

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**ELABORACIÓN DE JABÓN LÍQUIDO A PARTIR DE ACEITE  
VEGETAL USADO, ESCALA LABORATORIO**

**Por:**

**VALERIA LEÓN**

Modalidad de Graduación (Investigación Aplicada) presentado a consideración de la  
“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para  
optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Química.

**Febrero de 2021**

**TARIJA-BOLIVIA**

V°B°

---

M.Sc. Ing. Ernesto Alvarez Gozávez

**DECANO**

Facultad de Ciencias y Tecnología

---

M.Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa

**VICEDECANA**

Facultad de Ciencias y Tecnología

**APROBADO POR:**

**TRIBUNAL:**

---

Ing. Adalid Aceituno Cáceres

---

Ing. Claudia Salazar Bellido

---

Ing. Jimena Durán Durán

El Tribunal Calificador del presente trabajo no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor.

**DEDICATORIA**

A Cristóbal, Gilberto y Rosario.

**AGRADECIMIENTO**

A todos los que fueron una luz en  
mi camino.

## ÍNDICE

ADVERTENCIA

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

### CAPÍTULO I

#### INTRODUCCIÓN

|       |                                |   |
|-------|--------------------------------|---|
| I     | INTRODUCCIÓN .....             | 1 |
| 1.1   | Antecedentes .....             | 1 |
| 1.2   | Justificación .....            | 2 |
| 1.2.1 | Justificación Económica .....  | 2 |
| 1.2.2 | Justificación Tecnológica..... | 2 |
| 1.2.3 | Justificación Social .....     | 3 |
| 1.2.4 | Justificación Ambiental .....  | 3 |
| 1.2.5 | Justificación Personal.....    | 3 |
| 1.3   | Objetivos.....                 | 4 |
| 1.3.1 | Objetivo General.....          | 4 |
| 1.3.2 | Objetivos Específicos.....     | 4 |

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO

|     |                        |   |
|-----|------------------------|---|
| II  | MARCO TEÓRICO.....     | 5 |
| 2.1 | Reseña Histórica ..... | 5 |
| 2.2 | Materia Prima.....     | 5 |

|         |                                                     |    |
|---------|-----------------------------------------------------|----|
| 2.2.1   | KOH.....                                            | 5  |
| 2.2.2   | Aceites Vegetales Usados (AVU's).....               | 8  |
| 2.2.2.1 | Características .....                               | 10 |
| 2.2.2.2 | Impacto Ambiental.....                              | 12 |
| 2.2.2.3 | Alternativas de Tratamiento.....                    | 13 |
| 2.3     | Saponificación.....                                 | 14 |
| 2.4     | Jabón .....                                         | 15 |
| 2.4.1   | Propiedades .....                                   | 15 |
| 2.4.2   | Mecanismo de Acción.....                            | 15 |
| 2.4.3   | Tipos de Jabones .....                              | 16 |
| 2.4.3.1 | Jabón Líquido.....                                  | 17 |
| 2.5     | Métodos de Producción de Jabón .....                | 19 |
| 2.5.1   | Proceso en Frío .....                               | 19 |
| 2.5.2   | Proceso en Caliente.....                            | 20 |
| 2.6     | Elaboración de Jabón Líquido a partir de AVU's..... | 20 |
| 2.6.1   | Procedimiento .....                                 | 20 |
| 2.6.1.1 | Acondicionamiento de AVU's.....                     | 20 |
| 2.6.1.2 | Etaqa Productiva .....                              | 21 |
| 2.6.1.3 | Insumos .....                                       | 23 |
| 2.6.2   | Producción Escala Artesanal.....                    | 23 |
| 2.6.3   | Producción Escala Industrial.....                   | 25 |
| 2.6.4   | Producción Universitaria .....                      | 26 |

## **CAPÍTULO III**

### **PARTE EXPERIMENTAL**

|       |                                                        |    |
|-------|--------------------------------------------------------|----|
| III   | PARTE EXPERIMENTAL .....                               | 29 |
| 3.1   | Descripción del Método de Investigación.....           | 29 |
| 3.2   | Diseño de la Investigación .....                       | 29 |
| 3.3   | Materiales y Equipos.....                              | 31 |
| 3.3.1 | Materia prima.....                                     | 31 |
| 3.3.2 | Reactivos e insumos.....                               | 32 |
| 3.3.3 | Material de laboratorio.....                           | 32 |
| 3.3.4 | Equipo de protección personal.....                     | 32 |
| 3.3.5 | Equipos para el proceso .....                          | 32 |
| 3.3.6 | Instrumentos de medición.....                          | 33 |
| 3.4   | Procedimientos y Técnicas usados para Resultados ..... | 33 |
| 3.4.1 | Diagrama de proceso.....                               | 33 |
| 3.4.2 | Descripción del diagrama .....                         | 35 |
| 3.4.3 | Variables a medir .....                                | 39 |
| 3.5   | Análisis Del Producto Obtenido .....                   | 40 |
| 3.6   | Control De Calidad Del Producto Obtenido .....         | 41 |

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

|     |                                                |    |
|-----|------------------------------------------------|----|
| IV  | RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....                   | 42 |
| 4.1 | Estudio de campo .....                         | 42 |
| 4.2 | Resultados materia prima: AVU's de UAJMS ..... | 49 |



|         |                                                                   |    |
|---------|-------------------------------------------------------------------|----|
| 4.3     | Resultados del producto obtenido.....                             | 51 |
| 4.3.1   | Influencia de las variables en el proceso de saponificación ..... | 51 |
| 4.3.2   | Análisis físicos y químicos del jabón líquido .....               | 55 |
| 4.3.3   | Análisis de calidad .....                                         | 62 |
| 4.4     | Discusión.....                                                    | 65 |
| 4.4.1   | Resultados del estudio de campo y caracterización de AVU's.....   | 65 |
| 4.4.1.1 | Estudio de campo pregunta n°2 .....                               | 65 |
| 4.4.1.2 | Estudio de campo pregunta n°3 .....                               | 66 |
| 4.4.1.3 | Análisis de la caracterización AVU's acopiados .....              | 69 |
| 4.4.2   | Influencia de las variables.....                                  | 69 |
| 4.4.2.1 | Etapas de saponificación: Cantidad de Pasta Jabonosa .....        | 69 |
| 4.4.2.2 | Tiempo de reacción etapa de saponificación .....                  | 72 |
| 4.5     | Balance de materia del proceso.....                               | 74 |
| 4.6     | Balance de energía .....                                          | 78 |
| 4.6.1   | Balance de energía: etapa de filtración .....                     | 78 |
| 4.6.2   | Balance de energía: etapa de saponificación .....                 | 79 |
| 4.6.2.1 | Reacción de Saponificación .....                                  | 79 |
| 4.6.2.2 | Entalpía de reacción .....                                        | 81 |
| 4.7     | Costos del Proyecto.....                                          | 82 |
| 4.7.1   | Costos del proceso .....                                          | 82 |
| 4.7.2   | Costos adicionales.....                                           | 86 |
| 4.7.3   | Resumen Costo del Proyecto .....                                  | 86 |

**CAPÍTULO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

|     |                                      |    |
|-----|--------------------------------------|----|
| V   | Conclusiones y Recomendaciones ..... | 88 |
| 5.1 | Conclusiones .....                   | 88 |
| 5.2 | Recomendaciones .....                | 89 |

**BIBLIOGRAFÍA**

|    |                    |    |
|----|--------------------|----|
| VI | Bibliografía ..... | 91 |
|----|--------------------|----|

**ÍNDICE DE TABLAS**

|             |                                                                                                         |    |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla II-1  | Hoja de Seguridad del Hidróxido de Potasio .....                                                        | 6  |
| Tabla II-2  | Características de los Aceites Vegetales .....                                                          | 11 |
| Tabla II-3  | Perfil de ácidos grasos de aceite de Soya y Girasol, sometidos a estrés térmico en tiempo variable..... | 12 |
| Tabla II-4  | Requisitos fisicoquímicos del Jabón Líquido. ....                                                       | 18 |
| Tabla III-1 | Diseño factorial $2^3$ .....                                                                            | 30 |
| Tabla III-2 | Variables y niveles.....                                                                                | 30 |
| Tabla III-3 | Diseño de Experimentos etapa de Saponificación.....                                                     | 31 |
| Tabla IV-1  | Fechas y cantidad total de AVU's acopiados.....                                                         | 50 |
| Tabla IV-2  | Características AVU's de UAJMS.....                                                                     | 50 |
| Tabla IV-3  | Variables vs Cantidad de Pasta Jabonosa.....                                                            | 51 |
| Tabla IV-4  | Prueba efectos inter-sujetos para cantidad de Pasta Jabonosa.....                                       | 52 |
| Tabla IV-5  | Prueba ANOVA de la cantidad de Pasta Jabonosa .....                                                     | 53 |
| Tabla IV-6  | Coefficientes cantidad de Pasta Jabonosa.....                                                           | 53 |

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla IV-7 Variables vs Tiempo de Reacción .....                               | 53 |
| Tabla IV-8 Prueba de los efectos inter-sujetos para el Tiempo de Reacción..... | 54 |
| Tabla IV-9 ANOVA para el Tiempo de Reacción.....                               | 55 |
| Tabla IV-10 Coeficientes para el Tiempo de reacción.....                       | 55 |
| Tabla IV-11 Resultados de los análisis a los productos obtenidos .....         | 56 |
| Tabla IV-12 Resultados para: % Alcalinidad libre .....                         | 58 |
| Tabla IV-13 Resultados para: % Materia insoluble en agua.....                  | 60 |
| Tabla IV-14 pH del Jabón líquido.....                                          | 61 |
| Tabla IV-15 Punto de hilo.....                                                 | 63 |
| Tabla IV-16 Persistencia de espuma .....                                       | 63 |
| Tabla IV-17 Prueba de saponificación .....                                     | 64 |
| Tabla IV-18 Composición de aceites vegetales puros y usados .....              | 65 |
| Tabla IV-19 1ra. Semana de acopio .....                                        | 67 |
| Tabla IV-20 2da. Semana de acopio .....                                        | 67 |
| Tabla IV-21 3ra. Semana de acopio .....                                        | 67 |
| Tabla IV-22 Balance Aceites que consumen propietarias Vs. AVU's Donados.....   | 68 |
| Tabla IV-23 Cantidad de Pasta Jabonosa y Ajuste del modelo .....               | 70 |
| Tabla IV-24 Cantidad Pasta Jabonosa, Ajuste y Error.....                       | 71 |
| Tabla IV-25 Tiempo de Reacción y Ajuste del modelo.....                        | 72 |
| Tabla IV-26 Tiempo de reacción, Ajuste y Error .....                           | 73 |
| Tabla IV-27 Balance de materia Filtro 1.....                                   | 74 |
| Tabla IV-28 Balance de materia Filtro 2.....                                   | 75 |
| Tabla IV-29 Balance de materia en el Reactor .....                             | 76 |

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla IV-30 Balance de materia del Mezclador .....                       | 77 |
| Tabla IV-31 Balance de materia Envasado .....                            | 78 |
| Tabla IV-32 Componentes de la reacción de saponificación .....           | 80 |
| Tabla IV-33 Entalpías de enlace para la reacción de saponificación ..... | 81 |
| Tabla IV-34 Costos etapa: Acopio de AVU's .....                          | 82 |
| Tabla IV-35 Costo etapa: Filtración 1 y 2 .....                          | 83 |
| Tabla IV-36 Costo etapa: Saponificación .....                            | 83 |
| Tabla IV-37 Costo etapa: Mezclado y envase .....                         | 84 |
| Tabla IV-38 Costo análisis AVU's .....                                   | 85 |
| Tabla IV-39 Costo análisis Jabón Líquido .....                           | 85 |
| Tabla IV-40 Costo material de limpieza .....                             | 85 |
| Tabla IV-41 Costo material de escritorio .....                           | 86 |
| Tabla IV-42 Costo servicios .....                                        | 86 |
| Tabla IV-43 Resumen costo del proyecto .....                             | 86 |

### **ÍNDICE DE FIGURAS**

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 2-1 Aceite Vegetal, de cocina, Usado .....                 | 8  |
| Figura 2-2 Reacciones Químicas en el Proceso de Fritura .....     | 10 |
| Figura 2-3 Saponificación .....                                   | 14 |
| Figura 2-4 Mecanismo de Acción de los Tensoactivos. ....          | 16 |
| Figura 2-5 Fabricando Jabón Casero en Corazón Verde .....         | 24 |
| Figura 2-6 Electrodoméstico: Fábrica de Jabón .....               | 25 |
| Figura 3-1 Diagrama de Bloques Elaboración de Jabón Líquido ..... | 34 |
| Figura 3-2 Diagrama PFD del proceso .....                         | 38 |

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 4-1 1ra. Pregunta del Estudio de Campo .....                              | 42 |
| Figura 4-2 2da. Pregunta del Estudio de Campo.....                               | 43 |
| Figura 4-3 3ra. Pregunta del Estudio de Campo .....                              | 44 |
| Figura 4-4 4ta. Pregunta del Estudio de Campo .....                              | 45 |
| Figura 4-5 5ta. Pregunta del Estudio de Campo .....                              | 46 |
| Figura 4-6 6ta. Pregunta del Estudio de Campo .....                              | 47 |
| Figura 4-7 7ma. Pregunta del Estudio de Campo .....                              | 47 |
| Figura 4-8 8va. Pregunta del Estudio de Campo.....                               | 48 |
| Figura 4-9 9na. Pregunta del Estudio de Campo.....                               | 49 |
| Figura 4-10 % Alcalinidad libre, resultados .....                                | 59 |
| Figura 4-11 % Materia insoluble en agua .....                                    | 60 |
| Figura 4-12 Comparación de pH Jabón Líquido, Tiras indicadoras vs. pHmetro ..... | 62 |
| Figura 4-13 Prueba de persistencia de espuma .....                               | 64 |
| Figura 4-14 Cantidad Pasta Jabonosa vs Ajuste .....                              | 70 |
| Figura 4-15 Diferencia entre Observado vs Calculado.....                         | 71 |
| Figura 4-16 RxMin vs Ajuste.....                                                 | 72 |
| Figura 4-17 Diferencia entre Observado y Calculado.....                          | 73 |
| Figura 4-18 Diagrama de Bloques Filtro 1 .....                                   | 74 |
| Figura 4-19 Diagrama de Bloques Filtro 2 .....                                   | 74 |
| Figura 4-20 Diagrama de Bloques en el Reactor .....                              | 75 |
| Figura 4-21 Diagrama de Bloques del Mezclador .....                              | 77 |
| Figura 4-22 Diagrama de Bloques Envasado.....                                    | 77 |
| Figura 4-23 Reacción química de saponificación .....                             | 80 |

## **NÓMINA DE ANEXOS**

**ANEXO A ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS AVU'S Y JABONES LÍQUIDOS**

**ANEXO B NORMA NTE – INEN 842**

**ANEXO C PROCESO PRODUCTIVO**

## Glosario de Términos y Abreviaturas

|                             |                                                   |
|-----------------------------|---------------------------------------------------|
| <b>%exc.</b>                | Porcentaje en exceso                              |
| <b>°C</b>                   | Grado Celsius                                     |
| <b>AVU's</b>                | Aceites Vegetales Usados                          |
| <b>CEANID</b>               | CENTRO DE ANÁLISIS, INVESTIGACIÓN Y<br>DESARROLLO |
| <b><math>dH_2O</math></b>   | Agua destilada                                    |
| <b>EXP.</b>                 | Experimento                                       |
| <b>g.</b>                   | Gramo                                             |
| <b><math>H_3BO_3</math></b> | Ácido bórico                                      |
| <b>IBNORCA</b>              | Instituto Boliviano de Normalización y Calidad    |
| <b>INEN</b>                 | Instituto Ecuatoriano de Normalización            |
| <b>KOH</b>                  | Hidróxido de potasio                              |
| <b>min.</b>                 | Minuto                                            |
| <b>ml.</b>                  | Mililitro                                         |
| <b>NTE</b>                  | Norma Técnica Ecuatoriana                         |
| <b>P.J</b>                  | Pasta Jabonosa                                    |
| <b>pH</b>                   | Potencial de hidrógeno                            |
| <b>rpm.</b>                 | Revoluciones por minuto                           |
| <b>UAJMS</b>                | Universidad Autónoma Juan Misael Saracho          |
| <b>Vaso pptd.</b>           | Vaso de precipitado                               |