

**DESARROLLO DE UNA PROPUESTA DE APROVECHAMIENTO DE LOS
RESIDUOS GRASOS LÁCTEOS PROVENIENTES DE LA EMPRESA
LEVELMA S.A.S.**

ANDRÉS CAMILO OSORIO CISNEROS
LAURA ALEXANDRA MARTÍNEZ CASTRO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ D.C
2017

**DESARROLLO DE UNA PROPUESTA DE APROVECHAMIENTO DE LOS
RESIDUOS GRASOS LÁCTEOS PROVENIENTES DE LA EMPRESA LEVELMA
S.A.S.**

**ANDRÉS CAMILO OSORIO CISNEROS
LAURA ALEXANDRA MARTÍNEZ CASTRO**

**Proyecto integral de grado para optar por el título de
INGENIERO QUÍMICO**

**Director
OSCAR TEQUIA
Ingeniero de producción**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ D.C
2017**

Nota de Aceptación

Orientador. Ing. Oscar Lombana

Ing. Diana Morales

Ing. Juan Camilo Celis

Bogotá, agosto de 2017.

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro:

Dr. JAIME POSADA DIAZ

Vice-rector de Desarrollo y Recursos Humanos:

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA PEÑA

Vice- rectora Académica y de Posgrados:

Dra. ANA JOSEFA HERRERA VARGAS

Secretario General:

Dr. JUAN CARLOS POSADA GARCÍA PEÑA

Decano Facultad de Ingeniería:

Dr. JULIO CESAR FUENTES ARISMENDI

Director (E) Facultad de Ingeniería de Petróleos:

Dr. LEONARDO DE JESÚS HERRERA GUTIÉRREZ

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente al autor.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

La empresa Levelma S.A.S, por permitir el desarrollo de este proyecto junto con ellos y a las personas que laboran allí por la ayuda prestada.

Al ingeniero Oscar Tequia por su apoyo y por brindar toda la información requerida para el desarrollo del proyecto.

A todas las personas que de una u otra manera brindaron orientación y apoyo durante el desarrollo del proyecto.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	15
OBJETIVOS	16
1. MARCO DE REFERENCIA	17
1.1 MARCO TEÓRICO	17
1.1.1 Residuos en industrias lácteas	17
1.1.2 Trampa de grasa	18
1.1.3 Separación de sólidos	19
1.2 MARCO CONCEPTUAL	19
2. GENERALIDADES	21
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	21
2.2 LÍNEAS DE PRODUCCIÓN	23
2.2.1 Línea de producción de quesos	23
2.2.2 Línea de productos fermentados	25
2.2.3 Línea de derivados lácteos	26
2.2.4 Producción de helados	28
3. DIAGNOSTICO ACTUAL DEL PROCESO DE ELIMINACIÓN DE RESIDUOS	29
3.1 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR)	29
3.1.1 Trampas de grasa	29
3.1.2 Tanques de clarificación	30
3.1.3 Piscina de lodos	31
4. GRASAS Y ACEITES	33
4.1 CARACTERÍSTICA DE LA MUESTRA	33
4.1.1 Toma de la muestra	33
4.2 ANÁLISIS DE MUESTRA A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN REALIZADA POR BIOTRENDS	34
4.2.1 Humedad	34
4.2.2 Grasas	34
4.2.3 Índice de yodo	35
4.2.4 Índice de peróxidos	35
4.2.5 Ph	35
4.2.6 Acidez libre	35
4.2.7 Índice de Saponificación	36
5. ALTERNATIVAS PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS GRASOS	37
5.1 GRASAS LUBRICANTES	37

5.1.2 COMPONENTES DE LAS GRASAS LUBRICANTES	39
5.1.2.1 Aceite base	39
5.1.2.2 Espesantes	40
5.1.2.3 Aditivos	42
5.2 CERAS PARA PISOS	44
5.3 JABON INDUSTRIAL	45
5.3.1 Métodos para la produccion de jabón	46
5.3.2 Estructura molecular del jabón	47
6. SELECCIÓN DE UNA ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS GRASOS LÁCTEOS	49
6.1 MATRIZ DE SELECCIÓN	49
6.1.1 Criterios de selección	49
6.2 RELACIÓN FACTORES FISICOQUÍMICOS- ALTERNATIVAS SELECCIONADAS	50
6.2.1 Grasas lubricantes	50
6.2.2 Cera para pisos	51
6.2.3 Jabón industrial	52
7. FABRICACIÓN DE JABÓN A NIVEL LABORATORIO.	57
7.1 Diseño de experimentos	57
7.2 PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE JABÓN SOLIDO	59
7.2.1 Cálculos	59
7.2.2 Procedimiento	60
7.2.3 Elaboración de jabón sólido	63
7.3 PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE JABÓN LIQUIDO	68
7.3.1 Procedimiento	68
7.3.2 Elaboracion de jabon liquido	71
7.4 ANALISIS DE RESULTADOS	74
8. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS GRASOS LÁCTEOS	76
8.1 EQUIPOS NECESARIOS PARA EL PROCESO DE PRODUCCIÓN	77
8.1.1 Horno Industrial	77
8.1.2 Tanque con agitación continua	79
8.1.3 Moldes y enfriamiento	81
8.2 ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS	82
8.3 DIMENSIONES HORNO	82
8.4 DIMENSIONES TANQUE	82
8.5 BALANCE DE MATERIA	86
8.6 DIMENSIONES ARMARIO Y MOLDES	87

9. ANÁLISIS DE COSTOS DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RESIDUO GRASO LÁCTEO PROVENIENTE DE LEVELMA SAS	90
9.1 COSTOS DE LEVELMA EN LA ACTUALIDAD	90
9.1.1 Lavado PTAR.	91
9.1.2 Lavado equipos	91
9.1.3 Costos por disposición	91
9.2 COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE LA ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO	92
9.2.1 Equipos nuevos en el proceso	93
9.3 COSTO DE ENERGÍA POR CONCEPTO DE OPERACIÓN DE LOS EQUIPOS	93
9.3.1 Horno	94
9.3.1.1 Balance de energía	94
9.3.2 Agitador del tanque	96
9.4 MATERIAS PRIMAS	97
10. CONCLUSIONES	99
11. RECOMENDACIONES	101
BIBLIOGRAFÍA	102
ANEXOS	103

GLOSARIO

ANÁLISIS FISCOQUÍMICO: pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar sus características físicas y químicas

ÁCIDO GRASO: nombre común de un grupo de ácidos orgánicos, con un único grupo carboxilo (-COOH), entre los que se encuentran los ácidos saturados (hidrogenados) de cadena lineal producidos por la hidrólisis de las grasas.

DUREZA: este término hace referencia a la oposición que tienen los materiales a ser penetrados, a sufrir abrasión o rayado del mismo.

EFLUENTE: agua o cualquier otro líquido, en su estado natural o tratado total o parcialmente, que sale de un tanque de almacenamiento, depósito o planta de tratamiento.

ESPESANTE: agente que tiene una estructura en forma de esponja la cual permite que el lubricante se adhiera a los poros, su función es actuar de manera permeable a modo de depósito de aceite.

GRASA LUBRICANTE: es un material semifluido formado por un agente espesante, un aceite base y, normalmente, una serie de aditivos. La naturaleza y porcentajes de los componentes de la grasa dependen mucho de las aplicaciones para las cuales va a estar destinada.¹

GRASAS Y ACEITES: grupo de compuestos orgánicos existentes en la naturaleza que consisten en ésteres formados por tres moléculas de ácidos grasos y una molécula del alcohol glicerina.

HOMOGENEIZACIÓN: este término se emplea en campos como la química para hacer referencia a un proceso por el cual se hace que una mezcla presente las mismas propiedades en toda la sustancia.

ÍNDICE: este término hace referencia a un intervalo en ocasiones adimensional que hace referencia al control de parámetros químicos.

LACTO-SUERO: es un subproducto líquido obtenido después de la precipitación de la caseína durante la elaboración del queso. Contiene principalmente lactosa, proteínas como sustancias de importante valor nutritivo, minerales, vitaminas y grasa².

¹ ARANZABE Estibaliz, MÁLAGA Adolfo. Grasas lubricantes. En: http://lubrication-management.com/wp-content/uploads/sites/3/2014/07/Principios_basicos_grasas_lubricantes_ES.pdf.

² HUERTAS PARRA, Ricardo Alfonso. Lactosuero: Importancia en la industria de alimentos. Revista facultad nacional de agronomía. Vol.62, Número 1. ISSN electrónico2248-7026.

LUBRICANTE: móviles y forma asimismo una película que impide su contacto, permitiendo su movimiento incluso a elevadas temperaturas y presiones.

MATERIA INSAPONIFICABLE: aquellas sustancias que se encuentran frecuentemente disueltas en grasas y aceites y las cuales no pueden ser saponificadas por el tratamiento cáustico normal, pero que son solubles en solventes de aceites y grasas. Incluidas en este grupo de compuestos están los alcoholes alifáticos de cadena larga, esteroides, pigmentos e hidrocarburos³.

SAPONIFICACIÓN: reacción de hidrólisis en medio alcalino, que consiste en la descomposición de un éster en el alcohol y la sal alcalina del ácido carboxílico correspondientes.

PRODUCCIÓN LIMPIA: aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada en los procesos productivos, los productos y los servicios, para reducir los riesgos relevantes a los humanos y al medio ambiente⁴.

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR): las PTAR son unidades de transformación de los efluentes industriales y domésticos, o sea, unidades de transformación de la materia orgánica, y en algunos casos de separación de un componente mineral.⁵

³ AGUILAR ROMO, Miguel. Alimentos- aceites y grasas vegetales o animales- Determinación de materia Insaponificable. Secretaría de economía, México D.F. 2006.

⁴ ONUDI. Introducción a la producción más limpia, En: Manual de producción más limpia

⁵ CONIL, Philippe. Avances conceptuales para el tratamiento de las aguas residuales domésticas (A.R.D.) en el trópico, y estudio de casos.

RESUMEN

En el presente trabajo de grado muestra el desarrollo de una propuesta de aprovechamiento de los residuos grasos lácteos provenientes de la empresa LEVELMA en el municipio de Cajicá.

El proyecto inicia con el diagnóstico de una muestra de los residuos grasos lácteos, los cuales fueron enviados al laboratorio BIOTRENDS S.A.S, posteriormente fueron analizados los resultados fisicoquímicos obtenidos, tales como el porcentaje de humedad, acidez libre, pH, porcentaje de grasas presentes, etc., los cuales fueron comparados con la bibliografía para de esta manera obtener diferentes alternativas para su posterior aprovechamiento.

Una vez finalizada la revisión bibliográfica se plantearon 3 alternativas para el aprovechamiento de los residuos y que su vez estas permitieran generar una innovación en el uso de tecnologías limpias, esto se resultó mediante una matriz de selección, la cual arrojó la alternativa que mejor se ajustaba a las necesidades de la empresa.

Una vez seleccionada la alternativa de aprovechamiento se procedió a realizar la revisión bibliográfica con referente a la alternativa seleccionada, luego la parte experimental, la cual se llevó a cabo en dos etapas, la primera con la elaboración de jabón industrial en barra y la segunda con la elaboración de jabón líquido.

Por último, se realizaron todas las especificaciones técnicas necesarias para la implementación del proyecto por parte de la empresa LEVELMA y se realizó un análisis de costos teniendo en cuenta los gastos presentes antes y después de desarrollo del proyecto.

PALABRAS CLAVES: Residuos grasos, residuo lácteo, aprovechamiento, saponificación, trampa de grasas.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad se puede evidenciar la evolución que ha tenido la industria encargada de la producción de diferentes productos que brindan un beneficio para sus consumidores, así mismo se puede evidenciar las múltiples problemáticas entre estas ambientales, que han ido en aumento de la mano de dicha evolución, es por esto que es necesario tomar medidas que contribuyan al control de estas problemáticas, una medida a tener en cuenta es el manejo de los residuos dispuestos por los diferentes sectores de producción, es importante innovar en técnicas que permitan aprovechar los residuos obtenidos de estos, sin dejar de lado que la implementación de dichas técnicas pueden generar un beneficio no solo con el cuidado del medio ambiente, sino también un beneficio económico que sería de gran ventaja para cualquier empresa que desee implementarlo.

La industria moderna ha provocado un desarrollo económico y social, el cual es beneficioso para cierto número de sectores, pero no tan afortunado para aquellos que se encargan de su control, el escaso control de dicha evolución hoy se puede ver representado en el deterioro de las fuentes hídricas, reservas naturales, agotamiento de recursos renovables y no renovables entre otras.

Teniendo en cuenta lo anterior es indispensable que la industria tenga más responsabilidad en cuanto su disposición de residuos, es necesario que cada vez sea aún mayor el número de industrias que tengan entre sus portafolios el aprovechamiento de sus residuos con el uso de tecnologías limpias con el fin de minimizar el impacto de que tienen estos en el medio ambiente, buscando no solo un beneficio individual, sino también un beneficio común.

En este proyecto se muestra una alternativa, específicamente el aprovechamiento de los residuos grasos lácteos provenientes de la empresa LEVELMA S.A.S en la producción de jabón industrial, esto con el objetivo de incursionar en el uso de tecnologías limpias, generando que la empresa sea pionera en cuanto esto frente a otras empresas de la región.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una propuesta de aprovechamiento de los residuos grasos lácteos provenientes de la empresa LEVELMA SAS.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar el residuo graso lácteo proveniente de la empresa LEVELMA S.A.S.
- Seleccionar de manera teórica una alternativa de aprovechamiento del residuo.
- Evaluar la alternativa seleccionada por medio de desarrollo experimental a nivel laboratorio.
- Establecer las especificaciones técnicas de la alternativa seleccionada.
- Realizar análisis de costos de la alternativa seleccionada.

1. MARCO DE REFERENCIA

En este capítulo se desarrolla toda la información necesaria para realizar la comparación teórica indispensable en cuanto los diferentes factores que pueden influir en la toma de decisión para el aprovechamiento de los residuos grasos lácteos provenientes de la empresa Levelma S.A.S., de igual manera se identifican algunos de los términos claves para el desarrollo de la propuesta.

1.1 MARCO TEÓRICO

Los residuos generados en el sector lácteo son un problema ambiental hoy en día en gran parte por su mala disposición, puesto que algunos de estos son evacuados por el alcantarillado generando taponamiento de las tuberías, otros son almacenados en condiciones inapropiadas generando malos olores y microorganismos los cuales pueden llegar a ser perjudiciales para quienes traten con estos.

Gran parte de los residuos aportados por este sector son de carácter inorgánico, principalmente residuos de empaques y embalajes proveniente tanto de materias primas como secundarias y de sus productos finales, también se generan residuos de carácter orgánico provenientes de los procesos de producción de los diferentes productos que se tengan en la empresa, teniendo en cuenta que estos pueden contener cierto porcentaje de residuos relacionados a las procesos de limpieza y mantenimiento, es de vital importancia darle un manejo adecuado a este tipo de residuos puesto que pueden generar grandes problemas de contaminación los cuales pueden ser desde multas hasta problemas de sanidad.

Cabe resaltar que al darle un uso adecuado a los residuos orgánicos del sector lácteo se pueden generar diferentes alternativas que acompañadas de tecnologías limpias pueden ser un gran aporte para el cuidado del ambiente, de la misma manera permite que las diferentes empresas crezcan y tengan nuevas oportunidades de negocio.

La industria de los lácteos se encuentra ubicada dentro de las empresas con menos riesgo y tipo de contaminación al medio ambiente, esto quiere decir que no representa un peligro potencial al hábitat ni al entorno circundante, los desechos de estas industrias son tratados químicamente previo a la disposición en vertimientos con el fin de generar un menor impacto ambiental, obedeciendo los parámetros estipulados por la ley para el desecho de residuos, y de esta manera reduciendo el gasto de dinero por disposición de residuos.

1.1.1 Residuos en industrias lácteas.

- **Residuos sólidos:** A grandes rasgos la contaminación sólida de las industrias lácteas es muy baja, debido a que estos obedecen a los medios de

almacenamiento de los diferentes derivados lácteos, como plásticos, vidrio, cartón, empaques como Tetra pack*; en el cual sería decisión del consumidor final el cómo dispone de estos. Hay diferentes maneras de eliminar estos residuos de manera ideal como la reutilización de materiales o su reciclaje. Esta actividad no influye en la industria de producción de lácteos.

- **Residuos tóxicos:** En la industria de los lácteos no se encuentran componentes que sean tóxicos o peligrosos para los seres humanos, a menos de que sean contemplados los residuos de los químicos que son utilizados en laboratorios los cuales deben ser dispuestos de una manera responsable y en obediencia a una normatividad⁶.
- **Residuos líquidos:** En las industrias lácteas se producen a diario una gran cantidad de aguas residuales que pueden oscilar entre 5 y 10 litros de agua por cada Litro de leche tratada⁷. Gran cantidad de agua residual parte de la limpieza de equipos y elementos antes del proceso de producción por lo que se puede concluir que aparte de tener residuos lácteos contiene diferentes tipos de agentes químicos usados para la limpieza como agentes tenso-activos. En la fabricación de quesos es en donde los residuos contienen lacto-sueros, los cuales están constituidos por lactosa y proteínas de la leche, debido a esto en la mayoría de casos y plantas de producción, estos desechos son reutilizados, además de que tienen valor comercial, de esta manera se reduce la cantidad de desechos y aguas residuales que llegan a la planta de tratamiento de agua residual (PTAR*) y de esta manera el volumen tratado en ella.

En Levelma se realiza un tratamiento previo al residuo con el propósito de que sean retirados agentes que intervengan en el proceso de disposición y tratamiento de aguas antes de ser desechadas a alcantarillado.

1.1.2 Trampa de grasa. Como medida importante y previa a cualquier tipo de separación y/o tratamiento encontramos las trampas de grasa. Estas juegan un papel de vital importancia, ya que es en este paso en donde se da una separación de dos o más fases en estado acuoso por diferencia de densidades; el objetivo de ésta es separar el agua (sustancia polar) de las grasas y aceites que contiene el residuo (sustancias apolares).⁸

* TETRA PACK. Envase formado por 4 capas, generalmente papel o cartón más una capa de polietileno y otra de aluminio.

⁶ ANALES DE LA ACADÉMIA DE CIENCIAS VETERINARIAS DE ANDALUCIA ORIENTAL. Contaminación en la industria láctea, Vol. 8. Granada, España. 1995.

⁷ VILLENA, L.J. Contaminación en la industria láctea. Instituto de Academias de Andalucía, España. 1995. 14p.

* PTAR. Planta de tratamiento de aguas residuales.

⁸ <https://www.quiminet.com/articulos/las-trampas-de-grasa-y-su-funcion-3663042.htm> , [En línea], citado el 7 marzo 2016.

En este caso por tratarse de fabricación de derivados lácteos, el agua residual es rica en sustancias hidrofóbicas (lípidos); por este motivo, el tiempo mínimo de retención dentro de la trampa debe ser suficiente en donde se asegure la completa separación de las grasas y el agua.

1.1.3 Separación de sólidos. El fin de esta operación es garantizar que el agua residual pase sin residuos sólidos de gran tamaño que pudiesen perturbar el funcionamiento ideal de distintos equipos empleados en PTAR, esta separación se da por medio de distintos tipos de rejillas que retienen según el diámetro de la malla los sólidos.

1.2 MARCO CONCEPTUAL

A continuación, se encuentran los términos o conceptos que hacen parte y se encuentran a lo largo del documento, cuyo significado orienta al lector hacia el contexto del objetivo principal el cual habla sobre el aprovechamiento de los residuos lácteos grasos provenientes de la empresa Levelma S.A.S.

Ácido graso. Nombre común de un grupo de ácidos orgánicos, con un único grupo carboxilo (-COOH), entre los que se encuentran los ácidos saturados (hidrogenados) de cadena lineal producidos por la hidrólisis de las grasas.

Análisis fisicoquímico. Pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar sus características físicas y químicas.

Efluente. Agua o cualquier otro líquido, en su estado natural o tratado total o parcialmente, que sale de un tanque de almacenamiento, depósito o planta de tratamiento.

Grasa lubricante. Es un material semifluido formado por un agente espesante, un aceite base y, normalmente, una serie de aditivos. La naturaleza y porcentajes de los componentes de la grasa dependen mucho de las aplicaciones para las cuales va a estar destinada.

Grasas y aceites. Grupo de compuestos orgánicos existentes en la naturaleza que consisten en ésteres formados por tres moléculas de ácidos grasos y una molécula del alcohol glicerina.

Índice de peróxidos. El índice de peróxidos es una estimación del contenido de sustancias que oxidan el ioduro potásico y se expresa en términos de mili equivalentes de oxígeno activo por kg de grasa. Se asocia con la presencia de peróxidos derivados de los ácidos grasos presentes en la muestra.

Índice de saponificación. Indica los miligramos de potasio consumidos por gramo de materia de grasa. Es una sencilla volumetría que da idea de la

proporción de glicéridos en el total. La saponificación se hace con exceso de KOH alcohólica, cuya fracción no fijada se valora con HCl (fenolftaleína).

Índice de yodo. Indica la proporción de dobles enlaces en los radicales ácidos constituyente de la grasa.

Materia Insaponificable. Aquellas sustancias que se encuentran frecuentemente disueltas en grasas y aceites y las cuales no pueden ser saponificadas por el tratamiento cáustico normal, pero que son solubles en solventes de aceites y grasas. Incluidas en este grupo de compuestos están los alcoholes alifáticos de cadena larga, esteroides, pigmentos e hidrocarburos⁹.

Producción limpia. Aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada en los procesos productivos, los productos y los servicios, para reducir los riesgos relevantes a los humanos y al medio ambiente.

Saponificación. La saponificación es la formación de jabón por medio de la hidrólisis alcalina de una grasa. En la saponificación, los ácidos grasos se separan de la molécula a la que están esterificados (sea un glicerol o una esfingosina), y se forman sus sales respectivas¹⁰.

⁹ AGUILAR ROMO, Miguel. Alimentos- aceites y grasas vegetales o animales- Determinación de materia Insaponificable. Secretaria de economía, México D.F. 2006.

¹⁰ QUESADA MORA, Silvia. Manual de experimentos de laboratorio para bioquímica. EUNED. Costa Rica, 2007. 62p.

2. GENERALIDADES

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

La empresa Levelma S.A.S está dedicada principalmente a la producción y comercialización de productos y derivados lácteos cuyo portafolio contiene diferentes tipos de quesos, yogurt, kumis, mantequilla, postres y helados.

Levelma S.A.S tiene diferentes puntos de comercialización ubicados en distintas partes de la ciudad, son en total seis los cuales se encuentran localizados en los siguientes puntos de Bogotá:

- Levelma Colina - Avda. Calle 153 No.59 -15 L.124 y 125.
- Levelma CC. Santa Fe - Calle 185 No. 45 - 03 L.149.
- Levelma Belmira - Carrera 7a No.140-50 L.103.
- Levelma calle 170 - Calle 170 No. 20A – 64.
- Levelma Rosales - Carrera 4 No. 69A – 09.
- Levelma Cajicá - Kilometro 1 Vía Zipaquirá.

Las plantas de producción están ubicadas en la calle 170 y Cajicá en donde será realizado este proyecto de grado. Para el año 2017 la planta de Cajicá está constituida por un aproximado de 20 operarios de planta quienes llevan a cabo los procesos de operación de las diferentes líneas de producción y un aproximado de 6 personas en la parte administrativa.

En la figura 1 y figura 2 se mostrarán las ubicaciones geográficas de las plantas de producción de lácteos Levelma S.A.S.

2.2 LÍNEAS DE PRODUCCIÓN

En la planta Levelma S.A.S se busca la excelencia y la calidad tanto en los productos como en los procesos de producción, por este motivo se trabaja con altos estándares de calidad en los diferentes productos que manejan en el portafolio.

A continuación, se mostrarán los procesos de producción llevados a cabo en la planta de Cajicá; la cual está dividida en dos secciones dentro de la misma. La primera está constituida por los procesos de producción de quesos, productos fermentados y otros derivados lácteos como crema de leche y arequipe; la segunda abarca líneas de producción.

La planta está dividida en dos secciones, la primera es la planta principal que lleva por nombre Levelma, donde se encuentra el área de producción de quesos, fermentados, y derivados lácteos como arequipe y crema de leche; la segunda planta lleva por nombre Mantovani, donde se encuentra el área de producción de helados, mantequilla, rallado de queso parmesano y zona de cavas de quesos. Lácteos Levelma maneja 4 líneas de producción: quesos, fermentados, derivados lácteos y helados, en los cuales se centra este proyecto. A continuación, se encuentra la descripción general de los procesos anteriormente nombrados.

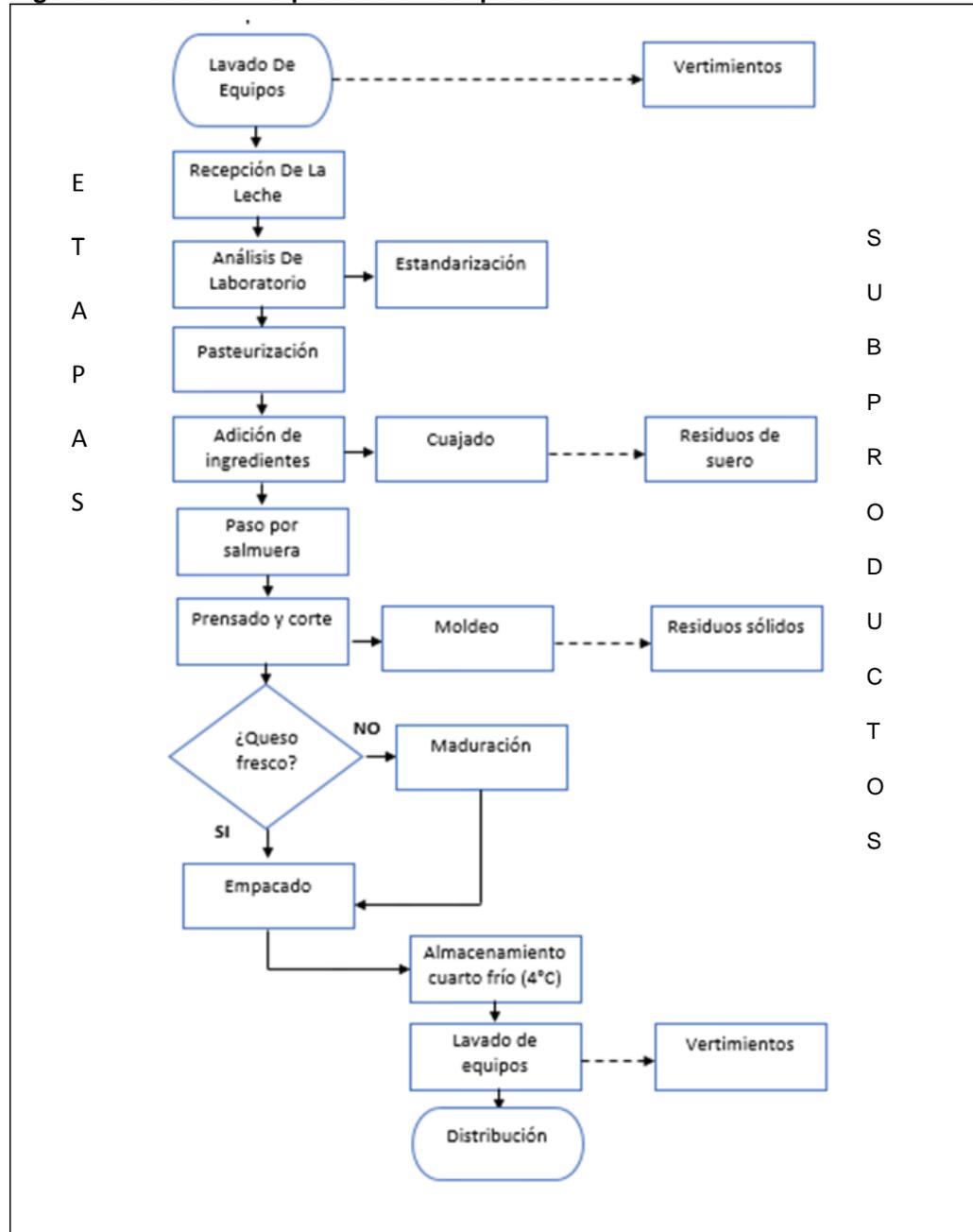
2.2.1 Línea de producción de quesos. En Levelma SAS se lleva a cabo la producción de diferentes tipos de queso en dos grandes divisiones, quesos frescos y quesos maduros. Esta parte del mismo proceso de producción hasta el paso en donde se da la adición de ingredientes y pasa por salmuera, es en este punto en donde difiere la producción de estos quesos. Luego de esto los quesos maduros son llevados a la planta Mantovani durante un lapso de tiempo ya estandarizado para su maduración, en cambio, los quesos frescos son empacados y llevados a refrigeración. En la figura 3 se encuentra el diagrama de proceso.

Todos los procesos de producción inician con el lavado de los equipos, para asegurar la inocuidad del producto, posteriormente comienza la recepción de leche a la cual se le hace un proceso de pasteurización para eliminar los microorganismos presentes. Una vez esté en óptimas condiciones la materia prima se adiciona la renina o cuajo común para separar aproximadamente el 80% de las caseínas como sólido de los residuos de suero lácteo¹¹.

Luego de la adición del cuajo, se pasa a prensado, corte y moldeo, dependiendo si se requiere un producto maduro o fresco pasa a una etapa de maduración o no, finalmente se realiza el empaque del producto terminado y un nuevo lavado de equipos.

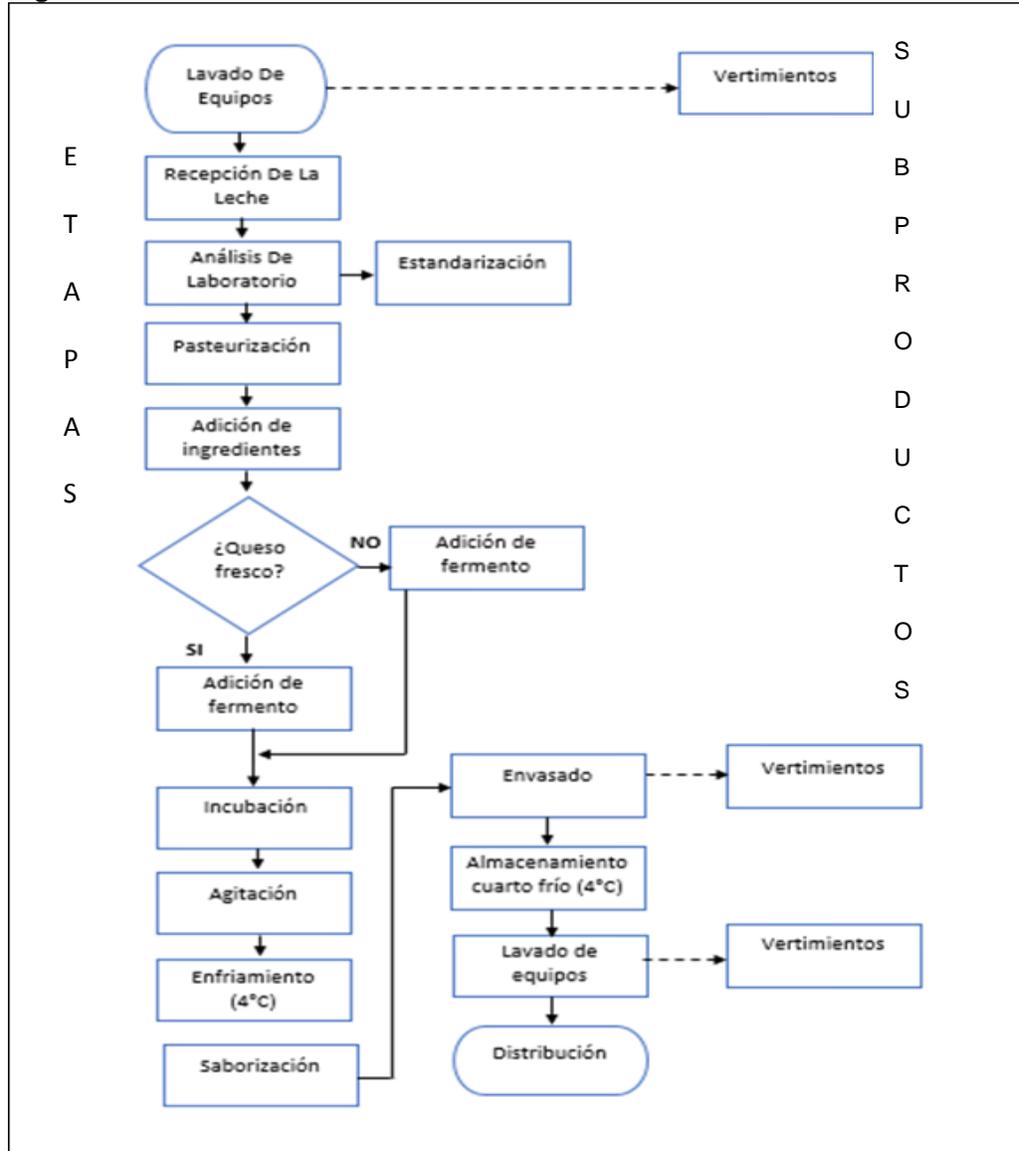
¹¹ HERNÁNDEZ Alicia. Microbiología industrial. EUNED. España. 2003. 77P.

Figura 3. Proceso de la producción de quesos.



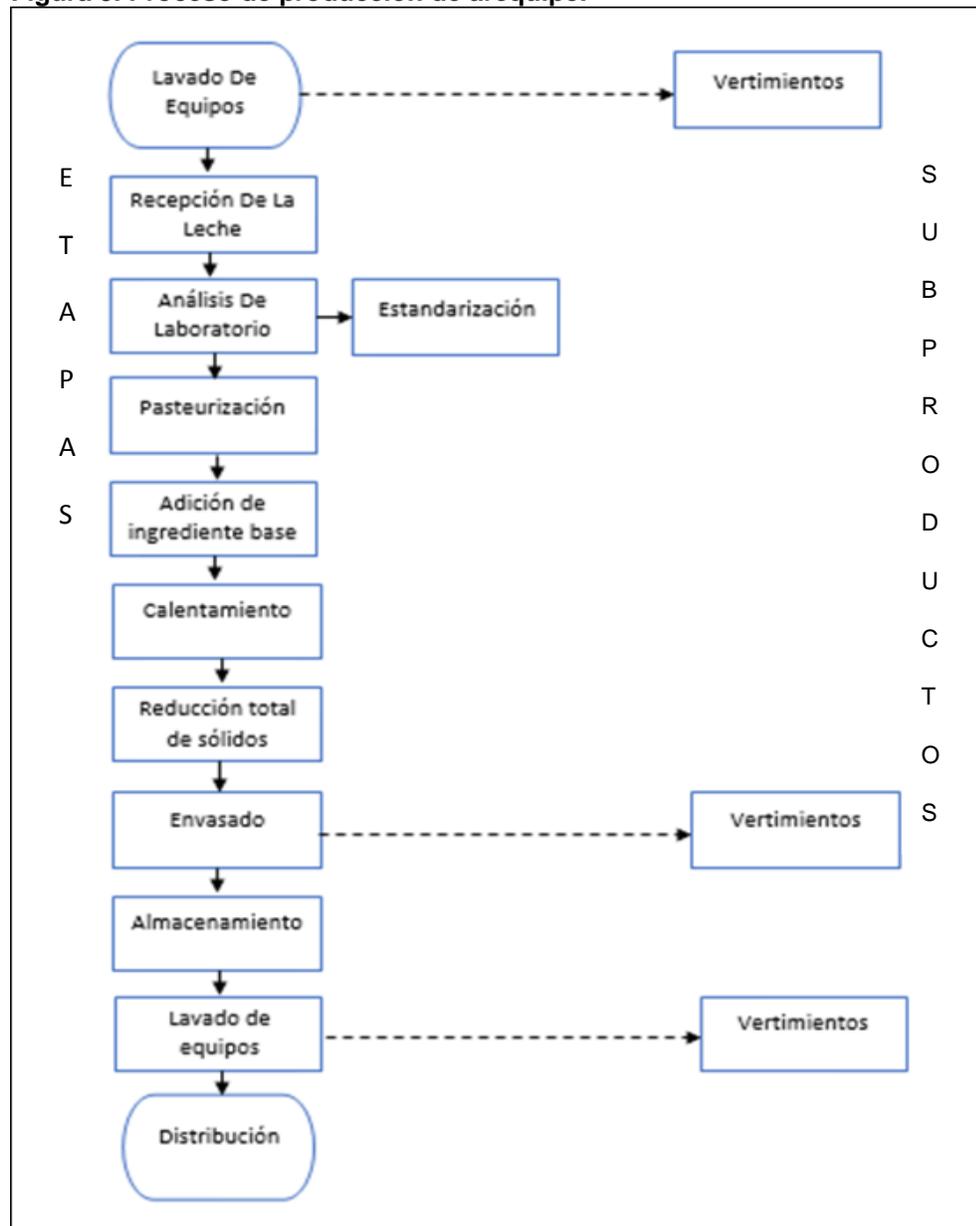
2.2.2 Línea de productos fermentados. Aquí se encuentra la producción de los derivados fermentados como son el kumis y el yogurt. El proceso difiere en la adición del fermento debido a que las condiciones de operación son distintas, después de este paso se procede a la incubación y de más pasos mostrados en la figura 4. que es igual para ambos productos.

Figura 4. Producción de fermentados.



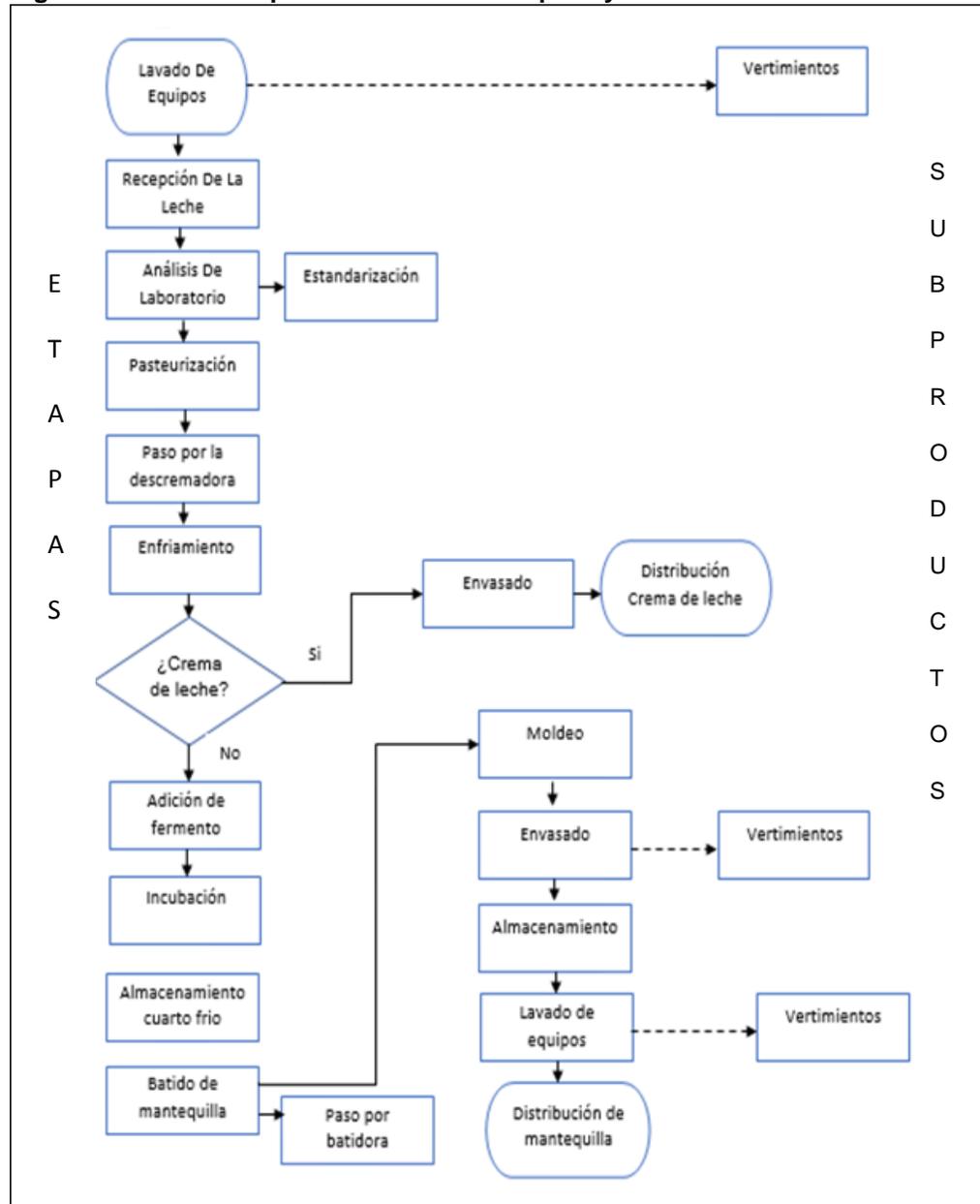
2.2.3 Línea de derivados lácteos. En esta línea de producción, se obtienen diferentes derivados lácteos como crema de leche, mantequilla y arequipe. El proceso del arequipe, aunque es diferente, pertenece a la misma línea de producción. En la figura 5 se ilustra el proceso de producción de arequipe.

Figura 5. Proceso de producción de arequipe.



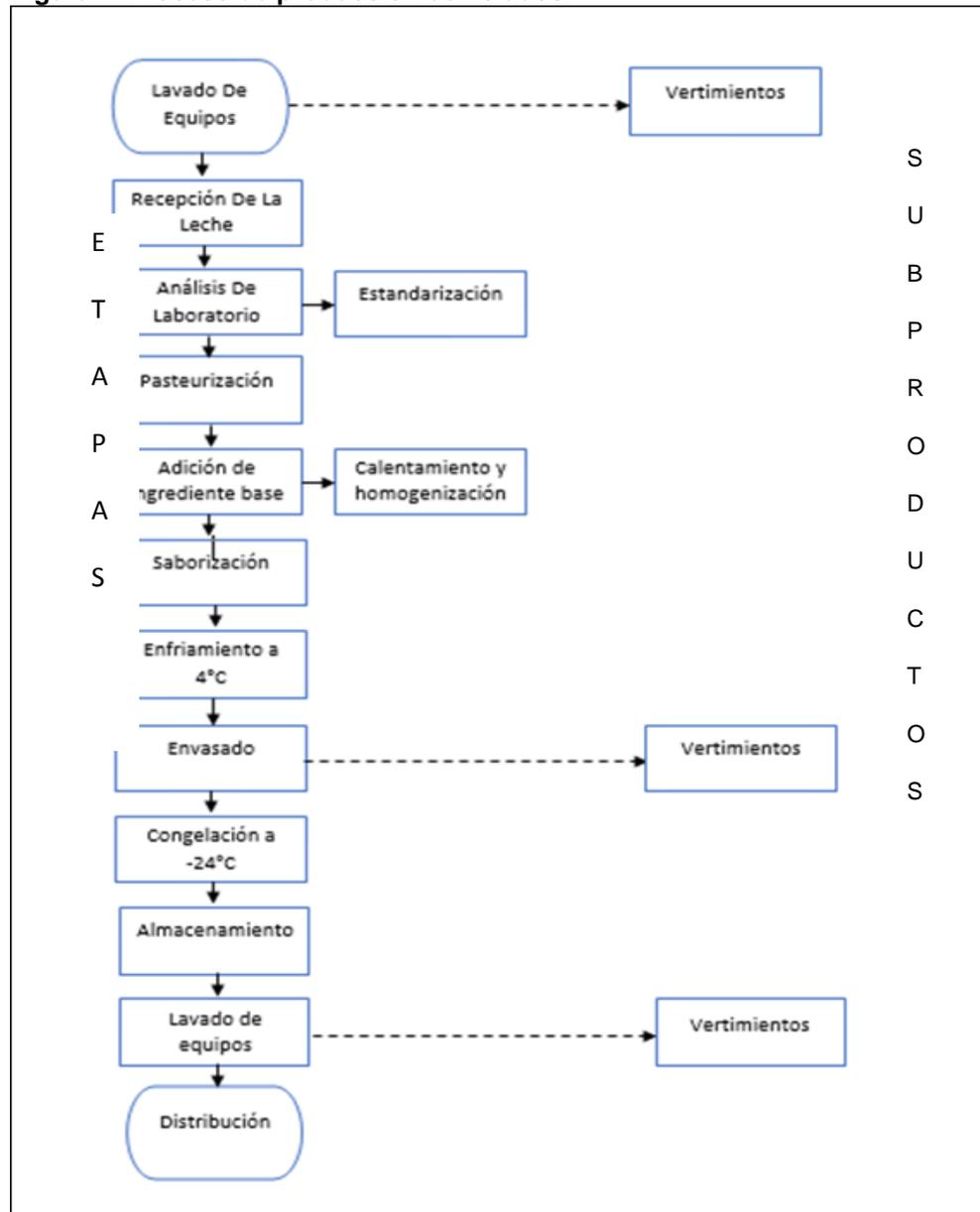
En la figura 6, se observa como LEVELMA obtiene mantequilla y crema de leche dentro del mismo proceso, este varía cuando se quiere obtener mantequilla; donde directamente a la crema de leche, se le adiciona un fermento para llevarlo a incubación y posterior refrigeración, para cuando sea batida la mezcla, llegue a un estado de solidez, donde luego se moldeará y envasará para su comercialización.

Figura 6. Proceso de producción de mantequilla y crema de leche.



2.2.4 Producción de helados. En la figura 7 se encuentra la línea de producción en donde se fabrican los helados, La producción de helados es la que menos vertimientos genera, porque el agua residual solo se produce por lavados de equipos o por derrames accidentales en las máquinas de producción.

Figura 7. Proceso de producción de helados.



3. DIAGNOSTICO ACTUAL DEL PROCESO DE ELIMINACIÓN DE RESIDUOS

Lácteos Levelma S.A.S cuenta con diferentes metodos aplicados desde el año 2016 para el apropiado vertimiento de desechos líquidos en obediencia a la normatividad vigente (RESOLUCION) 631 de 2015 del ministerio del medio ambiente) y exigida por empresas publicas de Cajicá, la cual se encarga de vigilar que los residuos que van a alcantarillado cumplan los parámetros minimos que se solicitan para de esta manera disminuir el impacto ambiental que la industria láctea genera.

Actualmente LEVELMA SAS presenta una serie de inconvenientes los cuales pretenden ser mitigados en este proyecto, en el siguiente capitulo será descrito el proceso de gestion de los residuos sólidos y líquidos de los procedimientos industriales, por los cuales LEVELMA garantiza el cumplimiento de la norma, y de la misma manera, realiza el tratamiento adecuado a sólidos y líquidos con el fin de mitigar impactos ambientales y propender por un proceso de calidad completo.

3.1 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR)

El tratamiento de residuos juega un papel importante dentro de la operación de la planta, cuyo adecuado manejo refleja preocupación por el medio ambiente y esto conlleva a que la empresa sea reconocida por manejar tecnologías y procesos limpios. Dentro de LEVELMA, al costado norte de la planta en Cajicá, existe una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), que cumple la función de recoger todos los efluentes de la planta de producción, la cual genera una serie de desperdicios y/o desechos de las diferentes líneas de producción.

Para llevar a cabo el proceso de tratamiento de aguas en la PTAR, deben ser realizados tratamientos previos que garanticen el adecuado funcionamiento y eficiencia en el proceso de clarificación del agua.

Estos pre-tratamientos incluyen tratamientos primarios, los cuales son ejecutado en primera medida por una trampa de grasas de 0.75m de altura, 5m de largo y 2m de ancho; posteriormente el agua que sale de la trampa de grasas es enviada a unos tanques clarificadores de 3m de altura, 1.15m de ancho y 5.5m de largo, en los cuales se realizan los procesos de coagulación y floculación.

3.1.1 Trampas de grasa. La función principal es separar las grasas y aceites del agua que será enviada a los tanques de coagulación y floculación.

La trampa de grasa usada en Levelma S.A.S para el proceso de separación física de los lípidos y agua consta de un tanque seccionado en 4 partes o camaras con un dimensionamiento aproximado de 1m de largo, 1.2m de ancho y 0.75m de alto para un volumen de 0.9m^3 cada una. En la primera cámara es en donde se encontrará una mayor cantidad de grasas, debido a que el objetivo es que entre más avancen los residuos por la trampa menor sea la capa lipídica que se forme

sobre la superficie. En la figura 8 se registra la actual trampa de grasas desocupada donde se puede observar el comportamiento anteriormente nombrado.

Figura 8. Trampa de grasas de 4 etapas, ubicada en el costado norte de la planta de producción LEVELMA.



La trampa de grasas funciona con un tiempo mínimo de retención hidráulica, el cual es el tiempo mínimo que debe transcurrir desde que la trampa se llena hasta que se desocupa para garantizar la separación de fases, en este caso específico el tiempo de retención debe ser de mínimo 25 minutos¹² en cada cámara para asegurar la separación completa de la grasa. Este tiempo mínimo estipulado anteriormente, está calculado por los ingenieros de planta para asegurar que opere de manera correcta y no genere complicaciones en el momento de la disposición de residuos.

3.1.2 Tanques de clarificación. En estos tanques se lleva a cabo la segunda parte del tratamiento de los residuos. Consiste en un tanque seccionado en dos partes, cada una de aproximadamente 19m³ las cuales tienen el mismo objetivo y lo llevan a cabo bajo el mismo procedimiento; las dimensiones de este son de 3m de altura, 5.5m de largo y 2.5m de ancho. La separación de este está dada por una pared de aproximadamente 0.25m lo cual implica que cada sección dentro del tanque queda de 1.125m de ancho; esto con el fin de que sea realizado el proceso de homogenización de una manera efectiva.

¹² 1-2 Romero Rojas, Jaira Alberto. "Tratamiento de Aguas Residuales", teoría y principios de diseño. 25.3 Trampas para Grasas. páginas: 727- 730.

En cuanto a homogenización se hace referencia a la agitación para que los agentes químicos usados en la coagulación y floculación actúen sobre toda el agua a tratar. Para este fin son empleados dos mezcladores (uno para cada tanque), los cuales constan de un juego de espas y un motor de 0.5 caballos de fuerza. La pretensión es que al actuar el agente químico sobre la totalidad del residuo, separe todas las partículas sólidas del agua, como resultado se obtiene un fluido clarificado para disponer en alcantarillado y una capa de sólidos y grasas en la superficie. La figura 9 ilustra los tanques anteriormente descritos.

Figura 9. Tanques de clarificación de agua antes del inicio del proceso donde se remueven lodos y trazas de residuos disueltos.



3.1.3 Piscina de lodos. En general los lodos son sustancias contaminantes para la salud y el medio ambiente, por esta razón, los residuos después del tratamiento primario y secundario de aguas deben ser tratados y/o dispuestos de una manera responsable que no afecte ni cause riesgo a la humanidad y ecosistemas en ningún tipo de aspecto.

Estos lodos extraídos del proceso son el resultado de la mezcla entre las grasas extraídas de la trampa de grasas y la capa de lípidos proveniente de los tanques clarificadores, estos lodos se deben estabilizar y espesar antes de ser dispuestos.

Los residuos como lodos se pueden catalogar en peligrosos y no peligrosos:

- **Lodos peligrosos:** Estos residuos crean un peligro sobre los seres vivos y medio ambiente si no se dispone de manera responsable. Para desechar estos se deben considerar alternativas de tratamiento, como tratamientos fisicoquímicos, neutralización, hidrólisis, solidificación, encapsulación y/o incineración sí es un residuo peligroso.
- **Lodos no peligrosos:** Estos residuos no son o serán un peligro para los seres vivos y/o medio ambiente. Para desechar estos se deben considerar

alternativas de tratamiento como tratamientos fisicoquímicos, tratamientos biológicos, tratamientos térmicos, reducción de volumen adicionando cal o por deshidratación¹³.

Los lodos resultantes del tratamiento de residuos en Levelma S.A.S se consideran lodos no peligrosos debido a su procedencia, por ende, como ultima etapa de tratamiento se tiene una piscina como ilustra la figura 10, con dimensiones de 30cm de alto, 2.7m de ancho y 8.7m de largo, para un volúmen aproximado de 7m³ en donde los lodos provenientes de los tanques clarificadores y las grasas de la trampa se combinan, el proposito de la piscina es deshidratar y disminuir lo mayor posible la cantidad de agua, o sea, la humedad contenida de estas grasas o lodos.

Figura 10. Piscina de lodos de la PTAR de Levelma.



En conclusión, al día de hoy, la PTAR opera de manera adecuada y eficiente a la hora de separar las grasas residuales de las aguas que llegan a la trampa de grasas; las 4 ssecciones de separación y el tiempo de retención garantizan que el agua quede libre de solidos antes de la entrada a los tanques clarificadores.

El volumen de los tanques clarificadores, garantiza que los fluidos que se desechan en los vertimientos cumplan con la normatividad y suplan la necesidad total de la cantidad de agua que llega al proceso de clarificación.

Con el último paso, no se garantiza el completo secado de los lodos y residuos de grasa extraídos de la trampa de grasas, la humedad presente en el residuo genera malos olores y el acelera el proceso de descomposición, lo cual implica que haya molestias con los vecinos de la planta, contaminación con residuos grasos y perdida de materia prima.

13 , DIRECCIÓN DE MEDIO AMBIENTE. Manejo ambientalmente adecuado de lodos provenientes de plantas de tratamiento; Municipio Metropolitano de Quito, Quito;1999.

4. APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS

En las aguas residuales que se manejan desde la trampa de grasas hasta la planta de tratamiento de Levelma se encuentran grasas, entre las cuales hay presentes ácidos grasos¹⁴, estos son lípidos de gran interés, los cuales en vez de ser desechados, pueden tener una amplia viabilidad de ser usados en proceso de purificación y obtención de productos con un fin lucrativo. Para el desarrollo de este propósito, se necesitan una serie de parámetros, condiciones y propiedades que deben ser tomadas en cuenta en la selección de un producto a nivel industrial; como lo son la humedad, índice de yodo, pH, grasa. Índice de peróxidos, acidez e índice de saponificación.

4.1 CARACTERÍSTICA DE LA MUESTRA

La manera idónea de conocer el estado físico y químico de la muestra grasa es realizando una serie de análisis de laboratorio que incluyen los parámetros fisicoquímicos anteriormente nombrados, los cuales serán utilizados para diagnosticar el estado actual de los residuos grasos y de esta manera realizar una toma de decisión, de manera en que se pueda llevar a cabo un aprovechamiento de los residuos contribuyendo así a la disminución de los costos por disposición y finalmente obteniendo un producto que sea usado a nivel industrial.

4.1.1 Toma de muestra. El respectivo muestreo fue llevado a cabo en la empresa Levelma S.A.S. con ayuda de operarios de planta y directamente de la trampa de grasas, según la Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 5667-1 la cual específica y estipula los parámetros bajo los cuales debe ser realizado un muestreo apropiado para obtener un resultado certero.

La cantidad total de grasa tomada de la trampa de grasas fue de 4 litros, de los cuales 0.5 litros fueron solicitados como el volumen mínimo para la realización de los análisis de laboratorio y los otros 3.5 litros fueron almacenados en condiciones de temperatura baja (4°C) para evitar la descomposición y ser utilizados posteriormente en la respectiva experimentación.

El muestreo fue realizado en 4 recipientes de 1 litro cada uno, donde se recogieron la mezcla entre las grasas alojadas en la primera y segunda cámara de la trampa de grasas, las cuales contenían una capa gruesa de grasa, y el residuo graso que queda en los tanques de homogenización; lo anterior, debido a que al final, estos dos residuos grasos son mezclados en la piscina de lodos y dadas estas condiciones tendrán la misma composición.

¹⁴ Composición y características de los distintos aceites y grasas. En: Aceites y grasas industriales. España: Alton E. Bailey, 1984. p.102-163.

Una vez terminado el procedimiento de muestreo, se procedió a transportar la muestra residual al laboratorio BIOTRENDS S.A.S¹⁵, ubicado en la ciudad de Bogotá para realizar los procedimientos de laboratorio.

El laboratorio BIOTRENDS tiene acreditación con ONAC (Organismo Nacional de Acreditación de Colombia) bajo ISO 17025 de 2005 la cual es una norma internacional en donde se estipulan los requisitos que deben ser cumplidos por los laboratorios. Esta es una medida de calidad basada en la ISO 9000¹⁶ con una serie de requerimientos para laboratorios de ensayo y calibración. Aparte de esto cuenta con una serie de certificaciones y acreditaciones que certifican la veracidad y certeza de los datos obtenidos a partir de los ensayos de laboratorio.

4.2 ANÁLISIS DE MUESTRA A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN REALIZADA POR BIOTRENDS

La finalidad de realizar los análisis fisicoquímicos es conocer la calidad y estado en el que se encuentra la muestra, en este caso el residuo graso, y de esta manera realizar una serie de posibles alternativas para su aprovechamiento. En BIOTRENDS S.A.S fueron realizados los análisis de humedad, índice de yodo, índice de peróxidos, índice de saponificación, acidez libre, pH y contenido de grasa, de los cuales se reportan los resultados en la tabla 1. (Ver ANEXO A)

4.2.1 Humedad. Este tipo de procedimientos son realizados para determinar el contenido de agua de una muestra en específico. Este parámetro es un factor de calidad de un producto, el tiempo y tipo de conservación afecta la estabilidad y condición. El método consiste en la pérdida de peso por medio de temperatura constante lo cual hace que sólo los sólidos totales queden del total de la mezcla, la diferencia de pesos será el contenido de humedad que para este caso en específico es de 78%.

4.2.2 Grasa. El índice de grasa muestra la cantidad (en porcentaje) del total de lípidos de una muestra. Las grasas son sustancias de origen orgánico generalmente sólidas a temperatura ambiente las cuales son insolubles en agua. Para la muestra fue medido en gramos de grasa/100 gramos de éter etílico, a esto se le llama extracción etérea o grasa bruta. Esta va a ser la cantidad de grasa que es extraída por medio de este compuesto químico. Esta consiste en exponer la muestra completamente deshidratada del paso anterior a un proceso conocido como extracción continua (Soxhlet)* empleando éter etílico como extractor. Para la

¹⁵ BIOTRENDS S.A.S. ubicado en la avenida Boyaca # 64 f – 68.

¹⁶ICONTEC. Sistema de gestión de calidad. ISO 9000 Bogotá, Colombia: ICONTEC,2006.

* SOXHLET. Equipo de vidrio utilizado para la extracción generalmente de compuestos lipídicos.

grasa tomada de Levelma, el resultado es de 18,9 g de grasa por cada 100 gramos de éter etílico.

4.2.3 Índice de yodo. Este índice revela el grado de insaturación de una muestra grasa, éste será mayor en la medida que mayor sea el número de dobles enlaces que contenga la estructura de carbonos, de esta manera es posible comprobar la identidad, pureza y calidad de una grasa.

El índice de insaturación en una grasa está definido por la cantidad de gramos de yodo consumidos por cada 100 gramos de muestra grasa, que para el caso de la muestra grasa de Levelma es igual a 20g/100g-grasa.

4.2.4 Índice de peróxidos. Peróxido hace referencia a sustancias que presentan el grupo funcional – O - O –; éste índice refleja la cantidad de oxígeno activo por kilogramo de grasa, lo cual hace referencia al estado de oxidación inicial de un aceite o grasa en mili-equivalentes de oxígeno/kg de lípido.

Normalmente las estructuras de las grasas se modifican debido a la humedad y la exposición al oxígeno que hay en el medio ambiente por medio de reacciones tanto bioquímicas como químicas de oxidación, este cambio estructural refleja la aparición del grupo peróxido el cual es responsable de causar malos olores y sabor a rancio. Todos los factores anteriormente nombrados dependen de diferentes parámetros como la longitud de la cadena del hidrocarburo y el grado de insaturación.

4.2.5 pH. Este parámetro mide la acidez o la alcalinidad de un compuesto, o de algún tipo de solución, desde lo más ácido (pH=1), hasta lo más alcalino (pH=14), las soluciones neutras como el agua tienen un pH neutro, es decir, pH=7. El pH de la muestra grasa de la planta de Levelma revela un valor de 3.91, ubicándolo así en el espectro ácido.

4.2.6 Acidez libre. Este índice es muy importante en aceites o grasas comestibles y en lubricantes porque ninguno de los dos debe contener más del 50% de ácidos grasos libres, es decir, también puede ser considerado como medida de las impurezas de las grasas.

Conforme a la norma técnica colombiana 218, la acidez libre mide el grado de descomposición de los lípidos por liólisis ya sea por bacterias, enzimas, tratamientos físicos o químicos. La acidez titulable de la muestra grasa de Levelma indica un valor de 0,4 (gramos de ácido láctico por cada 100 g de grasa),

el cual nos informa que la grasa está en condiciones apropiadas para ser usada y/o reciclada en un proceso de producción.

4.2.7 Índice de Saponificación. En los inicios la producción de jabones se llevaba a cabo por la hidrólisis de aceites o grasas (mezclas de glicéridos) diferentes tipos de grasas con un álcali en estado acuoso.

El índice de saponificación está definido entonces como la cantidad de hidróxido de sodio que es necesario para saponificar un gramo de grasa. En este caso la muestra arroja un índice de 105 mg de KOH / g de aceite, lo cual indica que la grasa de esta muestra es apta para realizar un proceso de saponificación y posteriormente obtención de un jabón para uso industrial.

Tabla 1: Resultados de analisis fisicoquimico de la muestra.

Parámetro	Método utilizado	Resultado
Humedad (g/100g)	Secado con estufa	78,0
pH a 20°C	AOAC 981. 12. Ed19: 2012.	3,91
Grasa (g/100g)	Extracción Etérea, Soxhlet	18,9
Acidez titulable total (gAcLáctico/100g)	Titulación ácido/base	0,40
Índice de Saponificación (mg KOH/g Aceite)	Volumetría	105
Índice de yodo (g/ 100g de grasa)	Yodometría	20
Índice de peróxidos (mequiv, O ₂ /kg)	Yodometría	1,3

Fuente: Biotrends S.A.

5. ALTERNATIVAS PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS GRASOS

Los residuos grasos obtenidos de las diferentes líneas de producción de la empresa LEVELMA S.A.S., son retenidos principalmente en la trampa de grasas, lugar donde no solo se reúnen dichos residuos con alto contenido proteico, sino también se encuentran residuos resultados de la limpieza que se realiza en los equipos.

Entre las diferentes alternativas encontradas en la bibliografía este proyecto se enfocara en las siguientes tres alternativas consideradas viables para tal aprovechamiento, las cuales podrian brindar beneficios no solo para el aprovechamiento y cuidado del medio ambiente, sino tambien beneficios economicos para la empresa en el caso que deseen implementarlas en la misma.

5.1 GRASAS LUBRICANTES

Una grasa lubricante es un material formado por la combinación de un agente espesante, un aceite base y generalmente por varios aditivos; la naturaleza y porcentajes a utilizar de cada componente radica principalmente en el uso al cual será aplicado la grasa lubricante¹⁷. En la tabla 2 se muestra la cantidad necesaria para la fabricación de algunos aceites.

Tabla 2. Naturaleza y porcentaje de los componentes.

Aplicación	Cantidad
Aceite mineral	
Aceite sintético	<ul style="list-style-type: none">• Aceite base 75 – 96%• Espesante 3 – 25%
Aceite vegetal	

Fuente. ESTÍBALIZ Adolfo, ARANZABE M. Grasas lubricantes.

En: [http://lubrication-management.com/wp-](http://lubrication-management.com/wp-content/uploads/sites/3/2014/07/Principios_basicos_grasas_lubricantes_ES.pdf)

content/uploads/sites/3/2014/07/Principios_basicos_grasas_lubricantes_ES.pdf.

Consultada: marzo 1 de 2017

Sobre el uso de las grasas lubricantes se puede decir que en ciertas aplicaciones pueden ser sustituidas por aceites lubricantes teniendo en cuenta la misma, gracias a esto el uso de grasas frente al uso de aceites tiene ciertas ventajas o propiedades que pueden ser útiles a la hora de escoger alguna de estas, a continuación, se nombraran algunas ventajas de las grasas frente a los aceites en cuanto a uso.

¹⁷ CABELLO, Eladio Cuadrado. Mantenimiento industrial: Grasas lubricantes ventajas, aplicaciones y características. En: www.interempresas.net/Mantenimiento/Articulos/113067-Grasas-lubricantes-caracteristicas-ventajas-y-aplicaciones.html. (10 de octubre, 2013).

VENTAJAS

- Las grasas son capaces de formar una película lubricante resistente para separar superficies metálicas y evitar el contacto metal-metal, lo que quiere decir que ayudan a disminuir la fricción y el desgaste.
- Presentan propiedades sellantes lo que evita el ingreso de agua y otros contaminantes.
- Minimizan la contaminación de productos
- Se puede realizar un mantenimiento sin parada.
- Se recomienda su uso cuando se presentan condiciones extremas de temperatura, presiones, cargas, velocidad, etc.

De igual manera los usos de grasas tienen una serie de desventajas que son indispensables conocer, como lo son:

- Tienen menor capacidad de enfriamiento y/o transferencia de calor
- Proporciona limitaciones de velocidad en los rodamientos
- Tienen menor estabilidad al almacenamiento
- Falta de uniformidad
- Presentan menor resistencia a la oxidación

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado es importante resaltar que una grasa no enfría el mecanismo como un fluido circulando y tampoco es capaz de arrastrar los contaminantes no deseados como lo hace un fluido.¹⁸

Un lubricante debe reducir el coeficiente de fricción, lo que permite la reducción de calor generado y el desgaste. Las grasas tienen coeficientes de fricción mucho más bajos que los aceites que se utilizan en su fabricación, razón por la cual se consume menos energía con grasas que con aceites.¹⁹ La razón anteriormente nombrada es lo que hace que la producción de grasas lubricantes sea una posible alternativa de aprovechamiento de los residuos grasos de la empresa LEVELMA SAS, ya que permite un beneficio económico en cuanto al consumo de energía en sus procesos.

A continuación en la tabla 3 se comparan los coeficientes de fricción de varias grasas y el del aceite utilizado en su preparación.

¹⁸ ARANZABE ESTIBALEZ, Málaga Alfonso, GRASAS LUBRICANTES,[en línea] (http://lubrication-management.com/wp-content/uploads/sites/3/2014/07/Principios_basicos_grasas_lubricantes_ES.pdf) [citado 1 de marzo del 2017]

¹⁹ ARANZABE estibalez, Málaga Alfonso, GRASAS LUBRICANTES,[en línea] (http://lubrication-management.com/wp-content/uploads/sites/3/2014/07/Principios_basicos_grasas_lubricantes_ES.pdf) [citado 1 de marzo del 2017]

Tabla 3 . Coeficientes de fricción de varios tipos de grasas usados en la producción de grasas lubricantes

Tipo de Jabón	Coeficiente a 38 °C
Aceite base	0.040
Grasa - complejo Ca	0.034
Grasa – Ca	0.022
Grasa – Na	0.012
Grasa – Li	0.008

Fuente. ESTÍBALIZ Adolfo, ARANZABE M. Grasas lubricantes.

En: http://lubrication-management.com/wp-content/uploads/sites/3/2014/07/Principios_basicos_grasas_lubricantes_ES.pdf.

Consultada: marzo 1 de 2017

5.1.2 COMPONENTES DE LA GRASAS LUBRICANTES

Como ya se había dicho anteriormente la composición de cada grasa lubricante depende principalmente de la aplicación a la cual será llevada esta, por tal razón a continuación es especificado cada componente necesario para la producción de grasas lubricantes.

5.1.2.1 Aceite base. El aceite base es tal vez el componente de mayor importancia en la fabricación de grasas lubricantes, puesto que de este depende las características y comportamiento de cada una de estas.

El aceite base es el componente que ejerce la principal e importante acción de lubricar; para la elección de este se deben tener en cuenta una serie de parámetros los cuales permiten darle la mejor calidad a la grasa lubricante que se desee obtener, una de estas es la viscosidad, la cual deberá tener unos valores máximos y mínimos.

Los valores máximos de esta, deben ser los necesarios para no permitir el aumento de fricción y pérdida de potencia, las cuales pueden ser en forma de calor o desgaste, y los mínimos debe ser los necesarios para proveer la lubricación la primera vez que sea utilizada la grasa lubricante.

A continuación en la figura 11. Se relaciona el efecto de la viscosidad del aceite base en diferentes aplicaciones industriales.

Figura 11. Influencia de la viscosidad del aceite base en la grasa lubricante.

VISCOSIDAD A 40°C	Ejemplo de aplicación	Carga	Resistencia al agua	Velocidad	Separación del aceite
22 cSt	Husillos de alta velocidad	BAJA 		ALTA 	
100 cSt	Motores eléctricos				
150 cSt	Rodamientos de las ruedas				
220 cSt	Laminación de acero				
460 cSt	Máquinas de papel				
1500 cSt	Acoplamientos de carga pesada y baja velocidad	ALTA	MUY BUENA	BAJA	BAJA

Fuente: ESTÍBALIZ ARANZABE, Adolfo M. Grasas lubricantes.

En: http://lubrication-management.com/wp-content/uploads/sites/3/2014/07/Principios_basicos_grasas_lubricantes_ES.pdf. Consultada: marzo 1 de 2017

5.1.2.2 Espesantes. El espesante es el agente que tiene una estructura en forma de esponja la cual permite que el lubricante se adhiera a los poros, la función del espesante es actuar de manera permeable a modo de depósito de aceite, permitiendo la salida de este para lubricar la zona que se desea durante el funcionamiento y su absorción cuando termina dicha acción y así de esta manera evitar fugas y las pérdidas por evaporación.

El espesante es el componente solidificador de la grasa y a su vez es el que le da la calidad final para posteriormente ser utilizado en una aplicación determinada, es el U que le confiere propiedades tales como resistencia al agua, capacidad de sellado y resistencia a altas temperaturas sin variar sus propiedades ni descomponerse.

La cantidad necesaria del espesante radica principalmente en la consistencia que se requiera de la grasa, ya que esta aumenta a medida de que aumenta su proporción en la formulación, es por esto que la cantidad necesaria de espesante tiene una influencia en diferentes parámetros importantes como la viscosidad. Dependiendo de la naturaleza del aceite base se conocerá la cantidad de

espesante necesario, por ejemplo, un aceite poco viscoso necesita una mayor consistencia, es decir, necesita una cantidad mayor de espesante para que el aceite no se escape, mientras un aceite viscoso necesita menos cantidad de espesante para contribuir a la liberación del mismo.²⁰

La cantidad de espesante a utilizar también puede variar dependiendo de la cantidad y naturaleza de la grasa que se va a emplear, es decir, cuando se emplea una grasa con misma viscosidad y tipo que el aceite base se seleccionará la grasa de menor consistencia para los casos de lubricación centralizada, y la de mayor consistencia para aquellos casos en los que se quiera sellar o evitar la contaminación por elementos extraños, agua, polvo, productos de proceso.²¹

- Tipos de espesantes. Existen diferentes tipos de espesantes, los cuales se pueden clasificar en como jabones metálicos simple/complejos, espesantes con base no jabonosa, e inorgánicos. Dependiendo de la aplicación y espesante que se quiera utilizar su fabricación es diferente.
- Jabones metálicos. Los jabones se fabrican mediante la reacción de una sustancia alcalina o alcalinotérrea y un ácido graso o éster de origen vegetal o animal bajo condiciones de temperatura, presión y agitación. A esta reacción es también conocida como saponificación. Como el jabón obtenido tiene una parte con naturaleza inorgánica la cantidad del espesante es sólo parcialmente soluble en aceite. El resultado de esto es una reticulada microscópica formada por fibras de 4 a 10 micras cuyos poros retienen el lubricante.
- Jabones simples. Es este tipo de espesante se puede encontrar una subdivisión de jabones, los cuales presentan características propias para determinada aplicación, en los que se encuentran los siguientes:
- Jabón de litio: Este tipo de jabones se utilizan en aplicaciones las cuales estén expuestas a temperaturas altas. Su utilización tiene una ventaja y es que poseen puntos de fusión superiores a los jabones convencionales de sodio o potasio, Las grasas con dichos espesantes son resistentes a la pérdida de consistencia y a las fugas, poseen excelentes propiedades de corrosión, Tienen una moderada resistencia al agua, Los aditivos en estas grasas

²⁰ CABELLO, Eladio Cuadrado , Mantenimiento industrial: Grasas lubricantes ventajas, aplicaciones y características, En: www.interempresas.net/Mantenimiento/Articulos/113067-Grasas-lubricantes-caracteristicas-ventajas-y-aplicaciones.html , (10 de octubre, 2013).

²¹ ARANZABE estibalez, MÁLAGA Alfonso, GRASAS LUBRICANTES,[en línea] (http://lubrication-management.com/wp-content/uploads/sites/3/2014/07/Principios_basicos_grasas_lubricantes_ES.pdf) [citado 4 de marzo del 2017]

funcionan mejor que en otros medios, y poseen excelentes propiedades selladoras.

- Jabones de aluminio: este tipo de jabones tienen apariencia de un gel suave. Tiene ventajas en cuanto su utilización como que tienen un bajo punto de rocío (110°C)²², tienen una buena resistencia al agua, se usan para aplicaciones húmedas y para lubricar cojinetes de baja velocidad.
- Jabones de sodio: este tipo de jabones se forman haciendo reaccionar un ácido graso con hidróxido sódico en un medio de aceite mineral. Tiene características tales como una textura fibrosa áspera, tienen puntos de rocío altos, poseen una mala resistencia al agua, pero excelentes propiedades anti corrosión. Son adecuados para equipos que requieran lubricación frecuente, aunque su uso es bastante reducido por su poca versatilidad y su facilidad a hidratarse, de igual manera son susceptibles a presentar transiciones de fase y endurecimiento.
- Jabones complejos: Este tipo de espesantes se forman cuando se hace reaccionar simultáneamente un derivado de ácido graso con otros compuestos llamados agentes complejantes, los cuales son compuestos polares, junto con un componente básico; entre los más comunes jabones complejos se puede encontrar tal vez uno de los primeros que se desarrollaron como el jabón complejo de calcio, este se formuló con un molécula de estearato acetato de calcio, que tiene consigo grandes ventajas frente a otro tipo de jabones complejos como:
 - ✓ Mantiene su consistencia a elevadas temperaturas y posee propiedades de extrema presión.
 - ✓ Tienen malas propiedades a baja temperatura, ya que se endurecen.
 - ✓ Normalmente se usan para lubricar rodamientos que funcionan a $160-200^{\circ}\text{C}$, se debe tener en cuenta que por encima de esta temperatura se desestabilizan formando cetonas.

5.1.2.3 Aditivos. Los aditivos son sustancias que permiten mejorar la apariencia de diferentes productos en este caso las grasas lubricantes²³, este tipo de sustancias pueden alterar el comportamiento de las grasas dándoles diferentes propiedades como un mejor rendimiento, mayor tiempo de duración, menor tiempo

²² CABELLO, Eladio Cuadrado, Mantenimiento industrial: Grasas lubricantes ventajas, aplicaciones y características, En: www.interempresas.net/Mantenimiento/Articulos/113067-Grasas-lubricantes-caracteristicas-ventajas-y-aplicaciones.html, (10 de octubre, 2013).

²³ ARANZABE estibalez, MÁLAGA Alfonso, GRASAS LUBRICANTES,[en línea] (http://lubrication-management.com/wp-content/uploads/sites/3/2014/07/Principios_basicos_grasas_lubricantes_ES.pdf) [citado 4 de marzo del 2017]

de mantenimiento, etc., es por esto que antes de utilizar un aditivo es necesario tener presente ciertos factores como la compatibilidad (reacciones), requerimiento para la aplicación determinada, requerimientos ambientales, color y costo.

Existen diferentes tipos de aditivos que se utilizan según el tipo de aceite que se quiera mejorar. Para mejorar las características químicas se tienen los siguientes aditivos:

- **Antioxidantes:** estos impiden la oxidación y descomposición de la grasa, descomponen los peróxidos y terminan la reacción en cadena de radicales libres. Generalmente son compuestos amínicos o fenólicos²⁴.
- **Anticorrosivos:** estos suspenden de la corrosión de las superficies, se añaden debido al efecto nocivo del oxígeno atmosférico y el agua, que pueden generar un serio problema de mal funcionamiento este problema se presenta generalmente en piezas de acero inoxidable.
- **Pasivadores:** estos impiden efectos catalíticos en los metales con el fin de que las partículas que se han desprendido durante el movimiento de las superficies metálicas no se adhieran a éstas y ocasionen desgastes.

Para mejoras las propiedades reológicas: entre estos se pueden diferenciar dos tipos de aditivos

- **Mejoradores de viscosidad:** este tipo de aditivo mejoran las características de viscosidad y temperatura las cuales se ven directamente relacionadas con la fricción.
- **Depresores del punto de congelación:** estos son sustancias de elevada actividad superficial capaces de recubrir los pequeños cristales de parafina inhibiendo su crecimiento lo que proporciona el aumento del punto de congelación.

Para mejoras en cuanto lubricación: entre estos se pueden encontrar diversos tipos como los siguiente.

- **Anti desgaste:** este tipo de aditivos ayuda a la disminución del desgaste que puede existir entre dos superficies, en este tipo de aditivos se pueden encontrar los aditivos a base de fosforo y los aditivos a base de zinc.

²⁴ CABELLO, Eladio Cuadrado , Mantenimiento industrial: Grasas lubricantes ventajas, aplicaciones y características, En: www.interempresas.net/Mantenimiento/Articulos/113067-Grasas-lubricantes-caracteristicas-ventajas-y-aplicaciones.html , (10 de octubre, 2013).

- *EP: este tipo de aditivos reducen la fricción permitiendo que la película lubricante soporte mayores cargas y las superficies deslicen más fácilmente.

5.2 CERAS PARA PISOS

La segunda alternativa propuesta para el aprovechamiento de los residuos grasos es la cera para piso. Las ceras son sustancias obtenidas por el proceso de esterificación, es decir, por la unión de un ácido graso y un alcohol, en este caso la unión de un ácido graso presente en los residuos y un alcohol preferiblemente de peso molecular elevado.

La preservación de pisos en los últimos años ha tomado gran importancia puesto que cada día surgen nuevos materiales como madera, cerámica, sintéticos, etc., los cuales requieren de cuidados propios para preservar su vida útil, es por esto que se toma como una posible solución al aprovechamiento de los residuos en la fabricación de ceras para pisos.

La cera para pisos son sustancias que ayudan a retardar la penetración de aire y humedad en la superficie que se desee proteger permitiendo así, como ya se había dicho el aumento de su vida útil, de igual manera previene el deterioro de la misma por abrasión y desgaste²⁵.

TIPOS DE CERAS PARA PISOS:

- Cera al agua: este tipo de cera son una emulsión a base de ceras pulimentables, es decir, ceras que permiten darle al piso acabados superficiales en los cuales se puede observar brillo y suavidad. Por su durabilidad y su resistencia al agua este producto está diseñado para áreas de tráfico tales como colegios, edificios, etc.²⁶
- Cera para pisos auto brillante: esta es una cera auto brillante, principalmente para uso doméstico, que sin necesidad de usar un procedimiento que permita reflejar brillo le da a los pisos un mejor aspecto. Los principales compuestos de este tipo de ceras son: Agua 80%, cera K.L.E^{27*}. 15%, trementina de pino 5%, colorantes y fragancia

²⁵ APLICACIONES CERAS Y PARAFINAS,[en línea], (<http://www.coprin.cl/aplicaciones-ceras-y-parafinas/>), [citado 4 de marzo del 2017]

²⁶ APLICACIONES CERAS Y PARAFINAS,[en línea], (<http://www.coprin.cl/aplicaciones-ceras-y-parafinas/>), [citado 4 de marzo del 2017]

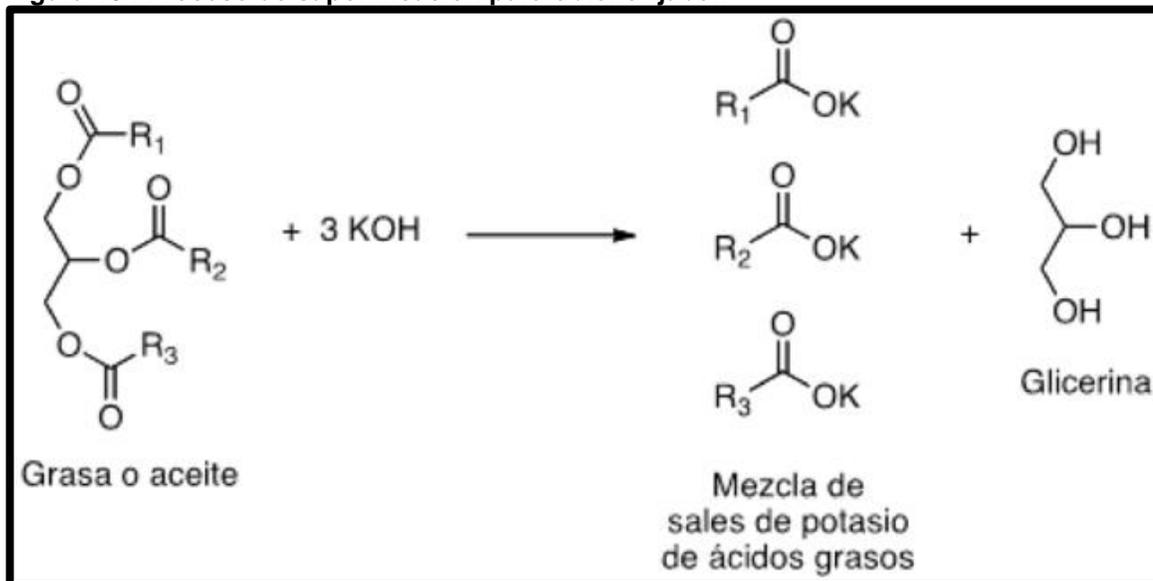
²⁷ *K.L.E: esterres que permiten la elaboración de emulsiones autobrillantes.

5.3 JABÓN INDUSTRIAL

La tercera y última alternativa de aprovechamiento que se contemplara para los residuos grasos en la fabricación de jabón industrial a partir de los mismos. La fabricación de jabones inicia con una parte fundamental del procesos llamada saponificación, la cuales es una reacción química que consta de la hidrolisis de grasas y aceites²⁸, los cuales son tratados generalmente con hidróxido de sodio (NaOH) o hidróxido de potasio con el fin de que estos se saponifiquen y de esta manera dar como resultado el jabón y glicerina.

La saponificación es una reacción que se compone en dos partes, la primera es la desintegración de las grasas (triglicéridos) en un ácido graso y glicerol; a este procedimiento se le conoce como hidrolisis, donde se pone en contacto el triglicérido con agua para generar su desintegración, además de poner en contacto la grasa con agua es necesario adicionar a esta alguna de las sales ya nombradas (NaOH o KOH), con el fin de que en el momento de realizar la hidrolisis toda la molécula del triglicérido sea desintegrada; y la segunda parte es la unión del ion NaOH con los átomos de carbono en el extremo carboxilo del ácido graso liberándolos de este, una vez separados los ácidos, estos reaccionan con el ion sodio dando como resultado el jabón y los tres iones de hidróxido reaccionan con el glicerol para formar la glicerina. En la figura 13 se muestra el proceso de saponificación.

Figura 13 . Proceso de saponificación para obtener jabón



Fuente: Universidad Nacional Autónoma de México. Revista digital universitaria.
En: www.revista.unam.mx/vol.15/num5/art38/. Consultada: 15 de mayo de 2017.

²⁸ REGLA Ignacio, VÉLEZ Edna, CUERVO Diego, NERI Adrián, la espuma: presente en nuestra vida cotidiana: la química del jabón y algunas aplicaciones [en línea], disponible en: <http://www.revista.unam.mx/vol.15/num5/art38/>, [citado el 5 de marzo del 2017].

5.3.1 Métodos para la producción de jabón. Generalmente el método más utilizado a nivel industrial para la producción de jabón es el mediante la nombrada saponificación, pero es importante conocer que no es la única ruta para llegar a tal fin. A continuación, se estudiarán diferentes métodos para la obtención de jabón industrial.

- **Método de semi-cocción:** En este método la materia grasa se mezcla con una cantidad de soda cáustica suficiente para saponificarla por completo. Además de esto la saponificación se verifica mediante agitación y calentamiento con vapor cerrado. La característica de este método es que en la masa de jabón se deja la glicerina²⁹.
- **Método del autoclave:** Este método no es usado generalmente puesto que tiene un elevado costo ya que requiere un elevado gasto de energía en forma de calor, en este proceso el álcali reacciona con la materia grasa a temperatura y presión elevadas, posteriormente se agita la mezcla mediante el bombeo con serpentines que son expuesto al calor exotérmicamente, gracias a esto la saponificación es muy rápida; La masa caliente se somete a expansión instantánea en una cámara de vacío, en la que caen las partículas de jabón, y gran parte de la glicerina y la humedad se eliminan en fase de vapor, la glicerina se condensa de la mezcla de vapores y posteriormente se recoge³⁰.
- **Método del éster metálico:** Este proceso implica una transformación de los triglicéridos en ésteres metálicos, los cuales son tratados con alcohol metálico en presencia de un catalizador, luego es separada la glicerina, los ésteres metálicos son destilados y saponificados con NaOH.
- **Método de saponificación a chorros:** En este método la grasa caliente y el NaOH son ajustados de modo continuo a una boquilla cuya abertura central sale una corriente de vapor caliente el cual emulsiona la mezcla y posteriormente esta cae en una caldera donde se realiza la saponificación completa a una temperatura elevada³¹.
- **Método continuo:** En este proceso los ácidos grasos son combinados con soda caustica, en este las cantidades se juntan en un mezclador. la concentración de la solución de NaOH será la necesaria para obtener la

²⁹ VILLALBA, Julián, Revista de jabones: información tecnológica actual, En: revista de jabones , junio 2012, ISSN 1856-7452.

³⁰ REGLA Ignacio, VÉLEZ Edna, CUERVO Diego, NERI Adrián, la espuma: presente en nuestra vida cotidiana: la química del jabón y algunas aplicaciones [en línea], disponible en: <http://www.revista.unam.mx/vol.15/num5/art38>, [citado el 5 de marzo del 2017].

³¹ VILLALBA, Julián, Revista de jabones: información tecnológica actual, En: revista de jabones , junio 2012, ISSN 1856-7452.

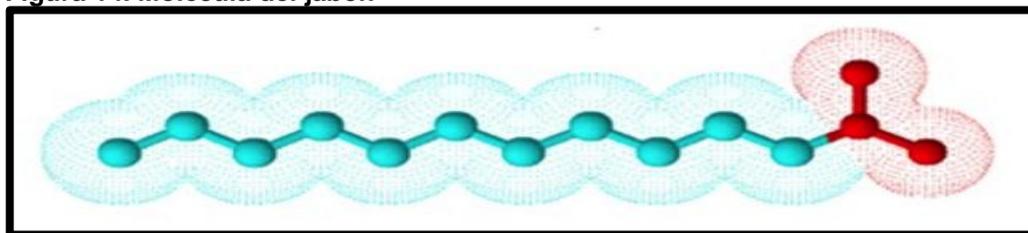
humedad deseada en el jabón obtenido, en este método la reacción se verifica rápidamente y el jabón producido se descarga en un tanque el cual es mantenido en agitación, posteriormente se descarga en un tanque que contenga sal o salmuera para producir jabón limpio con el deseado contenido analítico³².

5.3.2 Estructura molecular del jabón. La molécula del jabón está dividida en dos partes, una que tiene afinidad con el agua por presentar características similares en cuanto polaridad, y la otra parte que es apolar, la cual solo tiene afinidad con las grasas; gracias a esto se debe el funcionamiento del jabón en todo lo concerniente a la limpieza.

La función de limpieza del jabón se debe a las afinidades que presentan sus extremos con los diferentes medios en donde se encuentre esto, como ya se había dicho esta molécula tiene dos extremos, un extremo que tiene una cadena sin carga, larga e hidrocarbonada encargada de interactuar con la grasa, atraparla, y disolverla, el otro extremo con carga y orientado hacia el extremo con capacidad de formar gotas. Una vez se forme la gota y esta esté cubierta por varias moléculas de jabón se forma una micela con una cantidad de grasa en su interior, esta micela es fácilmente capturada por el agua ya que en toda su superficie se encuentran las partes afines con esta.

En la figura 14 puede ser observada la estructura característica de la molécula del jabón, donde la parte roja muestra la capacidad de interactuar con el agua por su polaridad (hidrofílica) y la parte azul es la capacidad de interactuar con la grasa (lipofílica).

Figura 14. Molécula del jabón



Fuente: Universidad Nacional Autónoma de México. Revista digital universitaria.
En: www.revista.unam.mx/vol.15/num5/art38/ . Consultada: 15 de mayo de 2017

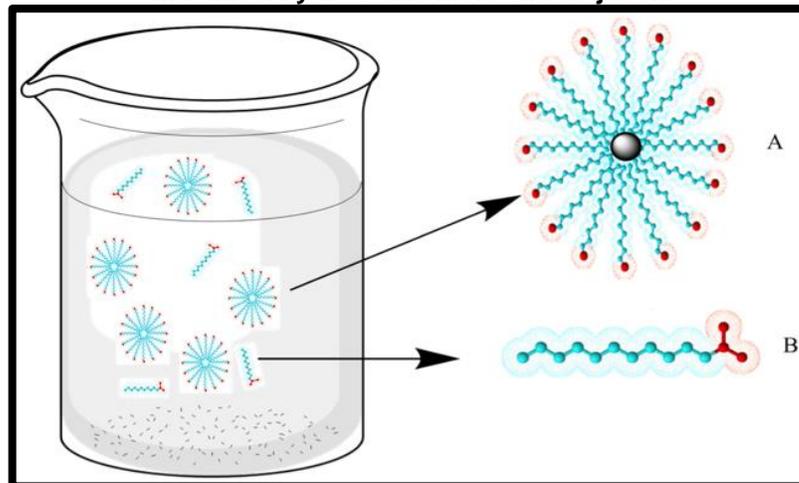
En el agua un jabón puede llegar a formar hasta 200 micelas, es decir, 200 conglomeraciones que orientan sus cabezas con carga hacia la superficie del

³² FABRICACIÓN DE JABONES, [en línea], (<https://www.textoscientificos.com/jabon/fabricacion>) , [citado el 5 de marzo del 2017].

agregado molecular, mientras que las cadenas alifáticas quedan hacia dentro. La micela es una partícula energéticamente estable, característica que le confiere los grupos con carga que están unidos mediante enlaces de hidrógeno de baja energía con las moléculas del agua del entorno, mientras que los grupos afines a las grasas se orientan hacia el interior de la micela e interactúan con otros grupos de características similares³³.

En la figura 15 se puede observar la formación de las micelas nombradas.

Figura 15. Formación micelar en un entorno acuoso, donde A es una micela y B es una molécula de jabón.



Fuente: Universidad Nacional Autónoma de México. Revista digital universitaria. En: www.revista.unam.mx/vol.15/num5/art38/ . Consultada: 15 de mayo de 2017

La manera en que el jabón puede cumplir con su función de limpieza es mediante la formación de emulsiones, mezclas de dos fases insolubles, en este caso el agua y las grasas, con una fase dispersa en la otra en forma de pequeñas “gotas”, cuando esto sucede la grasa se puede retirar con ayuda de agua y culminar con la importante e indiscutible característica de los jabones sin importar su tipo.

³³ FABRICACIÓN DE JABONES, [en línea], (<https://www.textoscientificos.com/jabon/fabricacion>) , [citado el 5 de marzo del 2017].

6. SELECCIÓN DE UNA ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS GRASOS LÁCTEOS

Una vez obtenida la caracterización por BIOTRENDS S.A, el paso a seguir es clasificar la grasa, con respecto a los resultados, dentro de una posible aplicación o vía de aprovechamiento eficiente de los residuos grasos. Teniendo en cuenta lo anterior, y la necesidad de hacer uso de los residuos, se recurre a una matriz de selección, por medio de la cual se pretende escoger la mejor alternativa para el aprovechamiento.

6.1 MATRIZ DE SELECCIÓN

La matriz de selección o matriz de ponderación es una herramienta que permite determinar y aclarar las alternativas y criterios que deben ser considerados a la hora de la evaluar parámetros. Esta herramienta se utiliza para tomar una decisión apropiada y que sea beneficiosa entre varias alternativas contempladas, en este caso específico, se tienen 3 posibles alternativas de aprovechamiento diferentes. Esta herramienta fue usada en el desarrollo de este trabajo de grado debido a que se cuenta con 7 factores importantes que influyen directamente sobre la toma de decisión entre una de las 3 posibles alternativas de aprovechamiento anteriormente descritas.

6.1.1 Criterios de selección. Para llevar a cabo la realización de la matriz de decisión se contemplan una serie factores que afectan o tienen gran influencia en la toma de una decisión certera. El diseño de la matriz está dado por los factores que influyen la producción de la alternativa a elegir, el peso (grado de importancia) que tienen estos dentro de la matriz en la alternativa a seleccionar y por último el número de alternativas a contemplar.

En esta matriz de selección están las alternativas dadas por la empresa LEVELMA S.A.S como posibles aplicaciones de aprovechamiento de residuos, las cuales están descritas en el capítulo anterior, es decir, la producción de ceras, grasas lubricantes o jabones para uso industrial.

Como segundo paso se deben definir los factores y estipular valores según la importancia a los parámetros fisicoquímicos evaluados por BIOTRENDS S.A.S de la muestra grasa como índice de saponificación, índice de yodo, índice de peróxidos, humedad, grasa, pH y acidez titulable, los cuales son importantes contemplar dentro del proceso de fabricación de cualquiera de las tres alternativas de aprovechamiento de este residuo planteadas en el proyecto.

Por último, se asigna un valor al peso que tiene cada uno de los parámetros fisicoquímicos contemplados para proceder con el cálculo del valor final que tienen

los factores sobre la posible alternativa de aprovechamiento del residuo graso lácteo proveniente de LEVELMA.

A cada factor se le asignará una calificación de 1 a 3 como lo muestra la tabla 4, los cuales representan una calificación diferente para cada uno de los valores; siendo así el número 3 catalogado como parámetro de mucha importancia y el número 1 como parámetro de baja importancia.

Tabla 4. Calificación de las alternativas.

Importancia	Calificación
Alta	3
Media	2
Baja	1

Los factores o criterios de interés serán:

1. Índice de saponificación.
2. Índice de yodo.
3. Índice de peróxidos.
4. Acidez titulable.
5. Humedad.
6. Grasa.
7. pH.

6.2 RELACIÓN FACTORES FÍSICOQUÍMICOS- ALTERNATIVAS SELECCIONADAS

A continuación, se muestra la relación que existe entre los diferentes parámetros fisicoquímicos analizados de la muestra de residuos grasos provenientes de la empresa LEVELMA S.A.S. y las alternativas propuestas para su aprovechamiento.

6.2.1 Grasas lubricantes. En la producción de grasas lubricantes se pueden encontrar una relación con diferentes parámetros fisicoquímicos de los análisis realizados a la muestra del residuo que juegan un papel importante, uno de estos es la cantidad de grasa presentes en ésta. Según los análisis la muestra, contiene 18,9 g de grasa, lo que quiere decir que se cuenta con esta cantidad total para la formación del aceite base el cual es uno de los principales componentes de las grasas lubricantes, ya que de este dependen las características y comportamiento de la misma.

Otro factor importante es la humedad, debido a que ésta indica la cantidad de agua presente en el residuo, de igual manera, la humedad también tiene influencia sobre el aceite base, puesto que se ve relacionada con el aumento o descenso de

la constante dieléctrica, la que a su vez está relacionada con la conductividad eléctrica del aceite³⁴.

El pH está involucrado en la formación del aceite base, puesto que, del valor de éste parámetro depende el tipo de aceite base que se quiera obtener, es decir, como la muestra de residuos grasos arrojó un pH de 3,91, el cual se puede ubicar en un espectro ácido, conociendo esto se puede tomar decisiones en cuanto al uso de diferentes insumos para llevar dicho pH a un espectro básico si así se desea o si el proceso de producción del aceite base lo requiere.

El índice de saponificación también tiene importancia en este proceso puesto que con base en él se puede conocer la cantidad de hidróxido, ya sea de sodio o de potasio, requerido para obtener el espesante que se desee emplear, esto gracias a que en su mayoría los jabones utilizados para tal fin provienen de diferentes compuestos que cumplen con la tarea de permeabilizar con el fin de evitar fugas de aceite.

La acidez libre o acidez titulable también juega un papel de gran importancia en la producción de grasas lubricantes puesto que este índice refleja la cantidad de ácido láctico presente en la muestra, esto permite conocer la calidad de los residuos grasos lo que permite tener un esperado en cuanto la calidad del producto final, en este caso la grasa lubricante. La muestra arroja un valor de 0,4, es decir, presenta un 40% de ácido láctico, el cual es formado por reacciones con microorganismos.

Teniendo como base de estudio los parámetros reglamentarios establecidos para la producción de grasas por el ministerio de salud y protección social³⁵, los cuales indican que la acidez libre debe ser de 0,8 g de ácido láctico/ 100 g de grasa, el índice de saponificación debe estar en un rango entre 190 y 200 y el índice de peróxidos debe ser de 10 mequiv O₂/ kg de grasa, se puede evidenciar que los residuos grasos provenientes de la empresa levelma no cumple con todos los parámetros lo que hace que se generen costos adicionales en el proceso concernientes a la compra de productos que permitan mejorar las características fisicoquímicas de los residuos para su uso industrial.

6.2.2 Cera para pisos. En la producción de ceras para pisos, uno de los factores de mayor importancia, que debe ser tenido en cuenta es la cantidad de grasa presente en la muestra, debido a que la producción de ceras parte principalmente de una reacción de esterificación, es decir, de la unión de un ácido graso con un alcohol; la muestra arrojó un valor de 18,9 g de grasa, es decir, que esta cuenta con un porcentaje de grasa bajo comprado con los requerimientos establecidos para la producción de este tipo de productos los cuales establecen que para

³⁴ BAILEY, Alton Edward. Aceites y grasas industriales. 2 ed. Barcelona, España. Editorial Reverte S.A, 1984. 76p. ISBN 8429179011.

³⁵ <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-2154-de-2012.pdf>

obtener los resultados esperados la materia prima debe contener mínimo el 50% de grasa presente en la misma.

El pH es un factor que tiene influencia en la fabricación de ceras, porque de éste difiere la aplicación para la cual se desea obtener el producto, es decir, conociendo el pH de la muestra (3.9) y teniendo claro las especificaciones necesarias y el producto que se desee obtener, se puede implementar en el proceso insumos tales como reguladores de pH para la obtención del producto deseado.

En índice de peróxidos también tiene influencia en la fabricación de estas ceras, puesto que este refleja la cantidad de oxígeno por cada kilogramo de grasa, la muestra presenta que la cantidad de oxígeno es de 1.3 mequiv, es decir, se encuentra en el rango establecido en la reglamentación en cual indica que el valor máximo de este debe ser de 7 mequiv de oxígeno/ kg para la producción de ceras; de la misma manera se debe tener en cuenta que gracias a este factor se puede conocer las diferentes características que puede tener la grasa dentro de las aplicaciones anteriormente nombradas.

Otro factor que se puede tener en cuenta para la implementación de esta alternativa es la acidez titulable, ya que de ésta depende la calidad de la grasa que se va a utilizar, mediante este factor se puede conocer el grado de descomposición en el que se encuentra la misma y así tener un esperado en la calidad de la cera que se desee fabricar. La muestra arrojó un valor de 0.40 g de ácido láctico por cada 100 g de grasa de lo que se puede concluir que este valor sobrepasa el límite establecido para este tipo de productos.

Comparando los resultados fisicoquímicos de las muestras de los residuos grasos provenientes de la empresa Levelma con la Norma Técnica Colombiana (NTC) 1273 de 1998, la cual indica que la acidez libre debe ser de máx. 40 meq de ácido/ Kg de grasa, el contenido de humedad debe ser de 18%, y el índice de peróxidos debe ser de máx. 7 mequiv O₂ / kg de grasa, se pueden observar algunas diferencias entre los valores obtenidos y los valores requeridos de los parámetros nombrados, por lo cual hace que el aprovechamiento de los residuos en esta alternativa sea viable pero se debe tener en cuenta los diferentes procedimientos adicionales que se deben realizar para obtener una materia prima con las características necesarias para su uso.

6.2.3 Jabón industrial. Para la fabricación de jabón se puede decir que el factor de mayor importancia que se debe tener en cuenta es la saponificación, el cual indica un peso molecular promedio de los ácidos grasos y triglicéridos presentes para saponificar. La muestra de residuos grasos arrojó un índice de saponificación igual a 105 (mg KOH / g aceite) lo que quiere decir que se necesitan 0.105 g de hidróxido de potasio para saponificar 1 g de grasa, de este factor se puede inferir la cantidad de reactivo a usar.

Otro factor de importancia para este proceso es el pH, debido a que de este dependen en uso al cual se quiera destinar, sea a nivel industrial o de tocador. La muestra arrojó un pH de 3.9, es decir, que durante el proceso se debe aumentar el pH mínimo a 7 (neutro), ya que según la bibliografía el pH para esta clase de productos debe ser superior o igual a este.

El índice de yodo también es un factor que se debe tener en cuenta en este tipo de procesos, debido a que mediante este índice se conoce el grado de insaturación de la muestra de residuos grasos, utilizándolo para conocer diferentes propiedades que contribuyan al desarrollo del proceso tales como el punto de fusión, punto de ebullición, etc.

La acidez titulable tiene una importancia para la producción de jabones puesto que este muestra el número de ácidos grasos libres, revela de la misma manera el grado de descomposición en el que se encuentra los residuos grasos de la empresa. De la muestra se obtuvo un valor de acidez igual al 0.40 g de ácido láctico por cada 100 g de grasa lo que quiere decir que la muestra se encuentra en buenas condiciones para su uso en la producción de jabón.

Para el aprovechamiento de los residuos grasos en esta alternativa es necesario comprar los resultados obtenidos de las muestras de los mismos con la reglamentación establecida en la norma técnica colombiana (NTC) 5131, la cual indica que el pH debe ser no superior a 7 puesto si tiene superior a este el pH final del producto podría no cumplir con la norma, en cuanto al contenido de humedad por ser jabón industrial debe ser del 20%, el índice de peróxidos debe ser de 10 mequiv O₂/ kg de grasa, la acidez libre no debe superar 0,5 g ácido láctico/ 100 g de grasa y la cantidad de grasa no debe superar el 50%; dados estos reglamentos se puede evidenciar que los residuos obtenidos cumplen con algunos de los parámetros establecidos, sin deja de lado que es necesario ajustar los que no se cumplen para tener como materia prima residuos grasos en buenas condiciones fisicoquímicas para su uso.

A continuación, dentro de la matriz de selección, se encuentran dos factores necesarios para su desarrollo, el factor A y el factor B, cuyos valores hacen referencia al peso del factor sobre todas las alternativa y la influencia del factor sobre cada una de las alternativas, por ejemplo, el índice de saponificación tiene una alta importancia en el desarrollo de cualquier alternativa, pero en la fabricación de jabón es en donde más debe ser tenido en cuenta

Basados en el análisis anterior y en la tabla 4 donde se califica la importancia, se asignan valores a la influencia del factor (B) sobre cada una de las alternativas de aprovechamiento planteadas por LEVELMA S.A.S teniendo en cuenta el grado de importancia y el resultado del análisis fisicoquímico del residuo graso; esta asignación de valores está registrada en la tabla 5. Dentro de dicha tabla se encuentra un factor (C) el cual es el producto entre los factores A y B; de tal manera que:

$A = \text{Peso del factor sobre el total de alternativas.}$

$B = \text{Influencia del factor sobre cada una de las alternativas.}$

$$C = (A * B) \quad \text{Ecuación 1.}$$

$$\text{total} = \Sigma (A * B) \quad \text{Ecuación 2.}$$

Tabla 5. Asignación de valores según criterio del investigador, donde A es el peso total de alternativas, B influencia del factor en cada alternativa y C producto A*B

Factores	Índice de saponificación		Índice de yodo		Índice de peróxido		Acidez titulable		Humedad		Grasa		pH		Total $\Sigma (C)$
	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	
Peso (A) Alternativa															
Grasa lubricante	2	-	2	-	1	-	3	-	1	-	3	-	2	-	-
Cera para pisos	1	-	2	-	1	-	2	-	2	-	3	-	2	-	-
Jabón industrial	3	-	3	-	3	-	2	-	1	-	3	-	3	-	-

Para proceder con el desarrollo de la matriz se debe contemplar el peso que tiene cada factor sobre todas las alternativas, es decir, la influencia o grado de importancia que cada uno de los factores representa sobre el desarrollo de cualquiera de las 3 alternativas planteadas. En la tabla 6 se encuentran los valores en los cuales están basados los pesos.

Tabla 6. Valores del peso sobre los factores.

Peso	Valor
Alto	3
Medio	2
Bajo	1

Una vez asignados los valores a los factores, y tomando en cuenta la tabla 6 se procede a dar valores numéricos al peso (A) que tiene el factor sobre la alternativa, los cuales están registrados en la tabla 7

Tabla 7. Asignación de valores según criterio del investigador, donde A es el peso total de alternativas, B influencia del factor en cada alternativa y C producto A*B

Factores	Índice de saponificación		Índice de yodo		Índice de peróxido		Acidez titulable		Humedad		Grasa		pH		Total Σ (C)
	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	
Peso (A) Alternativa	3		2		3		2		1		3		2		
Grasa lubricante	2	-	2	-	1	-	3	-	1	-	3	-	2	-	-
Cera para pisos	1	-	2	-	1	-	2	-	2	-	3	-	2	-	-
Jabón industrial	3	-	3	-	3	-	2	-	1	-	3	-	3	-	-

Al índice de saponificación fue asignado un valor de 3, debido a que es importante en el desarrollo de las tres alternativas; al índice de yodo un valor de 2, porque a pesar de tener una gran importancia, no es relevante en el proceso de un producto industrial, el índice de yodo define el grado de insaturación de un lípido, este tipo de análisis se realiza para los compuestos o productos destinados a consumo humano y animal.

El índice de peróxidos refleja el grado de descomposición de la grasa, por lo cual se afirma que es necesario tener una grasa en óptimas condiciones para el desarrollo de cualquier tipo de producto.

Si el producto final fuese destinado al consumo humano, como el aceite refinado de palma (acidez titulable < 0.10%)³⁶ éste cumpliría debido a su valor, pero para las alternativas de uso industrial planteadas anteriormente solo se puede tomar como una medida de descomposición de la grasa residual.

En cuanto a la humedad, es un parámetro que debe ser eliminado del residuo, por lo cual la importancia es baja; por otro lado, la grasa tal vez el factor más importante, debido a que de ahí parte todo el proceso de producción, por esto es asignado el valor más alto. Por último, el pH es importante dentro de cada una de las alternativas con respecto al uso final del producto, pero o relevante dentro del proceso de producción debido a que es un valor que se puede modificar según condiciones del proceso.

Con base en lo anterior, para calcular el total son sumados los valores finales del factor C.

Tabla 8. Solución de la matriz de selección para la toma de decisión

³⁶ MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL. Requisitos sanitarios para los aceites y grasas de origen vegetal y animal. NTC 2154, Bogotá D.C. El ministerio. 2012.

Factores	Índice de saponificación		Índice de yodo		Índice de peróxido		Acidez titulable		Humedad		Grasa		pH		Total
	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	
Peso (A) Alternativa		3		2		3		2		1		3		2	
Grasa lubricante	2	6	2	4	1	3	3	6	1	1	3	9	2	4	33
Cera para pisos	1	3	2	4	1	3	2	4	2	2	3	9	2	4	29
Jabón industrial	3	9	3	6	3	9	2	4	1	1	3	9	3	6	44

Con el resultado final del desarrollo de la matriz, se concluye que la mejor manera de realizar un aprovechamiento de los residuos grasos contemplando los diferentes análisis fisicoquímicos, es la fabricación de un jabón industrial el cual puede ser usado en diferentes tipos de procedimientos ejecutados en la empresa LEVELMA S.A.S

7. FABRICACIÓN DE JABÓN A NIVEL LABORATORIO

En el capítulo 6 se desarrolló el planteamiento de la matriz de selección con el fin de conocer cual alternativa de las tres planteadas (cera para pisos, grasas lubricantes, y/o jabón industrial) es la mejor para el aprovechamiento de los residuos grasos teniendo como base fundamental los factores fisicoquímicos estudiados dando como resultado la fabricación de jabón industrial, ahora es necesario realizar un diseño de experimentos para conocer el efecto que tiene la variación de la concentración del hidróxido de sodio y el hidróxido de potasio sobre la cantidad obtenida del producto final que en este caso es jabón, ya que según la revisión bibliográfica realizada otros factores como la temperatura, tiempo, etc., no se tienen un efecto relevante en el proceso.

7.1 DISEÑO DE EXPERIMENTOS

Para iniciar con el diseño de experimentos es necesario establecer cuál será el modelo adecuado para tal desarrollo, para este proyecto se plantea un Anova en una dirección, que cuenta con la distribución de probabilidad continua más conocida como la distribución F*, ya que este se facilita para el estudio del comportamiento de un factor específico. Luego de tener el modelo seleccionado se procede a realizar el respectivo desarrollo de este de la siguiente manera.

- Para este caso se tiene en cuenta que se estudiará:
 - 1 factor = concentración de hidróxido.
 - 2 tratamientos = NaOH y KOH.
- Los datos mostrados a continuación son tomados de la bibliografía para la fabricación de jabón industrial.

Tabla 9. Concentración de hidróxidos

Concentración de NaOH (%)	Concentración de KOH (%)
39	85
40	29
34	30
30	30
28	15

*DISTRIBUCIÓN F: distribución continua de muestreo de la relación de dos variables aleatorias independientes.

Una vez obtenidos los datos se da inicio al desarrollo del modelo ANOVA* en una dirección de la siguiente manera:

Paso 1: en este paso es necesario establecer las hipótesis, donde H_0 es la hipótesis nula y H_i es la hipótesis inicial.

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2$$

$$H_i = \mu_1 \neq \mu_2$$

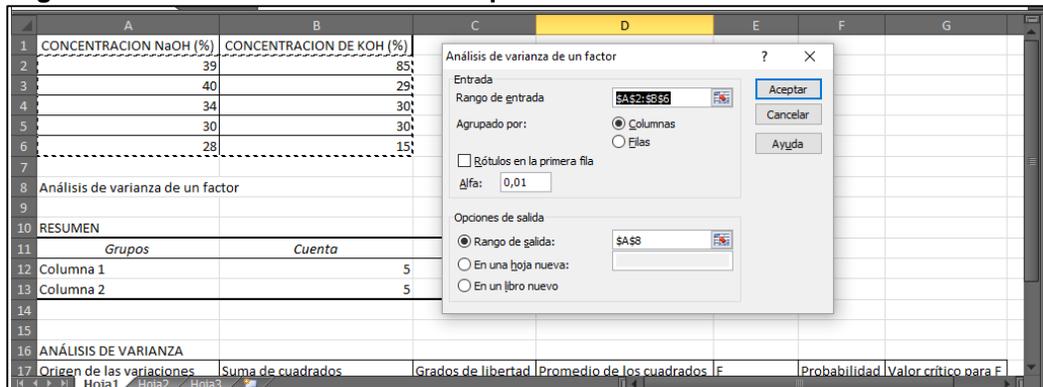
Paso 2: se debe establecer un nivel de significancia, en este caso será de 0,01 puesto que el estudio a realizar está relacionado con el aspecto de calidad de los productos.

Paso 3: en este paso se debe resolver la tabla respectiva del ANOVA. El software que se utiliza para tal desarrollo es Microsoft Excel, de la siguiente manera:

- I. Seleccionar funciones, análisis de datos, análisis de varianza en un factor.
- II. Seleccionar matriz, nivel de significancia y rango de salida

En la figura 16 se registra la captura del desarrollo del diseño de experimento por la cual fue desarrollada la ANOVA en el software anteriormente mencionado, y en la tabla 10 se registran los datos obtenidos de dicha herramienta.

Figura 16. Desarrollo del diseño de experimentos mediante software Excel.



Por último, se obtiene la tabla 10:

Tabla 10. Análisis de varianza de un factor.

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	5	171	34,2	28,2
Columna 2	5	189	37,8	736,7

* ANOVA: El análisis de la varianza que permite aprobar o rechazar la hipótesis nula de que las medias de K poblaciones ($K > 2$) son iguales, frente a la hipótesis alternativa de que por lo menos una de las poblaciones difiere de las demás en cuanto a su valor esperado.

En la tabla 11 se encuentra en análisis de varianza.

Tabla 11. Análisis de varianza

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Promedio cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	32,4	1	32,4	0,08	0,77	11,25
Dentro de grupos	3059,6	8	382,45			
Total	3092	9				

De acuerdo a la tabla 11 se infiere que el F, el cual es el cociente entre la suma de cuadrados entre grupos y la suma de cuadrados dentro de los grupos, es menor que el F crítico, el cual es un valor estadístico que indica que tan cerca o lejos se encuentra la hipótesis inicial con respecto a la hipótesis nula, este valor en este caso es hallado por medio del software utilizado, dando como resultado 11,26, comparando este valor con el F de la función ($0,084 < 11,26$) se puede concluir que se acepta la hipótesis nula (H_0), por lo tanto, al variar la concentración del hidróxido de sodio o el hidróxido de potasio esta no tiene efecto alguno en la cantidad de producto obtenido.

7.2 PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE JABÓN SÓLIDO

De acuerdo a los resultados arrojados por la matriz de selección donde se evaluaron los diferentes parámetros (índice de humedad, acidez libre, pH, índice de yodo, índice de peróxidos y porcentaje de grasas) que se ven involucrados en las tres alternativas propuestas como la fabricación de cera para pisos, grasas lubricantes, y/o jabón, muestran que la alternativa que presentó mayor viabilidad para el aprovechamiento de los residuos grasos lácteos es la producción de jabón industrial, por tal razón a continuación se desarrolla el procedimiento para tal fin, teniendo en cuenta los materiales y reactivos necesarios que se muestran en el anexo B, además dicha fabricación se hace a nivel de laboratorio.

7.2.1 Cálculos. Para el proceso es necesario conocer la cantidad de hidróxido de sodio o hidróxido de potasio necesaria para la fabricación del jabón que se desee obtener, teniendo en cuenta que para fabricar jabones duros es indispensable utilizar hidróxido de sodio y para jabones blandos entre, esos los líquidos, es indispensable utilizar hidróxido de potasio³⁷, de igual manera es necesario contar con el índice de saponificación de la grasa o aceite que se use en el proceso. La grasa que se utiliza para el desarrollo de este proyecto proviene de residuos, los cuales son resultado de todas las líneas de producción de la empresa LEVELMA

³⁷PRODUCCIÓN DE JABÓN, [en línea], < <http://www.quimitube.com/produccion-de-jabon-casero-reaccion-de-saponificacion-de-grasas>>, (citado 27 de marzo del 2017)

SAS., al ser este tipo de grasas (residuos grasos) no se cuenta con un índice de saponificación bibliográfico, de acuerdo a lo anterior para calcular la cantidad de hidróxido de sodio necesario en la fabricación de jabón industrial se cuenta con la siguiente relación:

- ✓ Por cada 2.5 litros de grasa se debe emplear 0.5 kg de hidróxido de sodio³⁸ (NaOH).

Siguiendo esto entonces:

$$\begin{aligned} \text{cantidad de NaOH} &= 1 \text{ Litro de grasa} * \frac{0,5 \text{ kg NaOH}}{2,5 \text{ litros de grasa}} \\ &= 0,2 \text{ kg de NaOH} \end{aligned}$$

Es decir que por cada litro de residuos grasos que se desee saponificar es necesario 200 g de NaOH.

- ✓ Otro factor de importancia para la fabricación de jabón es conocer la concentración del NaOH de la siguiente manera:

$$\% \text{ Concentracion} = \frac{\text{peso en gramos de soluto}}{\text{peso total de la solucion en gramos}}$$

Como se tiene el volumen de la solución en mililitro es necesario calcularlo en gramos con ayuda de la densidad del solvente en este caso agua.

$$\text{gramos de soluto} = 0,4 \text{ litros de H}_2\text{O} * \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ litro}} = 400 \text{ g de H}_2\text{O}$$

Luego de obtener el peso del soluto en gramos se procede a conocer la concentración del NaOH.

$$\% \text{ Concentracion} = \frac{200 \text{ g de NaOH}}{(200 \text{ g NaOH} + 400 \text{ g H}_2\text{O})} * 100 = 33.33\%$$

7.2.2 Procedimiento. El proceso inicia pesando en la balanza 200 g de NaOH, luego se debe adicionar al vaso de precipitados el cual debe contener 400 ml de agua, el NaOH es un compuesto altamente corrosivo por esto se debe evitar el contacto con la piel y se debe contar con todas las normas de seguridad necesarias para su manipulación, es necesario tener en cuenta que la adición del NaOH se debe realizar lentamente para evitar accidentes puesto que este tiene

³⁸ PRODUCCIÓN DE JABÓN, [en línea], <<http://www.quimitube.com/produccion-de-jabon-casero-reaccion-de-saponificacion-de-grasas>>, [en línea], (citado 27 de marzo del 2017)

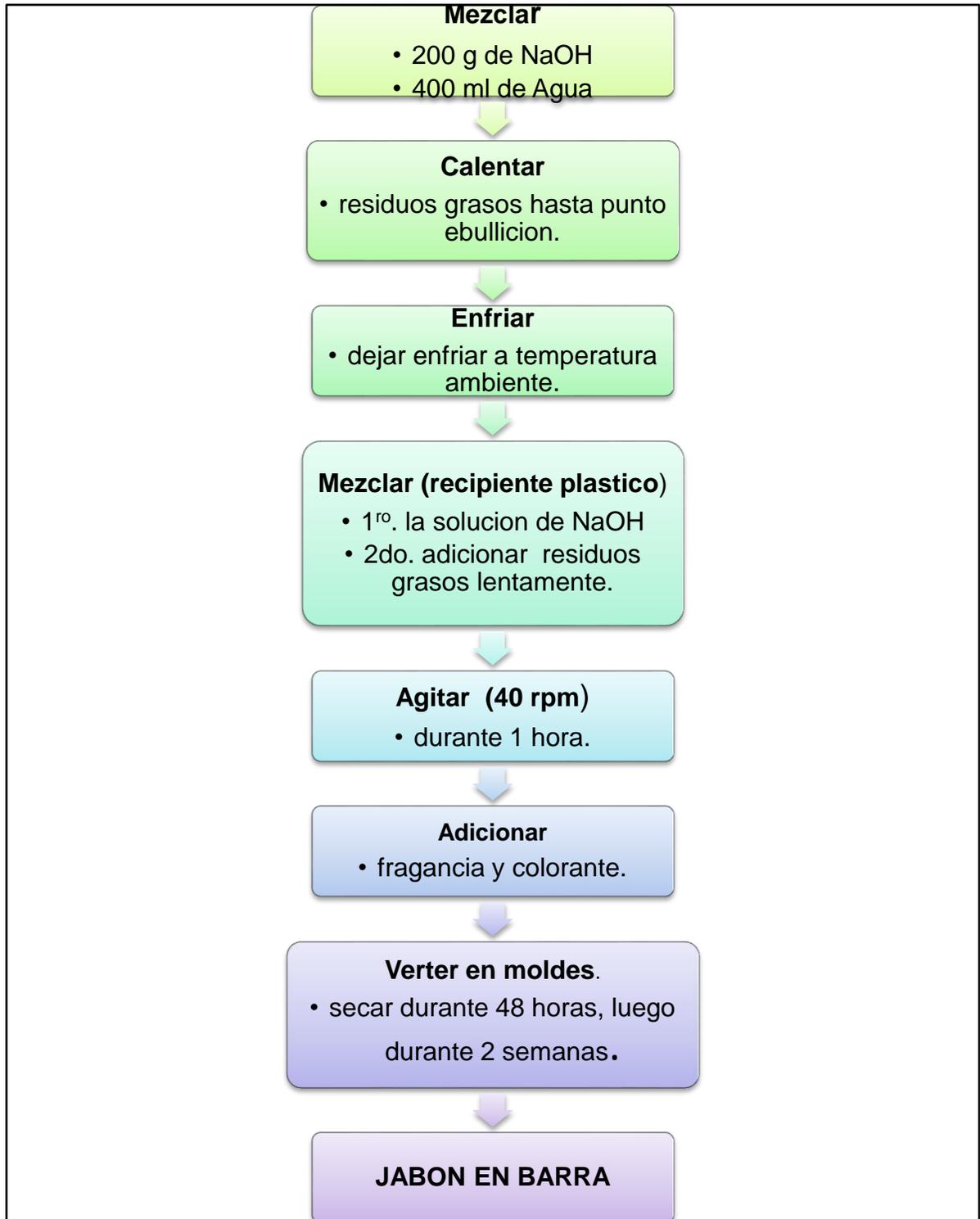
una entalpia de disolución de -44.51 kJ/mol ³⁹, es decir, el hidróxido de sodio al entrar en contacto con un solvente, en este caso agua tiende a liberar energía en forma de calor, lo cual permite un aumento de temperatura en el agua. En un recipiente metálico de 500 ml se debe calentar la grasa hasta que esta tenga una apariencia poco viscosa y se debe dejar enfriar a temperatura ambiente, una vez la temperatura haya descendido se procede a adicionar lentamente a la solución de NaOH al 33% y agua en un recipiente de acero inoxidable o plástico, mientras esto sucede se debe mantener una agitación de 40 rpm para que exista uniformidad en la mezcla. La mezcla resultante de la grasa con la sosa caustica se debe someter a agitación constante (50 rpm) aproximadamente 1 hora hasta que este alcance un punto de viscosidad similar a la miel, una vez se obtenga este punto de viscosidad es necesario primero adicionar el colorante deseado y agitar hasta que esté totalmente disuelto en la mezcla, segundo adicionar la fragancia deseada y agitar, luego se debe retirar del fuego y proceder a verter la mezcla en el molde deseado.

Es indispensable dejar secar durante 48 horas el jabón, una vez haya transcurrido este tiempo se procede a desmoldar y cortar el jabón, el cual debe estar expuesto en un lugar protegido de la humedad durante dos semanas para que el proceso de saponificación se complete y se obtengan los resultados deseados.

A continuación, se presenta el diagrama del proceso mediante el cual se obtuvo jabón industrial en barra. Ver figura 17.

³⁹ WEAST, R.C. (ed.). En: ZÚÑIGA, F. et. *Handbook of Chemistry and Physics*. 65a. edición. Florida: CRC Press, Inc. WINDHOLZ, M. (ed.) (s.f.). 1984 pg. 58-63

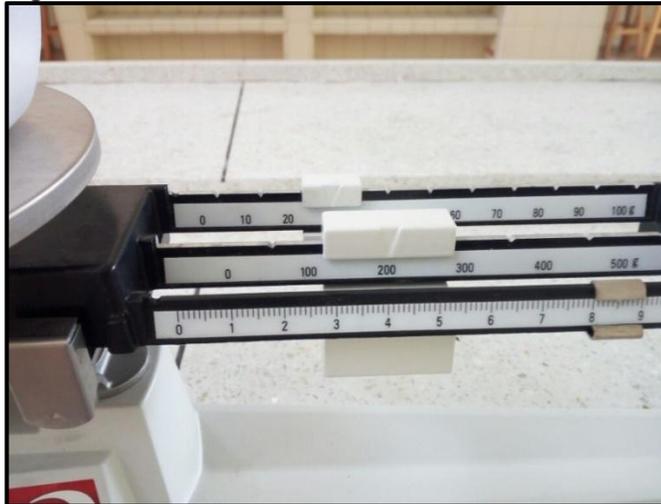
Figura 17. Diagrama de elaboración de jabón sólido



7.2.3 Elaboración de jabón sólido. El desarrollo experimental de este proyecto se llevó a cabo el día 27 de abril del 2017, en los laboratorios Santa María en la ciudad de Facatativá; el procedimiento se dividió en dos etapas, la primera en la fabricación de jabón duro, es decir, utilizando hidróxido de sodio, y la segunda en la fabricación de jabón líquido a partir de hidróxido de potasio.

La primera etapa inicia realizando el respectivo montaje del mechero, luego se procede a tomar el peso de los 200 g del hidróxido de sodio teniendo en cuenta el peso del recipiente seleccionado para realizar el procedimiento como se muestra a continuación en la figura 18.

Figura 18. Peso de hidróxido de sodio.



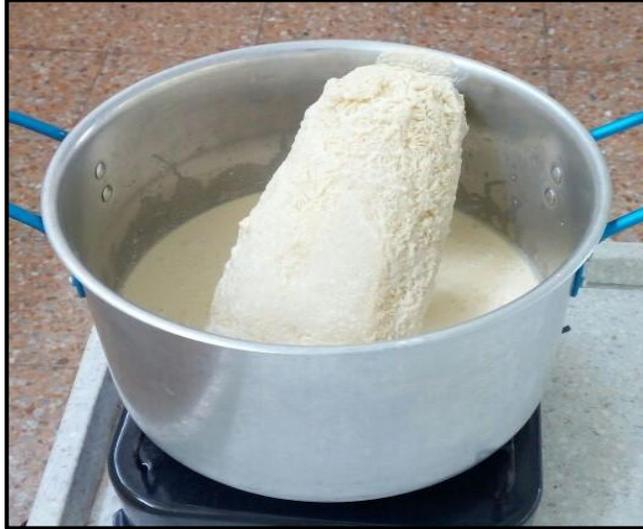
Una vez tomado este peso, se adiciona lentamente al vaso de precipitados el cual contiene 400 ml de agua como se muestra en la figura 19.

Figura 19. Mezclado del NaOH con agua.



Luego, los residuos grasos tomados de la empresa LEVELMA SAS se calentaron a una temperatura alrededor de 40 °C, durante aproximadamente 1 hora hasta que estos estuvieran en estado completamente líquido. (Ver Figura 20).

Figura 20. Calentamiento de los residuos grasos.



De forma similar y simultáneamente fue tomada la temperatura de la solución del NaOH con agua también conocida como lejía, la cual es una solución corrosiva con un fuerte olor, esto con el fin de controlar la temperatura en el momento en el que se adiciona la grasa, para este caso en particular se tiene una temperatura de 88 °C. (Ver Figura 21)

Figura 21. Temperatura de la lejía 88°C.



Después, los residuos grasos se dejan enfriar a temperatura ambiente por un tiempo aproximado de 1 hora, y se vuelven a medir la temperatura final de los residuos.

En este paso la temperatura registrada fue de 65 °C, temperatura con la cual se inicia el mezclado de la solución de hidróxido de sodio y la grasa, para esto es indispensable contar con un recipiente de acero inoxidable o plástico puesto que si se utiliza un recipiente de aluminio este puede generar otra reacción y provoca la corrosión del mismo.

El proceso de mezclado inicia vertiendo la solución de hidróxido de sodio en el recipiente seleccionado, en este caso un recipiente plástico, luego se adiciona lentamente los residuos grasos, mientras se tiene una agitación de 40 rpm⁴⁰ durante 1 hora aproximadamente durante este tiempo se procede a adicionar la fragancia y el colorante, sin detener la agitación. La fragancia y el colorante utilizados en este proyecto se muestran a continuación en la figura 22.

Figura 22: Colorante y fragancia usados para la fabricación de jabón Industrial.



Una vez realizado la adición del colorante y la fragancia se procede a verter la mezcla en el molde si así se desea o se deja en el recipiente plástico para su posterior corte como se puede observar a continuación en la figura 23.

⁴⁰ REGLA Ignacio, VÉLEZ Edna, CUERVO Diego, NERI Adrián, la espuma: presente en nuestra vida cotidiana: la química del jabón y algunas aplicaciones [en línea], disponible en: <http://www.revista.unam.mx/vol.15/num5/art38>, [citado el 5 de agosto del 2017].

Figura 23. Jabón industrial obtenido del proceso



Se puede observar que el jabón tomo una tonalidad rosado a pesar de haber utilizado colorante azul, pero esto se puede deber a que la cantidad de colorante adicionada no fue la suficiente para la cantidad de mezcla y simplemente provoco un rosado más intenso, además de esto la agitación constante y el calor propio de la mezcla puede tener un efecto sobre este aspecto, además de esto se debe tener en cuenta que los residuos grasos pueden tener impurezas propias de los diferentes procesos en la planta, las cuales pueden generar una reacción que contribuya a tal fenómeno.

Finalizado en proceso si se desea realizar el corte del jabón se debe dejar secar durante 48 horas para realizarlo y posteriormente 2 semanas en reposo para que el proceso de saponificación llegue a su mejor punto.

Transcurridas 2 semanas se tomó el peso final del jabón resultante, que fue de 1705 kg como se muestra en la figura 24.

Figura 24. Jabón obtenido del proceso



Al producto obtenido se le tomo el Ph en cual arrojó un valor de 12, esto quiere decir que el jabón obtenido es alcalino y según las fuentes bibliograficas en un pH optimo para la fabricacion de jabon insutrial⁴¹

Figura 25. pH Jabón obtenido del proceso



⁴¹ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. referencias bibliograficas para normas. 2 ed. Bogotá: ICONTEC, 1996, (NTC 5131)

7.3 PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE JABÓN LÍQUIDO

Para la elaboración de jabón líquido se debe tener presente que en este caso será de mayor utilidad el uso de KOH (hidróxido de potasio), puesto que este es de mayor uso industrial para la elaboración de jabones blandos como el jabón líquido. Para la elaboración del jabón con estas características se usarán los siguientes materiales y reactivos.

- **MATERIALES**

- ✓ Vaso de precipitado
- ✓ Mechero
- ✓ Soporte universal
- ✓ Agitador
- ✓ Balanza
- ✓ Espátula metálica
- ✓ Recipiente metálico acero inoxidable de 500 ml
- ✓ Termómetro de vidrio
- ✓ Cronometro

- **REACTIVOS**

- ✓ 1 litro de grasa
- ✓ 200 g de KOH
- ✓ 400 ml de agua
- ✓ 100 cm³ de aceite de oliva o glicerina
- ✓ Colorante industrial
- ✓ Fragancia

7.3.1 Procedimiento. El proceso inicia pesando en la balanza 200 g de KOH, luego el hidróxido pesado se debe adicionar al vaso de precipitado, el cual deberá contener previamente 400 mL de agua, en este caso se debe contar con las mismas normas de seguridad establecidas en el procedimiento anterior puesto que los hidróxidos de sodio y potasio tienen un comportamiento similar cuando entran en contacto con el agua.

En un recipiente metálico preferiblemente de acero inoxidable con volumen mínimo de 500 ml, se debe someter a una temperatura de 40°C la grasa residual hasta que ésta tenga una apariencia poco viscosa, una vez se encuentre completamente líquida se debe retirar del fuego y posteriormente se debe supervisar que la temperatura descienda hasta la temperatura ambiente.

Cuando la temperatura de la grasa deshidratada sea menor a la inicial, se procede a adicionar a los residuos grasos los 100 cm³ de aceite de oliva o glicerina, con el fin de darle una mejor textura y humectación al jabón, la glicerina también juega un papel de suavizante cuando el producto tenga contacto con la piel; luego se debe

proceder a adicionar la solución de KOH en un recipiente plástico o de acero inoxidable para posteriormente realizar la mezcla de los residuos y el hidróxido⁴².

El proceso de adición de los residuos, debe ser realizado lentamente con el fin de evitar accidentes, simultáneamente se debe tener una agitación de 40 rpm para que exista uniformidad en la mezcla y garantizar la completa homogenización⁴³.

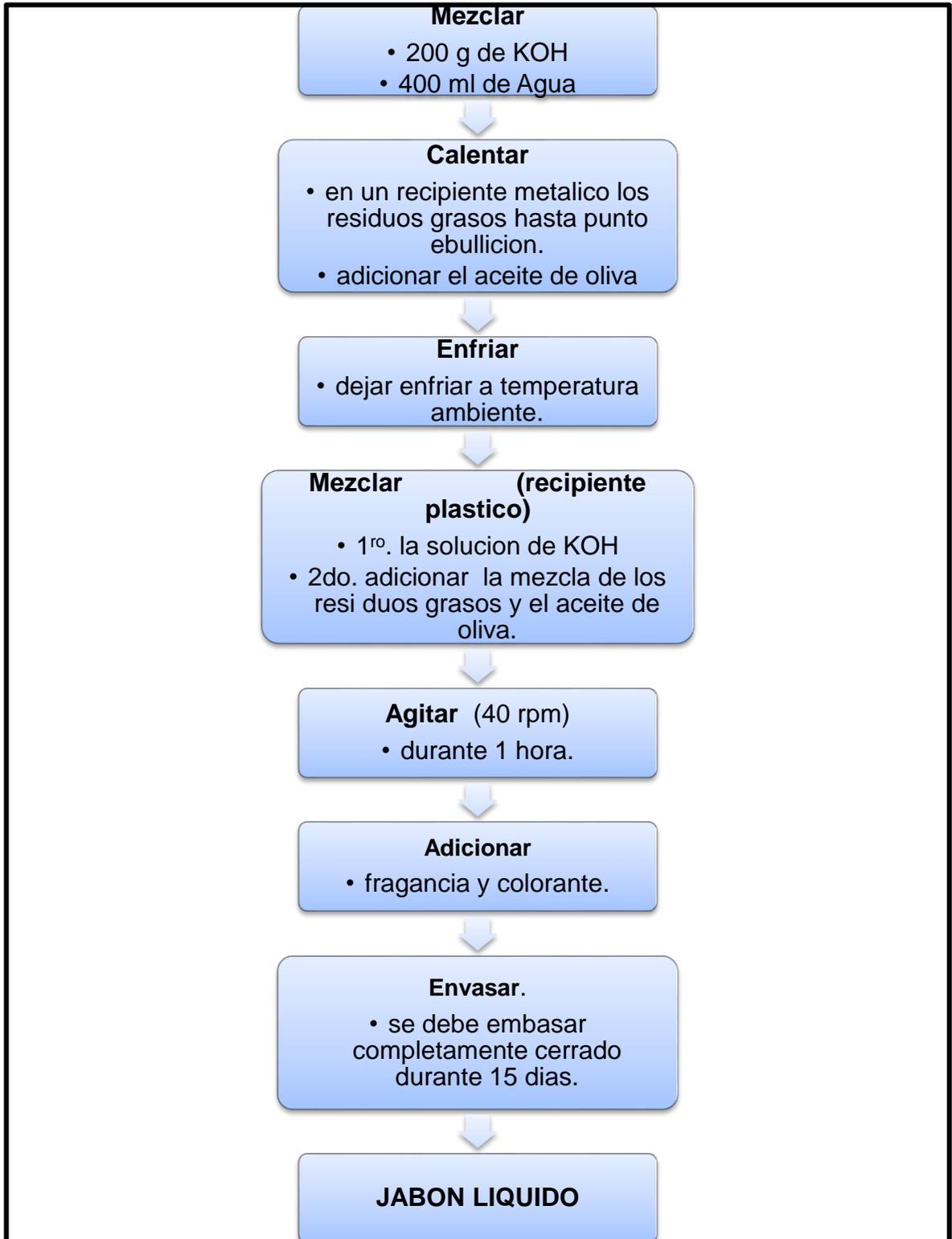
Una vez finalizada la adición de los residuos grasos a la solución del hidróxido de potasio se debe adicionar el colorante y la fragancia deseada, para los cuales se deben tener en cuenta la aplicación que se le dará el jabón obtenido, simultáneamente se debe tener en agitación de 40 rpm durante 1 hora hasta que esta tenga consistencia muy similar al gel. Obtenida la consistencia deseada y la temperatura haya descendido completamente hasta que sea igual a la temperatura ambiente se debe envasar el jabón en un recipiente plástico durante 15 días para que el proceso de saponificación llegue a su punto óptimo.

A continuación, se presenta el diagrama del proceso mediante el cual se obtuvo jabón líquido para distintos tipos de aplicaciones. Ver figura 26.

⁴² PRODUCCIÓN DE JABÓN, [en línea], <<http://www.quimitube.com/produccion-de-jabon-casero-reaccion-de-saponificacion-de-grasas>>, [en línea], (citado 27 de marzo del 2017)

⁴³ PRODUCCIÓN DE JABÓN, [en línea], <<http://www.quimitube.com/produccion-de-jabon-casero-reaccion-de-saponificacion-de-grasas>>, [en línea], (citado 27 de marzo del 2017)

Figura 26. Diagrama elaboración de jabón líquido



7.3.2 Elaboración de jabón líquido. La primera etapa inicia realizando el respectivo montaje del mechero, luego se procede a tomar el peso de los 200 g del hidróxido de potasio en escamas, teniendo en cuenta el peso del recipiente que se usa para tal fin, el cual es de 37 gramos como se muestra a continuación, ver figura 27.

Figura 27. Cantidad del KOH.



Una vez tomado este peso, se adiciona el hidróxido de potasio lentamente al vaso de precipitados, este contiene 400 ml de agua como se representa en la figura 28.

Figura 28. Mezcla de KOH con agua



Luego, los residuos grasos tomados de la empresa LEVELMA SAS se calentaron hasta una temperatura alrededor de 40 °C., durante aproximadamente 1 hora,

hasta que estos estuvieran en estado completamente líquido como se muestra a continuación en la figura 29.

Figura 29. Residuos grasos completamente líquidos.



Después se procede a adicionar el aceite de oliva en este caso a los residuos grasos líquidos para darle al producto final una mejor apariencia e igualmente este tenga propiedades de humectación para la piel propias para la misma, simultáneamente se debe agitar constantemente. Ver figura 30.

Figura 30. Aceite de oliva utilizado.



Después se debe adicionar lentamente la mezcla de los residuos grasos y aceite de oliva sobre la solución de KOH sin dejar de agitar para garantizar uniformidad en la mezcla y completa homogenización, simultáneamente se debe adicionar el colorante y la fragancia en las cantidades requeridas y/o deseadas.

NOTA: La agitación debe mantenerse continua durante 3 horas a aproximadamente, la agitación debe realizarse constantemente.

Para finalizar el proceso se debe envasar el producto en un recipiente plástico durante mínimo 15 días, en los cuales es recomendable la agitación esporádica del producto para evitar la gelificación.

En la figura 31 se muestra el producto terminado en estado líquido y cuyo envase está diseñado para dispensarlo de una fácil manera.

Figura 31. Jabón líquido obtenido del proceso



7.4 ANALISIS DE RESULTADOS

De acuerdo al desarrollo experimental del proyecto se observó que del aprovechamiento de los residuos grasos puede generar diferentes productos de uso industrial, en este caso jabón ya sea en barra o líquido, esto gracias a sus características fisicoquímicas, cabe resaltar que este proceso se realizó a nivel laboratorio.

Una de las principales diferencias en cuanto al aspecto físico que se desea obtener evidenciada en la elaboración de estos jabones radica principalmente en el tipo de hidróxido que se desea utilizar, es decir, para la elaboración de jabón en barra es importante utilizar hidróxido de sodio puesto que este gracias a sus características (calor de disolución, índice de saponificación, y dureza) brinda todo lo necesario para que el jabón a fabricar tenga las mejores características, es importante de igual manera tener presente que un exceso de hidróxido produce un exceso de alcalinidad⁴⁴ lo cual puede generar problemas en la piel de quien utilice el jabón sin la protección necesaria; mientras que si se desea fabricar jabón líquido, es importante utilizar hidróxido de potasio, este junto a la glicerina tienen un comportamiento de humectante para la piel, razón por la cual industrialmente es el más utilizado por sectores cuyo eje principal es la elaboración de productos cosméticos

Otro aspecto que se pudo observar fue la importancia que tiene el uso de recipientes hecho en acero inoxidable, porque si se utilizan recipientes en aluminio, este logra interactuar con el hidróxido que se está empleando y después de algunos segundos provoca una reacción de corrosión sobre el recipiente; de la misma manera logra ocasionar daños en el proceso, tales como la pérdida de la materia prima ya que en el momento de que suceda la reacción de corrosión sobre el recipiente es imposible la formación del jabón, dando lugar a la formación de espuma en este caso, lo que conlleva a no tener los resultados esperados. Este aspecto industrialmente puede llegar a ser un factor de éxito o fracaso en un proceso productivo puesto que si no se tiene en cuenta en el diseño del proceso trae consecuencias económicas para la empresa.

En cuanto al procedimiento se puede concluir que es más sencillo y económico el proceso para la elaboración de jabón en barra (ver figura 17 y figura 28) , puesto que este requiere de menos etapas para la obtención del producto final, así mismo se requiere únicamente de los residuos grasos y el hidróxido de sodio en la cantidad calculada, la cantidad de NaOH depende del índice de saponificación de la grasa empleada, en este caso la cantidad de NaOH fue tomada de la

⁴⁴ HIDRÓXIDO DE SODIO,[en línea],

www.docs.google.com/document/d/1B7PQZKetvzgtgUPHNYFyTEIPP6WFD-6VoUqCwXs-Y80/mobillbasic?hl=es , citado 6 de junio del 2017.

bibliografía (los cálculos son presentados en la sección 7.1.1), en el caso del jabón líquido, es más dispendioso, este proceso requiere de varias etapas las cuales se ven directamente relacionadas en el tiempo establecido de producción; esto puede incurrir en gastos de la empresa pues entre menor sea el tiempo necesario para finalizar el proceso productivo, es mejor para su comercialización y tendrá una mayor rotación de inventarios.

Para el proceso de elaboración del jabón líquido se hizo una comparación entre el índice de saponificación proporcionado por los resultados del diagnóstico realizado a las muestras de residuos grasos (ver tabla 1), este valor indica que la cantidad de KOH necesario para saponificar 1 g de grasa es de 0,105 g, con la ayuda de la densidad de la muestra (0.49 g/ml) se determinó que la cantidad de KOH necesario para saponificar 1225 g de residuo graso, equivalente a 2.5 litros usados en el proceso es de 128.62 g como se muestra a continuación.

$$105 \frac{mg \text{ de } KOH}{g \text{ de } grasa} * \left(\frac{1 g}{1000 mg} \right) = 0.105 \frac{g \text{ de } KOH}{g \text{ de } grasa}$$

El volumen usado para la muestra fue de 2500 ml y con la densidad de la muestra se obtuvo 1225 gramos de residuos grasos, para hallar la cantidad de KOH necesaria se realizó como se muestra a continuación:

$$0.105 g \text{ de } KOH * 1225 g \text{ de } grasa = 128.62 g \text{ de } KOH$$

De acuerdo a lo anterior y al cálculo realizado (ver sección 7.1.1) donde se obtuvo una cantidad de KOH de 200 g, se puede observar que la cantidad necesaria para saponificar 1225 gramos de residuos graso es el 64% de la cantidad empleada, razón por la cual el jabón obtenido del proceso presenta un mayor grado de viscosidad⁴⁵.

En cuanto el rendimiento de la reacción en este caso no fue posible conocer el rendimiento puesto que en el proceso el reactivo limitante son los residuos grasos y al realizar la revisión bibliográfica en cuanto el peso molecular de los mismo no se cuenta con fuentes bibliográficas que aporten este dato, ya que no se conoce con exactitud la naturaleza, estructura, etc. de estos.

⁴⁵ www.docs.google.com/document/d/1B7PQZKetzvztgUPHNYFyTEIPP6WFD-6VoUqCwXs-Y80/mobillbasic?hl=es , citado 6 de junio del 2017.

8. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS GRASOS LÁCTEOS

En este capítulo se muestran los equipos necesarios para tratar y aprovechar los residuos grasos lácteos producidos en LEVELMA y el diseño de dichos equipos. Para finalizar este proyecto deben ser considerados los equipos necesarios en los que se lleva a cabo el desarrollo de esta alternativa, entre los cuales deben ser tenidos en cuenta los materiales, espesores y demás características inherentes al proceso.

Este capítulo será enfocado en la producción de jabón sólido principalmente por petición de Levelma. Por otro lado, según la cotización realizada en Ciacomeq S.A.S, el valor por kilogramo del hidróxido de potasio es \$2,240 pesos más costoso que el de hidróxido de sodio, lo que significa que hay que pagar un 52% más por esa materia prima; además la adición de glicerina tiene un costo extra en el desarrollo, es decir, se tienen más gastos por concepto de materias primas. Otro factor que influye en la toma de decisión es el tamaño de los equipos en el dimensionamiento; como fue explicado en el capítulo anterior la alternativa de aprovechamiento de jabón líquido requiere de glicerina para brindarle un mejor aspecto al mismo, lo cual hace que el tamaño del tanque de agitación continua maneje un volumen mayor y se incrementen los costos de elaboración del jabón. Aparte de lo anteriormente nombrado, el jabón líquido cuenta con un gasto extra por concepto de empaquetado, los recipientes para almacenamiento deben ser en plástico, los cuales tienden a inflar los costos de fabricación del producto. Una vez aclarado lo anterior, no hay otro factor que influya en los costos, pero tienen el peso suficiente para tomar la decisión de abordar la alternativa de aprovechamiento de jabones sólidos industriales.

Según David Bravo y Zulysmileth Henao en el capítulo de dimensionamiento de equipos está calculado junto al flujo total de agua residual, la malla usada para el filtrado de sólidos indeseados a la entrada de la trampa de grasas en la cual concluyen que la rejilla #2 retiene un 62.65% de los sólidos y que debe tener unas dimensiones de 1m de largo, 1.2m de ancho y 0.02m de alto⁴⁶.

La implementación de una rejilla de este tipo favorece que a la trampa de grasas solo entren fluidos y no sólidos, es decir, solo permite la entrada de aguas residuales y grasas en la alimentación removiendo sólidos indeseables.

Con el fin de dimensionar los equipos necesarios para el desarrollo de la alternativa, debe ser contemplado un flujo mínimo de grasa para disposición. En la tabla 12 se encuentra un promedio de la cantidad desechada durante los últimos

⁴⁶ BRAVO R, David Andrés y HENAO O, Zulysmileth, Desarrollo de una propuesta de mejora para el sistema de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de lácteos LEVELMA, Cajicá, Colombia. 2016. 114 p.

10 meses, de esta manera, se puede calcular con ese dato el volumen mínimo que deben tener los equipos para dicho manejo.

Tabla 12. Flujo de grasa mensual

Mes	Flujo (kg)
Agosto	800
Septiembre	800
Octubre	825
Noviembre	840
Diciembre	860
Enero	845
Febrero	850
Marzo	880
Abril	810
Mayo	820
Promedio	833

Tomando el valor promedio de los residuos, se debe realizar el dimensionamiento para un mínimo de 833 kg/mes, aunque debe hacerse un ajuste con el fin de mitigar errores o inconvenientes que se puedan presentar en el caso de que en algún mes la cantidad de residuos grasos exceda el valor promediado. Por este motivo en conjunto con LEVELMA se decidió tener una capacidad instalada para tratar 1000 kg de grasa mensual.

8.1 EQUIPOS NECESARIOS PARA EL PROCESO DE PRODUCCIÓN

A continuación, serán tomados en cuenta los equipos que se consideran necesarios y suficientes para proceder con el aprovechamiento del residuo graso.

8.1.1 Horno Industrial. Un horno industrial es un equipo que calienta a una temperatura muy superior a la temperatura ambiente⁴⁷, los cuales tienen la capacidad de generar hasta 1200°C. Existen en el mercado diferentes tipos de hornos, entre los principales están los de resistencia, estos hornos transforman la energía eléctrica a energía térmica, ésta transformación se da por medio de una serie de resistencias, que al impedir el paso de energía la liberan en forma de calor; éste calor es cedido a la carga a través del fenómeno de radiación y convección. Dentro de los parámetros que deben ser previstos para el dimensionamiento y compra del horno se encuentran las características del material, el cual debe tener una estructura sólida, que no sea pesada, fabricado en un material que resista la corrosión y que soporte cambios grandes de temperatura; debido a que este no es requerido para un trabajo constante ni

⁴⁷ <http://www.juliomartineznaya.com/hornos-industriales-resistencias-electricas-tipos-y-usos/>

trabajos especiales, se decidió no realizar el diseño, sino adquirir uno disponible en el mercado local cuyas características satisfagan la necesidad de deshidratación del residuo. Lo anterior debido a que se incurriría en costos no necesarios dentro del proyecto en el diseño y dimensionamiento de este equipo.

Para escoger con un buen criterio el equipo se debe contemplar una serie de exigencias de carácter técnico, el cual define la solución de un problema de secado por medio de los siguientes factores:

- Carga a tratar. Esta abarca la naturaleza del material, naturaleza y forma de carga, y la temperatura inicial. Dentro de la carga inicial encontramos un residuo sin características tóxicas, corrosivas y/o peligrosas que al ser sometidas a altas temperaturas o generan ningún tipo de reacción química o física que perturbe el funcionamiento adecuado del equipo.

Se propone realizar cargas periódicas de 250 kg semanales a temperatura ambiente (20°C). El manejar estos volúmenes pequeños genera un gran impacto a la hora de operar el equipo, debido a que el manejo de un volumen menor facilita la operación de deshidratación; aparte de esto, la operación una vez por semana incide directamente en el tamaño del equipo que se necesita para ejecutar

- Tratamiento. Dentro de este se encuentran los ciclos (temperatura-tiempo), temperatura normal de utilización del horno (máxima y mínima), precisión de la temperatura requerida y la presencia o no de la temperatura controlada.

La temperatura propuesta para la operación del equipo se encuentra dentro del rango desde 20°C a 100°C, la función principal del horno será el eliminar o disminuir al mínimo el contenido acuoso que contenga la grasa, por ende, o es necesario que el equipo supere la temperatura normal de ebullición del agua a las condiciones de presión del entorno.

A partir del desarrollo experimental, puede ser dado un tiempo mínimo de 35 minutos a partir de la temperatura de ebullición para el proceso de deshidratación de la grasa, la exposición de calor constante durante dicho tiempo por parte del horno va a asegurar el correcto secado del residuo.

- Producción. Este parámetro tiene en cuenta el tiempo de utilización del equipo (horas, días, semanas), posibilidad de dividir la producción en varios hornos y la producción horaria o por ciclo/carga. Dentro de la parte productiva se define un uso de 1.5 horas por cada carga de residuos al equipo, esto certifica que el contenido acuoso de la grasa va a ser evaporado por completo. Para el desarrollo de esta alternativa es absolutamente necesario contar con un equipo que realice la función de retirar el agua de la grasa, debido a que ésta debe

estar completamente seca, y según los análisis fisicoquímicos ésta tiene un porcentaje de humedad del 79%.

En la figura 32 se muestra un horno industrial el cual se usa comúnmente en alimentos, la finalidad de este equipo será remover por completo la humedad que contiene la grasa.

Figura 32. Horno eléctrico.



Fuente. Weston -hornos.

8.1.2 Tanque con agitación continua. Este tanque es un equipo en el que es realizada una mezcla que conlleva una reacción química; ésta mezcla tiene como fin homogenizar las materias primas y/o reactivos necesarios para un proceso de producción dado, consta de un recipiente por lo general en acero inoxidable junto a un sistema de mezclado compuesto de un motor y paletas.

Para el desarrollo de la alternativa seleccionada es necesario un tanque en acero inoxidable, debido a que este equipo da lugar a la reacción entre los hidróxidos y el agua, la cual es una reacción de disolución corrosiva, por la naturaleza del hidróxido, y altamente exotérmica.

La finalidad de la agitación continua es garantizar la completa disolución del hidróxido en agua, y una vez esté completamente diluido el hidróxido de sodio, la agitación permitirá el perfecto mezclado de la solución cargada y la grasa deshidratada adicionada al equipo.

Para realizar dicha agitación se encuentran dentro del comercio motores de medio (1/2) caballo de fuerza, que trabaje de 100 a 150 RPM, si se usa una RPM menor el fluido puede no quedar mezclado totalmente, pero si se usa una mayor a la

anteriormente mencionada se corre el riesgo de que el producto se derrame⁴⁸; éste requiere una potencia de 0.4 kW y fue cotizado en Equiprocess S.A.

En la figura 33 y la figura 34 se encuentran los equipos cotizados y diseñados para el proceso anteriormente descrito, cuya cotización está relacionada en el anexo C, cabe resaltar que en Equiprocess S.A. diseñan tanques de 1m³ en adelante.

Figura 33. Aspas de agitación.



Fuente. Equiprocess S.A.

Figura 34. Tanque de agitación.



Fuente. Equiprocess S.A.

⁴⁸ CASTILLO URIBE, Vladimir. Diseño y cálculo de un agitador de fluidos. Seminario de titulación para obtener el título de Ingeniero de ejecución en mecánica. Chile: Universidad del bio-bio. 2013.

8.1.3 Moldes y enfriamiento. El proceso de enfriamiento podría hacerse en un refrigerador o algún equipo diseñado para retirar calor del producto terminado, pero debido a que esto conlleva a un aumento de costos en el proceso, es preferible que el enfriamiento sea llevado a cabo en moldes que estén a la intemperie en un lugar aireado y que permita el paso de la radiación solar, esto facilitará el proceso de secado.

Para el secado final del producto terminado, no será empleado ningún equipo, esto debido a que el uso de un equipo nuevo repercute directamente en los costos tanto de inversión como de operación.

La cotización del armario fue realizada a una empresa llamada Maderplast S.A., la cual se dedica al diseño de estos productos, que contemplan las dimensiones y pesos que deben soportar. En la figura 35 se ilustra el armario cotizado de 4 secciones.

Figura 35. Armario de secado de 4 bandejas.



Fuente. Maderplast S.A.

8.2 ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS

Al realizar el diseño experimental y posterior experimentación se concluye que es necesario por cada litro de grasa, 400 mililitros de agua y 200g de hidróxido de sodio.

Con base en el resultado de los análisis fisicoquímicos detallados en la tabla 1 por cada 100g de muestra tomada 18.9g son de grasa y 78g de agua.

$$kg\ grasa = 833kg * 18,9\% = 157.437\ kg\ de\ grasa$$

Por lo anterior, al usar 833kg de residuo, se obtendrían 157.437 kg de grasa. Cabe aclarar que este caso puede variar, debido a que, como residuo no tiene propiedades constantes que verifiquen y/o certifiquen que todos los residuos generados de manera mensual van a tener la misma composición lipídica. Con el dato anterior se puede inferir que no es necesario un equipo (en este caso el horno) muy grande, debido a que eso incurre en costos tanto de compra, como de operación y mantenimiento; el sobredimensionamiento de éste conllevará a que el capital invertido sea mayor y que no tenga el uso adecuado para el cual fue adquirido.

8.3 DIMENSIONES HORNO

Contemplando un flujo promedio de 833 kilogramos mensuales, es decir 208 kilogramos por semana. Se propone utilizar un horno de medio metro cúbico (0.5m³)aproximadamente para ser operado cada semana y de esta manera no acumular residuos hidratados, el almacenamiento de los residuos sin deshidratar influye directamente en la aceleración del proceso de descomposición, ya que el agua es vital para la germinación y propagación de patógenos que se alimentan del residuo orgánico, la descomposición de cualquier compuesto de origen orgánico genera malos olores que afectan a la comunidad y en este caso pérdidas de materias primas.

El horno industrial propuesto, se encuentra actualmente en el mercado a bajos precios los cuales serán especificados más adelante.

8.4 DIMENSIONES TANQUE

Para realizar el cálculo del volumen del tanque para la homogenización, es necesario conocer la cantidad y la frecuencia con la que llevará a cabo el proceso, anteriormente se obtuvo la cantidad de grasa residual obtenida por mes, la cual será indispensable para comenzar el proceso de dimensionamiento del equipo. En la tabla 13 se muestra la cantidad de agua e hidróxido necesario para saponificar 1kg de grasa.

Tabla 13. Materias primas para 1kg de grasa.

Grasa (kg)	1
Agua (L)	0.4
Hidróxido de sodio (kg)	0.2

En la tabla 14 se registra la cantidad de agua e hidróxido necesario para saponificar 157.437 kg de grasa.

Tabla 14. Materias primas para 157.437kg de grasa.

Grasa (kg)	157.437
Agua (L)	62.975
Hidróxido de sodio (kg)	31.487

Con base en el principio de Arquímedes, (todo cuerpo sumergido en un fluido sufre un empuje o fuerza vertical hacia arriba igual al peso del fluido desalojado), fue hallada una densidad promedio de la grasa.

Se procedió con la toma de 3 muestras de 250g cada una, pertenecientes a cada uno de los últimos 3 meses en los que se produjo residuos.

Estas grasas según el principio de Arquímedes, desplazarán un volumen de fluido según el peso de la muestra. En la tabla 15 se registra el peso de las muestras, el volumen desplazado y el cálculo de la densidad.

Tabla 15. Densidad promedio de la grasa.

Muestra	Peso (g)	Volumen desplazado (ml)	Densidad (g/mL)
1	250	500	0.5
2	250	495	0.505
3	250	510	0.490
		Promedio	0.498

Este es un cálculo promedio hallado experimentalmente de la densidad del residuo graso, el cual es de 0.4984 g/mL. Una vez obtenido este valor, se calcula junto al valor promedio el volumen de grasa que entra al tanque de agitación:

$$v = \frac{m}{\delta} \quad \text{Ecuación 3}$$

Dónde:

v: Volumen

m: Masa

δ: Densidad

$$v = \frac{157,437 \text{ g}}{0.498 \text{ g/ml}} = 315,884.83 \text{ ml} = 315.885 \text{ L de Grasa}$$

Junto con la revisión bibliográfica realizada se utiliza la densidad a 20°C 1.52 g/ml⁴⁹ como el valor de densidad para el hidróxido de sodio, con este se puede calcular el volumen de hidróxido que entra al tanque:

$$v = \frac{31487.4 \text{ g}}{1.52 \text{ g/ml}} = 31,487.4 \text{ ml} = 31.487 \text{ L de NaOH}$$

De esta manera en la tabla 16 se registran los volúmenes que entran inicialmente al tanque y se realiza la sumatoria de dichos volúmenes.

Tabla 16. Volumen mínimo del tanque.

Materia Prima	Volumen (L)
Grasa	315.885
Agua	62.975
Hidróxido	31.487
Total	410.347

La suma total de los volúmenes de entrada al tanque de agitación dará el tamaño mínimo que debe tener el equipo el cual es de 410.347 L. Con el fin de evitar inconvenientes en el proceso, desde el diseño se decide utilizar un factor de seguridad del 20% que garantizará que no haya derrames de materias primas⁵⁰; entonces dicho lo anterior se tiene que:

$$\boxed{V \text{ tanque} = V \text{ entrada} * \text{Factor de Seguridad}} \quad (\text{Ecuación 4})$$

$$V \text{ tanque} = 410.347 \text{ L} * (1,20)$$

$$V \text{ tanque} = 492,416 \text{ L}$$

$$V \text{ tanque} = 0,492 \text{ m}^3$$

De la ecuación 4, se decide utilizar un tanque con un mínimo de 0,5 m³. Según Roberto Esquivel⁵¹ la relación altura/diámetro para los tanques:

$$\boxed{\text{Relación} = \frac{h}{D} = 3} \quad (\text{Ecuación 5})$$

$$\boxed{V \text{ tanque} = \frac{\pi}{4} * D^2 * h} \quad (\text{Ecuación 6})$$

⁴⁹ <http://www.aris.com.pe/quimicos/wp-content/uploads/2014/04/HS-Soda-Ca%C3%BAstica-al-50.pdf>

⁵⁰ Esquivel Elizondo, José Roberto, Evaluación económica preliminar de plantas Químicas usando Aspen Icarus Process,, cap 3

⁵¹ Esquivel Elizondo, José Roberto, Evaluación económica preliminar de plantas Químicas usando Aspen Icarus Process,, cap 3

Dónde:

V: Volumen

D: Diámetro

h: Altura

$$V \text{ tanque} = \frac{\pi}{4} * D^2 * 3 D$$
$$0.5 \text{ m}^3 = \frac{3\pi}{4} * D^3$$
$$\sqrt[3]{\frac{4 * 0.5 \text{ m}^3}{3 \pi}} = D = 0.597 \text{ m}$$

Con el valor del diámetro y la relación altura/diámetro se halla la altura del tanque:

$$\frac{h}{D} = 3$$
$$\frac{0.597 \text{ m}}{h} = 3$$
$$h = 3 * 0.597 \text{ m}$$
$$h = 1.791 \text{ m}$$

Y según Romero Rojas⁵² la relación altura/diámetro para los tanques:

$$\text{Relación} = \frac{h}{D} = 1.5$$
$$V \text{ tanque} = \frac{\pi}{4} * D^2 * h$$
$$V \text{ tanque} = \frac{\pi}{4} * D^2 * 1.5 D$$
$$0.5 \text{ m}^3 = \frac{1.5 \pi}{4} * D^3$$
$$\sqrt[3]{\frac{4 * 0.5 \text{ m}^3}{1,5 \pi}} = D = 0,752 \text{ m}$$

Con el valor del diámetro hallado y la relación altura/diámetro, puede ser encontrada la altura del tanque de la siguiente manera:

$$\frac{h}{D} = 1.5$$
$$\frac{0.752 \text{ m}}{h} = 1.5$$
$$h = 1.5 * 0.752 \text{ m}$$

⁵² ROMERO ROJAS. Jairo. Alberto. Tratamiento de Aguas Residuales - Teoría y Principios de Diseño. Editorial escuela Colombiana de Ingeniería. 1999. Página 1232

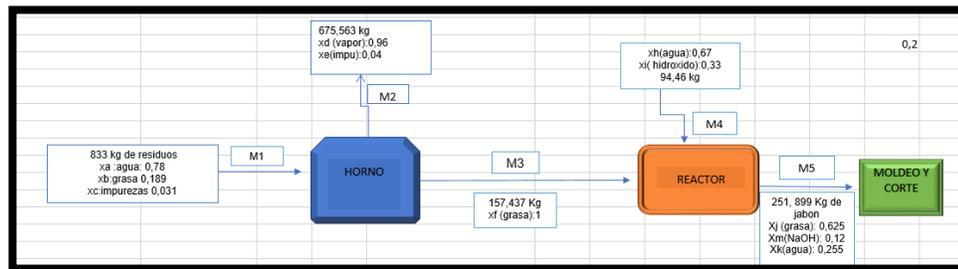
$$h = 1.12 \text{ m}$$

Se decide utilizar la relación de diámetro igual a 1.5 metros; debido a que es más fácil operar un tanque de altura de 1.13 metros que uno de altura de 1.79 metros. Esto facilita en la operación el manejo del homogeneizador de una manera más sencilla, además se tiene la facilidad de determinar visualmente cómo se está ejecutando la operación de mezclado dentro del tanque con agitación continua. La cotización se encuentra en el anexo E.

8.5 BALANCE DE MATERIA

A continuación, se presenta el balance de materia realizado para el proceso de elaboración de jabón industrial.

Figura 36. Balance de materia.



De acuerdo a lo descrito en el proyecto en las secciones 7.2 Y 7.3 se puede conocer detalladamente el procedimiento para la elaboración de jabón industrial, y de esta manera conocer la salida de producto final. Es necesario conocer detalladamente el balance de materia para conocer y poder variar las cantidades de materia prima necesaria para llevar a cabo la producción de jabón. En la figura 36 se exponen claramente las etapas del proceso de producción de la alternativa seleccionada para ser implementada en la empresa si así se desea.

El proceso inicia con una carga de 833 kg de residuos grasos a la que se le llamara M1, con una composición másica de: 78 % agua, 18.9 % de grasa, y 3.1 % de impurezas propias de los residuos, esta corriente ingresa al horno con el fin de retirarle el porcentaje de agua presentes en los residuos grasos, en esta etapa al ser sometidos a temperaturas en un rango entre 20 – 100 °C se retira el agua presente en el proceso junto con las impurezas (M2). Del horno salen 157.437 kg de grasa con una composición de 1 en la corriente (M3) la cual ingresa al tanque con agitación; a este tanque, junto con (M3), le es suministrada una solución de 94.46 kg de NaOH (M4) con una composición de: 33% NaOH y 67% de agua, en esta etapa del proceso es donde sucede la reacción de saponificación dando como resultado 251.899 kg de jabón (M5) con una composición de: 0.625 grasa saponificada, 0.251 agua, y 0.124 NaOH, esta corriente es dirigida a la etapa de moldeo, donde se le da la forma deseada al producto final.

Los resultados de los cálculos realizados son presentados a continuación en la tabla 17 y tabla 18.

Tabla 17. Corrientes del balance de materia.

M1 (kg)	833	M2 (kg)	675.563
Xa (agua)	0.78	Xd (agua)	0.962
Xb (grasa)	0.189	Xe (impureza)	0.038
Xc (impureza)	0.031		

Tabla 18. Corrientes del balance de materia.

M3 (kg)	157.437	M4 (kg)	94.4622	M5 (kg)	251.8992
Xf (grasa)	1	Xh (agua)	0.67	Xj (grasa)	0.625
Xg (agua)	0	Xi (Hidróxido)	0.33	Xk (agua)	0.251
				Xm (Hidróxido)	0.124

Del producto final se puede observar que la mayor cantidad presente es la de la grasa saponificada con un 62.5%, es decir, el jabón resultante tiene las características propias de esta clase de productos, tales como la acción limpiadora, pues es en esta en la cual se basa la producción de jabón ya sea industrial o de uso cosmético.

De igual manera se puede verificar la hipótesis planteada en el diseño de experimentos (sección 7), la cual indica que no tiene influencia alguna la cantidad de hidróxido usado sobre la cantidad de producto obtenido, en la tabla 19 se muestra como al cambiar la composición de hidróxido en la corriente M4 no cambia la cantidad del jabón obtenido ni la composición.

Tabla 19. Cambio en la cantidad de hidróxido de sodio

M4 (kg)	94.462	M5 (kg)	251.899
Xh (agua)	0.84	Xj (grasa)	0.625
Xi (Hidróxido)	0.16	Xk (agua)	0.315
		Xm (Hidróxido)	0.06

8.6 DIMENSIONES ARMARIO Y MOLDES

Con base en el balance de masa anteriormente descrito, se obtiene la cantidad final de jabón que se produce que es igual a 251.899 kg. En la tabla 20 está registrada la cantidad de jabón obtenida a nivel laboratorio a partir de 1kg de jabón, y la cantidad que podría ser obtenida de jabón con el valor promedio de grasa residual obtenida por mes del balance de masa; cabe aclarar que el valor

final de jabón obtenido puede variar según las propiedades finales del residuo graso obtenido.

Tabla 20. Cantidad de jabón obtenida por kg de grasa.

Grasa(kg)	Jabón (kg)
1	1.705
157.437	251.899

Para el proceso de secado y moldeado del producto final es necesario contar con una serie de moldes cuyo material favorezca la transferencia de calor y posterior enfriado, de esta manera, se obtendrá el producto terminado en un tiempo menor tiempo del presupuestado.

Experimentalmente fue determinado un tiempo de enfriamiento y secado de aproximadamente 2 semanas hasta que el producto final quede completamente sólido; para lograr el completo secado del jabón es necesario (a condiciones ambientales) tener un armario en donde serán colocadas las bandejas de moldeo donde el jabón, una vez terminada la reacción y homogenización.

Para la realización de este procedimiento se debe contar con un factor de seguridad del 10% el cual contemple una producción mensual mayor de la calculada en el balance, se maneja un factor de seguridad menor al anterior debido a que en este caso al no haber reacción química se anula la posibilidad de que aumente el volumen.

$$\text{Cantidad de diseño} = \text{Cantidad jabón} * \text{Factor de Seguridad}$$

$$\text{Cantidad de diseño} = 251.899 \text{ kg} * (1.10)$$

$$\text{Cantidad de diseño} = 277.089 \text{ kg de jabón}$$

Para este secado será necesaria una serie de bandejas capaces de soportar 280kg de jabón, por lo tanto, se propone manejar en un armario de 4 bandejas, donde cada bandeja instalada tenga la función de soportar 70kg de jabón.

Las dimensiones de los armarios cotizados son de 60 centímetros de profundidad, 120 centímetros de ancho, 180 centímetros de altura y separación entre bandejas de 40 centímetros; lo que implica que cada bandera debe tener un dimensionamiento de 115 centímetros de ancho, 55 centímetros de profundidad y 20 centímetros de altura.

Una vez aclaradas las dimensiones de la bandeja, se propone manejar unas dimensiones de moldeado de 10 centímetros de profundidad, 5 centímetros de ancho y 10 centímetros de largo, de esta manera el peso de cada jabón es de 500.

9. ANALISIS DE COSTOS DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RESIDUO GRASO LÁCTEO PROVENIENTE DE LEVELMA SAS

9.1 COSTOS DE LEVELMA EN LA ACTUALIDAD

A continuación, serán descritos a groso modo los costos fijos que tiene LEVELMA con respecto a los residuos y desechos grasos. Dentro de estos costos se incluyen aquellos que se disponen para el mantenimiento de la planta. Semanalmente se realiza un lavado a toda la planta, en la que es utilizado jabón en polvo y agua, dicha agua es proveniente de la lluvia, la cual es llevada a la PTAR también para ser utilizada en el proceso de lavado.

Estas aguas lluvia también pueden reutilizarse para el procedimiento llevado a cabo en la elaboración de la alternativa, de esta manera el agua no será un gasto relevante a lo largo del desarrollo, en este capítulo no se asumirá la reutilización del agua lluvia, sino tomada directamente de la empresa de acueducto de Cajicá debido a que como materia prima debe ser tenido en cuenta el continuo abastecimiento y no sólo cuando existan precipitaciones acuosas.

9.1.1 Lavado PTAR. Para el lavado de la planta de tratamiento de aguas residuales el operario encargado de la labor dispone y desocupa las trampas de grasa, tanques de clarificado y piscina de lodos, este procedimiento es efectuado una vez por mes.

Como primer paso debe ser impedido el flujo de salida de las plantas de producción para garantizar que esté desocupada la PTAR a la hora de hacer la limpieza, una vez garantizado que no hay más flujo hacia la PTAR se desocupa por completo, por último, se limpia con agua y jabón hasta que esta quede limpia; para todo el proceso de limpieza se utiliza aproximadamente 1kg de jabón en polvo y el volumen aproximado de agua lluvia utilizado es de 500 L⁵³.

Anteriormente fue nombrado que el agua retenida de lluvia es utilizada para el lavado, esto quiere decir que a la hora de costos no es un factor que aumente el valor. En cuanto al jabón, es utilizado el de la marca *Dersa* el cual tiene un valor aproximado de \$6,100 por kg

$$\frac{\$}{\text{mes}} = \frac{6,100 \text{ pesos}}{\text{día de lavado}} * \frac{4 \text{ días de lavado}}{1 \text{ mes}}$$
$$\frac{\$}{\text{Mes}} = 24,400 \frac{\text{pesos}}{\text{mes}}$$

⁵³ HENAO O. Zullysmileth, BRAVO .R David,

Mensualmente, LEVELMA gasta 4kg de jabón, lo que equivale a \$24,400 por mes.

$$\frac{\$}{mes} = \frac{24,400 \text{ pesos}}{mes} * \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}}$$

$$\frac{\$}{Mes} = 292,800 \frac{\text{pesos}}{\text{año}}$$

Eso quiere decir que anualmente LEVELMA invierte 292,800 pesos por concepto de limpieza de la PTAR.

9.1.2 Lavado equipos. Con el fin de garantizar inocuidad y salubridad en cada una de las líneas de producción, es necesario mantener la maquinaria y los equipos aseados. La limpieza y desinfección de los equipos es ejecutada por cada uno de los operarios quienes velan por el mantenimiento y buen funcionamiento del total de la indumentaria dentro de las plantas de producción.

Para llevar a cabo dicha tarea, es necesario realizar a diario el lavado de los equipos utilizando un aproximado de 0.5 kg de jabón para abarcar la totalidad de la superficie del equipo a utilizar en el proceso de producción; actualmente entre las dos plantas de producción (Levelma y Mantovani) existen 20 equipos que requieren de limpieza diaria, por ende, LEVELMA utiliza un aproximado de 10 kg de jabón por concepto de limpieza y mantenimiento de equipos. Dado que las plantas de producción operan 6 días a la semana se tiene que:

$$\frac{\$}{mes} = \frac{6.100 \text{ pesos}}{\text{día de lavado}} * \frac{24 \text{ días de lavado}}{1 \text{ mes}}$$

$$\frac{\$}{Mes} = 146.400 \frac{\text{pesos}}{mes}$$

Mensualmente, Levelma gasta 4kg de jabón, lo que equivale a \$24.400 por mes.

$$\frac{\$}{mes} = \frac{146.400 \text{ pesos}}{mes} * \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}}$$

$$\frac{\$}{Mes} = 1'756.800 \frac{\text{pesos}}{\text{año}}$$

Eso quiere decir que anualmente Levelma invierte 1'756,800 pesos anualmente por concepto de lavado y limpieza de equipos.

9.1.3 Costos por disposición. Para llevar a cabo la disposición de estos residuos es necesario que un operario agrupe los residuos grasos provenientes de la trampa de grasas y los lodos acumulados (también componentes grasos) de la piscina de lodos, en canecas plásticas las cuales son recogidas en Cajicá (instalaciones de Levelma).

Actualmente Levelma tiene un costo fijo por disposición de residuos sólidos grasos, este integra la recogida y transporte de los residuos a los lugares que por normatividad están destinados para este fin.

El valor que la empresa paga actualmente por kilogramo de residuo que desea disponer es de 300 pesos, los cuales son dispuestos de manera mensual, de esta manera se tiene que teniendo un residuo promedio aproximado de 833 kg:

$$\begin{aligned} \text{Costo por disposición mensual} &= 833\text{kg grasa} * \frac{\$ 300}{1 \text{ kg grasa}} \\ \text{Costo por disposición mensual} &= \$249,000 \end{aligned}$$

Mensualmente, LEVELMA invierte \$249,000 por concepto de disposición de residuos.

$$\begin{aligned} \text{Costo por disposición anual} &= \frac{249,000 \text{ pesos}}{\text{mes}} * \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} \\ \text{Costo por disposición anual} &= 2'998.800 \frac{\text{pesos}}{\text{año}} \end{aligned}$$

Eso quiere decir que anualmente LEVELMA invierte 2'998.800 pesos por concepto de disposición de residuos sólidos grasos.

En la tabla 21 se muestran todos los gastos relacionados anteriormente en los que incurre la fábrica para operar de manera efectiva.

Tabla 21. Costos anuales de LEVELMA.

Concepto	Valor/año
Desecho de grasa	\$2.998.800
Lavado de PTAR	\$292.800
Lavado de equipos	\$1.756.800
Total	\$5'048,400

Todo esto quiere decir que, para el lavado completo de los equipos, planta de tratamiento de aguas residuales y disposición de residuos sólidos, LEVELMA invierte un total de **\$5'048,400** pesos anuales.

9.2 COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE LA ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO

A continuación, se relacionan los costos correspondientes al desarrollo e implementación lo cuales contemplan los costos correspondientes a las materias primas usadas dentro de la fabricación del jabón sólido industrial, los equipos e implementos necesarios para el proceso de fabricación y los costos energéticos correspondientes a los mismos equipos.

9.2.1 Equipos nuevos en el proceso. En general, se puede contar como inversión inicial el capital dispuesto para los equipos necesarios para llevar a cabo el desarrollo de la alternativa seleccionada, en la tabla número 22 se muestran los valores cotizados sin instalación de los nuevos equipos requeridos en la alternativa propuesta.

Tabla 22. Costo por equipo.

Equipo	Costo
Horno	\$5.955.500
Tanque mezclador	\$4.980.000
Agitador	\$2.956.000
Bandejas de secado	\$1'200.000
Armario de secado	\$3.488.604
Total	\$18.580.104

Para llevar a cabo satisfactoriamente la alternativa seleccionada de aprovechamiento se requiere una inversión inicial de **\$18.580.104** los cuales tienen en cuenta el valor de impuesto agregado de los equipos, pero no la instalación de los mismos.

La instalación de los equipos puede ser realizada por el operario de la empresa encargado de mantenimiento e instalación de equipos, el cual tiene un salario de **\$1'200.000** mensuales. Teniendo en cuenta el costo de instalación por parte del empleado, la totalidad de la inversión es de **\$19'780.104**.

9.3 COSTO DE ENERGÍA POR CONCEPTO DE OPERACIÓN DE LOS EQUIPOS

Dentro del capítulo de costos es importante tener en cuenta la operación de los equipos que se tienen en el proceso, esto debido a que los equipos y maquinas anteriormente mencionados tiene un consumo energético el cual va ligado a costos porque hay un gasto de dinero.

En la tabla 22 se relacionan los equipos necesarios, la potencia a la cual operan los equipos y el precio del kW al año 2016 en Cajicá.

Tabla 22. Equipos y consumo.

Equipo	Potencia (kW)	\$/kW
Horno	0.7457	421.19
Agitador	0.6	421.19

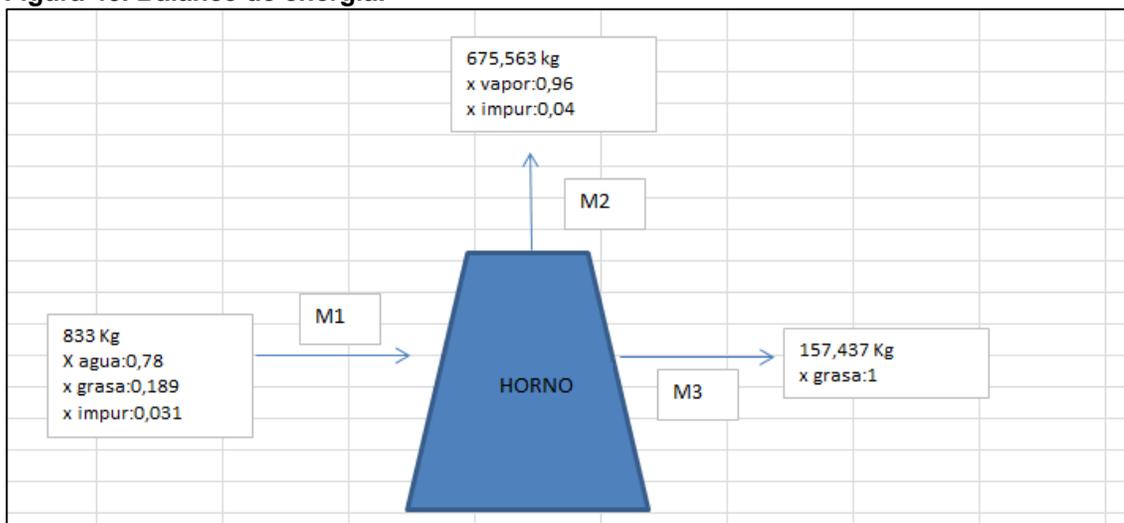
9.3.1 Horno. Para el proceso de deshidratación de la grasa el horno cotizado opera por un total de 3 horas diarias, 4 días al mes, lo que implica que se utilizará una vez por semana. El equipo cotizado opera eléctricamente a una potencia de 1 HP; eso quiere decir que tiene un gasto de:

$$\begin{aligned} \text{Horno} &= 44,000 \text{ Btu} * \frac{0.0002931 \text{ kW}}{1 \text{ Btu}} = 12.89 \text{ kW} \\ \text{Horno} &= \frac{3 \text{ h}}{\text{día}} * \frac{4 \text{ días}}{1 \text{ mes}} = 12 \frac{\text{horas}}{\text{mes}} \\ \text{Horno} &= \frac{12 \text{ h}}{\text{mes}} * \frac{12.89 \text{ kW}}{\text{h}} = \frac{154.757 \text{ kW}}{\text{mes}} \\ \text{Horno} &= \frac{154.757 \text{ kW}}{\text{mes}} * \frac{\$421.19}{\text{kW}} = \frac{\$ 65182.02}{\text{mes}} \end{aligned}$$

Eso quiere decir que Levelma pagaría \$65182.02 pesos al mes por concepto de energía consumida en la deshidratación.

9.3.1.1 Balance de energía. A continuación, se muestra en la figura 40. El balance de energía realizado en la primera parte del proceso, es decir, desde la entrada y la salida de los residuos grasos al horno, para de esta manera conocer la cantidad de energía, en este caso el calor requerido para retirar la humedad de los residuos grasos con el fin obtener un mejor proceso y por ende un producto de calidad.

Figura 40. Balance de energía.



Para el desarrollo del balance de energía se tuvo en cuenta la revisión bibliográfica para el cálculo de las diferentes entalpías y capacidades caloríficas de las sustancias involucradas, que en este caso son el agua y los residuos grasos.

De acuerdo a lo anterior se dio inicio al desarrollo del balance de energía partiendo de la siguiente ecuación:

$$M1 \cdot H1 + Q = M2 \cdot H2 + M3 \cdot H3$$

Dónde:

M1: Cantidad de residuos grasos a la entrada con 78% de humedad (g)

M2: Cantidad de agua en fase vapor retirada (g)

M3: Cantidad de residuos sólidos (g)

H1: Entalpia de entrada (cal/g)

H2: Entalpia del vapor saturado (cal/g)

H3: Entalpia de los residuos (cal/g)

Q: Calor requerido (cal)

Los cálculos realizados fueron los siguientes:

- Para el cálculo de las entalpias: Es importante tener en cuenta que al ingreso del horno se cuenta con una mezcla la cual está compuesta de 78% agua, 18,9% grasa, y 0,031% de impurezas, por lo tanto es necesario calcular el Cp de mezcla de la siguiente manera :

$$Cp \text{ mezcla} = \sum Cp \ i \ * \ Xi$$

Una vez obtenido este valor se procede resolver la correspondiente integral para el cálculo de la integral teniendo como limites la temperatura de referencia y la temperatura de entrada.

$$H1 = \int_{Tr}^{T1} Cp \text{ mezcla} \ dT$$

Para el cálculo de la entalpia 2 (H2), es importante tener en cuenta que se produce un cambio de fase del agua utilizada, por lo tanto esta entalpia se calcula de la siguiente manera:

- Es necesario primero calcular la entalpia del agua en la entrada, tomando los valores de Cp del agua a una temperatura de 25 °C y resolviendo la respectiva integral.
- Una vez obtenido este valor se debe resolver la siguiente ecuación.

$$H2 = H1 \text{ agua liq.} + \Delta hv \text{ agua}$$

Para calcular la entalpia 3 (H3) correspondiente a los residuos grasos se debe resolver la siguiente integral:

$$H3 = \int_{Tr}^{T3} Cp dT$$

Los cálculos realizados se muestran a continuación, ver tabla 23.

Tabla 23. Resultados balance de energía

H agua liq cal/g (298,15 - 373,15 °K)	75
CP H2O (293,15°C) cal/g °K	1
CP GRASA cal/ g °K	1112
DELTA HV AGUA (373,15°K) cal/g	539,48
°T1 (K)	298,15
°T2 (K)	373,15
°T3 (K)	373,15
°Tr (K)	293,15
CP1 mezcla	210,948
H1 cal/g	1054,74
H2 cal/g	614,48
H3 cal /g	88960
M1 (g)	0,833
M2 (g)	0,675563
M3 (g)	0,157437

Al tener todos los datos se procede resolver el respectivo balance de energía, obteniendo en valor de Q, en este caso en valor requerido es de:

$$Q \text{ (cal)} = 13542,1171$$

$$Q \text{ (kcal)} = \mathbf{13,5421171}$$

9.3.2 Agitador del tanque. Para el proceso de agitación continua dentro del desarrollo de la alternativa, se pretende operar el equipo en un total de 6 horas por 2 días de trabajo, con el fin de disminuir el tamaño del equipo utilizado en la agitación. El agitador cotizado en el mercado opera a 0.6 kW de potencia, este trabajo asegura un total mínimo de 100 RPM para la completa homogenización de la mezcla; lo cual implica que tendrá un consumo de:

$$\text{Agitador} = \frac{6 \text{ h}}{\text{día}} * \frac{2 \text{ días}}{1 \text{ mes}} = 12 \frac{\text{horas}}{\text{mes}}$$

$$\text{Agitador} = \frac{12 \text{ h}}{\text{mes}} * \frac{0.6 \text{ kW}}{\text{h}} = \frac{7.2 \text{ kW}}{\text{mes}}$$

$$\text{Agitador} = \frac{7.2 \text{ kW}}{\text{mes}} * \frac{\$421.19}{\text{kW}} = \frac{\$ 3032.6}{\text{mes}}$$

Eso quiere decir que Levelma pagaría \$3032.6 pesos al mes por concepto de energía consumida por la agitación. En la tabla 24 se muestra el costo total de la energía consumida en la operación.

Tabla 24. Costo de energía consumida.

Equipo	Costo energético (\$)
Horno	65,200
Agitador	3,100
Total	68,300

9.4 MATERIAS PRIMAS

En el capítulo el desarrollo experimental a nivel laboratorio son relacionados todos los componentes de origen químicos necesarios para llevar a cabo el desarrollo de la alternativa. Uno de los factores, como anteriormente fue nombrado, que tuvo importancia en la decisión del jabón sólido fue la de las materias primas. En la tabla 25 se encuentran los precios de las materias primas cotizadas. Ver anexo C.

Tabla 25. Costo materias primas.

Compuesto	Cantidad	Precio (\$)
Hidróxido de sodio (kg)	1	\$4,350
Grasa residual (kg)	1000	\$ 0
Agua (L)	1000	\$3,200
Colorante (g)	25	\$2,050
Aromatizante (g)	500	\$48,100
	Total	\$57,700

Fuente. Ciacomeq S.A.S.

De la tabla 15 se tienen los reactivos necesarios para llevar a cabo la saponificación de 157.437 kg de grasa residual y en la tabla 25 se detalla el costo de dichos reactivos. Con base en la información de las tablas anteriormente nombradas se estima el costo de las materias primas por operación mensual el cual se registra en la tabla 26.

Tabla 26. Costo materias primas para 251.899 kg de jabón.

Compuesto	Cantidad	Precio (\$)
Hidróxido de sodio (kg)	31.487	\$135,700
Grasa residual (kg)	157.437	\$ 0
Agua (L)	62.975	\$250
Colorante (g)	50	\$4,046
Aromatizante (g)	75	\$7,250
	TOTAL	\$147,246

Esto quiere decir que para la producción de aproximadamente 251.899 kg de jabón hay que hacer una inversión de **\$147,246** por concepto de materias primas. Cabe aclarar que el hidróxido de sodio es un material que tiene restringida la venta en grandes cantidades (5 kg o más) debido a que es un material considerado peligroso por su aplicación, eso quiere decir que, si se tiene licencia de compra al por mayor, el valor a pagar por esta materia prima va a ser menor, de esta manera se podría optimizar el proceso. También se pueden hacer variaciones experimentales en el uso del colorante y aromatizante, esto dependiendo del uso o aplicación que se le quiera dar al producto.

En la tabla 27 se encuentran reunidos los costos en los que incurre Levelma por la aplicación e implementación de la alternativa de aprovechamiento del residuo.

Tabla 27. Costo total para iniciar producción.

Concepto	Costo (\$)
Materias Primas	147,246
Equipos nuevos	18'580,104
Consumo energía	68,300
Mano de Obra	1'200,000
Total	19'995,650

De esta manera LEVELMA deja de tener costos fijos por disposición de residuos y lavado, para empezar a producir ellos mismos los productos necesarios para llevar a cabo los procesos de limpieza.

El costo total de la implementación de la alternativa sería de \$19'995,650 pesos y LEVELMA SAS por concepto de disposición de residuos sólidos gasta un total de \$2'998,800 pesos anuales, dinero que, al implementar la alternativa seleccionada, pasaría a ser un ahorro o un capital utilizado en el proceso de inclusión e implementación del jabón. Adicional a lo anteriormente nombrado, la empresa gasta 1'756,800 en lavado de planta y de equipos, costo que también se ve

reflejado como ahorro si se usa el jabón producido, dicho gasto también puede ser utilizado en la implementación y elaboración de la alternativa seleccionada.

10. CONCLUSIONES

- En la empresa LEVELMA SAS los procesos de fabricación de derivados lácteos generan un promedio de 833 kg de residuos lácteos grasos, los cuales generan un costo adicional al proceso por cada kg de residuo que se desee disponer.
- La elaboración de jabón fue la alternativa seleccionada debido a los diferentes parámetros fisicoquímicos como el pH, porcentaje de humedad, índice de yodo, índice de peróxidos, los cuales son propicios para el desarrollo de la alternativa.
- La aplicación de la alternativa tiene un rango muy amplio en la industria, porque es un producto que la población en general requiere; la aplicación de la alternativa puede generar ingresos adicionales a LEVELMA SAS, esto debido a que en el comercio es un producto el cual tiene alta demanda.
- De la producción de jabón industrial sólido, se puede concluir que en cuanto a proceso presenta menor tiempo de producción y menor cantidad de materias primas requeridas, esto hace que presente una ventaja frente al jabón líquido principalmente económica, pero también permite tener una ventaja para la empresa LEVELMA S.A.S, que es el uso del jabón para el lavado y limpieza de los equipos involucrados en sus líneas de producción.
- Levelma SAS por concepto de disposición de residuos sólidos gasta un total de \$2'998,800 pesos anuales, dinero que, al implementar la alternativa seleccionada, pasaría a ser un ahorro o un capital utilizado en el proceso de inclusión e implementación del jabón. Adicional a lo anteriormente nombrado, la empresa gasta 1'756,800 en lavado de planta y de equipos, costo que también se ve reflejado como ahorro si se usa el jabón producido, dicho gasto también puede ser utilizado en la implementación y elaboración de la alternativa seleccionada.
- El costo total de la implementación es de \$19'995,650 pesos. El ahorro total por disposición de residuos y lavado de planta es de \$4'755,600 pesos, eso quiere decir que en aproximadamente 4 años y medio se pagaría la totalidad de la inversión inicial.
- Aparte de generar un ahorro, LEVELMA SAS puede comercializar directamente el producto, obteniendo así ganancias que se verán reflejadas en el estado financiero de la compañía.
- La inversión por concepto de materias primas es de \$147,246 por cada lote de producción de aproximadamente 251 kg de jabón, lo cual es un costo bajo,

esto impacta directamente en la rentabilidad del proceso de producción ya que va a generar un margen mayor en la venta.

- LEVELMA SAS puede aumentar su nivel competitivo frente a otras empresas del sector, reutilizando sus desechos en una aplicación que permita la incursión en nuevas industrias.

11. RECOMENDACIONES

- Implementar un diseño referente a la distribución de planta para la implementación de los equipos utilizados en el desarrollo de la alternativa propuesta (elaboración de jabón industrial).
- Evaluar el uso de diferentes compuestos químicos que contribuyan al mejoramiento de la alternativa propuesta tales como aditivos y/o potenciadores de limpieza.
- Monitorear periódicamente el correcto funcionamiento de la trampa de grasas para de esta manera evitar que los residuos grasos lácteos entren en contacto con agentes biológicos que permitían una alteración en sus propiedades fisicoquímicas y/o posibles fallas operacionales.
- Implementar un modelo de almacenamiento adecuado de los residuos grasos lácteos obtenidos de la trampa de grasas para evitar su descomposición y por consiguiente pérdidas en cuanto materias primas para la elaboración de jabón industrial.
- Dar las capacitaciones necesarias al personal seleccionado para llevar a cabo la alternativa seleccionada teniendo en cuenta seguridad y prevención, para de esta manera contar con el correcto desarrollo y funcionamiento de la elaboración de jabón industrial.

BIBLIOGRAFÍA

ARANZABE Estíbalez y MÁLAGA Alfonso. Principios básicos de las grasas lubricantes. En: lubrication management, [revista científica en línea], p.1. [Citado 1 de marzo de 2017]. Disponible en: http://lubrication-management.com/wpcontent/uploads/sites/3/2014/07/Principios_basicos_grasas_lubricantes_ES.pdf.

BAILEY Alton Edward, Aceites y grasas industriales, segunda edición, Barcelona (España), EDITORIAL REVERTE S.A, 1984, pág. 76, ISBN 8429179011.

BENAVIDES GARZÓN, Janeth margarita. LÓPEZ MORAN, Johanna marcela. Análisis de una alternativa de producción más limpia que permita aprovechar los residuos grasos que generan los procesos de pasteurización y enfriamiento de la leche en la empresa friesland lácteos purace de san juan de pasto. Especialización en gestión ambiental local. Pereira. Universidad tecnológica de Pereira. Facultad de ciencias ambientales. 2008. 82 pág.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y DE CERTIFICACIÓN. Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. NTC 1486. Sexta actualización. Bogotá. El instituto, 2008. 110 p.

-----Referencias bibliográficas, contenido, forma y estructura. NTC 4490. Bogotá: El Instituto, 1998. 12 p.

-----Referencias documentales para fuentes de informaciones electrónicas. NTC 5613. bogota: El Instituto, 1998. 8 p.

REGLA Ignacio *et al*, la espuma: presente en nuestra vida cotidiana: la química del jabón y algunas aplicaciones [artículo en línea], [citado En 5 de marzo de 2017]. Disponible en: <http://www.revista.unam.mx/vol.15/num5/art38>

SALAZAR, Yolanda. Informe de Asesoría en Planta bajo la metodología de Producción Más Limpia. Centro Nacional de Producción Más Limpia de El Salvador. 2001.

ANEXOS

ANEXO A (CERTIFICADO DE ANALISIS)

F-EC-001 REVISION 02 FECHA DE ACTUALIZACION 01-ENE-2014	CERTIFICADO DE ANALISIS					
CERTIFICADO DE ANALISIS No. F-17-4769						
INFORMACION DEL CLIENTE CLIENTE: LEVELMA S.A.S. (PLANTA) NIT/CC: 860090331-8 DIRECCION: Km 1 Vía Cajicá - Zipaquirá TELEFONO: 8664900 MAIL: ANDRES.ARRIETA@LACTEOSLEVELMA.COM CIUDAD: BOGOTÁ D.C. CONTACTO: ANDRÉS ARRIETA MACHADO CARGO: SUPERVISOR DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD	INFORMACION DE TOMA DE ITEM DE ENSAYO LUGAR DE TOMA DE ITEM: PLANTA-CAJICA RESPONSABLE DE TOMA DE ITEM: LEVELMA S.A.S. FECHA DE TOMA DE ITEM: 2017-02-10 HORA: N.E. FECHA DE RECEPCION: 2017-02-13 HORA: 10:15:00 FECHA DE ANALISIS: 2017-02-14 FECHA DE INFORME: 2017-02-28 PROCEDIMIENTO DE TOMA DE ITEM: ALEATORIO					
IDENTIFICACION DEL ITEM DE ENSAYO						
ITEM DE ENSAYO NO. 17-4769	IDENTIFICACION GRASA	FABRICANTE Y/O PROVEEDOR LEVELMA S.A.S.				
PRESENTACION DURANTE LA RECEPCION FRASCO PLASTICO X 1000 mL	CANT. ENTREG. (UN) 1	FECHA DE PROD N.E.	FECHA VENC N.E.	LOTE N.E.	T. MUESTREO N.E.	T. RECEPCION 13°C
OBSERVACIONES						
TABLA DE RESULTADOS						
PARAMETRO	METODO UTILIZADO	RESULTADOS	ESPECIFICACION	CUMPLIMIENTO		
Humedad(g/100g)	Secado con estufa	78,0	*	NO APLICA		
Indice de Yodo(Sin unidades)	Yodometria	20	*	NO APLICA		
pH a 20°C(Unidades de pH)	AOAC 981.12. Ed.19: 2012.	3,91	*	NO APLICA		
Grasa(g/100g)	Extracción Etéres Soxhlet	18,9	*	NO APLICA		
Indice de Peroxidos(mequiv. O2/Kg)	Yodometria	1,3	*	NO APLICA		
Acidez Titulable Total(gAcLactico/100g)	Titulación Acido/Base	0,40	*	NO APLICA		
Indico de Saponificación(mgKOHgAceite)	Volumetria	105	*	NO APLICA		
Analizado por: C 27 Revisado por: C 27						
INTERPRETACION DE RESULTADO "PARA LOS PARAMETROS SOLICITADOS NO EXISTE NORMA DE COMPARACION"						
BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S.						
REVISO: DIRECTOR TECNICO				APROBO: GERENTE		

ANEXO B (MATERIALES Y REACTIVOS)

✓ **MATERIALES**

- Vaso de precipitado
- Mechero
- Soporte universal
- Agitador
- Balanza
- Espátula metálica
- Recipiente metálico acero inoxidable de 500 ml
- Termómetro de vidrio
- Cronometro

✓ **REACTIVOS**

- 1 litro de grasa
- 200 g de NaOH
- 400 mL de agua
- Colorante industrial
- Fragancia

ANEXO C (COTIZACION MATERIAS PRIMAS)



N° de Cotización: **HCQ-L00121**

COTIZACIÓN

Nombre: Andres Camilo Osorio Cisneros	NIT: _____	Fecha: 15-mai-17	Contacto: _____
Dirección: _____	_____	FOB (franco a bordo): _____	_____
Ciudad: Bogotá DC	FAX: _____		
Teléfono: 315 225 2770			

Cantidad	Unidad	PRESENTACION	PROCEDECENCIA	Descripción	Precio Unidad	TOTAL
1	KL	KILO		HIDROXIDO DE POTASIO	\$ 5.500,00	\$ 5.500
1	KL	KILO		SODA ESCASMAS POLACA (HIDROXIDO DE SODIO)	\$ 3.618,00	\$ 3.618
1	SB	SOBRE X 25 GRM		COLORANTE TUSKA NARANJA	\$ 1.700,00	\$ 1.700
1	LB	LIBRA		FRAGANCIA MANDARINA	\$ 40.366,00	\$ 40.366
PRECIOS NO INCLUYEN IVA						

<p style="text-align: center; font-size: small;">Detalles de pago</p> <p> <input type="radio"/> Cheque <input type="radio"/> Contado <input type="radio"/> Cheque posít </p> <p style="text-align: center;">PRECIOS NO INCLUYEN IVA</p>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: right; font-size: small;">Total Bruto:</td> <td style="text-align: right;">\$ 51.184</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right; font-size: small;">Retencion Iva:</td> <td style="text-align: right;">\$ 3.618</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right; font-size: small;">Retencion Ios:</td> <td style="text-align: right;">\$ 1.700</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right; font-size: small;">Rete fuente:</td> <td style="text-align: right;">\$ 9.725</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right; font-size: small;">Iva 19 %:</td> <td style="text-align: right;">\$ 60.909</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right; font-weight: bold; font-size: small;">Neto a Pagar</td> <td style="text-align: right; font-weight: bold;">\$ 60.909</td> </tr> </table>	Total Bruto:	\$ 51.184	Retencion Iva:	\$ 3.618	Retencion Ios:	\$ 1.700	Rete fuente:	\$ 9.725	Iva 19 %:	\$ 60.909	Neto a Pagar	\$ 60.909
Total Bruto:	\$ 51.184												
Retencion Iva:	\$ 3.618												
Retencion Ios:	\$ 1.700												
Rete fuente:	\$ 9.725												
Iva 19 %:	\$ 60.909												
Neto a Pagar	\$ 60.909												

ING. ANDREA GOYENECHÉ GUZMAN
DIRECTORA COMERCIAL

MARGARITA GÓMEZ
ASISTENTE COMERCIAL

HIPERMERCADO CIACOMEQ LIDER EN VENTAS AL DETAL VIGENTE POR 8 DIAS O SEGÚN TRM

**ANEXO D
(COTIZACION EQUIPOS)**

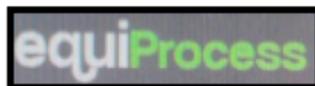
ITEM		CANTIDAD	DESCRIPCION	VALOR UNT.	VALOR TOTAL
ESTANTERIA PLASTICA					
1	1		<p>Estanteria plastica en polipropileno de alto impacto con material original LIBRE DE TODO MANTENIMIENTO DE ANTICORROSIVOS DE INMUNIZANTES Y VACUNAS, de 120 cm de ancho x 60 cm de fondo x 2100 cm de alto con 5 entrepaños 4 espacios, para soportar un peso total de 200 kg, se ensambla con tornilleria en acero inoxidable 304, con patas o base de 10 cm</p> <p>DISEÑOS DE ESTANTERIA PLASTICA</p>  <p>NO INCLUYE INSTALACION NO INCLUYE TRANSPORTE FUERA DE BOGOTA</p>	\$2.931.800	\$2.931.800

	COTIZACIÓN		ACTUALIZACION 4
			MAD 26-CD-08
			VIGENTE: 28 DE AGOSTO 2008

FECHA:	31 DE MAYO DE 2017	COTIZACIÓN N.	CT 03-0391-17
EMPRESA:	BELMONI	TEL:	3152252770
CLIENTE:	CAMILO USOHIO	CIUDAD:	BOGOTÁ
DIRECCIÓN:	NA	AGESOR COMERCIAL	SANDRA MILÉNA SANDRA MILÉNA
EMAIL:	amor_13@hotmail.com	CEL:	3188071124 - 3213188907 - 4855555 EX 1. 213

<p>Solo Maderplast da garantía de 20 años contra corrosión, pudrición y oxidación</p> <p>Garantía de 2 años por defectos de fabricación</p> <p>Estimamos la vida útil del material en mas de 60 años</p> <p>NO LO AFECTA NINGUN QUIMICO, ACIDO Y CLOROS, CERTIFICADO POR EL INVIMA PARA ALIMENTOS Y MEDICAMENTOS POR LO TANTO NO GENERA HONGOS, BACTERIAS NI MALOS OLORES COMO SUCEDE CON EL RECIKLADO</p> <p>Colores de linea verde, azul, café, yute y gris</p> <p>Colores especiales y blanco tienen un 16% de valor adicional nos acercamos al tono en un 80%</p> <p>FABRICAMOS SOBRE BAJO DISEÑOS Y MEDIDAS</p> <p>VENTAJAS DE LOS PRODUCTOS PLASTICOS MADERPLAST</p> <ul style="list-style-type: none"> * No pierde propiedades mecánicas al contacto con químicos como cloro y sal marina * No acumula ni genera hongos ni bacterias, es antiálgico * Por ser flexible es mas resistente a los impactos * No se pudra, no se oxida, no se come * Resistente a la intemperie, y resiste la humedad, por lo tanto no guarda ni genera olores * Es antiechancante, antideslizante, esterilizable * Es un aislante térmico, eléctrico y acústico * Cumple norma 1138 Cámara Chilena * El color no es superficial, puede presentar variedad en el color de acuerdo a la zona a la que este expuesto o flotado en los que se encuentre sumergido o en contacto * No se astilla como la madera, ni se deforma como el concreto * Es anti chispa, si lo requiere se puede fabricar con retardante de llama * Resistente a la flexión, tensión y en compresión soporta hasta 7200 PSI * No lo atacan los gorgojos * Es inerte (ni + ni -), El plástico no es biodegradable (si lo requiere se puede fabricar biodegradable), es ecológico * Es flotante, es un material liviano * Se trabaja con la misma herramienta de la madera, no existe vibrante en medidas y diseños * Cumplimos norma 1289 para cerramientos de plásticos 		
	SUBTOTAL	\$2.531.800
	IVA 19%	\$ 487.604
	TOTAL	\$ 3.019.404

ANEXO E (COTIZACION EQUIPOS)



INGENIERIA, DISEÑO Y FABRICACION DE EQUIPOS EN ACERO INOXIDABLE
 CARRERA 86G N°42B -40 SUR -CEL. 321 234 62 02 - CEL. 318 395 54 89 - TEL 456 28 63
 www.equiprocesos.com

DE: MILTON IZQUIERDO- EQUIPROCESS S.A.S.

CT113-17

PARA: CAMILO OSORIO

FECHA: 08 DE JUNIO DE 2017

- 1. (1) Un (1) equipo denominado TANQUE DE MEZCLA 1000 LITROS, fabricados en acero inoxidable **AISI 304**; de acuerdo a las siguientes características.

VOLUMEN ÚTIL: 1.000 litros
 VOLUMEN TOTAL: 1.147 litros

GEOMETRIA: Recipiente de perfil transversal circular, sin tapa y fondo plano inclinado, de 970mm de diámetro x 1,524mm de altura en el cilindro.

SOPORTES: (3) Patas, fabricadas en acero inoxidable AISI 304.

ACABADO INTERIOR Y EXTERIOR: Soldaduras 120 Grt (1,3 a 1,5) y lámina 2B

CONDICIONES DE DISEÑO: Atmosférico, temperatura de diseño 60°C

ALTURA DE DESCARGA: 400mm

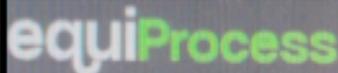
El soporte de la conexión del agitador se ubicará excéntrico.

Agitador de dos niveles de agitación, apto para mezclar líquidos en líquidos, disolver solidos miscibles en líquidos, y homogenizar la mezcla de los insumos.

Motorreductor con eje hueco 220V-440V, 3AC, 60Hz, IP55.

CONEXIONES			
C1	TC	2"	Salida de producto

VALOR UNITARIO EXW FABRICA EQUIPROCESS (BOGOTÁ).....\$ 9.960.000



INGENIERIA, DISEÑO Y FABRICACION DE EQUIPOS EN ACERO INOXIDABLE

CARRERA 86G N°42B -40 SUR –CEL. 321 234 52 02 – CEL. 318 395 54 69 – TEL 456 26 53

www.equiprocesos.com

OBSERVACIONES

1. VALIDEZ DE LA OFERTA: 15 días.
2. Nuestros precios están expresados en pesos colombianos.
3. Nuestra oferta excluye los seguros, fletes y el I.V.A.
4. FORMA DE PAGO: 50% anticipo; 50% contra aviso previo al despacho, el cual se realizara una vez recibido el pago final.
5. TIEMPO DE FABRICACION: 4 semanas después de la confirmación del pedido, la cancelación del anticipo y la aprobación de la geometría general.
6. SITIO DE ENTREGA: EXW fabrica EQUIPROCESS S.A.S. (BOGOTÁ). Sobre plataforma de camión.

CORDIALMENTE

MILTON IZQUIERDO

Asesor Comercial

EQUIPROCESS S.A.S.

ANEXO F (HOJA DE SEGURIDAD NaOH)



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO AL 50%

Versión: 001-2014

1. DESCRIPCIÓN

Nombre comercial: Solución de NaOH al 50%
Dirección/ Teléfono de la empresa: Aris Industrial S.A.
Av. Industrial 491- Lima 1 – PERU
Teléfono: 336-5428 Anexo 5519
e-mail: ventas@aris.com.pe

2. COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN SOBRE SUS INGREDIENTES

Nombre químico: Solución de soda cáustica al 50%
Fórmula química: NaOH
CAS N°:1310-73-02

3. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS.

El hidróxido de sodio es muy corrosivo por inhalación de neblias, ingestión o contacto directo con ojos o piel. El daño es inmediato y sin atención médica rápida, puede ser permanente. Esta fuerte solución alcalina y corrosiva disuelve cualquier tejido vivo.

Clasificación de los riesgos de la sustancia química: 8

Grupo de embalaje o emvasado ONU: II

a. Riesgos para la salud humana:

Ojos: La córnea sufre lesión de forma inmediata y puede provocar la adhesión del párpado al globo ocular.

Piel: Por contacto causa quemaduras en piel, destrucción de queratina de la piel y cabello. Puede producir quemaduras severas, corrosión de los tejidos y cicatrices de forma permanente si no se lava de forma inmediata.

Inhalación: La inhalación de neblias puede causar quemaduras, pérdida de cabello debido a que la solución quema la queratina cuando pasa a través de la nariz.

Ingestión: La ingestión causa quemadura inmediata de boca, esófago y estómago, salivación excesiva, edema en labios, lengua, esófago que dificultan la deglución por horas.

c. Riesgos especiales de la sustancia: No disponible.

d. Carcinógeno: No disponible.

4. PRIMEROS AUXILIOS.

En caso de contacto accidental con el producto, proceder de acuerdo con:

Contacto con los Ojos: Lave los ojos inmediatamente con agua durante 30 minutos. Mantenga los párpados abiertos durante el enjuague. Si persiste la irritación, repita el lavado. Remita al médico inmediatamente, continúe el enjuague durante el transporte.

Contacto con la piel: Lave de inmediato con abundante agua, bajo la ducha remueva la ropa contaminada y zapatos, se debe continuar con el lavado durante 30 minutos. Consiga atención médica lo más pronto posible. Durante el transporte aplique compresas de agua helada o si es posible sumerja en agua helada la parte afectada.

Inhalación: Llevar a la persona afectada a una área ventilada y fresca. Si presenta dificultades respiratorias administrar oxígeno durante media hora. Si la víctima no respira de respiración artificial con la ayuda de algún instrumento médico, no utilice el método de boca a boca. Consultar al médico lo más pronto posible.

Ingestión: NO INDUZCA EL VÓMITO, Si la persona está consciente suminístrele tanta agua como se pueda para diluir el producto. Si hay vómito espontáneo, haga que la víctima se incline hacia delante con la cabeza hacia abajo, enjuague la boca. Consiga atención médica lo más pronto posible.

En caso de EMERGENCIA:

CICOTOX 0800-1-30-40
Aló Salud 0801-10-200 (Lao 24 horas del día)
Aris Industrial S. A. 01-336-5428

Notas para el médico:

Producto corrosivo, puede causar contracción y destrucción de tejidos. Si se realiza lavado, se sugiere control endotraqueal y/o esofagoscopia. El material es un álcali fuerte.

5. EXTINCIÓN DE INCENDIOS

Medios de extinción adecuados: Espuma, CO2 o polvo químico seco.

Riesgos especiales: Aunque no es combustible, el contacto de la solución de hidróxido de sodio al 50% con humedad o agua, puede causar calor suficiente como para prender fuego a algún combustible cercano. Si es posible, retirar los contenedores fuera del área.

Procedimientos especiales para combatir el fuego: Debido a que el fuego puede generar productos de descomposición tóxica se recomienda usar máscara facial completa, con equipo de respiración autónoma.

Equipo de protección personal para el combate del fuego: El personal debe ingresar utilizando ropa adecuada para combatir incendios de productos químicos, equipo de respiración autónoma y botas de seguridad.

ARIS INDUSTRIAL S.A.

Av. Industrial 491 – Lima, Teléfono: (511) 336-5428 Fax: (511) 336-7473 www.aris.com.pe

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD**SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO AL 50%**

Versión: 001-2014

6. DERRAMES ACCIDENTALES

Usar equipo de protección personal adecuado. Cubra el derrame con material inerte (por ejemplo, arena seca o tierra) y recoger para su eliminación adecuada. No permita que el material derramado o el agua de lavado ingresen en el alcantarillado, aguas superficiales o sistemas de aguas subterráneas.
Descontaminante/Neutralizador: Solución diluida de ácido acético. Lave el área del derrame con agua. Recoja el agua utilizada para su eliminación.

7. MANIPULACION Y ALMACENAJE

Precauciones a Tomar: Mantener el equipo de emergencia siempre disponible. Asegúrese que todos los contenedores se encuentren bien cerrados y sin golpes. El personal debe estar bien entrenado en el manejo seguro del producto. Para diluirlo siempre agregue lentamente la soda al agua. Los recipientes deben estar debidamente etiquetados y alejados de fuentes de calor. Evitar el contacto con los ojos o la piel.
Recomendaciones específicas sobre manipulación segura: Durante la manipulación no beber, comer ni fumar. Evitar el contacto con los ojos. El personal involucrado con su manipulación debe tener todos los elementos de protección recomendados. El área de almacenamiento debe estar adecuadamente ventilada. Los recipientes deben permanecer bien cerrados cuando no estén en uso. En esta área se debe contar con ducha y lavajos.
Condiciones de Almacenamiento: Manténgalo alejado de líquidos inflamables, ácidos fuertes y halógenos orgánicos. El área de almacenamiento y el sistema de iluminación deben construirse de materiales resistentes a la corrosión.

8. CONTROL DE LA EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL

Medidas para reducir la posibilidad de exposición: De exposiciones prolongadas o en el caso de derrame utilice traje de cuerpo completo como un traje de PVC.

Parámetros de Control: No Aplicable.

Límites Permisibles ponderados (LPP) y Absoluto (LPA): No establecidos.

Protección respiratoria: Podrá utilizarse una máscara aprobada por el NIOSH con filtro N95 (humo o niebla) en circunstancias en las que se espere que las concentraciones en el aire superen los límites de exposición, o cuando se haya observado que los síntomas sean indicio de sobreexposición.

Para la protección del aparato respiratorio, un respirador para polvo y niebla para la mitad de la cara puede ser usado si la concentración es hasta 10 veces el límite de exposición. En casos en que la concentración sea más alta (hasta 50 veces el límite) se debe usar un respirador para polvo y niebla para toda la cara.

Guantes de protección: Use guantes de protección hechos de materiales como el neopreno o nitrilo.

Protección de la vista: Por salpicaduras, niebla o rocío de exposición se debe utilizar gafas de protección química o una careta.

Otros equipos de Protección: mascarilla para polvos, ropa antiestática de fibra natural o de fibra sintética resistente a alta temperatura.

Ventilación: Use sólo en áreas bien ventiladas.

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Estado físico: Líquido

Color: Claro a opaco

Olor: No presenta

pH: 14

Punto de fusión: 12 °C (53.6 °F)

Punto de ebullición: 140 °C (284 °F)

Presión de vapor: 13 mmHg a 15.56 °C (60.01 °F)

Densidad: 1.54 g/cm³ a 15 °C (59 °F)

1.52 g/cm³ a 20 °C (68 °F)

1.505 g/cm³ a 50 °C (122 °F)

Gravedad específica, g/mL: 1.53 a 15.56 °C (60.01 °F)

Solubilidad en agua: Soluble

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD QUÍMICA

Estabilidad: Estable a temperatura y presión normal. Absorbe agua y dióxido de carbono del aire. Se deben mantener los recipientes cerrados y sellados.

Condiciones que deben evitarse: Evitar la exposición a la humedad. La descomposición térmica oxidativa del hidróxido de sodio puede generar óxido de sodio (Na₂O) tóxico y humos de peróxido de sodio (Na₂O₂).

Materiales incompatibles: Libera calor cuando se mezcla con agua. No agregue agua al producto. Se puede generar hidrógeno inflamable por el contacto con metales como Aluminio, bronce, estaño y zinc. Evitar el contacto con ácidos, compuestos orgánicos halogenados o nitratos y glicoles. Reacciona rápidamente con aniones reducidos (fluorosa, galvanosa, maltona) produciendo monóxido de carbono, se debe monitorear en los tanques el contenido de monóxido para cuidar la seguridad de las personas.

ARIS INDUSTRIAL S.A.

Av. Industrial 491 – Lima, Teléfono: (511) 336-6408 Fax: (511) 336-7473 www.aris.com.pe



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO AL 50%

Versión: 001-2014

11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Toxicidad oral Aguda: DL₅₀ (intraperitoneal, ratón): 40mg/Kg
DL₅₀ (oral, rata): 220mg/Kg
Toxicidad dermal: DL₅₀ (conejo): 1350mg/Kg
Toxicidad para la reproducción: No presenta.
Efectos a corto plazo: No disponible.
Efectos mutagénicos: No disponible.
Efectos carcinogénicos: No disponible.

12. INFORMACION RELACIONADA AL MEDIO AMBIENTE

Toxicidad a los peces: LC50 (48 h) para el camarón: 33 – 100ppm, LC50 (Daphnia): 100ppm.
Efectos Ambientales: Toxicidad moderada.
Biodegradabilidad: No está sujeto a biodegradación.
Consideraciones generales: En exceso puede ser dañino para la vida acuática.

13. CONSIDERACIONES PARA SU DISPOSICION

Sus residuos son considerados como peligrosos, no lo maneje como un desecho normal. No lo disponga en los drenajes, la tierra o fuentes de agua. Neutralizar con ácido muy diluido, preferiblemente ácido acético. Siga las regulaciones locales para su disposición.

14. INFORMACIÓN PARA EL TRANSPORTE

Las informaciones relativas al transporte se dan de acuerdo a la reglamentación nacional o internacional vigente.
Nombre para transporte: Solución de hidróxido de sodio (Soda cáustica líquida, 50%)
Clase: 8
Número de UN: 1824
Rótulo: Corrosivo
Grupo de envase: II
NFPA:
Salud: 3
Inflamabilidad: 0
Reactividad: 1

15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

SARA 313
La Sección 313 del Título III de la Ley de Enmienda y Reautorización del Superfondo de 1995 (SARA, por sus siglas en inglés). Este producto no contiene ninguna sustancia química que esté sujeta a los requisitos de informes de la Ley y del Título 40n del Código de Reglamentos Federales, Parte 372.

- Categorización de peligros de la ley SARA 311/312:
Peligro crónico para la salud: No.
Peligro agudo para la salud: Si.
Peligro de incendio: No.
Peligro de liberación súbita de presión: No.
Peligro reactivo: No.

Marcas en etiquetas: Corrosivo

16. INFORMACIÓN ADICIONAL

Los datos consignados en esta hoja informativa fueron obtenidos de fuentes confiables. Sin embargo, se entregan sin garantía expresa o implícita respecto de su exactitud o corrección. Las opiniones expresadas en este formulario son las de profesionales capacitados. La información que se entrega en él es la conocida actualmente sobre la materia.

Considerando que el uso de esta información y de los productos está fuera del control del proveedor, la empresa no asume responsabilidad alguna por este concepto. Determinar las condiciones de uso seguro del producto es obligación del usuario.

ARIS INDUSTRIAL S.A.

Ax. Industrial 491 – Lima, Teléfono: (511) 336-6428 Fax: (511) 336-7473 www.aris.com.pe

ANEXO G (FICHA TÉCNICA DEL HORNO)

HORNOS MARK II



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

CAPACIDAD LATAS	MEDIDAS EN MTS.			CONSUMO POMESEO (BTU'S)	POTENCIA MOTORES (HP)
	ALTO	FONDO	FRENTE		
5	0.63 sin base	0.64	0.77	44.000	1/2
	1.30 con base				

APLICACIONES

- Especial para fabricación de productos de panadería.
- Optima calidad en color textura y aroma según exigencia y beneficio del cliente.
- Especial para preparar todo tipo de alimento, excelente resultado homeado de carnes y deshidratación de frutas.

CARACTERÍSTICAS

- Sistema de aire por convección (aire reticulado)
- Quemadora a gas natural o propano
- Aire recirculado
- Iluminación interna
- Control de temperatura análogo
- Temporizador análogo
- Puntas de vidrio templado panorámico
- Iluminación interna

TABLERO



	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL LUMIERES

Nosotros Andrés camilo Osorio Cisneros y Laura Alexandra Martínez Castro en calidad de titulares de la obra Desarrollo de una propuesta de aprovechamiento de los residuos grasos lácteos provenientes de la empresa Levelma S.A.S., elaborada en el año 2016, autorizamos al **Sistema de Bibliotecas de la Fundación Universidad América** para que incluya una copia, indexe y divulgue en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres, la obra mencionada con el fin de facilitar los procesos de visibilidad e impacto de la misma, conforme a los derechos patrimoniales que nos corresponden y que incluyen: la reproducción, comunicación pública, distribución al público, transformación, en conformidad con la normatividad vigente sobre derechos de autor y derechos conexos (Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, entre otras).

Al respecto como Autores manifestamos conocer que:

- La autorización es de carácter no exclusiva y limitada, esto implica que la licencia tiene una vigencia, que no es perpetua y que el autor puede publicar o difundir su obra en cualquier otro medio, así como llevar a cabo cualquier tipo de acción sobre el documento.
- La autorización tendrá una vigencia de cinco años a partir del momento de la inclusión de la obra en el repositorio, prorrogable indefinidamente por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales del autor y podrá darse por terminada una vez el autor lo manifieste por escrito a la institución, con la salvedad de que la obra es difundida globalmente y cosechada por diferentes buscadores y/o repositorios en Internet, lo que no garantiza que la obra pueda ser retirada de manera inmediata de otros sistemas de información en los que se haya indexado, diferentes al Repositorio Digital Institucional – Lumieres de la Fundación Universidad América.
- La autorización de publicación comprende el formato original de la obra y todos los demás que se requiera, para su publicación en el repositorio. Igualmente, la autorización permite a la institución el cambio de soporte de la obra con fines de preservación (impreso, electrónico, digital, Internet, intranet, o cualquier otro formato conocido o por conocer).
- La autorización es gratuita y se renuncia a recibir cualquier remuneración por los usos de la obra, de acuerdo con la licencia establecida en esta autorización.
- Al firmar esta autorización, se manifiesta que la obra es original y no existe en ella ninguna violación a los derechos de autor de terceros. En caso de que el trabajo haya sido financiado por terceros, el o los autores asumen la responsabilidad del cumplimiento de los acuerdos establecidos sobre los derechos patrimoniales de la obra.
- Frente a cualquier reclamación por terceros, el o los autores serán los responsables. En ningún caso la responsabilidad será asumida por la Fundación Universidad de América.
- Con la autorización, la Universidad puede difundir la obra en índices, buscadores y otros sistemas de información que favorezcan su visibilidad.

Conforme a las condiciones anteriormente expuestas, como autores establecemos las siguientes condiciones de uso de mí (nuestra) obra de acuerdo con la **licencia Creative Commons** que se señala a continuación:

	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

	Atribución- no comercial- sin derivar: permite distribuir, sin fines comerciales, sin obras derivadas, con reconocimiento del autor.	X
	Atribución – no comercial: permite distribuir, crear obras derivadas, sin fines comerciales con reconocimiento del autor.	
	Atribución – no comercial – compartir igual: permite distribuir, modificar, crear obras derivadas, sin fines económicos, siempre y cuando las obras derivadas estén licenciadas de la misma forma.	

Licencias completas: http://co.creativecommons.org/?page_id=13

Siempre y cuando se haga alusión de alguna parte o nota del trabajo, se debe tener en cuenta la correspondiente citación bibliográfica para darle crédito al trabajo y a sus autores.

De igual forma como autores autorizamos la consulta de los medios físicos del presente trabajo de grado así:

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
La consulta física (sólo en las instalaciones de la Biblioteca) del CD-ROM y/o Impreso	X	
La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer para efectos de preservación		X

Información Confidencial: este Trabajo de Grado contiene información privilegiada, estratégica o secreta o se ha pedido su confidencialidad por parte del tercero, sobre quien se desarrolló la investigación. En caso afirmativo expresamente indicará (indicaremos), en carta adjunta, tal situación con el fin de que se respete la restricción de acceso.	SI	NO
		X

Para constancia se firma el presente documento en Bogotá D., a los 23 días del mes de agosto del año 2017.

LOS AUTORES:

Autor 1

Nombres	Apellidos
Andrés Camilo	Osorio Cisneros
Documento de identificación No	Firma
1.026.281.824	<i>Andrés Camilo Osorio Cisneros</i>

Autor 2

Nombres	Apellidos
Laura Alexandra	Martínez Castro
Documento de identificación No	Firma
1.070.962.514	<i>Laura Alexandra Martínez C.</i>

Nota: Incluya un apartado (copie y pegue el cuadro anterior), para los datos y la firma de cada uno de los autores de la obra.

