,76227E-05
Bulk waste	Pt	0,030845684	0,000384507	0,001158747	0,029302431
Radioactive waste	Pt	0,148878078	0,00835529	0,016735643	0,123787145
Resources (all)	Pt	0	0	0	0

Fuente: Método EDIP 2003

Tabla E4. ICV Contribución de proceso

SimaPro 7.1		Contribución de proceso	Fecha:	29/06/2013	Período:	06:35:25 p.m.	
Proyecto		KUMIS CMN FK					
Título:		Analizando 1 p (ENSAMBLAJE MONTAJE KUMIS FK)					
Método:		EDIP 2003 V1.01 / Default					
Indicador:		Puntuación única					
Valor de Corte:		0,5%					
Modo relativo:		No					
No	Proceso	Proyecto	Unidad	Total	4 ABASTECIMIENTO DE LECHE	5 PASTEURIZACIÓN DE LA LECHE	6 ELABORACIÓN DE KUMIS
	Total of all processes		Pt	0,54278144	0,02130211	0,075409071	0,446070259
	Procesos remanentes		Pt	0,009626597	0,00113868	0,003231084	0,005256833
1	Sodium hydroxide, 50% in H2O, production mix, at plant/RER S LAVADO	KUMIS CMN FK	Pt	0,241066255	0,013735574	0,019215929	0,208114752
2	Energía Eléctrica Colombia FK	KUMIS CMN FK	Pt	0,091897264	0,000843252	0,005578606	0,085475406
3	CALDERA FK: Natural gas, burned in boiler condensing modulating >100kW/RER U	KUMIS CMN FK	Pt	0,076207587	0,001233671	0,017846063	0,057127853
4	Nitric acid, 50% in H2O, at plant/RER S PTARI	KUMIS CMN FK	Pt	0,064444455	0,002975862	0,019415989	0,042052698
5	Sodium hydroxide, 50% in H2O, production mix, at plant/RER S PTARI	KUMIS CMN FK	Pt	0,02226544	0,001028153	0,006708178	0,014529108
6	KUMIS ENFRIAMIENTO4 AGRUPADA	KUMIS CMN FK	Pt	0,014644821	x	x	0,014644821
7	Drilled metres onshore S	ETH-ESU 96 System processes	Pt	0,008943604	0,000144782	0,002094386	0,006704436
8	MEZCLA PRIMARIA KUMIS	KUMIS CMN FK	Pt	0,005201304	x	x	0,005201304
9	Chemicals inorganic ETH S	ETH-ESU 96 System processes	Pt	0,004377409	0,000202136	0,001318835	0,002856438
10	KUMIS ENVASADO REFRIGERADO AGRUPADA	KUMIS CMN FK	Pt	0,00410661	x	x	0,00410661

Tabla E5. ICV Calentamiento global

SimaPro 7.1 Contribución de proceso Fecha: 29/06/2013 Período: 06:42:15 p.m. Proyecto KUMIS CMN FK Título: Analizando 1 p (ENSAMBLAJE MONTAJE KUMIS FK) Método: EDIP 2003 V1.01 / Default Indicador: Caracterización Categoría: Global warming 100a Valor de Corte: 0,5% Modo relativo: No							
No	Proceso	Proyecto	Unidad	Total	4 ABASTECIMIENTO DE LECHE	5 PASTEURIZACION DE LA LECHE	6 ELABORACION DE KUMIS
	Total of all processes		kg CO2 eq	753,1789277	15,27298669	102,5591902	635,3467508
	Procesos remanentes		kg CO2 eq	15,25070815	1,753356568	5,172221823	8,325129757
1	Energía Eléctrica Colombia FK	KUMIS CMN FK	kg CO2 eq	439,5729703	4,033534261	26,68419422	408,8552418
2	CALDERA FK: Natural gas, burned in boiler condensing modulating >100kW/RER U	KUMIS CMN FK	kg CO2 eq	157,1371189	2,543781787	36,79789741	117,7954397
3	Nitric acid, 50% in H2O, at plant/RER S PTARI	KUMIS CMN FK	kg CO2 eq	102,216355	4,720054634	30,79595827	66,70034211
4	Sodium hydroxide, 50% in H2O, production mix, at plant/RER S LAVADO	KUMIS CMN FK	kg CO2 eq	39,00177546	2,222259436	3,108918504	33,67059752

Tabla E6. ICV eutrofización acuática (N)

SimaPro 7.1 Contribución de proceso Fecha: 29/06/2013 Período: 07:01:51 p.m. Proyecto KUMIS CMN FK Título: Analizando 1 p (ENSAMBLAJE MONTAJE KUMIS FK) Método: EDIP 2003 V1.01 / Default Indicador: Caracterización Categoría: Aquatic eutrophication EP(N) Valor de Corte: 0,5% Modo relativo: No							
No	Proceso	Proyecto	Unidad	Total	4 ABASTECIMIENTO DE LECHE	5 PASTEURIZACION DE LA LECHE	6 ELABORACION DE KUMIS
	Total of all processes		kg N	0,120654548	0,003445087	0,018275134	0,098934327
	Procesos remanentes		kg N	0,002511634	0,00015085	0,000550812	0,001809972
1	Energía Eléctrica Colombia FK	KUMIS CMN FK	kg N	0,068898312	0,000632213	0,004182459	0,06408364
2	Nitric acid, 50% in H2O, at plant/RER S PTARI	KUMIS CMN FK	kg N	0,03567308	0,001647279	0,010747661	0,02327814
3	Sodium hydroxide, 50% in H2O, production mix, at plant/RER S LAVADO	KUMIS CMN FK	kg N	0,008431894	0,000480436	0,000672125	0,007279333
4	CALDERA FK: Natural gas, burned in boiler condensing modulating >100kW/RER U	KUMIS CMN FK	kg N	0,002634683	4,2651E-05	0,000616982	0,00197505
5	Nitric acid, 50% in H2O, at plant/RER S LAVADO	KUMIS CMN FK	kg N	0,001100338	0,000455696	0,000644643	x
6	Sodium hydroxide, 50% in H2O, production mix, at plant/RER S PTARI	KUMIS CMN FK	kg N	0,000778789	3,59622E-05	0,000234635	0,000508192
7	AGUA DE ENFRIAMIENTO CHILLER	KUMIS CMN FK	kg N	0,000625817	x	0,000625817	x

Tabla E7. ICV toxicidad humana en agua

SimaPro 7.1 Contribución de proceso Fecha: 29/06/2013 Período: 07:08:07 p.m. Proyecto KUMIS CMN FK Título: Analizando 1 p (ENSAMBLAJE MONTAJE KUMIS FK) Método: EDIP 2003 V1.01 / Default Indicador: Caracterización Categoría: Human toxicity water Valor de Corte: 0,5% Modo relativo: No							
No	Proceso	Proyecto	Unidad	Total	4 ABASTECIMIENTO DE LECHE	5 PASTEURIZACION DE LA LECHE	6 ELABORACION DE KUMIS
	Total of all processes		m3	3625,265339	200,6075791	404,7544385	3019,903322
	Procesos remanentes		m3	68,66106016	4,064098832	16,79837139	47,79858993
1	Sodium hydroxide, 50% in H2O, production mix, at plant/RER S LAVADO	KUMIS CMN FK	m3	3075,953838	175,2629813	245,1911405	2655,499716
2	Sodium hydroxide, 50% in H2O, production mix, at plant/RER S PTARI	KUMIS CMN FK	m3	284,1022473	13,11901729	85,59492217	185,3883078
3	Nitric acid, 50% in H2O, at plant/RER S PTARI	KUMIS CMN FK	m3	166,0520309	7,667800892	50,02850488	108,3557252
4	Produced natural gas NL U, FK	KUMIS CMN FK	m3	30,49616286	0,493680833	7,141499605	22,86098242

Tabla E8. ICV toxicidad humana en suelo

SimaPro 7.1	Contribución de proceso	Fecha:	29/06/2013	Periodo:	07:09:42 p.m.		
Proyecto	KUMIS CMN FK						
Título:	Analizando 1 p (ENSAMBLAJE MONTAJE KUMIS FK)						
Método:	EDIP 2003 V1.01 / Default						
Indicador:	Caracterización						
Categoría:	Human toxicity soil						
Valor de Corte:	0,5%						
Modo relativo:	No						
No	Proceso	Proyecto	Unidad	Total	4 ABASTECIMIENTO DE LECHE	5 PASTEURIZACION DE LA LECHE	6 ELABORACION DE KUMIS
	Total of all processes		m3	28,44343375	0,883758256	5,595052217	21,96462328
	Procesos remanentes		m3	0,315596178	0,049494101	0,110096072	0,156006004
1	CALDERA FK: Natural gas, burned in boiler condensing modulating >100kW/RER U	KUMIS CMN FK	m3	13,12936033	0,212541938	3,074594075	9,842224322
2	Sodium hydroxide, 50% in H2O, production mix, at plant/RER S LAVADO	KUMIS CMN FK	m3	6,585340978	0,375222306	0,524932216	5,685186455
3	Nitric acid, 50% in H2O, at plant/RER S PTARI	KUMIS CMN FK	m3	3,253160583	0,150221515	0,980119058	2,12282001
4	Drilled metres onshore S	ETH-ESU 96 System processes	m3	2,142143199	0,034677643	0,501640645	1,605824912
5	Energía Eléctrica Colombia FK	KUMIS CMN FK	m3	2,101398522	0,019282493	0,127565001	1,954551027
6	Sodium hydroxide, 50% in H2O, production mix, at plant/RER S PTARI	KUMIS CMN FK	m3	0,608237402	0,028086638	0,183251043	0,396899721
7	Chemicals inorganic ETH S	ETH-ESU 96 System processes	m3	0,308196557	0,014231623	0,092854106	0,201110828

Tabla E9. ICV formación de ozono por actividades humanas

SimaPro 7.1	Contribución de proceso		Fecha:	29/06/2013	Período:	06:50:59 p.m.	
Proyecto	KUMIS CMN FK						
Título:	Analizando 1 p (ENSAMBLAJE MONTAJE KUMIS FK)						
Método:	EDIP 2003 V1.01 / Default						
Indicador:	Caracterización Ozone formation (Human)						
Categoría:							
Valor de Corte:	0,5%						
Modo relativo:	No						
No	Proceso	Proyecto	Unidad	Total	4 ABASTECIMIENTO DE LECHE	5 PASTEURIZACION DE LA LECHE	6 ELABORACION DE KUMIS
	Total of all processes		person.ppm.h	0,119594514	0,002976084	0,015738541	0,100879888
	Procesos remanentes		person.ppm.h	0,000994755	4,99878E-05	0,000256896	0,000687871
1	Energía Eléctrica Colombia FK	KUMIS CMN FK	person.ppm.h	0,072587903	0,000666069	0,004406435	0,067515399
2	Nitric acid, 50% in H2O, at plant/RER S PTARI	KUMIS CMN FK	person.ppm.h	0,023738753	0,001096187	0,007152061	0,015490505
3	Sodium hydroxide, 50% in H2O, production mix, at plant/RER S LAVADO	KUMIS CMN FK	person.ppm.h	0,010969512	0,000625025	0,000874404	0,009470082
4	CALDERA FK: Natural gas, burned in boiler condensing modulating >100kW/RER U	KUMIS CMN FK	person.ppm.h	0,003824989	6,192E-05	0,000895724	0,002867344
5	Leakage production natural gas FK	KUMIS CMN FK	person.ppm.h	0,001638928	2,65314E-05	0,000383799	0,001228597
6	Leakage raw natural gas NL FK	KUMIS CMN FK	person.ppm.h	0,001564018	2,53188E-05	0,000366257	0,001172442
7	Chemicals inorganic ETH S	ETH-ESU 96 System processes	person.ppm.h	0,001135609	5,24391E-05	0,000342139	0,000741031
8	Sodium hydroxide, 50% in H2O, production mix, at plant/RER S PTARI	KUMIS CMN FK	person.ppm.h	0,00101317	4,67852E-05	0,00030525	0,000661135
9	Output gas turbine production sweet gas U	ETH-ESU 96 Unit processes	person.ppm.h	0,000771502	1,24893E-05	0,000180668	0,000578345
10	Nitric acid, 50% in H2O, at plant/RER S LAVADO	KUMIS CMN FK	person.ppm.h	0,000732223	0,000303244	0,000428979	x
11	Drilled metres onshore S	ETH-ESU 96 System processes	person.ppm.h	0,000623154	1,00878E-05	0,000145928	0,000467138

Tabla E10. ICV formación de ozono por vegetación

SimaPro 7.1 Contribución de proceso Fecha: 29/06/2013 Período: 06:47:28 p.m. Proyecto KUMIS CMN FK Título: Analizando 1 p (ENSAMBLAJE MONTAJE KUMIS FK) Método: EDIP 2003 V1.01 / Default Indicador: Caracterización Ozone formation (Vegetation) Categoría: Valor de Corte: 0,5% Modo relativo: No							
No	Proceso	Proyecto	Unidad	Total	4 ABASTECIMIENTO DE LECHE	5 PASTEURIZACION DE LA LECHE	6 ELABORACION DE KUMIS
	Total of all processes		m2.ppm.h	1581,485826	41,9246626	219,3981796	1320,162983
	Procesos remanentes		m2.ppm.h	14,03515615	0,689118117	3,623703503	9,722334531
1	Energía Eléctrica Colombia FK	KUMIS CMN FK	m2.ppm.h	901,097755	8,268499005	54,7009692	838,1282868
2	Nitric acid, 50% in H2O, at plant/RER S PTARI	KUMIS CMN FK	m2.ppm.h	350,8773704	16,20249869	105,7130716	228,9618001
3	Sodium hydroxide, 50% in H2O, production mix, at plant/RER S LAVADO	KUMIS CMN FK	m2.ppm.h	157,7726631	8,989636633	12,57641085	136,2066157
4	CALDERA FK: Natural gas, burned in boiler condensing modulating >100kW/RER U	KUMIS CMN FK	m2.ppm.h	56,02854653	0,907006551	13,12059635	42,00094364
5	Leakage production natural gas FK	KUMIS CMN FK	m2.ppm.h	20,34364953	0,329328968	4,764014599	15,25030596
6	Leakage raw natural gas NL FK	KUMIS CMN FK	m2.ppm.h	19,37849541	0,31370477	4,537997713	14,52679292
7	Chemicals inorganic ETH S	ETH-ESU 96 System processes	m2.ppm.h	15,93880807	0,736007901	4,802077595	10,40072258
8	Sodium hydroxide, 50% in H2O, production mix, at plant/RER S PTARI	KUMIS CMN FK	m2.ppm.h	14,57224995	0,672904213	4,390358092	9,508987646
9	Output gas turbine production sweet gas U	ETH-ESU 96 Unit processes	m2.ppm.h	11,51334124	0,186381346	2,696159589	8,630800305
10	Nitric acid, 50% in H2O, at plant/RER S LAVADO	KUMIS CMN FK	m2.ppm.h	10,82283132	4,482182667	6,340648651	x
11	Drilled metres onshore S	ETH-ESU 96 System processes	m2.ppm.h	9,104958918	0,147393747	2,132171868	6,825393304

Tabla E11. ICV residuos no peligrosos a granel

SimaPro 7.1 Contribución de proceso Fecha: 29/06/2013 Período: 07:19:12 p.m. Proyecto KUMIS CMN FK Título: Analizando 1 p (ENSAMBLAJE MONTAJE KUMIS FK) Método: EDIP 2003 V1.01 / Default Indicador: Caracterización Categoría: Bulk waste Valor de Corte: 0,5% Modo relativo: No							
No	Proceso	Proyecto	Unidad	Total	4 ABASTECIMIENTO DE LECHE	5 PASTEURIZACION DE LA LECHE	6 ELABORACION DE KUMIS
	Total of all processes		kg	37,84282204	0,47172963	1,42160091	35,9494915
	Procesos remanentes		kg	0,371208325	0,043837201	0,104292782	0,223078342
1	KUMIS ENFRIAMIENTO4 AGRUPADA	KUMIS CMN FK	kg	17,9669007	x	x	17,9669007
2	MEZCLA PRIMARIA KUMIS	KUMIS CMN FK	kg	6,381184824	x	x	6,381184824
3	Sodium hydroxide, 50% in H2O, production mix, at plant/RER S LAVADO	KUMIS CMN FK	kg	5,048820203	0,287673784	0,402452718	4,3586937
4	KUMIS ENVASADO REFRIGERADO AGRUPADA	KUMIS CMN FK	kg	5,038167141	x	x	5,038167141
5	Nitric acid, 50% in H2O, at plant/RER S PTARI	KUMIS CMN FK	kg	2,57022008	0,118685304	0,774361308	1,677173468
6	Sodium hydroxide, 50% in H2O, production mix, at plant/RER S PTARI	KUMIS CMN FK	kg	0,466320771	0,02153334	0,140494102	0,304293329

Tabla E12. ICV residuos radiactivos

SimaPro 7.1 Contribución de proceso Fecha: 29/06/2013 Período: 07:20:35 p.m. Proyecto KUMIS CMN FK Título: Analizando 1 p (ENSAMBLAJE MONTAJE KUMIS FK) Método: EDIP 2003 V1.01 / Default Indicador: Caracterización Categoría: Radioactive waste Valor de Corte: 0,5% Modo relativo: No							
No	Proceso	Proyecto	Unidad	Total	4 ABASTECIMIENTO DE LECHE	5 PASTEURIZACION DE LA LECHE	6 ELABORACION DE KUMIS
	Total of all processes		kg	0,004732297	0,000265585	0,000531966	0,003934747
	Procesos remanentes		kg	1,70969E-05	4,20899E-06	6,22009E-06	6,66786E-06
1	Sodium hydroxide, 50% in H ₂ O, production mix, at plant/RER S LAVADO	KUMIS CMN FK	kg	0,004038639	0,000230115	0,000321929	0,003486595
2	Sodium hydroxide, 50% in H ₂ O, production mix, at plant/RER S PTARI	KUMIS CMN FK	kg	0,000373018	1,72249E-05	0,000112384	0,00024341
3	Nitric acid, 50% in H ₂ O, at plant/RER S PTARI	KUMIS CMN FK	kg	0,000266581	1,23099E-05	8,03162E-05	0,000173955
4	Aluminium sulphate, powder, at plant/RER S	Ecoinvent system processes	kg	3,69625E-05	1,72548E-06	1,1117E-05	2,412E-05

**Tabla E13. ICV Ponderación de Impactos ambientales y Análisis de contribución
escenario 1**

SimaPro 7.1	Análisis de impacto	Fecha:	29/06/2013	Período:	07:44:40 p.m.
Proyecto	KUMIS CMN FK				
Título:	Analizando 1 p (ENSAMBLAJE MONTAJE KUMIS FK)				
Método:	EDIP 2003 V1.01 / Default				
Indicador:	Ponderación				
Omitir categorías:	Con resultado = 0				
Modo relativo:	No				
Categoría de impacto	Unidad	Total	4 ABASTECIMIENTO DE LECHE	5 PASTEURIZACION DE LA LECHE	6 ELABORACION DE KUMIS
Total	Pt	0,650902544	0,026294829	0,107984025	0,51662369
Global warming 100a	Pt	0,085971025	0,001502304	0,010169973	0,074298748
Ozone depletion	Pt	0,020855048	0,000992842	0,005952732	0,013909473
Ozone formation (Vegetation)	Pt	0,011611399	0,000269684	0,001295687	0,010046029
Ozone formation (Human)	Pt	0,012547233	0,000273822	0,001345079	0,010928332
Acidification	Pt	0,007529644	0,000258516	0,00102033	0,006250797
Terrestrial eutrophication	Pt	0,00330002	0,000242163	0,000872279	0,002185577
Aquatic eutrophication EP(N)	Pt	0,010696727	0,000245964	0,001114718	0,009336045
Aquatic eutrophication EP(P)	Pt	0,003394406	0,000202213	0,00071866	0,002473533
Human toxicity air	Pt	0,008742572	0,000343294	0,001933739	0,006465539
Human toxicity water	Pt	0,110633643	0,005838218	0,018228152	0,086567273
Human toxicity soil	Pt	0,12450378	0,004083795	0,02598181	0,094438174
Hazardous waste	Pt	0,000432789	2,50766E-05	8,20949E-05	0,000325617
Slags/ashes	Pt	4,85064E-05	2,62906E-06	9,86579E-06	3,60115E-05
Bulk waste	Pt	0,033125881	0,0004898	0,001845729	0,030790352
Radioactive waste	Pt	0,217509869	0,011524507	0,037413174	0,168572189

Fuente: Método EDIP 2003

**Tabla E14. ICV Ponderación de Impactos ambientales y Análisis de contribución
escenario 2**

SimaPro 7.1		Análisis de impacto		Fecha:	29/06/2013	Período:	07:52:11 p.m.
Proyecto		KUMIS CMN FK					
Título:		Analizando 1 p (ENSAMBLAJE MONTAJE KUMIS FK)					
Método:		EDIP 2003 V1.01 / Default					
Indicador:		Ponderación					
Omitir categorías:		Con resultado = 0					
Modo relativo:		No					
Categoría de impacto	Unidad	Total	4 ABASTECIMIENTO DE LECHE	5 PASTEURIZACION DE LA LECHE	6 ELABORACION DE KUMIS		
Total	Pt	0,480344186	0,018418939	0,056597844	0,405327403		
Global warming 100a	Pt	0,082495634	0,00134182	0,0091229	0,072030914		
Ozone depletion	Pt	0,004591712	0,000241849	0,00105288	0,003296983		
Ozone formation (Vegetation)	Pt	0,010807135	0,000232545	0,001053376	0,009521214		
Ozone formation (Human)	Pt	0,01175277	0,000237136	0,001105722	0,010409913		
Acidification	Pt	0,006218756	0,000197983	0,000625384	0,00539539		
Terrestrial eutrophication	Pt	0,0026781	0,000213445	0,000684906	0,001779749		
Aquatic eutrophication EP(N)	Pt	0,010086215	0,000217773	0,000930782	0,008937661		
Aquatic eutrophication EP(P)	Pt	0,001892634	0,000132866	0,000266202	0,001493566		
Human toxicity air	Pt	0,00642089	0,000236086	0,001234258	0,004950547		
Human toxicity water	Pt	0,076017285	0,004239735	0,007798863	0,063978687		
Human toxicity soil	Pt	0,097853659	0,00285317	0,017952606	0,077047883		
Hazardous waste	Pt	0,000262599	1,72177E-05	3,08198E-05	0,000214562		
Slags/ashes	Pt	2,4665E-05	1,52814E-06	2,6828E-06	2,0454E-05		
Bulk waste	Pt	0,028750698	0,000287766	0,000527565	0,027935366		
Radioactive waste	Pt	0,140491433	0,007968019	0,014208897	0,118314517		

Fuente: Método EDIP 2003