

**BALANCE AMBIENTAL DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DEL KUMIS EN
LA EMPRESA FRESKALECHE S.A.**

**HEIDY YOHANA NÚÑEZ BARRERA
EILEEN YORLET PARADA BARCO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA**

2013

**BALANCE AMBIENTAL DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DEL KUMIS EN
LA EMPRESA FRESKALECHE S.A.**

**HEIDY YOHANA NÚÑEZ BARRERA
EILEEN YORLET PARADA BARCO**

Trabajo de grado para optar por al título de
Ingeniero Químico

Director:

HUMBERTO ESCALANTE HERNÁNDEZ

P h. D. Ingeniero Químico

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA**

2013

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestros más sinceros agradecimientos:

A la empresa **FRESKALECHE S.A** por permitirnos realizar nuestro trabajo de grado en sus instalaciones.

A la **UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER** por nuestra formación integral y profesional.

A la **ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA** por brindarnos las herramientas necesarias para ser excelentes profesionales.

Al Doctor **HUMBERTO ESCALANTE HERNÁNDEZ** por su colaboración y orientación durante la realización del proyecto.

A la ingeniera **CLAUDIA MIREYA NIÑO**, por brindarnos la oportunidad de realizar este trabajo

Al señor **Elver PORRAS**, técnico de la empresa FRESKALECHE S.A por su colaboración y disposición a nuestras inquietudes.

A todas las personas que estuvieron involucradas en este trabajo, y que de alguna forma contribuyeron a su materialización

A Dios por darme la vida y acompañarme a cada paso.

A mis padres por su amor incondicional y apoyo en cada etapa de mi vida, quienes con su ejemplo me han enseñado a luchar por lo que deseo.

A mi esposo Efraín Guillermo Mariotte que amo con todo mi corazón, por su comprensión, apoyo incondicional, y ser la personita que ha estado a mi lado dándome ánimo, y fortaleciéndome como persona.

A mi hijo Pablo Daniel quien con su sonrisa me alegra los días y me motiva a ser una excelente madre, esposa y amiga.

A mis hermanos Andrea Y Camilo por depositar su confianza en mí, y prepararme para ser madre.

A María, Leonardo, Geovanny, Anngy y David, por los buenos momentos vividos, por hacer agradable mi paso por la universidad, y ser mi segunda familia.

A Eileen Parada por su paciencia, perseverancia durante este tiempo de trabajo, y por su amistad brindada.

HEIDY YOHANA NÚÑEZ BARRERA

A Dios, en primer lugar por haberme permitido alcanzar esta meta, llenándome de salud, fortaleza y sabiduría. Por glorificarse cada día en mi vida, mostrándome que con Él, todo lo puedo.

A mi mamá Vilma Barco, por su amor, paciencia, esfuerzo y dedicación. Para ti querida madre que Dios te bendiga y te guarde para siempre.

A mi amado esposo Stewen Castro, gracias a su apoyo y comprensión hoy hemos alcanzado un triunfo más porque los dos somos uno y mis logros son tuyos.

A mi hija Keren Ximena, por ser el mayor motivo de felicidad en mi vida.

A mi madrina Ruth Barco, por sus consejos, cariño y apoyo incondicional.

A mi nona Marina González, por sus enseñanzas y su compañía durante mis primeros años de estudio.

A mi familia, amigos y compañeros que de alguna forma contribuyeron a mi formación personal y profesional.

A todos GRACIAS.

EILEEN YORLET PARADA BARCO

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. METODOLOGIA	23
1.1 APROPIACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE KUMIS BIO EN LA EMPRESA FRESKALECHE	23
1.2 INVENTARIO DEL PROCESO	23
1.2.1 Balance de masa	24
1.2.2 Balance de energía eléctrica:	26
1.2.3 Caracterización de los vertidos al agua	26
1.2.4 Caracterización de las emisiones al aire	26
1.3 ECOBALANCE	27
2. RESULTADOS Y ANÁLISIS	29
2.1 APROPIACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE KUMIS BIO EN LA EMPRESA FRESKALECHE S.A	29
2.2 INVENTARIO DEL PROCESO	34
2.2.1 Balances de masa y energía:	34
2.2.2 Vertidos al agua: El problema ambiental más importante en la producción	34
2.2.3 Emisiones al aire	37
2.2.4 Niveles de ruido:	37
2.3 ECOBALANCE	38
3. CONCLUSIONES	44
4. RECOMENDACIONES	45

BIBLIOGRAFÍA	46
ANEXOS	49

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Descripción del procedimiento para cuantificar las corrientes del proceso y del lavado.	25
Tabla 2. Comparación de la concentración de los vertidos al agua con respecto a la normativa ambiental colombiana (Decreto 3930 de 2010)	34
Tabla 3. Comparación de la carga contaminante de las emisiones gaseosas con respecto a la normativa ambiental colombiana.	37
Tabla 4. Mediciones del nivel de ruido por subprocesos comparados con la normativa ambiental colombiana (Resolución 8321 de 1983)	38
Tabla 5. Cargas ambientales para la producción de KUMIS BIO en la empresa FRESKALECHE S.A	39
Tabla 6. Continuación cargas ambientales para la producción de KUMIS BIO en la empresa FRESKALECHE S.A	40

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Etapas de un ecobalance.	21
Figura 2. Subprocesos elaboración Kumis BIO.	29
Figura 3. Diagrama de flujo subproceso 1: abastecimiento de leche.	30
Figura 4. Diagrama de flujo de subproceso 2: procesamiento de leche para derivados lácteos.	31
Figura 5. Diagrama de flujo subproceso 3: preparación del derivado lácteo	32
Figura 6. Líneas de lavado	33
Figura 7. Comparación del pH de efluentes líquidos con respecto a la normatividad ambiental colombiana (Decreto 1594 de 1984)	36
Figura 8. Relación entre las cargas y efectos para la producción de KUMIS BIO en la empresa FRESKALECHE SA	42

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. DESCRIPCIÓN PROCESOS PRODUCTIVOS EN FRESKALECHE S.A	36
ANEXO B. DESCRIPCIÓN PROCESO DE LAVADO	54
ANEXO C. BALANCES DE MASA Y ENERGIA	56
ANEXO D RESULTADOS FISICOQUÍMICOS	65
ANEXO E. CUANTIFICACIÓN AGUAS DE LAVADO	58
ANEXO F. BALANCE DE MASA EN LA CALDERA	65

RESUMEN

TITULO: BALANCE AMBIENTAL DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DEL KUMIS EN LA EMPRESA FRESKALECHE S.A.*.

AUTORES: Heidy Yohana Núñez Barrera; Eileen Yorlet Parada Barco**

PALABRAS CLAVE: Impacto ambiental, kumis Bio, balance ambiental, inventario, categorías de impacto ambiental

CONTENIDO:

El presente trabajo consistió en la realización de un balance ambiental para la producción de kumis Bio en la empresa FRESKALECHE S.A. primeramente se realizaron los diagramas de entrada y salida para cada uno de los procesos unitarios encontrados en cada etapa del proceso. Se realizaron balances de masa y energía en base a una unidad funcional de 6915, 18 Kg de kumis. Se identificaron y cuantificaron aspectos ambientales como consumo de insumos, agua, energía, generación de residuos sólidos, emisiones al aire y vertimientos de aguas residuales en cada etapa del proceso; que posteriormente se compararon con la normatividad ambiental colombiana. Seguidamente se cuantificó la carga ambiental y se clasificó de acuerdo a las categorías de impacto: recursos naturales, salud humana y medio ambiente.

Según el balance ambiental se encontró que el subproceso de elaboración del derivado lácteo es el que mayor aporta carga contaminante, debido principalmente al consumo de agua de 25387,73 litros por cochada para la realización de los lavados. La mayor carga contaminante de todo el proceso presente en los vertimientos es el DQO en 101, 94 Kg y la mayor emisión al aire corresponde al CO₂ (dióxido de carbono), con una carga contaminante de 64,58 Kg. La categoría de impacto más afectada es el medio ambiente, seguido de la salud humana y el consumo de recursos naturales.

* Proyecto de Grado

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

ABSTRACT

TITLE: ENVIRONMENTAL BALANCE PROCESS OF KUMIS BIO AT THE COMPANY FRESKALECHE SA*

AUTHORS: Heidy Yohana Barrera Nunez, Eileen Yorlet Parada Barco**

KEYWORDS: Environmental impact, Kumis Bio, environmental balance, inventory, environmental impact categories.

CONTENT:

Presently work describes the conducting of an environmental balance for the production of Kumis Bio in the company FRESKALECHE S.A.. Firstly, input/output diagrams were carried on for each unitary process at every stage of the process. Mass and energy balances were performed based on a functional unit 6915, 18 kg of kumis. Environmental aspects such as consumption of inputs, water, energy, solid wasting generation, air emissions and wastewater discharges at each stage of the process were identified and quantified and subsequently compared with Colombian environmental regulations. Next, environmental burden was quantified and classified according to the impact categories that affect: natural resources, human health and the environment.

According to the environmental balance it was found that the sub process of preparing that milky product is the one which brings higher pollution load, mainly due to the water consumption of 25,387.73 liters per batch to carry out the cleaning phase. The largest contaminant load of the whole process present in the discharges is the COD at 101, 94 Kg and the largest air emission corresponds to CO₂ (carbon dioxide) pollutant load of 64.58 kg.

* degree work

** Physical Chemical Engineering Faculty. Chemical Engineering School. Project Director: Doctor Humberto Escalante Hernández

INTRODUCCIÓN

El desarrollo sostenible requiere de métodos y herramientas para medir y comparar los impactos ambientales de las actividades humanas generadas por la prestación de bienes y servicios [1]. La Organización para la Estandarización Internacional (ISO, por sus siglas en inglés) establece la norma ISO 14040 para llevar a cabo la metodología del análisis de ciclo de vida de un producto o proceso, permitiendo en una de sus etapas evaluar el impacto ambiental potencial de este [10].

La evaluación del impacto ambiental (EIA) traduce los datos de entrada (recursos y materiales) y de salida (emisiones y residuos) en información sobre los efectos del producto o proceso sobre el medio ambiente, la salud humana y los recursos naturales.[5]

La primera aplicación en el mundo empresarial de la EIA se ejecutó mediante el ACV (Análisis de Ciclo de Vida) por la multinacional COCA COLA en el año 1969, con la intención de cuantificar las necesidades de recursos, cargas de emisiones y flujo de residuos de diferentes envases de bebidas [13]. Posteriormente varios países desarrollaron bases de datos destinadas a relacionar los daños ocasionados por procesos con categoría de impactos ambientales (efecto invernadero, cambio climático, pérdida del hábitat, entre otros). Actualmente el “Life Cycle Initiative” de la UNEP (United Nations Environment Programme) y el SETAC (“Society of Environmental Toxicology and Chemistry”) organizan y guían las diferentes iniciativas mundiales en el desarrollo del ACV [19].

En la actualidad la EIA en Colombia, a nivel gubernamental, es aplicada con el fin de generar un estudio para el trámite de licencias ambientales. Empresas como

WAYÚU S.A. e ISAGEN S.A. realizaron una EIA del Proyecto Parque Eólico en la Guajira durante su período de construcción y operación ya que era necesario el cumplimiento de normas que sustentaran la protección del medio ambiente y así lograr como objetivo principal su funcionamiento [9].

FRESKALECHE S.A. es una empresa santandereana dedicada al desarrollo, producción y comercialización de productos lácteos, y alimentos procesados, cumple con altos estándares de calidad, mediante el mejoramiento continuo e innovación de sus procesos [3]. Esta empresa es consciente que por su diversidad de productos y procesos se generan una gran cantidad de residuos y consumo de recursos renovables y no renovables, por lo que entre sus medidas de mitigación consta de una planta de tratamiento de aguas residuales, que controla la calidad de su vertimiento. FRESKALECHE S.A. en su determinación de consolidarse como una empresa responsable con el ambiente busca conocer las áreas, procesos u operaciones de mayor impacto ambiental, para implementar estrategias de prevención de la contaminación. Por tal motivo, el objetivo de este trabajo es mediante la aplicación de un ecobalance o balance ambiental, conocer y cuantificar las entradas y salidas de recursos y residuos generados por la línea de producción del KUMIS BIO; siendo este trabajo base para posteriores estudios sobre los demás productos elaborados por la misma empresa. Cabe destacar que es la primera vez que se realiza para FRESKALECHE S.A. un ecobalance a alguno de sus productos.

EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)

Para la implementación de la EIA se han creado varias metodologías basadas en la norma ISO 14040; que comprende las etapas básicas: a. Selección y definición de categorías de impacto, b. Clasificación de los resultados del análisis de

inventario a las categorías elegidas, c. Caracterización de los impactos potenciales. Y las etapas opcionales: a. agrupación, b. valoración [16].

Las metodologías de EIA existentes no solo difieren con las etapas tenidas en cuenta al momento de su ejecución, sino también con su facilidad de aplicación, proceso a evaluar y validación de resultados. Es el caso de las empresas de consultoría ambiental donde el método de evaluación de impacto varía de acuerdo a la empresa y/o proceso que requiera sus servicios. Dentro de las metodologías de EIA se encuentran: a) EC99, b) CML2001, c) IPCC, d) IMPACT2002+.

El EC99 (ecoindicador 99) se basa en indicadores estandarizados dependiendo del proceso, es decir del tipo de producto y de la capacidad de producción. CML2001 posee indicadores ya establecidos a nivel mundial, a nivel europeo y a nivel holandés, sin embargo estos fueron definidos hace más de 10 años lo que los hace poco fiables. El IPCC (Intergubernamental Panel on Climate Change), toma en cuenta solo una categoría de impacto que es el cambio climático y lo evalúa mediante la cuantificación del calentamiento global directo debido a emisiones al aire. IMPACT2002+ es otra herramienta creada por el instituto de tecnología federal suizo de Lausanne (EPFL) que se basa en IMPACT2002, EC99, CML2001 e IPCC. Las metodologías descritas hasta el momento no son de aplicación general, debido a que fueron creadas para evaluar productos en específico y su aplicación en otros productos hace que se presente mayor grado de dificultad [8].

Diversos autores han estudiado la EIA buscando una aplicación más generalizada, [Pedersen, 2002; Hertwich, 2001; Sonneman, 2002; Herrera 2004]. Para Pedersen L., 2002 la EIA consiste en el desarrollo de tres aspectos: análisis del inventario, evaluación del impacto y evaluación de mejoras tras la identificación de impactos negativos. Hauschild M., & Pennintong D., proponen cuantificar impactos posibles debido solo a emisiones, por esta razón no es aplicable a procesos que involucren

otros tipos de cargas como vertimientos y residuos sólidos. Sonneman G., 2002 plantea una metodología basada en el recorrido de las sustancias descargadas, esto permite evaluar qué etapas del proceso producen mayor contaminación; siendo entonces una de las técnicas más exactas y aplicadas [6].

Existe otro tipo de metodologías basado en matrices causa y efecto, la más conocida es la matriz de Leopold que conecta esta relación mediante una escala cuya magnitud varía dependiendo del grado de alteración provocado por la acción, así mismo como del criterio del evaluador. Aunque es muy usada se debe tener presente un consenso al momento de su evaluación. Estas metodologías solo sirven para evaluar daños y/o impactos generados en fases finales, no para la toma de decisiones en fases tempranas del análisis de procesos nuevos y existentes [7].

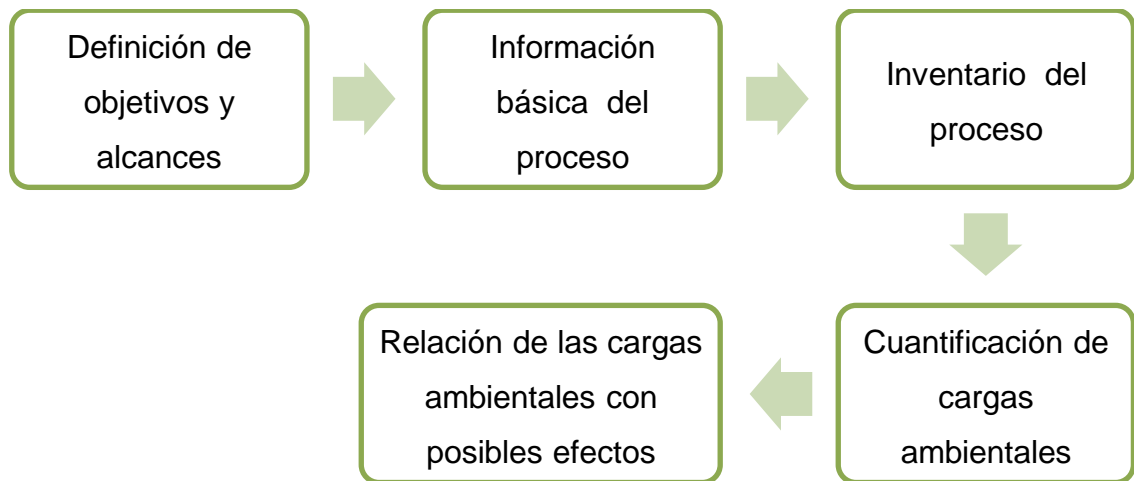
Herrera I., 2004 propone una metodología para la evaluación de impacto ambiental (MEIA), en la que emplea algunos aspectos descritos por Sonneman G., 2002, para el desarrollo de sus niveles de evaluación. Estos niveles involucran aspectos (consumo de recursos, descargas al ambiente) que permiten en las fases tempranas de la metodología, como en el caso del ecobalance, comparar antes de predecir o conocer los posibles efectos causados y así poder tomar decisiones preventivas en los procesos. Por esta razón es seleccionada ésta MEIA en la aplicación del ecobalance de la producción de KUMIS BIO de la empresa FRESKALECHE S.A.

En el ecobalance se identifican y cuantifican todos los flujos de materiales y energías de un producto o proceso [4], en referencia a una unidad funcional la cual permite comparar la cantidad de las corrientes de entrada y salida [8]. Su resultado determina el consumo de recursos, las cargas ambientales potenciales (capacidad que posee el medio para tolerar una contaminación) y su relación con los posibles efectos, mediante el uso de categorías de impacto ambiental. [12].

ECOBALANCE SEGÚN LA METODOLOGÍA DE HERRERA I., 2004

Las etapas para realizar un ecobalance son:

Figura 1. Etapas de un ecobalance.



- *Definición de objetivos y alcances:* En esta etapa se establecen los límites de la evaluación y se reconoce el tipo de balance a realizar: de producto, de proceso o de empresa.
- *Información básica del proceso:* involucra los diagramas del proceso; una descripción de las corrientes, sus características y propiedades; las operaciones unitarias del proceso y sus condiciones de trabajo.
- *Inventario del proceso:* para la cuantificación de corrientes es necesario inicialmente definir una unidad funcional que permita comparar todas las alternativas bajo una misma base de cálculo, posteriormente, se deben definir las cargas ambientales que han de ser tenidas en cuenta para la evaluación. Así mismo, dependiendo de la finalidad de las corrientes en el proceso, son caracterizadas para su posterior análisis. Por último, se realiza el balance de materia y energía.
- *Ecobalance o balance ambiental:* se calculan las cargas ambientales caracterizadas anteriormente para cada una de las etapas del proceso de

estudio. Estos resultados generan una matriz de cargas por etapas o también llamado *ecobalance*, que son presentados generalmente en forma de tablas o figuras comparativas.

- *Relación de las cargas ambientales con posibles efectos*: se identifican los indicadores de categorías que están relacionados con las cargas ambientales del proceso [6].

1. METODOLOGIA

Las etapas que se llevaron a cabo para el balance ambiental de la producción del *KUMIS BIO*, en la empresa *FRESKALECHE S.A.* fueron:

1. Apropiación del proceso de producción de KUMIS BIO en la empresa FRESKALECHE
2. Inventario del proceso
3. Ecobalance

1.1 APROPIACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE KUMIS BIO EN LA EMPRESA FRESKALECHE

Para la apropiación del proceso se realizaron visitas a la empresa *FRESKALECHE S.A* en las que se consultó y recopiló información sobre la fabricación del KUMIS BIO, incluyendo el sistema de limpieza de las unidades de operación después de cada producción. A través del seguimiento a cada etapa del proceso, se identificó las corrientes de entrada y de salida así como su origen y destino. Con los datos obtenidos se realizaron los diagramas de flujo del proceso.

1.2 INVENTARIO DEL PROCESO

Para la determinación del consumo de recursos y la generación de vertidos y emisiones, se definió como unidad funcional una cochada de KUMIS BIO que equivale a 6915,18 kg. En referencia a esta unidad se cuantificaron las corrientes

de entrada y salida para cada una de las operaciones del proceso. Para un conocimiento más detallado de la elaboración del KUMIS BIO ver (anexo A).

1.2.1 Balance de masa: La leche destinada a la elaboración del kumis fluye a través de tuberías, por ello, la masa de corrientes líquidas se determinó con la siguiente ecuación:

$$m = q * \rho * t = kg \quad (ec.1)$$

Donde q = caudal $L h$, ρ = densidad $kg L$, t = tiempo de operación de cada etapa h .

El caudal de las corrientes vertidas al agua durante el proceso de producción por descargas de lodos, se calculó mediante la ecuación:

$$q = \frac{\# \text{ descargas}}{1 \text{ hora}} * \frac{v}{1 \text{ descarga}} = \frac{L}{h} \quad (ec.2)$$

Donde q = caudal $L h$, v = volumen de la descarga $[L]$.

En la siguiente tabla se describe para cada subproceso como se obtuvieron las cantidades de las corrientes.

Tabla 1. Descripción del procedimiento para cuantificar las corrientes del proceso y del lavado.

SUBPROCESO	CUANTIFICACION DE LAS CORRIENTES DEL PROCESO	CUANTIFICACION DE LAS CORRIENTES DE LAVADO
<p>Abastecimiento de leche</p>	<p>Los flujos volumétricos de las corrientes del proceso, se obtuvieron por medio de caudalímetros ubicados a la entrada de algunas operaciones unitarias y por los datos suministrados por la empresa, sobre los caudales de las bombas. La densidad de la leche se determinó con un picnómetro de 2 mL y una balanza analítica, solo en la recepción de la leche, debido a que por la seguridad e higiene del proceso no se puede tomar muestras entre operaciones. Por lo tanto, se asumió que las corrientes en este subproceso tenían la misma densidad.</p>	<p>Los flujos volumétricos de las corrientes de lavado, se obtuvieron de los caudales de las bombas encargadas del sistema de limpieza tipo CIP. Al final de cada línea de lavado se tomaron muestras de los efluentes que posteriormente fueron caracterizados para conocer sus densidades, las concentraciones de DQO, DBO₅, Grasas y aceites y solidos suspendidos totales.</p>
<p>Procesamiento de leche para derivados lácteos</p>	<p>Para el cálculo de los flujos vertidos al agua, se contabilizo el número de descargas de lodos por hora y con una probeta se midió el volumen de una descarga. Para determinar las densidades de estas corrientes se utilizó las muestras recolectadas en las probetas.</p>	
<p>Elaboración del kumis</p>	<p>Los flujos y las densidades en la elaboración del kumis fueron datos suministrados por la empresa. Mientras que el flujo de agua vertido fue aforado, para ello se utilizó una probeta y un cronómetro.</p> <p>Solo en este subproceso se generan residuos sólidos los cuales fueron pesados en una balanza analítica</p>	<p>Como este subproceso no tiene sistema de limpieza tipo CIP se aforaron las salidas de los efluentes, utilizando una probeta y un cronómetro. Al igual que en los subprocesos anteriores, las muestras tomadas fueron enviadas a caracterizar.</p>
<p>Generación de vapor</p>	<p>El consumo de combustible utilizado en la caldera fue suministrado por la empresa. Mientras que el flujo de aire del ventilador se calculó midiendo la velocidad del aire por medio de un anemómetro, y el diámetro del ventilador con una cinta métrica. Los gases emitidos por la caldera fueron caracterizados para conocer las concentraciones de NO_x, NO, CO₂, CO, SO₂.</p>	

Por medio de los cierres de balances de masa se obtuvieron las cantidades de las corrientes másicas que no se pudieron medir. Para efecto de evaluación de impacto ambiental solo se calcularon los consumos de masa y energía eléctrica.

1.2.2 Balance de energía eléctrica: Para determinar el consumo de energía eléctrica de la mayoría de las operaciones, se utilizó un multímetro para medir el voltaje y el amperaje de los equipos, siendo estos trifásicos. Esta energía se calculó con la fórmula propuesta para estos equipos:

$$E = \frac{V * A * \sqrt{3}}{1000} * t_{operación} * 3600 = kJ \text{ (ec.3)}$$

En donde V = voltaje [voltios], A = amperaje [amperios] y t = tiempo de operación del equipo h .

1.2.3 Caracterización de los vertidos al agua: Los vertidos líquidos son generados por las pérdidas de producto, materia prima en las descargas de lodos (agua-leche), y por las aguas de lavado, que son utilizadas con el fin de desinfectar los equipos en cada operación del proceso. Las muestras de estos vertidos se recolectaron en recipientes de plástico y vidrio con capacidad de 1000mL, suministrados por Servicios Integrados para la Industria de Alimentos y el Medio Ambiente (SIAMA, empresa encargada de realizar las caracterizaciones). La caracterización fisicoquímica se hizo en base a Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (St. Mth), para determinar las concentraciones de: DBO₅ (demanda biológica de oxígeno a los cinco días), DQO (demanda química de oxígeno), SST (cantidad de sólidos en suspensión totales), G&A (grasas y aceites), y el pH (medida de acidez o alcalinidad).

1.2.4 Caracterización de las emisiones al aire: Las emisiones producidas en la caldera se midieron con el equipo ENERAC 700 por la empresa K2 Ingeniería.

Este equipo es un sistema portátil de monitoreo de emisiones y gases de combustión, que reporta la temperatura de operación y descarga [°C], el exceso de aire [%], y las concentraciones de NO_x [ppm], SO₂ [ppm], CO₂ [%], CO [ppm], O₂ [%] y HC [ppm].

El ruido generado por las máquinas y los equipos neumáticos involucrados en la producción del KUMIS BIO, se midió por subprocesos con un decibelímetro de Radio Shack disponible por la empresa.

1.3 ECOBALANCE

Las cargas ambientales por cochada de kumis de los vertidos al agua se calcularon utilizando los caudales y los tiempos de operación de los balances de masa del proceso [Anexo C] y los de lavado [Anexo E], con la siguiente ecuación:

$$CA = C * q * t = \frac{g}{\text{cochada de kumis}} \quad (\text{ec. 4})$$

Donde CA = carga ambiental [*g cochada*], C = concentración [*g L*], q = caudal [*L h*], t = tiempo de operación [*h*]

Para calcular las cargas ambientales por cochada de kumis de las emisiones al aire se realizó un balance de masa a la caldera [Anexo F].

Consumo de agua y de energía eléctrica: El agua necesaria para la realización de los lavados de cada subproceso se cuantificó con la intención de determinar el consumo de agua generado por cada operación, así mismo el consumo de energía para la realización de éstos. Para determinar el consumo de agua y energía de cada operación se realizaron asignaciones dependiendo del número de

operaciones involucradas en cada línea lavado [Anexo E]. Para el consumo de agua y energía total de cada operación se sumó los correspondientes al lavado reportados en el [Anexo E] y a los del proceso obtenido de los balances de masa y energía [Anexo C].

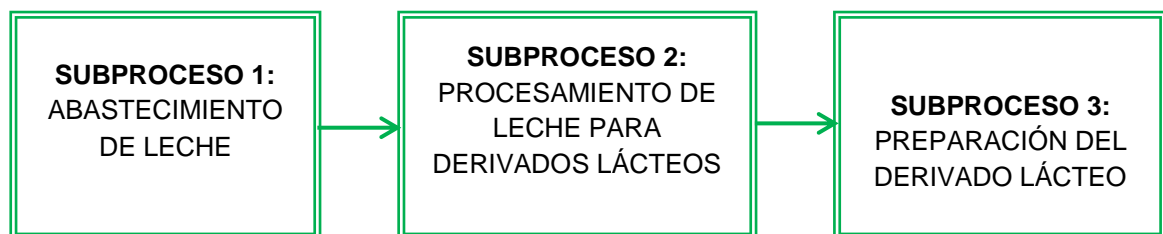
2. RESULTADOS Y ANÁLISIS

2.1 APROPIACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE KUMIS BIO EN LA EMPRESA FRESKALECHE S.A

El alcance del sistema no incluye la planta de tratamiento de aguas residuales, solo se evalúa el proceso productivo, operaciones de limpieza de los equipos y servicios industriales.

En la producción de KUMIS BIO se identificaron tres subprocesos, los cuales requieren servicios industriales de generación de vapor y refrigeración.

Figura 2. Subprocesos elaboración Kumis BIO.



La etapa de abastecimiento de leche comprende la llegada de la misma y la preparación de toda materia prima a las mismas condiciones para la fabricación de los respectivos productos. En el procesamiento de leche para derivados lácteos se hace pasar la leche a través de un pasteurizador donde ocurre principalmente un precalentamiento seguido de un enfriamiento rápido con el fin de destruir los microorganismos patógenos y reducir casi en su totalidad la flora bacteriana, obteniendo leche pasteurizada. Esta se puede distribuir para la venta, o como es el caso que se va a tratar para la preparación de uno de los derivados lácteos. La preparación del KUMIS se realiza cada 15 días, para esto se toma del tanque de

almacenamiento de leche pasteurizada un total de 6286,25 Kg que se mezclan con azúcar, fibra y mix (mezcla especial de freskaleche) para posteriormente ser pasteurizada y fermentada, mediante la adición del cultivo controlando el pH entre 4,9 y 5. Al lograr las condiciones deseadas se procede a bajar la temperatura del kumis y someterlo a agitación con el fin de romper los coágulos formados en la etapa de fermentación. Una vez listo el producto se procede a su embalaje y posterior refrigeración donde espera para ser enviado a su destino final que es el consumo del mismo, una descripción más detallada se encuentra en el anexo A.

Para las operaciones descritas, se realizaron diagramas de entrada y salida con el fin de identificar de manera más clara las corrientes que involucra el proceso, principalmente consumos, vertimientos y emisiones.

Figura 3. Diagrama de flujo subprocesso 1: abastecimiento de leche.

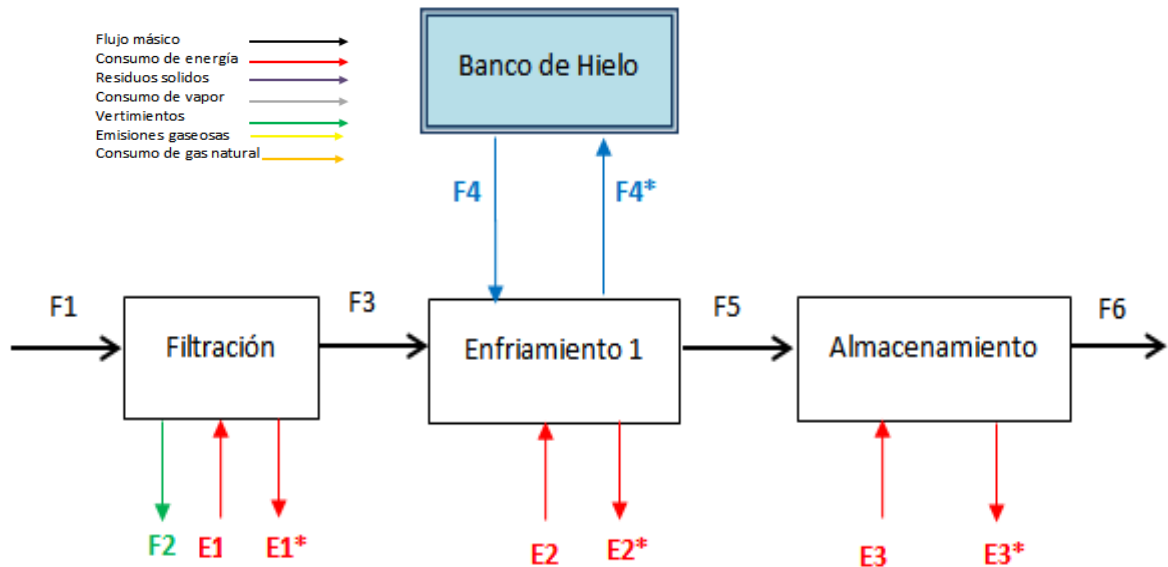


Figura 4. Diagrama de flujo de subproceso 2: procesamiento de leche para derivados lácteos.

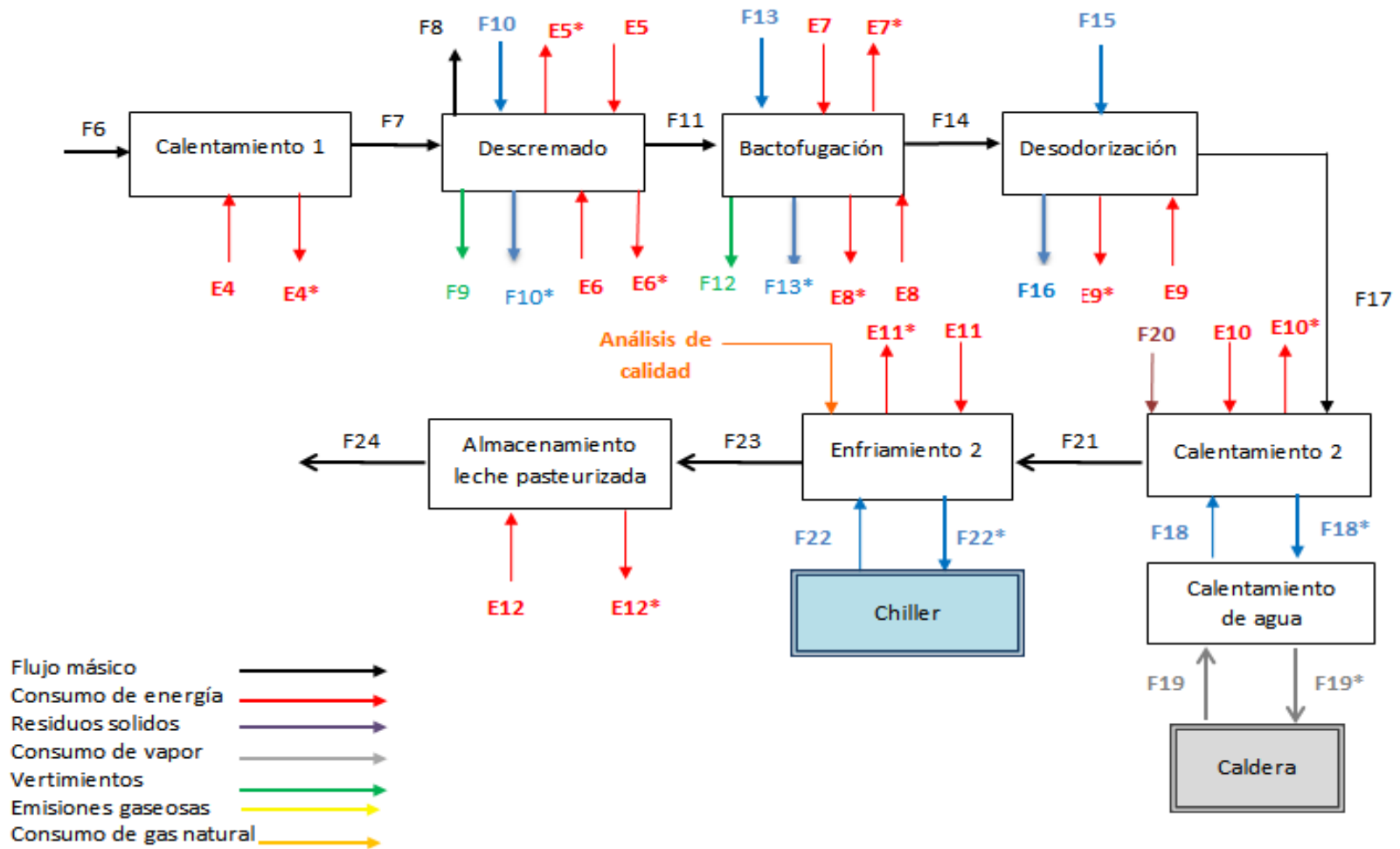
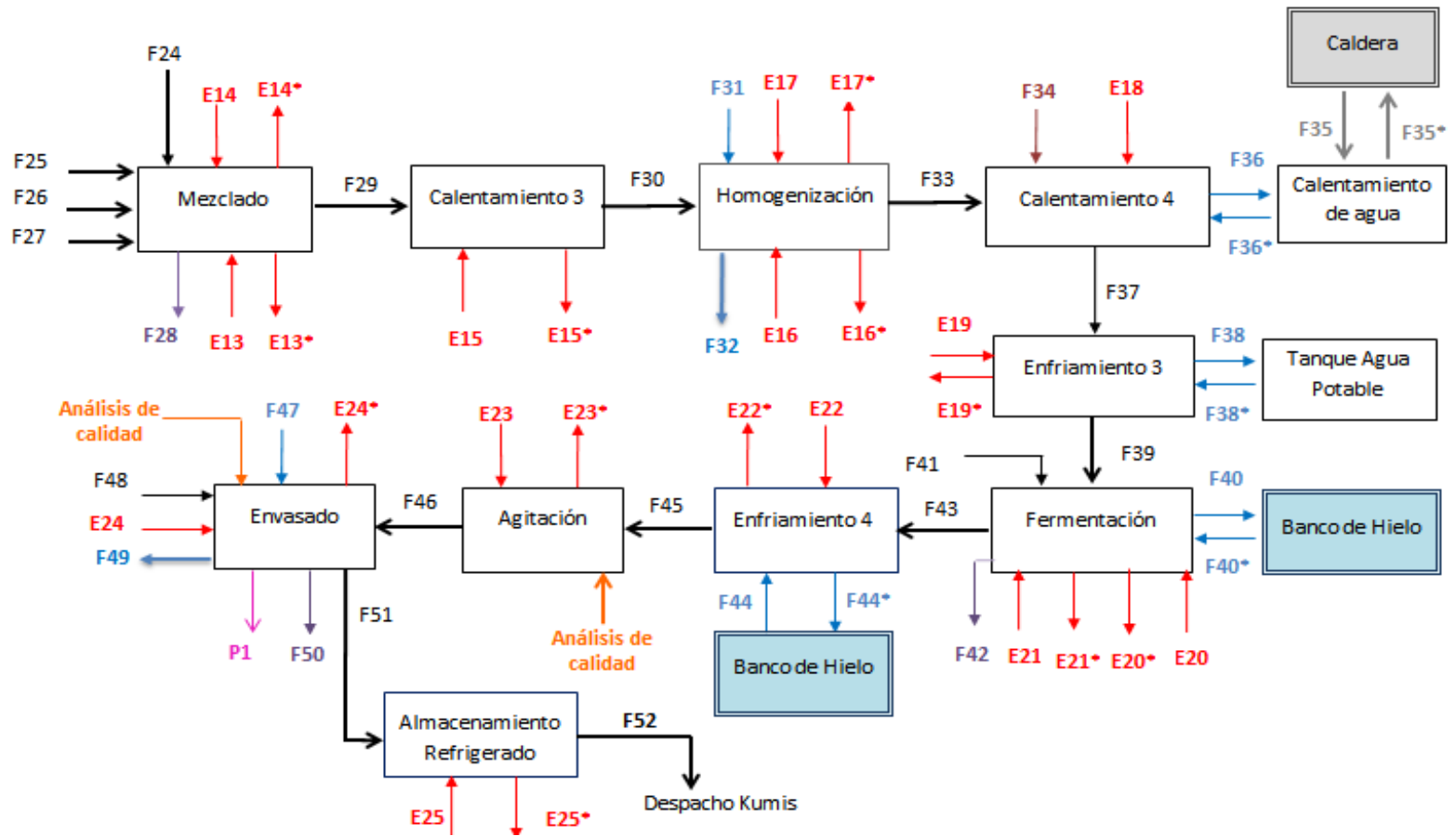


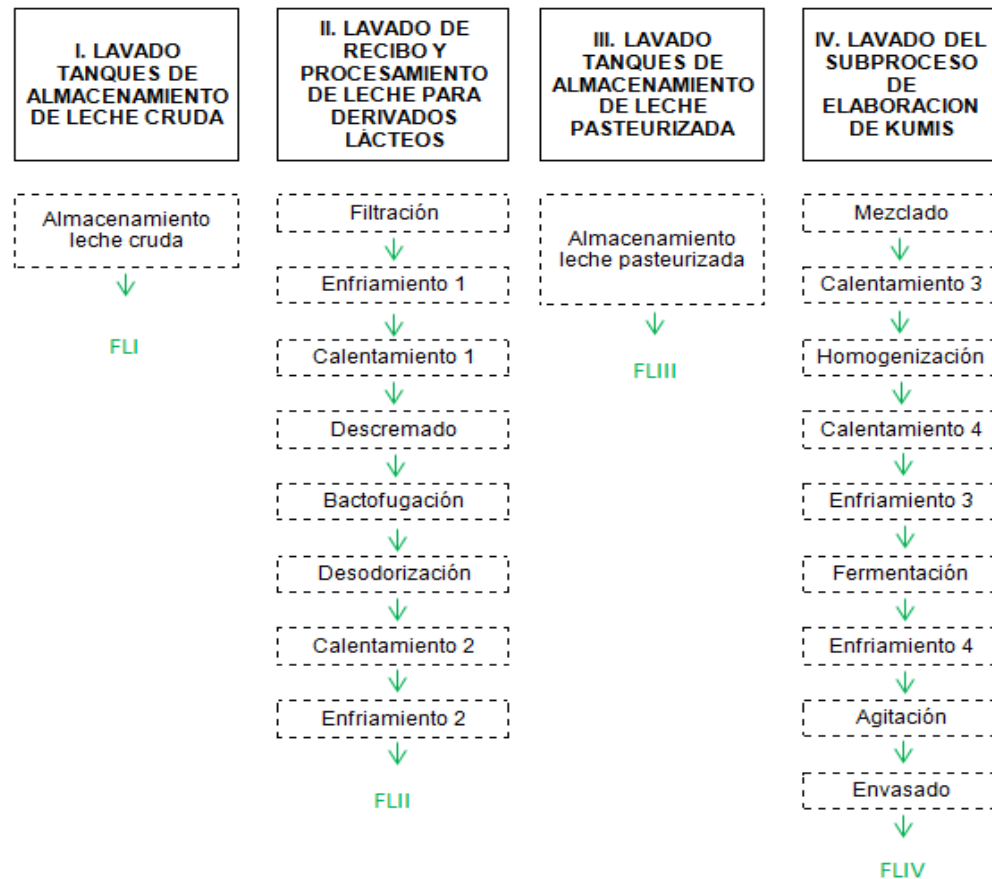
Figura 5. Diagrama de flujo subproceso 3: preparación del derivado lácteo



Con el fin de asegurar la calidad de los alimentos FRESKALECHE S.A cuenta también con un plan de limpieza y desinfección que consiste en el lavado de los equipos, tanques, máquinas de envasado y líneas de proceso después de llevado a cabo cada proceso productivo. El sistema de lavado para cada etapa se hace por medio de lavados tipo CIP, con soda (que limpia y desincrusta la materia orgánica, residuos de leche, calcio y grasa) seguido de un lavado con ácido fosfórico que retira la carga iónica. Estos dos compuestos en conjunto reducen el riesgo de contaminación microbiana. El procedimiento general de limpieza y desinfección se describe en el anexo B.

La línea de lavado de los equipos, tanques, tuberías y máquinas de envasado por operación se presenta en la Figura 6

Figura 6. Líneas de lavado



2.2 INVENTARIO DEL PROCESO

2.2.1 Balances de masa y energía: Una vez definida la unidad funcional se procedió a realizar los balances de masa y energía para cada una de las operaciones del proceso. Estos se pueden apreciar en el anexo C. Las tablas presentadas muestran la descripción de la corriente, la cantidad de masa y energía a la entrada o salida de cada operación, además de la densidad, el flujo volumétrico, y el tiempo de operación

2.2.2 Vertidos al agua: El problema ambiental más importante en la **producción** del KUMIS BIO es la generación de aguas residuales que provienen mayormente de las líneas de lavado, tanto por su volumen como por la carga contaminante asociada (Tabla 2).

Tabla 2. Comparación de la concentración de los vertidos al agua con respecto a la normativa ambiental colombiana (Decreto 3930 de 2010)

Subproceso	Descripción	Corriente	Contaminantes			
			DQO [mg O2/L]	DBO5 [mg O2/L]	Grasas y aceites [mg/L]	Sólidos suspendidos totales [mg/L]
1	Lavado tanques de almacenamiento de leche cruda.	FLI	2516	1777	5633	420
2	Lodos del descremado.	F9	38886	26358	30,4	14660
	Lodos de la bactofugadora.	F12	4465	3294	19,34	2370
	Lavado de procesamiento de leche para derivados lácteos.	FLII	986	774	893	208
	Lavado tanques de almacenamiento de leche pasteurizada.	FLIII	1252	809	40,78	67103

Subproceso	Descripción	Corriente	Contaminantes			
			DQO [mg O ₂ /L]	DBO ₅ [mg O ₂ /L]	Grasas y aceites [mg/L]	Sólidos suspendidos totales [mg/L]
3	Lavado del subproceso preparación del derivado lácteo kumis.	FLIV	3676	2063	51,9	342
Límite máximo legal			1000	800	80	600

El color azul indica el cumplimiento de la norma, y el color rojo el no cumplimiento de la misma. Las caracterizaciones de los vertidos al agua se compararon con la normatividad ambiental colombiana (Decreto 3930 de 2010, artículos 45) con el propósito de conocer si cumplen los requerimientos exigidos.

Es apreciable que la concentración de DQO sobrepasa el límite máximo de 1000 mg O₂/L permitido por la norma de en 151,6, 3788,6, 346,5, 25,2, 267,6%p, que corresponden a las corrientes FLI, F9, F12, FLIII y FLIV respectivamente. Las concentraciones de DBO₅ para las corrientes FLI, F9, F12, FLIII y FLIV, exceden el valor máximo de 800 mg O₂/L permitido por la norma en 122,1, 3194,7, 311,8, 1,1, 157,9%p, respectivamente.

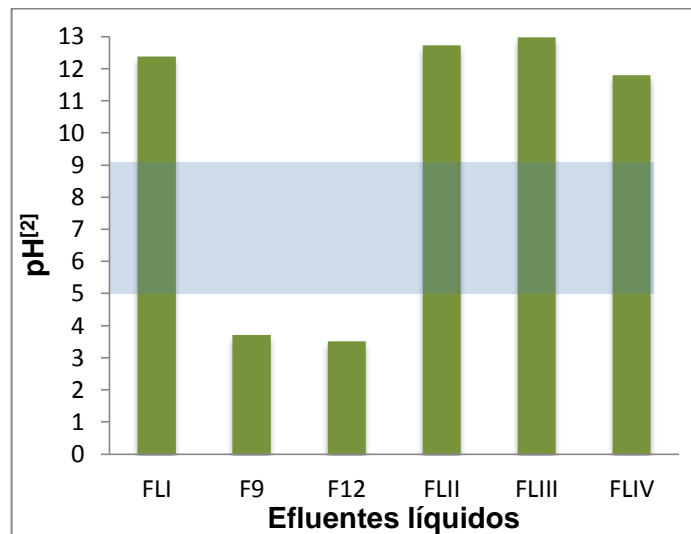
Las mayores concentraciones de DQO y DBO₅ las tienen las corrientes F9 y F12. Esto se debe a la presencia de componentes de la leche en las descargas de lodos generados en el proceso de pasteurización. El lodo es leche clarificada que es descargada con el fin de eliminar sólidos que se precipitan.

En cuanto a G&A, la concentración supera la norma colombiana de 80 mg /L en 6941,3, 1016,3%p, en las corrientes FLI y FLII, respectivamente. La mayor concentración de G&A la tiene la corriente FLI puesto que en el lavado de los tanques de almacenamiento se arrastra lo que ha quedado de leche cruda en las paredes, la cual no ha sido descremada ni bactofugada.

En las corrientes F9, F12 y FLIII, la concentración de SST sobrepasa la norma de 600 mg/L en 2343,3, 295, 11083,8%p, respectivamente.

En la figura 7 se expresan los valores de pH para cada efluente líquido y se compara con la normatividad ambiental colombiana para vertimientos (Decreto 1594 de 1984, artículos 73 y 74).

Figura 7. Comparación del pH de efluentes líquidos con respecto a la normatividad ambiental colombiana (Decreto 1594 de 1984)



La normativa establece como límite inferior un pH 5,0 y como límite superior un pH de 9,0. Los efluentes F9 y F12 que corresponden a los lodos de la descremadora y bactofugadora respectivamente, presentan un pH por debajo del límite, debido a la fermentación del azúcar de la leche que se transforma en ácido láctico. Los flujos FLI, FLII, FLIII y FLIV que corresponden a los lavados de los subprocesos sobrepasan el límite superior debido al uso en el lavado de soluciones básicas (soda cáustica).

Cabe recordar que aunque los vertimientos de los subprocesos no cumplen la normatividad colombiana, el vertimiento final de la empresa si la cumple ya que

cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales que controla la calidad de todos los vertimientos de los subprocesos.

2.2.3 Emisiones al aire: La principal emisión gaseosa durante la elaboración de *KUMIS BIO* se genera en la caldera, para la producción del vapor necesario en los intercambiadores de calor del proceso y del sistema de limpieza. Para este equipo de combustión externa existen contaminantes al aire como material particulado (MP), SO₂, CO y NO_x que tienen estándares de emisión admisibles. Como el combustible utilizado es gas natural, éste se encuentra exento de azufre y otras impurezas por lo que no se producen emisiones de estos contaminantes. En la Tabla 3 se compara las emisiones gaseosas contaminantes generadas en la caldera, con respecto a la normativa ambiental colombiana de emisiones admisibles y calidad del aire (Resolución 0909 de 2008 artículo 7).

Tabla 3. Comparación de la carga contaminante de las emisiones gaseosas con respecto a la normativa ambiental colombiana.

Etapa	Emisión gaseosa	Contaminantes				
		NO [ppm]	NO ₂ [ppm]	CO [ppm]	CO ₂ [%]	O ₂ [%]
Generación de vapor	F56	20,045	1,055	15	8,4	5
Límite máximo legal	Contaminantes al aire	285,25	186,03	---	---	---

En la tabla anterior se puede apreciar que las concentraciones de NO y NO₂ no exceden el límite permisible de contaminantes al aire establecido por la normatividad colombiana.

2.2.4 Niveles de ruido: El ruido generado en la producción de *KUMIS BIO* se midió por subprocesos. En la Tabla 4 se presentan los niveles de ruido obtenidos comparados con el límite permisible establecido por la norma ambiental

colombiana de exposición de ruido (Resolución 8321 de 1983, protección y conservación de la audición de la salud, capítulo V: emisión de ruido en lugares de trabajo).

Tabla 4. Mediciones del nivel de ruido por subprocesos comparados con la normativa ambiental colombiana (Resolución 8321 de 1983)

Subproceso		Nivel de ruido [dB]	Límite permisible para ruido continuo e intermitente
Abastecimiento y procesamiento de leche para derivados		90,3	Nivel máximo permitido 90 [dB] para una exposición diaria de 8 [h]
Preparación del derivado lácteo kumis		77,5	
Envasado	Flexibles	81,2	
	Rígidos	75,2	
Generación de vapor		90,6	
Bancos de hielo		87	
Chiller		90,1	

Se tomó como ejemplo una jornada de trabajo (ocho horas diarias). De acuerdo a los resultados, los subprocesos de abastecimiento y procesamiento de leche para derivados, generación de vapor y chiller, se encuentran cerca del límite máximo permitido. Los ruidos emitidos por las operaciones que se llevan a cabo en estos subprocesos pueden llegar a causar estrés en los trabajadores. Por lo tanto, la única forma de aminorar los riesgos es mediante el uso de protectores o audífonos.

2.3 ECOBALANCE

Las cargas ambientales y el consumo de recursos del proceso productivo del *KUMIS BIO* se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Cargas ambientales para la producción de KUMIS BIO en la empresa FRESKALECHE S.A

Parámetro	Unidad*	Cargas ambientales por operaciones del proceso									
		Subproceso 1		Subproceso 2							
		Filtración	Enfriamiento 1	Calentamiento 1	Descremado	Bacteriufugación	Desodorización	Calentamiento 2	Enfriamiento 2	Almacenamiento 1	Almacenamiento 2
(w) DBO ₅	kg	4,41E-2	4,41E-2	4,41E-2	4,65E-1	1,28E-1	4,41E-2	4,41E-2	4,41E-2	2,02	3,78
(w) DQO	kg	5,62E-2	5,62E-2	5,62E-2	6,77E-1	1,70E-1	5,62E-2	5,62E-2	5,62E-2	2,86	5,84
(w) G&A	kg	5,09E-2	5,09E-2	5,09E-2	5,14E-2	5,14E-2	5,09E-2	5,09E-2	5,09E-2	6,40	1,90E-1
(w) SST	kg	1,18E-2	1,18E-2	1,18E-2	2,46E-1	7,25E-2	1,18E-2	1,18E-2	1,18E-2	4,77E-1	9,47E-1
Agua (total)	L	56,99	56,99	56,99	377,44	377,44	994,72	56,99	56,99	1136,27	4666,67
Electricidad	kJ	6973,83	12229,82	7343,3	61993,45	63113,35	4487,55	9934,49	14624,69	7955,76	3231,12
Parámetro	Unidad*	Subproceso 3									
		Mezclado	Calentamiento 3	Homogenización	Calentamiento 4	Enfriamiento 3	Fermentación	Enfriamiento 4	Agitación	Envasado	Refrigeración cava
(w) DBO ₅	kg	5,75	5,75	5,75	5,75	5,75	5,75	5,75	5,75	5,75	
(w) DQO	kg	10,25	10,25	10,25	10,25	10,25	10,25	10,25	10,25	10,25	
(w) G&A	kg	1,45E-1	1,45E-1	1,45E-1	1,45E-1	1,45E-1	1,45E-1	1,45E-1	1,45E-1	1,45E-1	
(w) SST	kg	9,53E-1	9,53E-1	9,53E-1	9,53E-1	9,53E-1	9,53E-1	9,53E-1	9,53E-1	9,53E-1	
Agua (total)	L	2787,55	2787,55	3087,33	2787,55	2787,55	2787,55	2787,55	2787,55	2787,55	
Electricidad	kJ	38450,9	32140,9	613448	17051,9	22021,4	122319	35734,03	188,95	78554,4	30004
(r) Residuos sólidos	kg						1,8E-2			3,82	

*Unidades referidas a la unidad funcional (cochada = 6915,18 kg de kumis), w: agua, r: residuos.

Tabla 6. Continuación cargas ambientales para la producción de KUMIS BIO en la empresa FRESKALECHE S.A

Parámetro	Unidad*	Cargas ambientales por operaciones del proceso				Carga total proceso fabricación KUMIS BIO
		Servicios industriales				
		Refrigeración cava	Generación de vapor	BH	Chiller	
(w) DBO ₅	kg					58,41
(w) DQO	kg					102,11
(w) G&A	kg					8,30
(w) SST	kg					10,39
(w) Soda cáustica	kg					14,9
(w) Ácido nítrico	kg					1,02
(w) Ácido fosfórico	kg					16,85
Agua (total)	L		823,27	129,625	93,35	34271,46
Electricidad	kJ	30003,95	17718,4	67908,22	99775,84	1367203,7
(r) Residuos solidos	kg					3,84
(a)Amoniaco	kg			1,96E-3	1,63E-3	3,59E-3
Gas natural	kg		24,78			24,78
(a)NO	kg		1,54E-2			1,54E-2
(a)NO ₂	kg		8,11E-4			8,11E-4
(a)CO	kg		1,15E-2			1,15E-2
(a)CO ₂	kg		64,58			64,58

(a) aire, (w) agua, (r) residuos

*Unidades referidas a la unidad funcional (cochada = 6915,18 kg de kumis)

De acuerdo a la información presentada en la Tabla 5, en la producción de KUMIS BIO, la mayor carga contaminante respecto a vertidos al agua corresponde a la DQO. En término de las emisiones, se puede apreciar que la carga ambiental más significativa corresponde al CO₂.

Las cargas de DQO, DBO₅, G&A y SST son mayores en los lavados del subproceso de preparación del derivado lácteo, aunque las concentraciones de estos parámetros son menores que las de los otros subprocesos. Esto se debe a que existe una dependencia inversa entre el volumen del vertido al agua y la concentración de los parámetros del vertido de las aguas residuales resultantes. Las operaciones de descremado y bactofugación presentan descargas de lodos directas al medio ambiente. Estas poseen cargas altas de DQO, DBO₅, y SST mientras que las cargas de G&A son bajas debido a que en estos procesos ya se le ha retirado la grasa de la materia prima como subproducto.

El subproceso preparación del derivado lácteo no cuenta con un sistema de recuperación de sustancias químicas utilizadas en las operaciones de limpieza, por lo que el vertimiento de soda caustica y ácido fosfórico son mayores al ácido nítrico utilizado en los otros subprocesos.

La presencia de amoníaco en las emisiones al aire es debido a las fugas en las operaciones de refrigeración banco de hielo y chiller.

Con respecto a residuos sólidos la mayor carga se presenta en la operación de envasado. En esta operación es común encontrar residuos de cartones y plásticos de los envases de diferentes tipos de presentación usados para distribuir el kumis.

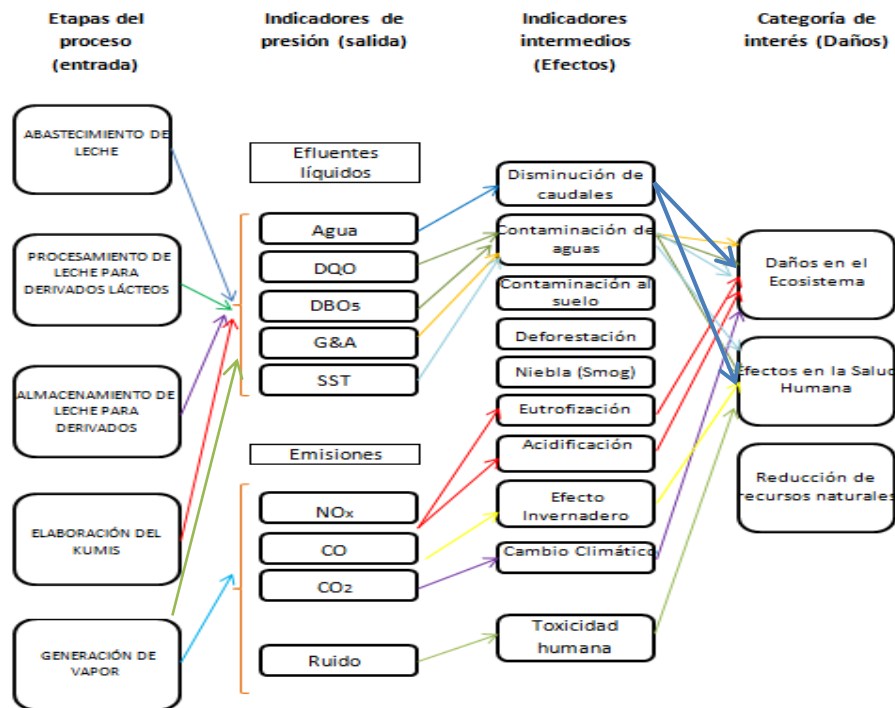
Consumo de agua: La mayor fuente de cargas ambientales respecto a consumo de recursos corresponde al agua, seguido del gas natural. El gran consumo de agua se da por los lavados después de la producción, los cuales generan un impacto ambiental negativo como lo es la disminución de caudales. La etapa de preparación del derivado lácteo es la que presenta mayor consumo de agua. En términos de operaciones de la producción de KUMIS BIO, la operación con mayor consumo de agua es el tanque de almacenamiento de leche pasteurizada, debido

a que a pesar de que tiene un volumen de 12000 L, el volumen de agua del lavado es igual al que se utiliza para lavar el tanque de leche cruda de 50000 L.

Consumo de energía eléctrica: El alto consumo de energía, en su mayor parte en la etapa de preparación del derivado lácteo, puede generar efectos que se manifiestan en forma de calentamiento global, contaminación atmosférica, entre otros. Durante el día en la etapa de elaboración de kumis solo se procesa la leche para KUMIS BIO, por ello, todo el consumo de electricidad en el lavado se le asigna a este producto, mientras que en las otras etapas la energía asignada al KUMIS BIO es de aproximadamente 3,96% del consumo total de energía del lavado, puesto que en estas etapas se pasteuriza la leche para varios productos.

La relación entre las cargas del proceso del KUMIS BIO y efectos se presentan en la Figura 8

Figura 8. Relación entre las cargas y efectos para la producción de KUMIS BIO en la empresa FRESKALECHE SA



De acuerdo con la Figura 8 y en términos cualitativos, los daños a los ecosistemas y a la salud humana, están relacionados con varias cargas ambientales y puntos intermedios, mientras que la reducción de recursos naturales solo se relaciona con el consumo de agua. Teniendo en cuenta que las mayores cargas ambientales generadas en la producción del *KUMIS BIO* son el consumo de agua, DQO, CO₂ y ruido, se identificó que los principales posibles efectos causados son: disminución de caudales, contaminación de aguas, efecto invernadero y toxicidad humana.

3. CONCLUSIONES

Producto de este trabajo FRESKALECHE S.A. cuenta actualmente para la producción de KUMIS BIO con los diagramas de flujo del proceso, las caracterizaciones fisicoquímicas de las corrientes contaminantes y el inventario de entradas y salidas.

La realización del balance ambiental para la elaboración de KUMIS BIO mostró que el subproceso preparación del derivado lácteo presenta el mayor impacto ambiental, debido al alto consumo de agua, energía eléctrica y generación de cargas ambientales.

El balance ambiental para la producción de 6915 kg del KUMIS BIO determinó un elevado consumo de agua (34271,46 L) y energía eléctrica (1367203,7), alta cantidad de carga contaminante de DQO (102,11 kg) en los vertidos al agua y de CO₂ (64,58 kg) en las emisiones al aire, afectando principalmente al ecosistema.

4. RECOMENDACIONES

Implementar un sistema de lavado de los equipos tipo CIP en el subproceso preparación del derivado lácteo, para la reutilización de los enjuagues finales de este, a fin de minimizar el gasto de agua y químicos de la limpieza.

Hacer un canal de desagüe solo para la etapa de desodorización, para que el flujo de agua potable que se vierte en ella, sea reutilizado.

Realizar un tratamiento biológico aerobio a los efluentes para reducir las cargas orgánicas principalmente DQO, mediante el uso de tecnologías como lagunas aireadas, lodos activados entre otros.

Mejorar el funcionamiento del sistema de generación de vapor con el fin de aumentar la eficiencia y reducir las emisiones de CO₂. Esto se puede lograr mediante aislamiento de tuberías, regulación del exceso de aire y uso eficiente de sistemas de retorno de condensados.

Revisar periódicamente el estado de los sistemas de refrigeración, sobre todo si hay pérdidas de presión en el circuito o disminuciones de rendimiento, para detectar rápidamente las fugas de amoníaco.

Realizar un estudio de impacto ambiental del proceso productivo del *KUMIS BIO* con ayuda del software SIMAPRO que determina cuantitativamente las cargas del proceso para cada categoría de impacto.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] BERNAL A. La responsabilidad ambiental de las empresas un compromiso ético con el desarrollo sostenible. Management, Vol. 31, Enero-Junio 2009, p.91 - 103.
- [2] CHACON S. estudio para el mejoramiento del sistema de limpieza de la línea de yogurt en la planta de derivados de la empresa FRESKALECHE S.A. Trabajo de grado. Universidad Industrial de Santander. Escuela de ingeniería química 2011.
- [3] FRESKALECHE S.A. Descripción de la empresa [EN LINEA] [consultado 15 Feb. 2013] disponible en:
<<http://www.freskaleche.com.co/> >
- [4] GUINEÉ J, HEIJUNGS R, HUPPES G. Life Cycle Assessment: Past, Present, and Future. American Chemical Society. No 45 (2010)
- [5] HAUSCHILD M. Assessing environmental impacts in a LIFE CYCLE. American chemical society & technology. . Febrero 15 (2005)
- [6] HERRERA I. Desarrollo metodológico de evaluación ambiental en el análisis de procesos. Universidad Rovira i Virgili. Departamento de ingeniería química, 2004. Tesis doctoral.
- [7] HISCHIER R, WEIDEMA B, BAUHER C. Implementation of Life Cycle Impact Assessment. ecoinvent En: Centre for Life Cycle Inventories. Volumen 2, No 3 (2007)

[8] IHOBE S.A. Análisis de ciclo de vida y huella de Carbono, dos maneras de medir el impacto ambiental de un producto. Sociedad pública de gestión ambiental, Alameda DE Urquijo, Bilbao. 1 de Noviembre 2009

[9] ISAGEM. Estudio de impacto ambiental. Proyecto parque Eólico. [En línea]. [Consultado 10 marzo 2013] Disponible en:

< http://www.isagen.com.co/comunicados/Eolica_espanol_wayuu.pdf>

[10] JOLLIET O., BRENT A., GOEDKOOP M., ITSUBO N., MUELLER-WENK R., PEÑA C., SCHENK R., STEWART M., WEIDEMA B. LCIA Definition study. Life Cycle Impact Assessment Programme of the Life Cycle Initiative. (2003)

[11] KOMÍNKOVÁ. D. Environmental Impact Assessment and Application – Part 1. Encyclopedia of ecology.[en línea] [consultado 15 marzo 2013]

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780080454054000525>>

[12] MENESES M, PASQUALINO A, 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.(2012).

[13] REBITZER G., EKVALL T., FRISCHKNECHTC R., HUNKELERD D., NORRISSE G., RYDBERGF T., SCHMIDTG W., SUHH S., WEIDEMAI B., PENNINGTON D. Life cycle assessment Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications. Environment international. Volumen 30, No 5; (2004) 701-720

[14] ROMERO RODRÍGUEZ, Blanca Iris. El análisis de ciclo de vida y la gestión ambiental. En tendencias tecnológicas [en línea] Boletín 11 Julio-Septiembre (2003). [Consultado 10 May. 2013]. Disponible en: <
<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd29/tend.pdf>>

[15] TOBÓN, Olga Lucia y HOYOS, Paula. Ecobalances: balances de materia y energía. Colombia: centro nacional de producción más limpia (CNPML), 2010. [En línea]. [Consultado 17 May. 2013]. Disponible en: <<http://www.ceo.org.co/images/stories/CEO/ambiental/documentos/Memorias/Modulo2/BALANCESDEMATERIAYENERGIA.pdf>>

[16] UNE-EN ISO14040 Gestión ambiental, análisis de ciclo de vida, principios marco y referencia. Norma española. Diciembre (2006).

[17] UNE-EN ISO14044 Gestión ambiental, análisis de ciclo de vida, requisitos y directrices. Norma española. Diciembre (2006).

[18] VAN HOOFF B. el análisis de ciclo de vida (ACV) Como herramienta de la gestión ambiental para la industria Colombiana Universidad de los Andes. Conferencia para el seminario de producción más limpia. Bucaramanga, Colombia, 1999

[19] WITJES S. Hacer posible la aplicación de “Life Cycle assessment” en Colombia. Grupo de investigaciones Desarrollo integral de Productos Sostenibles, DIPS. Primer Encuentro Nacional de Investigación en Diseño. Universidad Icesi. 2004.

ANEXOS

ANEXO A. DESCRIPCIÓN PROCESOS PRODUCTIVOS EN FRESKALECHE S.A



FRESKALECHE S.A es una empresa Santandereana que descende de COOPROLECHE LTDA, Cooperativa de Productores de Leche de Santander y el Magdalena Medio la cual se fundó en 1982, esta asociación no funcionó muy bien, ocasionando que muchos de los socios de Cooproleche optaran por retirarse, presentándose una coyuntura nueva que permitió a las personas que se quedaron plantear una reestructuración de la cooperativa la cual dio origen a la Sociedad Anónima que hoy se conoce como FRESKALECHE S.A cuyo nombre se deriva de la marca inglesa denominada FRESH MILK

La materia prima para FRESKALECHE es la leche cruda, la cual es recolectada desde ocho centros de acopio, cinco dichos centros son: Lácteos la Esperanza, en La Esperanza, Norte de Santander; Lácteos Cimitarra, en Cimitarra; Lácteos Ágata, en Vélez; Lácteos Rovirenses en Málaga y Lácteos Tamacara, en el Socorro. También los proveen los centros de acopio de Aguachica; Aprisa, en Sabana de Torres y Simijaca en Cundinamarca [6].

Inicialmente la leche proveniente de los centros de acopio, es acondicionada y posteriormente almacenada dependiendo de las condiciones requeridas para la producción de los diferentes productos ofrecidos por la empresa.

PRODUCCION DE KUMIS BIO

El KUMIS BIO, es uno de los productos ofrecidos por FRESKALECHE S.A, su elaboración comprende una serie de procesos los cuales se explican a continuación:

Abastecimiento de leche

Como se mencionó anteriormente la leche puede provenir de cualquiera de los centros de acopio asociados a la empresa, pero para nuestro estudio solo se consideró las leches provenientes de lácteos la Esperanza y lácteos Cimitarra; por sus características organolépticas y fisicoquímicas son las que normalmente se procesan para derivados lácteos. El KUMIS BIO es producido cada 15 días y utiliza la leche pasteurizada disponible para derivados en el momento de su elaboración.

La etapa de abastecimiento comienza con la llegada de la materia prima a la empresa a través de carro tanques y en algunos casos de leche de cantina comprada a campesinos cercanos a la empresa, debido a esto toda la leche no llega a las mismas condiciones por lo que se hace necesario de un tratamiento previo, que consiste en una filtración cuyo fin es remover impurezas de la leche adquiridas principalmente en labores de ordeño y partículas sólidas. Posteriormente se enfría mediante un sistema de intercambio de calor llevándola a una temperatura de 4°C, finalmente esta es almacenada. Freskaleche cuenta con 3 tanques de almacenamiento de capacidad de 50.000 litros cada uno, para el caso de elaboración de KUMIS BIO se ocupó solo el 12,174% de la capacidad de un tanque, que equivale a 6087 litros.

Procesamiento de leche para derivados lácteos.

Inicialmente la leche proveniente de los tanques de almacenamiento es calentada a 50 °C y llevada a una centrifuga que trabaja en un rango de 6800 a 7280 r.p.m donde ocurre el descremado. Este consiste en extraer grasa de la leche de acuerdo al tipo de producto que se quiera preparar, esta grasa es recogida en cestillos limpios en bolsas de 20 Kg aproximadamente cuyo fin es servir como materia prima para la producción de mantequilla y queso, en este subproceso la leche alcanza una temperatura de 55°C. Esta leche con menos grasa se lleva a una bactofugadora con el fin de eliminar mediante fuerza centrífuga las partículas macroscópicas diferentes a la leche y aproximadamente un 90% de las endosporas presentes[freskaleche], posteriormente es llevada a un tanque desodorizador cuyo fin es extraer olores característicos de la leche cruda. El proceso de pasteurización destruye organismos patógenos mediante cambios de temperaturas, este consiste en un precalentamiento en el cual se lleva la leche a 75 °C, y posteriormente mediante un enfriamiento se logra bajar la temperatura a 4 °C obteniéndose leche pasteurizada que es depositada en los tanques de almacenamiento, en este punto la leche ya es apta para consumo humano. Una vez colocada la leche los depósitos son marcados conacrílico amarillo, el cual si pasa el análisis de calidad es marcado conacrílico verde en el que se indica % en grasa, cantidad y para qué proceso va a ser utilizado.

Elaboración de kumis

Una vez tomada la leche pasteurizada destinada para la producción de kumis, esta se hace pasar al tanque de mezcla cuyo fin es adicionar azúcar, fibra y mix (mezcla especial de FRESKALECHE). Antes de ser homogenizado la mezcla sufre un precalentamiento en el cual es llevada a 58°C, después se procede a una segunda pasteurización llevando la mezcla a 92°C Y posteriormente se enfría a

32°C, en este momento ya se encuentra la mezcla lista para ser fermentada, este procedimiento consiste en la adición del cultivo (inoculo) bajo agitación continua controlando principalmente el pH el cual debe encontrarse entre 4,9 y 5, una vez logradas las condiciones deseadas se procede a bajar la temperatura del kumis a 10°C. nuevamente el kumis se somete a agitación con el fin de romper los coágulos formados en la etapa de fermentación, en este punto se realiza un análisis de calidad para mirar si cumple con las condiciones de distribución. Una vez listo se procede a su embalaje, para este se usan tres tipos de empaque: bolsa de 200 gramos, botella BIO de 950 gramos y vaso de 150 gramos. Una vez empacado y teniendo en cuenta que el sellado sea el indicado y las condiciones también se procede a su almacenamiento y refrigeración donde espera para ser enviado a su destino final que es el consumo del mismo.

Operaciones auxiliares: Servicios industriales

Durante la producción del KUMIS BIO se utilizan servicios industriales de generación de vapor y refrigeración dentro de los cuales encontramos la caldera, los bancos de hielo, el chiller y la refrigeración de cavas. Freskaleche tiene una caldera de 200 BPH para generar el vapor que se requiere en sus procesos productivos y en el lavado de los equipos, tanques, tuberías y maquinas envasadoras. Aproximadamente retorna como condensados el 20% del vapor generado en la caldera, por lo que hay que reponer el agua perdida, pero antes de ser suministrada, para evitar problemas en la caldera como corrosión cáustica, corrosión por oxígeno, entre otros, es tratada con tres químicos: chem-aqua 150 encargado de mantener el pH, CBD 93 plus que actúa como desincrustante y chem-aqua 900 que es un secuestrante de oxígeno.

Los sistemas de refrigeración bancos de hielo y chiller trabajan con amoniaco como refrigerante, el cual es comprimido, condensado, expandido y evaporado, con el fin de enfriar el agua de bancos de hielo, y el agua (30% glicol) del chiller. El

sistema de refrigeración de cavas trabaja con el refrigerante 404a que al igual que el amoniaco es comprimido, condensado, expandido y evaporado pero para enfriar el aire de las cavas donde se almacena el kumis.

Figura 8 Servicios industriales: generación de vapor en la caldera

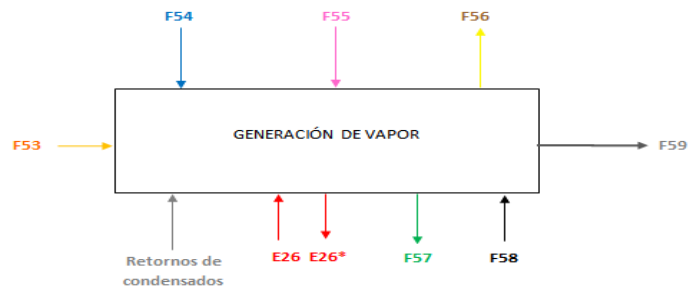


Figura 9 .Servicios industriales: aguas de enfriamiento mediante bancos de hielo

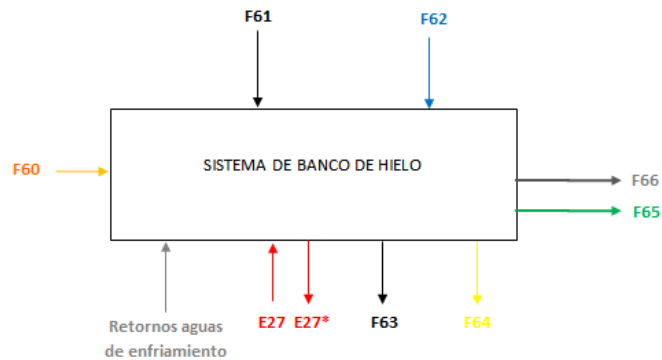
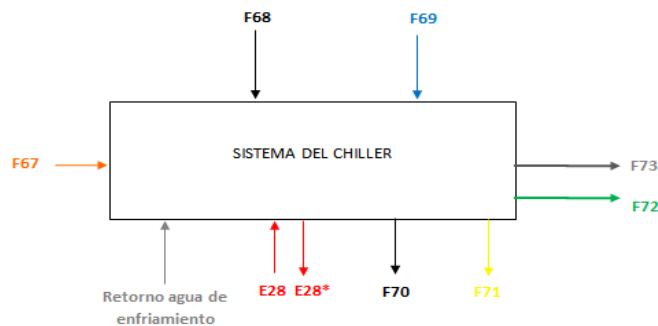


Figura 10 Servicios industriales: aguas de enfriamiento mediante chiller



ANEXO B. DESCRIPCIÓN PROCESO DE LAVADO

El sistema de limpieza CIP que hay para el lavado de tanques de almacenamiento y pasteurización, facilita las operaciones de limpieza, ya que permite la automatización del proceso en forma repetitiva de manera que ahorran agua, energía y sustancias químicas, además de reducir las labores manuales [20]. El procedimiento general de limpieza y desinfección se resume a continuación:

- Eliminar residuos de leche con agua potable a temperatura ambiente durante 10 Minutos
- Preparar la soda cáustica a una concentración de 2 – 2.5%. Dejar recircular durante 20 minutos a una temperatura de 80-85 °C
- Eliminar residuos de soda cáustica con agua potable a temperatura ambiente, durante 10 minutos.
- Preparar el ácido fosfórico a una concentración del 1 – 1.5%. Dejar recircular durante 20 minutos a una temperatura de 70-75 °C.
- Eliminar residuos de ácido fosfórico con agua potable a temperatura ambiente durante 12 minutos.
- Preparar el desinfectante en agua a temperatura ambiente: Acido peracetico al 0.1 – 0.3% o Rapidyne al 0.1-0.2%. Dejar recircular durante 15 minutos y Eliminar residuos de desinfectante con agua potable a temperatura ambiente durante 15 minutos. Este paso se realiza una vez por semana y solo en los lavados II y IV.

Por medio de intercambiadores de calor se mantiene la temperatura de las sustancias de limpieza utilizando como medio de calentamiento vapor.

Como todo el kumis se transporta por tuberías existen perdidas de este, que salen junto a los lavados de los equipos. La pérdida de kumis para una producir una

cochada de 6915,18 kg de kumis se calculó con datos de producción mensual de del kumis durante los últimos 3 años dados por Freskaleche.

ANEXO C. BALANCES DE MASA Y ENERGIA

Tabla 6. Balance de masa subproceso 1: abastecimiento de leche

SUBPROCESO 1: ABASTECIMIENTO DE LECHE						Masa [kg/cochada]	
Operación	Corriente	Descripción	Caudal [L/h]	Densidad [kg/L]	Tiempo de operación [h]	Entrada	Salida
Filtración	F1	Leche cruda	23000	1,0327	0,265	6286,88	---
	F2	Residuos sólidos (impurezas)	2,3	1,0327	0,265	---	0,63
	F3	Leche cruda filtrada	22997,70	1,0327	0,265	---	6286,25
Enfriamiento 1	F4	Agua de enfriamiento desde BH	38607	1	0,304	11750,42	---
	F4*	Agua de enfriamiento hacia BH	38607	1	0,304	---	11750,42
	F5	Leche cruda fría	20000	1,0327	0,304	---	6286,25
Almacenamiento	F6	leche almacenada para derivados lácteos	25000	1,0327	0,243	---	6286,25

Tabla 7. Balance de energía subproceso 1: abastecimiento de leche

SUBPROCESO 1: ABASTECIMIENTO DE LECHE				Energía [kJ/cochada]	
Operación	Corriente	Descripción	Entrada	Salida	
Filtración	E1	Energía eléctrica bomba para la leche cruda	6775,09	---	
	E1*	Energía bomba para la leche cruda(usada por equipo+disipada)	---	6775,09	
Enfriamiento 1	E2	Energía eléctrica bomba para el agua de BH 1	16971,43	---	
		Energía eléctrica bomba para el agua de BH 2	7092,54	---	
	E2*	Energía bomba para el agua de BH (usada por equipo+disipada)1	---	16971,43	
		Energía bomba para el agua de BH (usada por equipo+disipada)2	---	7092,54	
Almacenamiento	E3	Energía eléctrica bomba para la leche almacenada	4228,09	---	
	E3*	Energía eléctrica bomba para la leche almacenada	---	4228,09	

Tabla 8. Balance masa subproceso 2: procesamiento de leche para derivados lácteos

SUBPROCESO 2: PROCESAMIENTO DE LECHE PARA DERIVADOS LÁCTEOS						Masa [kg/cochada]	
Operación	Corriente	Descripción	Caudal [L/h]	Densidad [kg/L]	Tiempo de operación [h]	Entrada	Salida
Calentamiento 1	F6	Leche almacenada para derivados lácteos	25000	1,0327	0,243	6286,25	---
	F7	Leche pretratada1	10000	1,0327	0,609	---	6286,25
Descremado	F8	Crema	75	0,94	0,609	---	42,91
	F9	Lodos del descremado (agua-leche)	26,25	1,0192	0,609	---	16,29
	F10	Agua para la bomba de maniobra de la descremadora	138	1	0,609	84,00	---
	F10*	Agua que descarga la bomba de maniobra del descremado hacia el alcantarillado	138	1	0,609	---	84,00
	F11	Leche descremada	9898,75	1,0334	0,609	---	6227,05
Bactofugación	F12	Lodos de la bactofugadora (agua-leche)	42	1,0192	0,609	---	26,06
	F13	Agua de acueducto para bomba de maniobra de la bactofugadora	138	1	0,609	84,00	---
	F13*	Agua que descarga la bomba de maniobra de la bactofugadora hacia el alcantarillado	138	1	0,609	---	84,00
	F14	Leche bactofugada	9856,75	1,0335	0,609	---	6200,99
Desodorización	F15	Agua para bomba de vacio	403,2	1	0,609	245,44	---
	F16	Agua que descarga la bomba de vacio hacia el alcantarillado	403,2	1	0,609	---	245,44
	F17	Leche desodorizada	9856,75	1,0335	0,609	---	6200,99
Calentamiento2	F18	Agua caliente desde el intercambiador tubo y carcasa	10000	1	0,609	6087,20	---
	F18*	Agua caliente al intercambiador tubo y carcasa	10000	1	0,609	---	6087,20
	F19	Vapor para leches			0,609	230,00	---
	F19*	Vapor condensado que retorna a la operación generación de vapor			0,609	---	230,00
	F20	Aire para válvula moderadora de entrada de vapor				40,12	---
	F21	Leche pretratada 2	9856,75	1,0335	0,609	---	6200,99

Enfriamiento 2	F22	Agua de enfriamiento proveniente del chiller	30400	1	0,609	18704,9	---
	F22*	Agua de enfriamiento hacia el chiller	30400	1	0,609	---	18704,9
	F23	Leche fria	9856,75	1,0335	0,609	---	6200,99
Almacenamiento o leche pasteurizada	F24	Leche pasteurizada (COCHADA 1)	20000	1,0335	0,175	---	3617,25
		Leche pasteurizada (COCHADA 2)	20000	1,0335	0,125	---	2583,75

Tabla 9. Balance de energía subproceso 2: procesamiento de leche para derivados lácteos

SUBPROCESO 2: PROCESAMIENTO DE LECHE PARA DERIVADOS LÁCTEOS			Energía [kJ/cochada]	
Operación	Corriente	Descripción	Entrada	Salida
Calentamiento 1	E4	Energía eléctrica de la bomba del pasteurizador leche	6428,08	---
	E4*	Energía bomba del pasteurizador leche (útil +disipada)	---	6428,08
Descremado	E5	Energía eléctrica para el motor de la descremadora	54054,30	---
	E5*	Energía del motor de descremadora (útil +disipada)	---	54054,30
	E6	Energía eléctrica de bomba de maniobra de la descremadora	2603,89	---
Bactofugación	E6*	Energía de bomba de maniobra (útil +disipada)	---	2603,89
	E7	Energía eléctrica de bomba de maniobra de la bactofugadora	2603,89	---
Desodorización	E7*	Energía de bomba bactofugadora (útil +disipada)	---	2603,89
	E8	Energía eléctrica del motor de la bactofugadora	54054,30	---
	E8*	Energía del motor bactofugadora (útil +disipada)	---	54054,30
Calentamiento2	E9	Energía eléctrica de bomba de vacío	3867,16	---
	E9*	Energía de bomba de vacío (útil +disipada)	---	3867,16
Enfriamiento 2	E10	Energía eléctrica de bomba para agua caliente	9739,51	---
	E10*	Energía de bomba para agua caliente (útil +disipada)	---	9739,51
Almacenamiento leche pasteurizada	E11	Energía eléctrica bomba del chiller	14429,70	---
	E11*	Energía bomba del chiller (útil +disipada)	---	14429,70
Almacenamiento leche pasteurizada	E12	Energía bomba que envía a derivados	2725,99	---
	E12*	Energía bomba que envía a derivados (útil +disipada)	---	2019,60

Tabla 10. Balance masa subprocesso 3: elaboración de kumis

SUBPROCESO 3: ELABORACIÓN DE KUMIS			Masa [kg/cochada]	
Operación	Corriente	Descripción	Entrada	Salida
Mezclado	F24	Leche pasteurizada (cochada 1)	3617,25	---
		Leche pasteurizada (cochada 2)	2583,75	---
	F25	Azúcar 1	378,00	---
		Azúcar 2	270,00	---
	F26	Mix 1	3,50	---
		Mix 2	2,50	---
	F27	Fibra 1	35,00	---
		Fibra 2	25,00	---
	F28	Bolsa del azúcar	---	6,00
		Bolsa de la fibra	---	0,30
		Bolsa del mix	---	
		Cordeles	---	0,02
		Cinta	---	0,06
	F29	Mezcla primaria kumis 1	---	4033,75
		Mezcla primaria kumis 2	---	2881,25
Calentamiento 3	F30	Mezcla pre tratada 3 (cochada1)	---	4033,75
		Mezcla pre tratada 3 (cochada2)	---	2881,25
Homogenización	F31	Agua de acueducto para enfriamiento pistones del homogenizador	111,94	---
	F32	Agua del enfriamiento de pistones hacia el alcantarillado	---	111,94
	F33	Mezcla homogenizada (cochada1)	---	4033,75
Mezcla homogenizada (cochada2)		---	2881,25	

Tabla 10. Continuación balance masa subproceso 3: elaboración de kumis

SUBPROCESO 3: ELABORACIÓN DE KUMIS			Masa [kg/cochada]	
Operación	Corriente	Descripción	Entrada	Salida
Calentamiento 4	F34	Aire para válvula moderadora de presión	87,39	---
	F35	Vapor para kumis	335,00	---
	F35*	Vapor condensado que retorna a la caldera	---	335,00
	F36	Agua caliente desde el intercambiador tubo carcasa	9546,70	---
	F36*	Agua caliente hacia el intercambiador tubo carcasa	---	9546,70
	F37	Mezcla pre tratada 4 (cochada 1) Mezcla pre tratada 4 (cochada 2)	---	4033,75 2881,25
Enfriamiento 3	F38	Agua de enfriamiento proveniente del tanque de agua potable	9546,70	---
	F38*	Agua de enfriamiento hacia al tanque de agua potable	---	9546,70
	F39	Mezcla fría (cochada1) Mezcla fría (cochada 2)	---	4033,75 2881,25
Fermentación	F40	Agua de enfriamiento proveniente de bancos de hielo	7065,00	---
	F40*	Agua de enfriamiento hacia bancos de hielo	---	7065,00
	F41	Inoculo 1	0,11	---
		Inoculo 2	0,08	---
	F42	Residuo sólido	---	0,02
F43	Kumis 1 Kumis 2	---	4033,86 2881,33	
Enfriamiento 4	F44	Agua de enfriamiento proviene de bancos de hielo	7065,00	---
	F44*	Agua de enfriamiento devuelve a bancos de hielo	---	7065,00
	F45	Kumis frio 1	---	4033,86
Kumis frio 2		---	2881,33	

Tabla 10. Continuación balance masa subproceso 3: elaboración de kumis

SUBPROCESO 3: ELABORACIÓN DE KUMIS			Masa [kg/cochada]	
Operación	Corriente	Descripción	Entrada	Salida
Agitación	F46	Kumis agitado	---	6915,19
	F47	Agua de acueducto para enfriamiento de las mordazas	87,39	---
Envasado	F48	Empaques de flexible	142,08	---
		Empaques de botella	39,69	---
		Empaques de vaso	65,61	---
	F49	Agua de enfriamiento de las mordazas hacia alcantarillado	---	87,39
	F50	Residuo sólido cartón y plástico	---	3,82
	P1	Perdida de kumis	---	2,86
	F51	Producto empacado flexible	---	5111,33
Producto empacado botella		---	620,03	
Producto empacado vaso		---	1180,98	
Almacenamiento y refrigeración	F52	Despacho de kumis	---	6912,33

Tabla 11. Balance de energía subproceso 3: elaboración de kumis

SUBPROCESO 3: PROCESAMIENTO DE LECHE PARA DERIVADOS LÁCTEOS			Energía [kJ/cochada]	
Operación	Corriente	Descripción	Entrada	Salida
Mezclado	E13	Energía de la bomba en la tolva	7253,73	---
	E13*	Energía de la bomba en la tolva (útil +disipada)	---	7253,73
	E14	Energía eléctrica del agitador	5373,13	---
	E14*	Energía eléctrica del agitador (útil +disipada)	---	5373,13
Calentamiento 3	E15	Energía de la bomba del pasteurizador	20620,87	---
	E15*	Energía de la bomba del pasteurizador (útil +disipada)	---	20620,87

SUBPROCESO 3: PROCESAMIENTO DE LECHE PARA DERIVADOS LÁCTEOS			Energía [kJ/cochada]	
Operación	Corriente	Descripción	Entrada	Salida
Homogenización	E16	Energía del motor del homogenizador	229120,79	---
	E16*	Energía del motor del homogenizador (útil +disipada)	---	229120,8
	E17	Energía de la bomba para el agua potable	4200,48	---
	E17*	Energía de la bomba para el agua potable (útil +disipada)	---	4200,48
Calentamiento 4	E18	Energía de la bomba para agua caliente	5531,89	---
	E18*	Energía de la bomba para agua caliente (útil +disipada)	---	5531,89
Enfriamiento 3	E19	Energía de la bomba para agua potable	35004,56	---
	E19*	Energía de la bomba para agua potable (útil +disipada)	---	35004,56
Fermentación	E20	Energía de la bomba en el fermentador	26334,68	---
	E20*	Energía de la bomba en el fermentador (útil +disipada)	---	26334,68
	E21	Energía eléctrica de los agitadores	62288,54	---
	E21*	Energía eléctrica de los agitadores (útil +disipada)	---	62288,54
Enfriamiento 4	E22	Energía de la bomba de BH para derivados	242295,83	---
	E22*	Energía de la bomba de BH para derivados (útil +disipada)	---	242295,8
Agitación	E23	Energía de los agitadores de los tanques	188,95	---
	E23*	Energía de los agitadores de los tanques (útil +disipada)	---	188,95
Envasado	E24	Energía eléctrica para envasado	78554,42	---
	E24*	Energía eléctrica para envasado (útil +disipada)	---	78554,42
Almacenamiento y refrigeración	E25	Energía del ventilador del evaporador	4269,34	---
		Energía del ventilador del condensador	2964,81	---
		Energía eléctrica del compresor	22769,79	---
	E25*	Energía del ventilador del evaporador (útil +disipada)	---	4269,34
		Energía del ventilador del condensador (útil +disipada)	---	2964,81
		Energía eléctrica del compresor (útil +disipada)	---	22769,79

Tabla 12. Balances de masa servicios auxiliares

OPERACIONES AUXILIARES DE SERVICIOS INDUSTRIALES			Masa [kg/cochada]	
Operación	Corriente	Descripción	Entrada	Salida
Generación de vapor	F53	Gas natural	24,78	---
	F54	Agua de reposición	823,27	---
	F55	Químico CHEM-AQUA 150	0,029	---
		Químico CBD 93 PLUS	0,026	---
		Químico CHEM-AQUA 900	0,028	---
	F56	Gases de combustión	---	525,79
	F57	Purga	---	100,48
		Retornos de condensados	180,72	---
F58	Aire	501,02	---	
F59	Vapor generado	---	903,59	
Sistema de banco de hielo (BH)	F60	Químico 1 CBD 92 PLUS	0,005071	---
		Químico MB- 1563	0,004943	---
		Químico 3 CHEM-AQUA 999	0,006002	---
		Químico 4 SL-20000 PLUS	0,005089	---
	F61	Recargas de amoniaco	0,001958	---
	F62	Agua de reposición	129,625	---
		Retornos aguas de enfriamiento	37915,425	---
	F63	Fugas o purgas de amoniaco	---	0,01958
	F64	Agua evaporada	---	103,7214
	F65	Purgas agua	---	25,9251
F66	Agua de enfriamiento de BH	---	37915,425	
Sistema del Chiller	F67	Químico 1 CBD 92 PLUS	0,003629	---
		Químico MB- 1563	0,003537	---
		Químico 3 CHEM-AQUA 999	0,004295	---
		Químico 4 SL-20000 PLUS	0,003642	---
	F68	Recargas de amoniaco	0,001635	---
	F69	Agua de reposición	93,353	---
		Retornos aguas de enfriamiento	18704,94	---
	F70	Fugas o purgas de amoniaco	---	0,001635
	F71	Agua evaporada	---	84,033
	F72	Purgas agua	---	9,335
F73	Agua de enfriamiento de Chiller	---	18704,94	

Tabla 13. Balances de energía servicios industriales

OPERACIONES AUXILIARES DE SERVICIOS INDUSTRIALES			Energía [kJ/cochada]	
Operación	Corriente	Descripción	Entrada	Salida
Generación de vapor	E26	Energía de las bombas de suministros químicos	715,12	---
		Energía de la bomba que suministra agua	11670,97	---
		Energía eléctrica del ventilador	5135,23	---
	E26*	Energía de las bombas para químicos (útil +disipada)	---	715,12
		Energía de la bomba que suministra agua (útil +disipada)	---	11670,97
		Energía eléctrica del ventilador (útil +disipada)	---	5135,23
Sistema de Bancos de Hielo	E27	Energía del ventilador del condensador	8706,18	---
		Energía de la bomba de recirculación	4353,09	---
		Energía de la bomba de refrigeración de culatas	2611,85	---
		Energía del compresor	52237,09	---
	E27*	Energía del ventilador del condensador (útil +disipada)	---	8706,18
		Energía de la bomba de recirculación (útil +disipada)	---	4353,09
		Energía de la bomba de refrigeración de culatas (útil +disipada)	---	2611,85
		Energía del compresor (útil +disipada)	---	52237,09
Sistema de Chiller	E28	Energía del ventilador del condensador	9108,81	---
		Energía de la bomba de recirculación	1262,46	---
		Energía de la bomba de refrigeración de culatas	2708,42	---
		Energía del compresor	78199,13	---
		Energía bomba enfriamiento agua-glicol	8497,02	---
	E28*	Energía del ventilador del condensador (útil +disipada)	---	9108,81
		Energía de la bomba de recirculación (útil +disipada)	---	1262,46
		Energía de la bomba de refrigeración de culatas (útil +disipada)	---	2708,42
		Energía del compresor (útil +disipada)	---	78199,13
		Energía bomba enfriamiento agua-glicol (útil +disipada)	---	8497,02

ANEXO D. RESULTADOS FISICOQUÍMICOS



**SERVICIOS INTEGRADOS PARA LA
INDUSTRIA DE ALIMENTOS Y EL
MEDIO AMBIENTE**
NIT. 804.016.152-8



REPORTE DE RESULTADOS

Ciudad y Fecha de emisión: Bucaramanga, 28 de noviembre de 2012		No. 034097
Solicitante: FRESKALECHE	Tipo de muestra: Agua	Identificación: LAVADO TANQUE ALMACENAMIENTO LECHE CRUDA
Dirección: PARQUE INDUSTRIAL KM. 3 VIA CHIMITA	Descripción: Agua Residual	Responsable de muestreo: SOLICITANTE
Teléfono: 6761761	Lugar de muestreo: PLANTA	Procedimiento de muestreo: SOLICITANTE
Fecha de muestreo: 17 de noviembre de 2012	Fecha de recepción: 17 de noviembre de 2012	Tamaño de la muestra: 4500 ml
Fecha de análisis: 17 - 27 de Noviembre de 2012	Análisis solicitado: Físicoquímico	Envase o empaque: Plástico / vidrio
Condiciones de la muestra: Adecuada	Tipo de muestreo: Puntual	Plan de muestreo: //

ANÁLISIS FISICOQUÍMICO

VARIABLE	MÉTODO	RESULTADOS	UNIDADES
pH (25 °C)	St. Mth. 4500 H+ B	12,37	Unid. pH
*DQO	St Mth. 5220 C	2516	mg O ₂ /L
*DBO ₅	St Mth. 5210 B	1777	mg O ₂ /L
*GRASAS Y ACEITES	St Mth. 5520 D	5633	mg/L
*SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	St Mth. 2540 D	420	mg/L

* Parámetros acreditados por IDEAM Res. 2696/12
OBSERVACIONES: St Mth: STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. AWWA, WEF, APHA 22th.

Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de SIAMA



Elaboró	 A. XIOMARA CONTRERAS O. COORDINADOR DE CALIDAD ING. BIOTECNOLÓGICO. Registro No.32423	Revisó:	 ALBIO ENRIQUE ESPINOSA SAFAR QUÍMICO PQ 0996
Código	R-051	Versión	0.1
Fecha	22/05/2009		Página
			1 de 1



**SERVICIOS INTEGRADOS PARA LA
INDUSTRIA DE ALIMENTOS Y EL
MEDIO AMBIENTE**
NIT. 804.016.152-8



REPORTE DE RESULTADOS

Ciudad y Fecha de emisión: Bucaramanga, 27 de noviembre de 2012		No. 034093	
Solicitante: FRESKALECHE	Tipo de muestra: Agua	Identificación: DESCREMADORA PASTEURIZACIÓN DE LECHE	
Dirección: PARQUE INDUSTRIAL KM. 3 VIA CHIMITA	Descripción: Agua Residual	Responsable de muestreo: SOLICITANTE	
Teléfono: 6761761	Procedimiento de muestreo: SOLICITANTE	Tamaño de la muestra: 4500 ml	
Lugar de muestreo: PLANTA	Envase o empaque: Plástico	Plan de muestreo: //	
Fecha de muestreo: 17 de noviembre de 2012	Tipo de muestreo: Puntual		
Fecha de recepción: 17 de noviembre de 2012			
Fecha de análisis: 17 - 26 de Noviembre de 2012			
Análisis solicitado: Físicoquímico			
Condiciones de la muestra: Adecuada			

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

VARIABLE	MÉTODO	RESULTADOS	UNIDADES
pH (25 °C)	St. Mth. 4500 H+ B	3,71	Unid. pH
*DQO	St Mth. 5220 C	38886	mg O ₂ /L
*DBO ₅	St Mth. 5210 B	26358	mg O ₂ /L
*GRASAS Y ACEITES	St Mth. 5520 D	30,4	mg/L
*SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	St Mth. 2540 D	14660	mg/L

* Parámetros acreditados por IDEAM Res. 2696/12

OBSERVACIONES: St Mth: STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. AWWA, WEF, APHA 22th.

Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de SIAMA



Elaboró: **A. XIOMARA CONTRERAS O.** Revisó: **ALBIO ENRIQUE ESPINOSA SAFAR**
COORDINADOR DE CALIDAD **QUÍMICO**
ING. BIOTECNOLÓGICO. Registro No.32423 **PQ 0996**

Código	R-051	Versión	0.1	Fecha	22/05/2009	Página	1 de 1
--------	-------	---------	-----	-------	------------	--------	--------



SERVICIOS INTEGRADOS PARA LA
INDUSTRIA DE ALIMENTOS Y EL
MEDIO AMBIENTE
NIT. 804.016.152-8



REPORTE DE RESULTADOS

Ciudad y Fecha de emisión: Bucaramanga, 27 de noviembre de 2012		No. 034095
Solicitante: FRESKALECHE	Tipo de muestra: Agua	
Dirección: PARQUE INDUSTRIAL KM. 3 VIA CHIMITA	Identificación: BACTOFUGADORA LECHE	
Teléfono: 6761761	Descripción: Agua Residual	
Lugar de muestreo: PLANTA	Responsable de muestreo: SOLICITANTE	
Fecha de muestreo: 17 de noviembre de 2012	Procedimiento de muestreo: SOLICITANTE	
Fecha de recepción: 17 de noviembre de 2012	Tamaño de la muestra: 4500 ml	
Fecha de análisis: 17 - 26 de Noviembre de 2012	Envase o empaque: Plástico / vidrio	
Análisis solicitado: Físicoquímico	Plan de muestreo: //	
Condiciones de la muestra: Adecuada	Tipo de muestreo: Puntual	

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

VARIABLE	MÉTODO	RESULTADOS	UNIDADES
pH (25 °C)	St. Mth. 4500 H+ B	3,51	Unid. pH
*DQO	St Mth. 5220 C	4465	mg O ₂ /L
*DBO ₅	St Mth. 5210 B	3294	mg O ₂ /L
*GRASAS Y ACEITES	St Mth. 5520 D	19,34	mg/L
*SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	St Mth. 2540 D	2370	mg/L

* Parámetros acreditados por IDEAM Res. 2696/12

OBSERVACIONES: St Mth: STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. AWWA, WEF, APHA 22th.

Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de SIAMA



Elaboró **A. XIOMARA CONTRERAS O.** Revisó: **ALBIO ENRIQUE ESPINOSA SAFAR**
COORDINADOR DE CALIDAD QUÍMICO
ING. BIOTECNOLÓGICO. Registro No.32423 PQ 0996

Código	R-051	Versión	0.1	Fecha	22/05/2009	Página	1 de 1
--------	-------	---------	-----	-------	------------	--------	--------



SERVICIOS INTEGRADOS PARA LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS Y EL MEDIO AMBIENTE
NIT. 804.016.152-8



REPORTE DE RESULTADOS

Ciudad y Fecha de emisión: Bucaramanga, 29 de noviembre de 2012		No. 034286
Solicitante: FRESKALECHE	Tipo de muestra: Agua	
Dirección: PARQUE INDUSTRIAL KM. 3 VIA CHIMITA	Identificación: LAVADO PASTEURIZADOR DE LECHE	
Teléfono: 6761761	Descripción: Agua Residual	
Lugar de muestreo: PLANTA	Responsable de muestreo: SOLICITANTE	
Fecha de muestreo: 21 de noviembre de 2012	Procedimiento de muestreo: SOLICITANTE	
Fecha de recepción: 21 de noviembre de 2012	Tamaño de la muestra: 4500 ml	
Fecha de análisis: 21 - 28 de Noviembre de 2012	Envase o empaque: Plástico / vidrio	
Análisis solicitado: Físicoquímico	Plan de muestreo: //	
Condiciones de la muestra: Adecuada	Tipo de muestreo: Puntual	

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

VARIABLE	MÉTODO	RESULTADOS	UNIDADES
pH (25 °C)	St. Mth. 4500 H+ B	12,72	Unid. pH
*DQO	St Mth. 5220 C	986	mg O ₂ /L
*DBO ₅	St Mth. 5210 B	774	mg O ₂ /L
*GRASAS Y ACEITES	St Mth. 5520 D	893	mg/L
*SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	St Mth. 2540 D	208	mg/L

* Parámetros acreditados por IDEAM Res. 2696/12
OBSERVACIONES: St Mth: STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. AWWA, WEF, APHA 22th.
 Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de SIAMA



Elaboró **A. XIOMARA CONTRERAS O.** Revisó: **ALBIO ENRIQUE ESPINOSA SAFAR**
 COORDINADOR DE CALIDAD QUÍMICO
 ING. BIOTECNOLÓGICO. Registro No.32423 PQ 0996

Código	R-051	Versión	0.1	Fecha	22/05/2009	Página	1 de 1
--------	-------	---------	-----	-------	------------	--------	--------



**SERVICIOS INTEGRADOS PARA LA
INDUSTRIA DE ALIMENTOS Y EL
MEDIO AMBIENTE**
NIT. 804.016.152-8



REPORTE DE RESULTADOS

Ciudad y Fecha de emisión: Bucaramanga, 27 de noviembre de 2012		No. 034094
Solicitante: FRESKALECHE	Tipo de muestra: Agua	
Dirección: PARQUE INDUSTRIAL KM. 3 VIA CHIMITA	Identificación: LAVADO TANQUE ALMACENAMIENTO LECHE PASTEURIZADA	
Teléfono: 6761761	Descripción: Agua Residual	
Lugar de muestreo: PLANTA	Responsable de muestreo: SOLICITANTE	
Fecha de muestreo: 17 de noviembre de 2012	Procedimiento de muestreo: SOLICITANTE	
Fecha de recepción: 17 de noviembre de 2012	Tamaño de la muestra: 4500 ml	
Fecha de análisis: 17 - 26 de Noviembre de 2012	Envase o empaque: Plástico	
Análisis solicitado: Fisicoquímico	Plan de muestreo: //	
Condiciones de la muestra: Adecuada	Tipo de muestreo: Puntual	

ANÁLISIS FISICOQUÍMICO

VARIABLE	MÉTODO	RESULTADOS	UNIDADES
pH (25 °C)	St. Mth. 4500 H+ B	12,97	Unid. pH
*DQO	St Mth. 5220 C	1252	mg O ₂ /L
*DBO ₅	St Mth. 5210 B	809	mg O ₂ /L
*GRASAS Y ACEITES	St Mth. 5520 D	40,78	mg/L
*SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	St Mth. 2540 D	67103	mg/L

* Parámetros acreditados por IDEAM Res. 2696/12

OBSERVACIONES: St Mth: STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. AWWA, WEF, APHA 22th.

Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de SIAMA



Elaboró **A. XIOMARA CONTRERAS O.** Revisó: **ALBIO ENRIQUE ESPINOSA SAFAR**
COORDINADOR DE CALIDAD **QUÍMICO**
ING. BIOTECNOLÓGICO. Registro No.32423 **PQ 0996**

Código	R-051	Versión	0.1	Fecha	22/05/2009	Página	1 de 1
--------	-------	---------	-----	-------	------------	--------	--------



**SERVICIOS INTEGRADOS PARA LA
INDUSTRIA DE ALIMENTOS Y EL
MEDIO AMBIENTE**
NIT. 804.016.152-8



REPORTE DE RESULTADOS

Ciudad y Fecha de emisión: Bucaramanga, 28 de noviembre de 2012		No. 034096
Solicitante: FRESKALECHE	Tipo de muestra: Agua	
Dirección: PARQUE INDUSTRIAL KM. 3 VIA CHIMITA	Identificación: LAVADO PROCESO DE KUMIS	
Teléfono: 6761761	Descripción: Agua Residual	
Lugar de muestreo: PLANTA	Responsable de muestreo: SOLICITANTE	
Fecha de muestreo: 17 de noviembre de 2012	Procedimiento de muestreo: SOLICITANTE	
Fecha de recepción: 17 de noviembre de 2012	Tamaño de la muestra: 4500 ml	
Fecha de análisis: 17 - 27 de Noviembre de 2012	Envase o empaque: Plástico / vidrio	
Análisis solicitado: Físicoquímico	Plan de muestreo: //	
Condiciones de la muestra: Adecuada	Tipo de muestreo: Puntual	

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

VARIABLE	MÉTODO	RESULTADOS	UNIDADES
pH (25 °C)	St. Mth. 4500 H+ B	11,79	Unid. pH
*DQO	St Mth. 5220 C	3676	mg O ₂ /L
*DBO ₅	St Mth. 5210 B	2063	mg O ₂ /L
*GRASAS Y ACEITES	St Mth. 5520 D	51,9	mg/L
*SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	St Mth. 2540 D	342	mg/L

* Parámetros acreditados por IDEAM Res. 2696/12

OBSERVACIONES: St Mth: STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. AWWA, WEF, APHA 22th.

Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de SIAMA



Elaboró	 A. XIOMARA CONTRERAS O. COORDINADOR DE CALIDAD ING. BIOTECNOLÓGICO. Registro No.32423	Revisó:	 ALBIO ENRIQUE ESPINOSA SAFAR QUÍMICO PQ 0996				
Código	R-051	Versión	0.1	Fecha	22/05/2009	Página	1 de 1

ANEXO E. CUANTIFICACIÓN AGUAS DE LAVADO

TABLA 14. Volúmenes a utilizar para el cálculo de agua de lavado

Descripción	Volumen [L]
Volumen de una cochada de leche [L]	6087,2
Volumen del tanque de leche cruda [L]	50000
Volumen de leche pasteurizada por día [L]	153846
Volumen del tanque leche pasteurizada para derivados [L]	12000
Volumen de kumis por día [L]	6915,19

15. Lavado de tanques de almacenamiento de leche cruda

LAVADO TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE LECHE CRUDA										
Consumo en el lavado	Tiempo [h]	Caudal [L/h]	Temperatura [°C]	Densidad [kg/L]	Masa [kg]	Masa [kg/cochada]	Salida al alcantarillado	Se acumula en tanques de lavado CIP	Reposición por lavado [kg]	
Enjuague inicial	0,1	20000	25	1,12	10453	1136,3	X			
Soda caustica al 98%	0,33	20000	80						X	1,63
Enjuague intermedio	0,17	20000	25	1,12				X		
Ácido	0,33	20000	70						X	0,34
Enjuague final	0,2	20000	25	1,12				X		
Vapor	0,34	358,2	2080		60,607					
Vapor condensado	0,34	358,2	82		60,607					
Vapor retorno condensado					12,121					
Vapor pérdidas					48,486					

Tabla 16. Lavado de recibo y procesamiento de leche para derivados

LAVADO DE RECIBO Y PROCESAMIENTO DE LECHE PARA DERIVADOS LÁCTEOS										
Consumo en el lavado	Tiempo [h]	Caudal [L/h]	Temperatura [°C]	Densidad [kg/L]	Masa [kg]	Masa [kg/cochada]	Salida al alcantarillado	Se acumula en tanques de lavado CIP	Reposición Por lavado [kg]	
Enjuague inicial	0,1	10000	25	1,14	13136	455,93	X			
Soda caustica al 98%	0,33	10000	80						X	1,63
Enjuague intermedio	0,17	10000	25	1,14				X		
Ácido	0,33	10000	70						X	0,34
Enjuague final	0,2	10000	25	1,14				X		
Vapor	0,34	358,2	2080		60,607					
Vapor condensado	0,34	358,2	82		60,607					
Vapor retorno condensado					12,121					
Vapor pérdidas					48,486					

Tabla 17. Consumo de agua para el funcionamiento de los equipos durante el lavado

CONSUMO DE AGUA EN LAVADO PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO				
Descripción	Caudal [L/h]	Tiempo [h]	Densidad [kg/L]	Masa [kg/cochada]
Agua de la bomba de maniobra de la descremadora	138	1,717	1	236,946
Agua de la bomba de maniobra de la bactofugadora	138	1,717	1	236,946
Agua de la bomba de vacío del desodorizador	403,2	1,717	1	692,2944

Tabla 18. Lavado de tanques de almacenamiento de leche pasteurizada

LAVADO TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE LECHE PASTEURIZADA										
Consumo en el lavado	Tiempo [h]	Caudal [L/h]	Temperatura [°C]	Densidad [kg/L]	Masa [kg]	Masa [kg/cochada]	Salida al alcantarillado	Se acumula en tanques de lavado CIP	Reposición por lavado [kg]	
Enjuague inicial	0,1	20000	25	1,11	10313	4666,6	X			
Soda caustica al 98%	0,33	20000	80						X	1,63
Enjuague intermedio	0,17	20000	25	1,11					X	
Ácido	0,33	20000	70						X	0,34
Enjuague final	0,2	20000	25	1,11					X	
Vapor	0,34	358,2	2080		60,607					
Vapor condensado	0,34	358,2	82		60,607					
Vapor retorno condensado					12,121					
Vapor pérdidas					48,486					

Tabla 19. Consumo de agua de lavado para funcionamiento de equipo.

CONSUMO DE AGUA EN LAVADO PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO				
Descripción	Caudal [L/h]	Tiempo [h]	Densidad [kg/L]	Masa [kg/cochada]
Agua del homogenizador	70,35	2,67	1	187,83

Tabla 20. Lavado de tanques de almacenamiento de leche pasteurizada

LAVADO DEL SUBPROCESO DE ELABORACIÓN DE KUMIS									
Consumo en el lavado	Tiempo [h]	Caudal [L/h]	Temperatura [°C]	Densidad [kg/L]	Masa [kg]	Masa [kg/cochada]	Salida al alcantarillado	Se acumula en tanques de lavado CIP	Reposición por lavado [kg]
Enjuague inicial	0,17	20000	25	1,1	28600	28600	X		
Soda caustica al 98%	0,5	20000	80				X		10
Enjuague intermedio	0,5	20000	25	1,1			X		
Ácido	0,5	20000	70				X		16,85
Enjuague final	0,5	20000	25	1,1			X		
Vapor					210				
Vapor condensado					210				
Vapor retorno condensado					42				
Vapor pérdidas					168				

Durante los lavados con el sistema de limpieza CIP algunos equipos se encuentran encendidos por lo tanto su consumo de energía también se tiene en cuenta en el consumo de energía de lavados.

Tabla 21. Consumo de energía en lavado de tanques y procesamiento de leche para derivados

CONSUMO DE ENERGIA EN LAVADOS DE TANQUES Y PROCESAMIENTO DE LECHE PARA DERIVADOS					
Operación	Descripción	Caudal [L/h]	Potencia [kW]	Tiempo [h]	Energía [kJ]
Calentamiento 1	Energía eléctrica bomba del pasteurizador leche	10000	2,9333	1,717	18131,52
Descremado	Energía eléctrica del motor de descremadora		24,6667	1,717	152469,6
	Energía bomba de maniobra de la descremadora	138	1,1882	1,717	7344,72

Tabla 21. Continuación consumo de energía en lavado de tanques y procesamiento de leche para derivados

CONSUMO DE ENERGIA EN LAVADOS DE TANQUES Y PROCESAMIENTO DE LECHE PARA DERIVADOS					
Operación	Descripción	Caudal [L/h]	Potencia [kW]	Tiempo [h]	Energía [kJ]
Bactofugación	Energía de bomba de maniobra de la bactofugadora		1,1882	1,717	7344,72
	Energía eléctrica del motor bactofugadora		24,6667	1,717	152469,6
Desodorización	Energía eléctrica de bomba de vacío		1,7647	1,717	10908
CIP	Energía bomba CIP pasteurizador	10000	6,470588	1,717	39996
	Energía bomba CIP tanques de almacenamiento	20000	2,588235	1,13333	10560
	Energía bomba CIP retorno tanques de almacenamiento	20000	4,916594	1,13333	20059,7
TOTAL ENERGIA PARA UN VOLUMEN DE LECHE PASTEURIZADA/DÍA DE 153846 L					419283,9

La bomba del CIP pasteurizador es la que envía el agua de lavado a recibo y procesamiento de leche para derivados lácteos. Como este lavado es para 8

operaciones, se le asignó la energía de la bomba del CIP pasteurizador a cada operación.

Tabla 22. Energía bomba de CIP

Energía de la bomba del CIP para un volumen de 153846 L asignada a cada operación [kJ]	4999,5
--	--------

Tabla 23. Consumo de energía en lavado por operación

CONSUMO DE ENERGÍA DE LAVADO POR OPERACIÓN		CONSUMO DE ENERGÍA DE LAVADO POR OPERACIÓN PARA UNA COCHADA DE KUMIS
Operación	Energía [kJ]	Energía [kJ/ cochada]
Filtro	4999,50	197,8341695
Enfriamiento 1	4999,5	197,8341695
Calentamiento 1	23131,02	915,2212262
Descremadora	164813,82	6521,16104
Bactofugadora	164813,82	6455,134284
Desodorizador	15907,50	620,3931204
Calentamiento 2	4999,5	194,980695
Enfriamiento 2	4999,5	194,980695
Tanque almacenamiento leche cruda	30619,70	3727,764404
Tanque almacenamiento pasteurizada	30619,70	1211,52
TOTAL DE ENERGIA/COCHADA		20236,82845

El lavado del subproceso de elaboración de kumis no tiene un sistema de limpieza CIP, que permita realizar los lavados individuales por secciones del proceso cuando la operación lo requiera, sino que se realiza por medio del pasteurizador. Por lo tanto, para el lavado de elaboración de kumis, se consume la energía de los equipos en funcionamiento que se encuentran en la Tabla 24

Tabla 24. Consumo de energía en lavado del subproceso de elaboración de kumis

CONSUMO DE ENERGIA EN LAVADOS SUBPROCESO DE ELABORACIÓN DE KUMIS				
Operación	Descripción	Potencia [kW]	Tiempo [h]	Energía [kJ/cochada]
Mezclado	Energía eléctrica Bomba tolva de mezcla	2,69	2,67	25824
Pasteurización	Energía eléctrica de Bomba del pasteurizador kumis	3,6	2,67	34560
Homogenización	Energía eléctrica del motor del homogenizador	40	2,67	384000
	Energía de la bomba de agua potable del homogenizador	0,019	2,67	182,4
Fermentación	Energía eléctrica de bomba del fermentador	3,51	2,67	33696
TOTAL ENERGIA				478262,4

A cada una de las tres operaciones que hacen parte del pasteurizador se le asignó la energía de la bomba del pasteurizador de kumis. A continuación se indican los valores del consumo de energía de lavados del kumis en la Tabla 25

Tabla 25. Consumo de energía del lavado por operación para una cochada de kumis

CONSUMO DE ENERGIA DE LAVADO POR OPERACIÓN PARA UNA COCHADA DE KUMIS	
Operación	Energía [k J/cochada]
Mezclado	25824
Calentamiento 3	11520
Homogenizador	384182,4
Calentamiento 4	11520
Enfriamiento 3	11520
Fermentación	33696
TOTAL ENERGIA DE LAVADO DEL SUBPROCESO DE KUMIS	478262,4

ANEXO F. BALANCE DE MASA EN LA CALDERA

Para cuantificar la carga ambiental de los gases de combustión en el ecobalance se realizó un balance de masa a la caldera. Para ello se definieron las corrientes de entrada y salida del sistema de estudio y se calculó los gramos/cochada de kumis de CO, CO₂, NO, NO₂. Los flujos de entrada de la caldera son aire y gas natural suministrado por gasoriente y el flujo de salida son gases de combustión. Los análisis de los gases de combustión dados por la empresa K2 ingeniería son:

Effic: 88,2%	CO: 15 PPM	Draft : 0.0"
Amb Temp: 34 gradoscentigrados	CO ₂ : 8.4%	Ex Air: 31%
Stack T: 104 grados centigrados	HC: 0 PPM	NO _x : 21.1 PPM
	Oxigen: 5.0%	SO ₂ : 0 PPM

Las consideraciones que se tuvieron en cuenta para el balance de masa fueron:

Se tomó como base de cálculo el tiempo que dura la caldera en generar el vapor requerido, para producir una cochada equivalente a 6915,19 kg de kumis, que es de 0,27 horas.

- El 95% de los NO_x equivale a NO y el restante a NO₂ (López J. 2006).
- El nitrógeno que reacciona es del combustible.
- Se realizó el balance elemental asumiendo que el carbono de los gases vienen del metano, etano y propano del gas natural y que todo el carbono del metano, etano y propano pasa a CO₂ y CO.
- La composición del gas natural considerada para el balance (Tabla 26).

Tabla 26. Composición molar gas natural

Gas natural	
Compuesto	% Molar
N2	0,5099
METANO	92,5477
ETANO	5,3778
PROPANO	1,5646

Por balance elemental se obtuvo la siguiente composición de gas natural

Tabla 27. Composición molar gas natural obtenido

Gas natural	
Compuesto	% Molar
N2	0,0362189
METANO	89,0213811
ETANO	7,3778
PROPANO	3,5646

Calculadas las fracciones molares de los componentes de gases de combustión y las moles de gases de combustión se obtuvieron las moles para cada componente

Tabla 28. Composición molar emisiones

GASES DE COMBUSTION		
Componente	Moles	Masa [g/cochada]
C O	0,41189026	11,53292726
CO2	1467,82711	64584,39268
NO	0,51372784	15,41183513
NO2	0,01763368	0,811149218