



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE FUSIÓN DE LA GRASA INCORPORADA
EN LA EMULSIÓN FLOTANTE DE LAS TRAMPAS DE GRASA DE LOS RASTROS
DE AVÍCOLA VILLALOBOS, PARA SU POSTERIOR USO COMO FUENTE DE
ENERGÍA AL QUEMARLA EN CALDERAS PIROTUBULARES**

Daniel Fernando Ardón Pérez

Asesorado por la Inga. Telma Maricela Cano Morales y
el Ing. Mario José Mérida Meré

Guatemala, febrero de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE FUSIÓN DE LA GRASA INCORPORADA
EN LA EMULSIÓN FLOTANTE DE LAS TRAMPAS DE GRASA DE LOS RASTROS
DE AVÍCOLA VILLALOBOS, PARA SU POSTERIOR USO COMO FUENTE DE
ENERGÍA AL QUEMARLA EN CALDERAS PIROTUBULARES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

DANIEL FERNANDO ARDÓN PÉREZ

ASESORADO POR LA INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES Y
EL ING. MARIO JOSÉ MÉRIDA MERÉ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, FEBRERO DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian De León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Orlando Posadas Váldez
EXAMINADOR	Ing. Rodolfo Fco. Espinoza Smith
EXAMINADOR	Ing. Víctor Manuel Monzón Váldez
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE FUSIÓN DE LA GRASA INCORPORADA EN LA EMULSIÓN FLOTANTE DE LAS TRAMPAS DE GRASA DE LOS RASTROS DE AVÍCOLA VILLALOBOS, PARA SU POSTERIOR USO COMO FUENTE DE ENERGÍA AL QUEMARLA EN CALDERAS PIROTUBULARES

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 5 de agosto de 2013



Daniel Fernando Ardón Pérez



Guatemala, 10 de julio de 2014.

Ref.EPS.D.357.07.14.

Ing. Victor Manuel Monzón Valdéz
Director Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Monzón Valdéz.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE FUSIÓN DE LA GRASA INCORPORADA EN LA EMULSIÓN FLOTANTE DE LAS TRAMPAS DE GRASA DE LOS RASTROS DE AVÍCOLA VILLALOBOS, PARA SU POSTERIOR USO COMO FUENTE DE ENERGÍA AL QUEMARLA EN CALDERAS PIROTUBULARES"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Daniel Fernando Ardón Pérez**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Ingeniera Lorena Victoria Pineda Cabrera.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la Asesora-Supervisora de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS



SJRS/ra



Guatemala, 18 de enero de 2017

Ingeniero
Carlos Salvador Wong Davi
Director Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Estimado Ingeniero Wong:

Por medio de la presente HACEMOS CONSTAR que hemos revisado y dado nuestra aprobación al Informe Final del Trabajo de Graduación titulado **“ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE FUSIÓN DE LA GRASA INCORPORADA EN LA EMULSIÓN FLOTANTE DE LAS TRAMPAS DE GRASA DE LOS RASTROS DE AVÍCOLA VILLALOBOS, PARA SU POSTERIOR USO COMO FUENTE DE ENERGÍA AL QUEMARLA EN CALDERAS PIROTUBULARES”**, del estudiante de Ingeniería Química Daniel Fernando Ardón Pérez quien se identifica con CUI No. 2361631320101 y registro académico número 009212908.

Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente,



Ing. Qco. Mario José Mérida Meré
JEFE
Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales -LIEXVE-
Sección Química Industrial CII / USAC
Asesor



Inga. Qca. Telma Maricela Cano Morales
Profesora Investigadora Titular IX
Sección Química Industrial
Centro de Investigaciones de Ingeniería/USAC
Asesora





Guatemala, 24 de febrero de 2017.
 Ref. EIQ.TG-IF.005.2017.

Ingeniero
 Carlos Salvador Wong Davi
 DIRECTOR
 Escuela de Ingeniería Química
 Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Wong:

Como consta en el registro de evaluación del informe final EIQ-PRO-REG-007 correlativo **055-2013** le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN
-Modalidad Ejercicio Profesional Supervisado 3 meses-

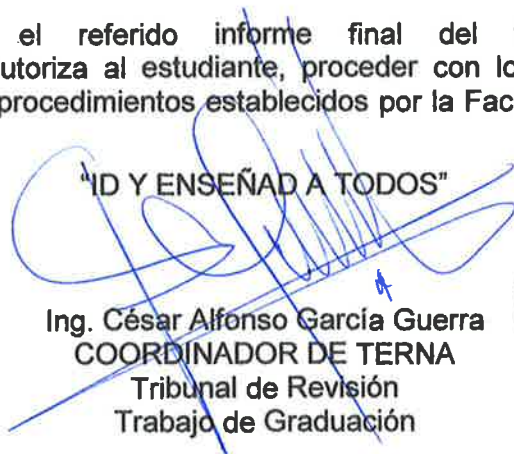
Solicitado por el estudiante universitario: **Daniel Fernando Ardón Pérez**.
 Identificado con número de carné: **1992-12908**.
 Previo a optar al título de **INGENIERO QUÍMICO**.

Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE FUSIÓN DE LA GRASA INCORPORADA EN LA EMULSIÓN FLOTANTE DE LAS TRAMPAS DE GRASA DE LOS RASTROS DE AVÍCOLA VILLALOBOS, PARA SU POSTERIOR USO COMO FUENTE DE ENERGÍA AL QUEMARLA EN CALDERAS PIROTUBULARES

El Trabajo de Graduación ha sido asesorada por los Ingenieros Químicos: **Telma Maricela Cano Morales y Mario José Mérida Meré**.

Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"D Y ENSEÑAD A TODOS"

 Ing. César Alfonso García Guerra
 COORDINADOR DE TERNA
 Tribunal de Revisión
 Trabajo de Graduación



C.c.: archivo



Ref.EIQ.TG.005.2018

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación de la estudiante, **DANIEL FERNANDO ARDÓN PÉREZ** titulado: **“ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE FUSIÓN DE LA GRASA INCORPORADA EN LA EMULSIÓN FLOTANTE DE LAS TRAMPAS DE GRASA DE LOS RASTROS DE AVÍCOLA VILLALOBOS, PARA SU POSTERIOR USO COMO FUENTE DE ENERGÍA AL QUEMARLA EN CALDERAS PIROTUBULARES”**. Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

“Id y Enseñad a Todos”

Ing. Carlos Salvador Wong Davi
Director
Escuela de Ingeniería Química

Guatemala, febrero 2018

FACULTAD DE INGENIERIA USAC
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
DIRECTOR

Cc: Archivo
CSWD/kdlq



DTG. 052.2018

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE FUSIÓN DE LA GRASA INCORPORADA EN LA EMULSIÓN FLOTANTE DE LAS TRAMPAS DE GRASA DE LOS RASTROS DE AVÍCOLA VILLALOBOS, PARA SU POSTERIOR USO COMO FUENTE DE ENERGÍA AL QUEMARLA EN CALDERAS PIROTUBULARES**, presentado el estudiante universitario: **Daniel Fernando Ardón Pérez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, febrero de 2018

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por darme la vida y guiarme por el camino que entre muchas cosas buenas, hoy me lleva a alcanzar esta meta.
- Mi madre** María Irene Pérez Alonzo, por apoyarme y por luchar incansablemente para que hoy alcance esta meta.
- Mi esposa** Aymé Carolina Castillo, por ser mi apoyo incondicional desde que la conocí al ingresar a esta Universidad.
- Mis hijos** María Andrea y José Daniel por ser mi motivación constante para alcanzar esta meta.
- Familiares y amigos** Sin excepción alguna ya que todos, de una u otra manera, me apoyaron para llegar a este momento.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por abrirme sus puertas para formarme como profesional.
Facultad de Ingeniería	Por darme las herramientas necesarias para enfrentar las exigencias de la vida laboral actual.
Avícola Villalobos S.A.	Por permitir la ejecución de este proyecto dentro de sus instalaciones y por apoyarme en el crecimiento profesional que al día de hoy he alcanzado.
Mis asesores	Inga. Química Telma Maricela Cano e Ing. Químico Mario Mérida, por compartir sus conocimientos y motivarme a seguir adelante en todo momento, tanto a lo largo de la carrera como durante la ejecución de este proyecto.
Ingeniero	Víctor Monzón, por el apoyo brindado durante el transcurso de la carrera.
Ingeniera	Lorena Pineda por el apoyo incondicional brindado durante la ejecución de este proyecto.

Ingenieros

David Aldana y Miguel Ochoa por su apoyo incondicional, tanto en conocimiento como en tiempo, para que este proyecto se llevara a cabo dentro de las instalaciones de Avícola Villalobos S.A.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	III
LISTA DE SÍMBOLOS	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN.....	IX
OBJETIVOS.....	XI
HIPÓTESIS.....	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. ANTECEDENTES	1
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Beneficiado de aves	3
2.2. Aceites y grasas de origen animal.....	4
2.3. Densidad de ácidos grasos	5
2.4. Punto de fusión de los ácidos grasos	6
2.5. Solubilidad de grasas y aceites	8
2.6. Combustible.....	8
2.7. Biocombustibles	9
2.8. Calor de combustión.....	9
3. DISEÑO METODOLÓGICO	11
3.1. Variables.....	11
3.2. Delimitación de campo de estudio.....	12
3.3. Recursos humanos disponibles.....	13
3.4. Recursos materiales disponibles	14

3.5.	Técnica cuantitativa o cualitativa.....	15
3.5.1.	Técnica cualitativa.....	15
3.5.2.	Técnica cuantitativa.....	15
3.6.	Recolección y ordenamiento de la información.....	16
3.6.1.	Procedimiento de operación para la obtención de la grasa fundida.....	16
3.6.2.	Determinación del número de corridas.....	17
3.6.3.	Orden de procesamiento de las corridas.....	18
3.6.4.	Recolección de datos para el análisis de decantación de agua, a temperatura ambiente, en la emulsión utilizada como materia prima.....	19
3.6.5.	Recolección de datos para el análisis de rendimiento de recuperación de grasa fundida y su densidad.....	20
3.7.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información.....	21
3.8.	Análisis estadístico.....	24
4.	RESULTADOS.....	27
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	33
6.	LOGROS OBTENIDOS.....	37
	CONCLUSIONES.....	39
	RECOMENDACIONES.....	41
	BIBLIOGRAFÍA.....	43
	APÉNDICES.....	47
	ANEXOS.....	71

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Procesamiento de aves.....	3
2.	Densidades de ácidos grasos	6
3.	Puntos de fusión en base a longitud de cadena.....	7
4.	Procedimiento de operación para la obtención de grasa fundida.....	16
5.	Caracterización de la emulsión utilizada como materia prima.....	27
6.	Comportamiento de la decantación de agua contra el tiempo a temperatura ambiente	28
7.	Rendimiento de grasa fundida recuperada en función de la temperatura de operación	29
8.	Densidad de grasa fundida recuperada en función de la temperatura de operación	30

TABLAS

I.	Recursos durante la etapa experimental.....	14
II.	Orden de procesamiento de las corridas.....	18
III.	Recolección de datos para análisis de decantación de agua, a temperatura ambiente, en la emulsión utilizada como materia prima ..	19
IV.	Recolección de datos para el análisis de rendimiento de recuperación de grasa fundida y su densidad.....	20
V.	Caracterización de la emulsión utilizada como materia prima.....	21
VI.	Análisis de agua decantada, a temperatura ambiente, de la emulsión utilizada como materia prima,	22

VII.	Rendimiento de grasa fundida recuperada	23
VIII.	Densidad de grasa fundida recuperada	23
IX.	Análisis de varianza ANOVA en un experimento de un factor	24
X.	Análisis de varianza para determinar la significancia del tiempo de decantado de la emulsión utilizada como materia prima	25
XI.	Análisis de varianza para determinar la significancia de la temperatura de proceso sobre el rendimiento de grasa fundida recuperada.....	25
XII.	Análisis de varianza para determinar la significancia de la temperatura de proceso sobre la densidad de la grasa fundida recuperada.....	25
XIII.	Análisis de agua decantada de la emulsión que se utiliza como materia prima.....	28
XIV.	Rendimiento de grasa fundida recuperada en función de la temperatura de operación.....	29
XV.	Densidad de grasa fundida recuperada en función de la temperatura de operación.....	30
XVI.	Análisis fisicoquímicos del búnker y de la grasa fundida obtenida	31

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
gal	Galón
°API	Grados API (Gravedad API)
°C / °F	Grados centígrados / grados Fahrenheit
g/mL	Gramo por mililitro
MJ/Kg	Megajulio por kilogramo
msnm	Metros sobre el nivel del mar
%	Porcentaje
VIP meq O₂/Kg	Valor interno de peróxidos en miliequivalentes de oxígeno por kilogramo

GLOSARIO

ANOVA	Análisis de varianza (siglas del inglés).
AVSA	Avícola Villalobos, Sociedad Anónima.
Concentración	Cantidad de soluto por unidad de volumen o masa de disolvente o de solución.
Empírico	Consiste en todo lo que se sabe y que es repetido continuamente teniendo o sin tener un conocimiento científico.
Emulsión	Es una dispersión de un líquido en una segunda fase continua líquida, donde los dos líquidos involucrados son esencialmente inmiscibles.
EPS	Ejercicio Profesional Supervisado.
FFA	Ácidos grasos libres (siglas del inglés).
Planta de rendimiento	Lugar en el que los desechos orgánicos de los rastros avícolas, se convierten en harinas con alto contenido proteico o en el que se reciclan aceites para su posterior uso como agregado en alimentos para animales.

Poder calorífico Es la cantidad de energía que la unidad de masa de materia puede desprender al producirse una reacción química de oxidación.

Procedimiento de operación estándar Un procedimiento estándar de operaciones (PEO) es un documento que consiste en la información paso a paso sobre cómo ejecutar una tarea.

RESUMEN

El presente estudio es un proyecto de EPS a través del cual se estandarizó el proceso de fusión de la grasa que está incorporada en la emulsión flotante de las trampas de grasa de los rastros de Avícola Villalobos S.A. Esa grasa resultante se usa posteriormente como fuente de energía al quemarla en calderas pirotubulares de la planta de rendimiento de dicha industria.

Para llevar a cabo este proyecto, se inició instalando instrumentos de medición y de control tales como flotes para medir nivel, termómetros, reguladoras de presión de vapor y manómetros, los cuales permitieron obtener información confiable para tomar decisiones, en referencia al proceso.

Hasta antes de llevar a cabo este proyecto, la recuperación de esta grasa dependía de los criterios del operador, se obtenían resultados de producción que se calculaban entre 0 % y 25 % en su relación de materia prima contra grasa recuperada. Posterior a la ejecución de este proyecto se estandarizó la producción, obteniendo resultados constantes entre 15,17 % y 18,67 %. También se estableció como temperatura ideal de proceso 95 °C y 6 horas como el tiempo ideal de decantado de la materia prima, obteniendo a esta temperatura y tiempo de decantado los mejores rendimientos.

El presente estudio se realizó en las instalaciones de la planta de rendimiento de la Industria Avícola Villalobos S.A., ubicada en el km 34,5 de la carretera CA-9 Sur, jurisdicción de Palín Escuintla.

OBJETIVOS

General

Evaluar un procedimiento estandarizado mediante el estudio de los controles de tiempo de decantación, volumen de carga y temperatura de operación y analizar mejoras en la recuperación de grasa de pollo presente en la emulsión flotante, en las trampas de grasa de los rastros de Avícola Villalobos, S.A.

Específicos

1. Determinar el rendimiento volumétrico porcentual de grasa recuperada fundida procedente de la emulsión flotante y correlacionarla en función de cuatro temperaturas de operación seleccionadas.
2. Determinar la densidad de la grasa recuperada fundida procedente de la emulsión flotante y correlacionarla en función de cuatro temperaturas de operación seleccionadas.
3. Determinar el rendimiento volumétrico porcentual de agua decantada procedente de la emulsión flotante y correlacionarla en función de ocho tiempos de decantación propuestos.
4. Realizar un análisis de significancia estadístico simple (ANOVA) entre los resultados porcentuales de grasa recuperada y sus densidades

respectivas en base al efecto de variación seleccionado de las cuatro temperaturas propuestas.

5. Realizar un análisis de significancia estadístico simple (ANOVA) entre los resultados porcentuales de agua decantada, en base al efecto de variación seleccionado de los ocho tiempos de decantación propuestos.
6. Realizar una comparación entre las propiedades de la grasa recuperada de la emulsión flotante respecto de las propiedades del búnker C.

HIPÓTESIS

Es factible mejorar el rendimiento de la fusión de la grasa proveniente de las trampas de grasa de los rastros avícolas de la empresa Avícola Villalobos S.A. estableciendo la temperatura a la que se debe llevar a cabo el proceso y el tiempo de decantación para la emulsión flotante que se utiliza como materia prima.

Hipótesis nula:

H₀₁: no existen diferencias significativas en el rendimiento de la fusión de la grasa proveniente de las trampas de grasa de los rastros avícolas llevando a cabo el proceso a diferentes temperaturas

H₀₂: no existen diferencias significativas en la densidad de la grasa recuperada a partir de la fusión de la grasa proveniente de las trampas de grasa de los rastros avícolas llevando a cabo el proceso a diferentes temperaturas.

H₀₃: no existen diferencias significativas en el rendimiento volumétrico porcentual de agua decantada procedente de la emulsión proveniente de las trampas de grasa de los rastros avícolas de la empresa Avícola Villalobos S.A. decantando la emulsión utilizada como materia prima diferentes tiempos.

Hipótesis alternativa:

Ha1: existen diferencias significativas en el rendimiento de la fusión de la grasa proveniente de las trampas de grasa de los rastros avícolas llevando a cabo el proceso a diferentes temperaturas.

Ha2: existen diferencias significativas en la densidad de la grasa recuperada a partir de la fusión de la grasa proveniente de las trampas de grasa de los rastros avícolas llevando a cabo el proceso a diferentes temperaturas.

Ha3: existen diferencias significativas en el rendimiento volumétrico porcentual de agua decantada procedente de la emulsión proveniente de las trampas de grasa de los rastros avícolas de la empresa Avícola Villalobos S.A. decantando la emulsión utilizada como materia prima diferentes tiempos.

INTRODUCCIÓN

Una de las mayores fuentes de contaminación para el ambiente en los rastros avícolas, es el agua residual que estos producen. Emulsionada con esas aguas se encuentra una gran cantidad de grasa, la cual por su proceso previo ya se encuentra contaminada y no es útil para incorporarla en la fabricación de productos de consumo humano, pero aun así guarda su poder calorífico. El poder calorífico que posee dicha grasa puede ser utilizado en un proceso de combustión que sustituya parte de los combustibles fósiles que se utilizan actualmente en esta industria.

En la industria Avícola Villalobos S.A. ya se cuenta con una serie de procedimientos que le permiten reducir al mínimo los efectos negativos de su acción sobre el ambiente. Parte de estos procedimientos son el proceso de recolección de grasa para su posterior fusión y quemado en un par de calderas pirotubulares de la compañía, minimizando así la contaminación al ambiente. Hasta antes de este estudio los resultados eran variables debido a la falta de controles de proceso que lo hicieran eficiente.

El planteamiento de las hipótesis fue el punto de partida para este proyecto, ya que a lo largo del mismo, previo a determinar si las hipótesis eran nulas o no, se estandarizaron todas las variables involucradas en el proceso para producir eficientemente la grasa fundida. Se inició calculando el tiempo ideal de decantado de la materia prima. Luego se llevó a cabo el proceso de fusión de la materia prima manteniendo controlados los volúmenes de carga y los de los subproductos que se descargan al finalizar el proceso. Como parte importante de este proyecto se controló la temperatura de proceso, haciendo

pruebas con cuatro diferentes temperaturas para determinar si esto influye en el rendimiento final.

Parte importante también de este estudio es comparar los poderes caloríficos del aceite producido contra el del búnker, para ver si es un sustituto eficaz.

1. ANTECEDENTES

Tomando en cuenta que el petróleo no es un recurso renovable, la búsqueda de combustibles o fuentes de energía alternas se ha convertido en una fuente inagotable de estudios.

En la búsqueda de procesos que contribuyan a una “producción más limpia”, y también a los que contribuyan a obtener un mejor índice de ganancias, desde hace un par de años, Avícola Villalobos ha optado por tomar parte de la emulsión que flota en las trampas de grasa de sus rastros y mediante un proceso de decantación ha concentrado la parte grasosa de dicha emulsión para luego, por un proceso de transferencia de calor, fundir esa grasa la cual es reutilizada en sus procesos de combustión para la generación de vapor.

Este proceso se lleva a cabo en la planta de rendimiento de dicha industria ya que el objetivo principal de esta planta es transformar todos aquellos subproductos o desechos orgánicos, que no son aptos para el consumo humano, en harinas o en productos que pueden ser reutilizados.

Previo a la ejecución de este proyecto el proceso de recuperación de grasa fundida era empírico. No existía un procedimiento de operación estándar que permitiera llevar controles de calidad y producción, los cuales facilitarían controlar de mejor manera dicho proceso, además de contribuir a la búsqueda de procesos más eficientes.

A la fecha, no se ha publicado en Guatemala un estudio sobre la recuperación de esta grasa y aceites. A nivel de industria, no se ha realizado un estudio mediante el cual se pueda determinar la manera más eficiente de llevar a cabo dicho proceso.

Debido a la naturaleza experimental de este estudio, la bibliografía disponible se refiere específicamente a las cualidades o características propias de la grasa que se utiliza como materia prima y no a las características propias que la grasa fundida obtenida tiene como fuente de energía al ser quemada. Como referencia, Mittelbach (1996) indica que el poder calórico depende de la grasa utilizada mas no del proceso de producción y reporta que la grasa fundida de pollo tiene un poder calórico de 39,8 MJ/kg. ⁽¹⁾

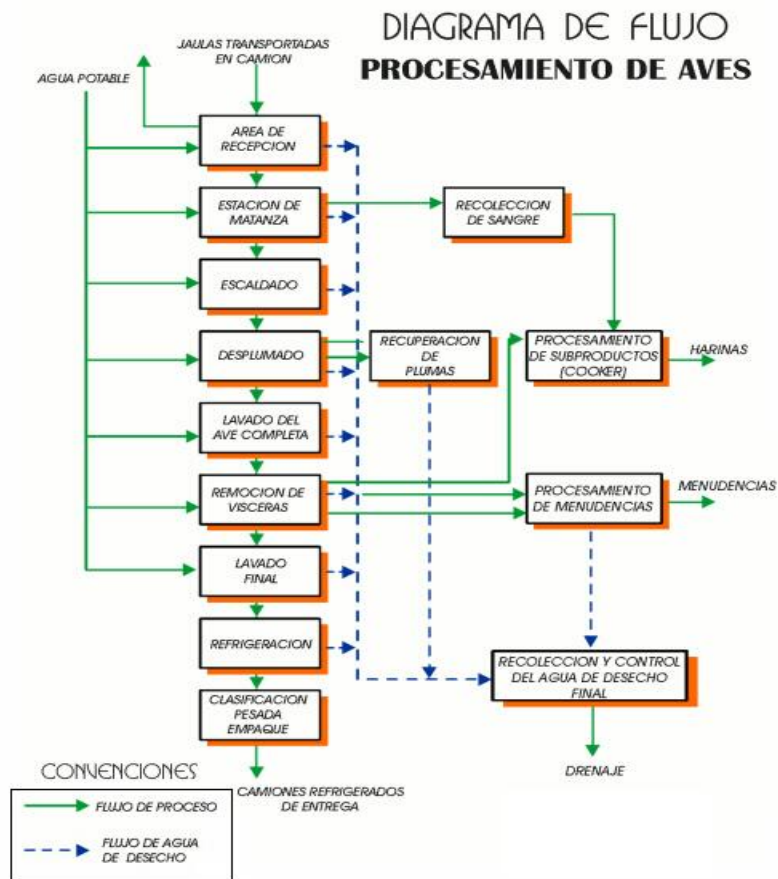
¹ ARTEAGA, Hubert. *Efecto de la temperatura y tiempo de transesterificación en el rendimiento y poder calórico de biodiesel a partir de grasa refinada de pollo.*

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Beneficiado de aves

En los rastros de beneficio de aves, el proceso se lleva a cabo de la siguiente manera:

Figura 1. Procesamiento de aves



Fuente: http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/311107/311107_ee.htm#LAVADO DEL AVE COMPLETA. Consulta: 22 de enero de 2014.

En Industria Avícola Villalobos S.A. las primeras dos etapas que incluyen la recepción del ave y las estaciones de matanza, se utiliza agua a temperatura ambiente y la misma es tratada por separado antes de ser mezclada con el agua que va hacia el drenaje, ya que contiene los residuos de gallinaza que el ave puede expulsar. En las dos etapas subsiguientes que incluyen el escaldado y desplumado del ave, se utiliza agua cuya temperatura puede variar entre los 50°C y los 80°C, dependiendo del tipo de producto final que se quiere obtener o del tipo de ave por beneficiar (hembra, macho, con determinado peso etcétera). Es en estas dos etapas en donde se da el mayor desprendimiento de la grasa que es objeto de estudio.

En las siguientes tres etapas que incluyen el lavado del ave completa, la remoción de vísceras y el lavado final, el agua que se utiliza se encuentra a temperatura ambiente. Por último, en la etapa de refrigeración se desecha el agua cuyo rango de temperatura varía entre los 5°C y los 10°C, ya que en estas etapas se utiliza hielo y la temperatura del ave beneficiada no va más allá de los 5°C. Dadas las proporciones de descarga de agua residual en cada etapa, o en la etapa final en la que el agua es descargada al drenaje, o en trampas de grasa, el agua tiene un rango de temperatura entre los 25°C y los 30°C.

2.2. Aceites y grasas de origen animal

En comparación con los aceites vegetales, los aceites y las grasas animales tienen costos más bajos, pero su disponibilidad en el mercado es más limitada, pues son subproductos de la industria cárnica. Los mayores depósitos de grasas en animales se encuentran bajo la piel, ocupando espacios entre los muslos y en la cavidad abdominal. La composición química de dichas grasas, aun para la misma clase de animal, puede variar, ya que depende de diversos

factores como el sexo, el tipo de alimentación y las condiciones ambientales del medio en que viven.

2.3. Densidad de ácidos grasos

Debido a que a temperatura ambiente la mayor parte de la grasa proveniente del ave se mantiene en estado sólido, el rango de temperatura al que se descargan las aguas residuales al drenaje o cuerpo receptor es el ideal para separar la grasa solidificada y así obtener la materia prima para este estudio. Lo anterior obedece a que la grasa de ave, por poseer una densidad menor que la del agua, flota en la superficie de las trampas de grasa.

Los ácidos grasos encontrados en mayor cantidad en la grasa de pollo son el palmítico (C16:0) que es un ácido graso saturado y el oleico (C18:1) que es un ácido graso mono insaturado.⁽²⁾ Los mismos poseen densidades entre 0,8392 y 0,8939 gr/ml.⁽³⁾

² CEDEÑO, Fidel. *Estudio de la densidad y de la viscosidad de algunos ácidos grasos puros.* Departamento de Explotación Industrial.

³ GIOIELLI, Luis. *Fraccionamiento de la grasa abdominal de pollo.*

Figura 2. Densidades de ácidos grasos

Medidas de densidad (g/cm³), para los ácidos grasos

Temp. (°C)	Palmitico	Esteárico	Oleico
20			0,8939
25			0,8904
30			0,8854
35			0,8835
40			0,8801
45			0,8766
50			0,8733
55			0,8698
60			0,8667
65	0,8577		0,8628
70	0,8538		0,8594
75	0,8506	0,8490	0,8560
80	0,8470	0,8457	0,8526
85	0,8437	0,8418	0,8495
90	0,8392	0,8381	0,8458

Fuente: <<http://digital.csic.es/bitstream/10261/22004/1/691.pdf>>. Consulta: 2 de febrero de 2014.

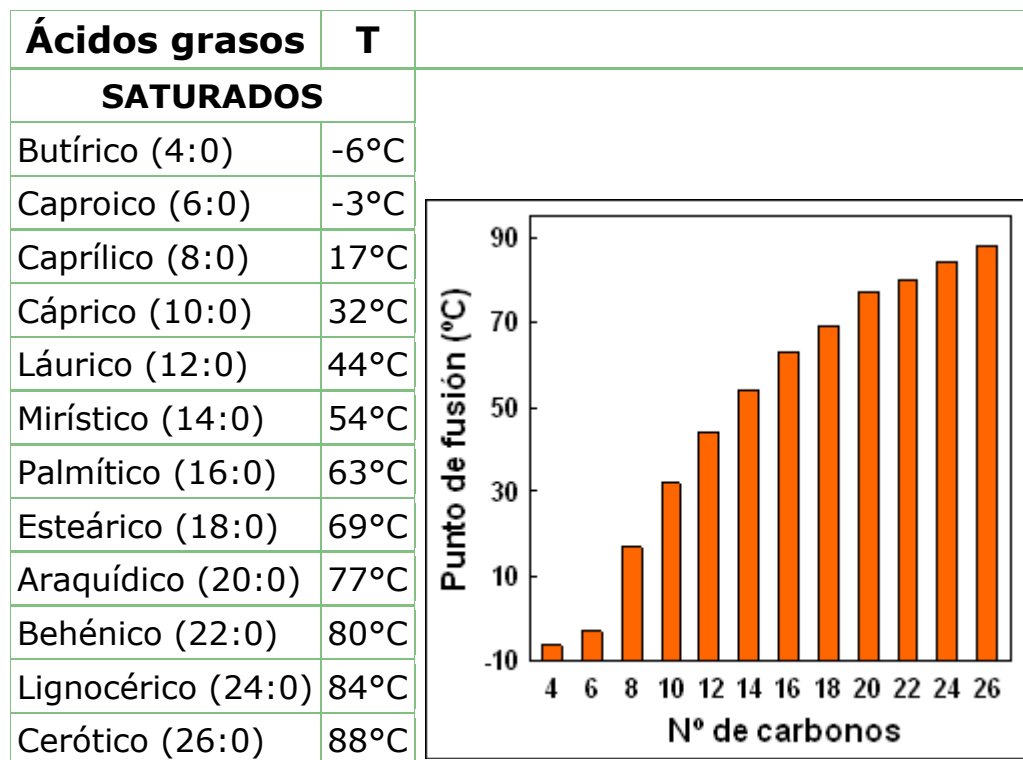
2.4. Punto de fusión de los ácidos grasos

Habitualmente se hace referencia con el término de grasa, a los aceites que son sólidos a temperatura ambiente, mientras que los aceites hacen referencia a aquellas grasas que son líquidos a temperatura ambiente, aunque en realidad se estaría haciendo referencia con los dos términos, a los mismos compuestos. La diferencia básica que determina que un aceite sea sólido o líquido a temperatura ambiente, radica en la

proporción de ácidos grasos y en el grado de insaturación o saturación de los mismos.

Un ácido graso tiene un punto de fusión tanto más bajo, cuanto menor es su longitud de cadena. ⁽⁴⁾

Figura 3. **Puntos de fusión en base a longitud de cadena**



Fuente: <http://biomodel.uah.es/model2/lip/acgr-ptofusion.htm> Consulta:12 de febrero de 2014.

La temperatura de fusión de las grasas de ave varía en un rango amplio, pero se tiene como referencia que el ácido graso palmítico funde a 63°C; el ácido graso oleico lo hace a 13°C y el ácido graso linoleico a -5 °⁴. Se hace

⁴ CARRERO, Isabel. *Punto de fusión de los ácidos grasos*

referencia a estos ácidos grasos ya que son los que están presentes en mayor grado en la grasa subcutánea de las aves.

Con esta referencia, la temperatura a la que se propondrá iniciar el estudio del proceso, según el primer objetivo específico, es a 65 grados centígrados y a partir de este dato se elaborara la curva de calentamiento de la materia prima, evaluando el rendimiento respectivo para cada temperatura estudiada.

2.5. Solubilidad de grasas y aceites

Las grasas y aceites se caracterizan principalmente por su virtual inmiscibilidad en agua, sin embargo, son miscibles en muchos solventes orgánicos no polares. La solubilidad depende de las propiedades termodinámicas del soluto y disolvente, y las fuerzas relativas de atracción entre las moléculas.⁵

2.6. Combustible

Un combustible es cualquier cantidad de materia prima capaz de liberar energía química por medio de una reacción de combustión al oxidarse de forma violenta, la cual busca ser aprovechada. La principal característica de un combustible es su capacidad para desprender calor por la combustión completa de una unidad de masa del combustible. Esta capacidad es conocida como poder calorífico.

⁵ CISTERNA, Pedro. *Eliminación de grasas y aceites por tratamiento biológico de fangos activos*.

La importancia de los combustibles es que su energía química se puede convertir en energía calorífica, eléctrica o mecánica con el equipo adecuado.⁶

2.7. Biocombustibles

Los biocombustibles provienen de la biomasa, obtenidos del procesamiento de materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, son utilizados como fuente de energía y, a diferencia de los combustibles fósiles, son una fuente de energía renovable.

Los biocombustibles fueron la primera fuente de energía que conoció la humanidad, al utilizar la madera para producir energía mediante la quema de esta. Las fuentes de biocombustibles pueden ser biomasa tradicional quemada directamente, tecnología a base de biomasa para generar electricidad, y biocombustibles líquidos para el sector de motores a combustión interna o calderas y equipos industriales.⁷

2.8. Calor de combustión

El calor de combustión o poder calorífico es la cantidad de calor que se libera cuando se quema cierta cantidad de masa de un combustible. Las unidades están dadas en energía por unidades de masa, es decir, KJ/Kg o Kcal/Kg o BTU/lb.⁸

⁶ ORELLANA, Erick. *Producción de biodiesel a escala planta piloto a partir del aceite obtenido como subproducto en el proceso de producción de harinas provenientes del aprovechamiento de los desechos del beneficiado del pollo*. 114 p.

⁷ *Ibíd.*

⁸ *Ibíd.*

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Variables

Durante el proceso de fusión de la grasa que está presente en la emulsión flotante de las trampas de grasa de los rastros de Avícola Villalobos, se involucran las siguientes variables dependientes e independientes las cuales fueron de relevancia para la realización de la parte experimental:

- Variables independientes
 - Tiempo de decantación para la emulsión flotante de las trampas de grasa de los rastros de Avícola Villalobos. (cada hora de una a ocho horas)
 - Temperatura de operación para el proceso de fusión de la grasa presente en la emulsión flotante de las trampas de grasa de los rastros de Avícola Villalobos. (cada diez grados centígrados de sesenta y cinco a noventa y cinco grados centígrados)
- Variables dependientes
 - Volumen de agua decantada a la emulsión flotante de las trampas de grasa de los rastros de Avícola Villalobos, dependiente del tiempo de decantación.

- Volumen de grasa fundida recuperada, dependiente de la temperatura de operación para el proceso de fusión de la grasa presente en la emulsión flotante de las trampas de grasa de los rastros de Avícola Villalobos.
- Densidad de la grasa fundida recuperada, dependiente de la temperatura de operación para el proceso de fusión de la grasa presente en la emulsión flotante de las trampas de grasa de los rastros de Avícola Villalobos.

3.2. Delimitación de campo de estudio

- **Industria**

El campo de estudio de esta investigación está delimitado a la planta de rendimiento, denominada Fábrica de Harinas, que pertenece a la Industria Avícola Villalobos S.A. y la cual está dedicada al reciclado de los desechos no aptos para consumo humano que producen los rastros de aves de dicha empresa. Está ubicada en el Km 34,5 carretera al Pacífico, finca la Compañía, colonia los Sauces, Palín, Escuintla, Guatemala.

- **Proceso**

Obtención de grasa fundida, a partir de la fusión de la grasa presente en la emulsión flotante que se extrae de las trampas de grasa de los rastros de Avícola Villalobos.

- Grasa obtenida

Las pruebas para la caracterización fisicoquímica de la grasa obtenida y del búnker C, con las que se compararán las propiedades de dichos combustibles, dando especial importancia a la capacidad calorífica, se realizaron en los laboratorios técnicos en la sección de hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas de Guatemala.

3.3. Recursos humanos disponibles

- Investigador: Br. Daniel Fernando Ardón Pérez
- Asesor a nivel Industria: Ing. David Enrique Aldana Fernández
Colegiado No. 1666
- Asesora-supervisora de EPS: Inga. Lorena Victoria Pineda Cabrera
Colegiada No. 1137
- Asesora: Inga. Telma Maricela Cano Morales
Colegiada No. 433
- Asesor: Ing. Mario José Mérida Meré
Colegiado No. 1411

3.4. Recursos materiales disponibles

A continuación se presenta un cuadro con los recursos disponibles.

Tabla I. Recursos durante la etapa experimental

Descripción	Especificaciones
Camión cisterna	Marca Internacional con cisterna para 2 800 galones
Bomba neumática	Marca Wilden para trasiego de la grasa desde el camión cisterna hacia la cisterna de almacenamiento y luego para el trasiego de esa cisterna hacia el tanque intercambiador de calor.
Cisterna para almacenamiento y decantación	Con capacidad para 3 200 galones
Tanque intercambiador de calor	De hierro negro, fabricación local, con capacidad de 1 600 galones
Caldera Gordon Piatt	Caldera pirotubular de 500 BHP
Tanque medidor de aceite	De hierro negro con capacidad para 250 galones
Balanza de humedad	Marca Sartorius, con capacidad de 41 gramos, tiempo manual y automático.
Balanza	Marca CAS con capacidad para dos kilogramos y precisión de 1 decimal

Fuente: elaboración propia.

3.5. Técnica cuantitativa o cualitativa

En la interpretación de los resultados, se hace uso de la técnica cualitativa por medio de las variables preestablecidas anteriormente y de la técnica cuantitativa por medio de los métodos estadísticos.

3.5.1. Técnica cualitativa

Desde el punto de vista cualitativo se eligieron los lotes de emulsión procedentes de las trampas de grasa de los rastros de Avícola Villalobos con los que se llevaría a cabo el estudio, ya que el exceso de contaminantes presentes en la materia prima podía generar desviaciones significativas.

3.5.2. Técnica cuantitativa

Primero se evaluaron los tiempos de decantación a los que debe ser sometida la emulsión flotante proveniente de las trampas de grasa de los rastros de Avícola Villalobos estableciendo, mediante el método de análisis de la varianza ANOVA, la significancia de dichos tiempos para luego determinar cuál era el tiempo ideal de decantación tomando en cuenta las características propias del proceso en dicha empresa. Luego se determinó cuantitativamente el rendimiento o porcentaje de conversión al fundir la grasa que está presente en la emulsión.

Luego de la cuantificación del porcentaje de grasa fundida obtenida, se procedió a analizar dichos resultados mediante el método de análisis de la varianza ANOVA para determinar si era significativo el cambio en las temperaturas de proceso sobre el rendimiento y sobre la densidad de la grasa resultante.

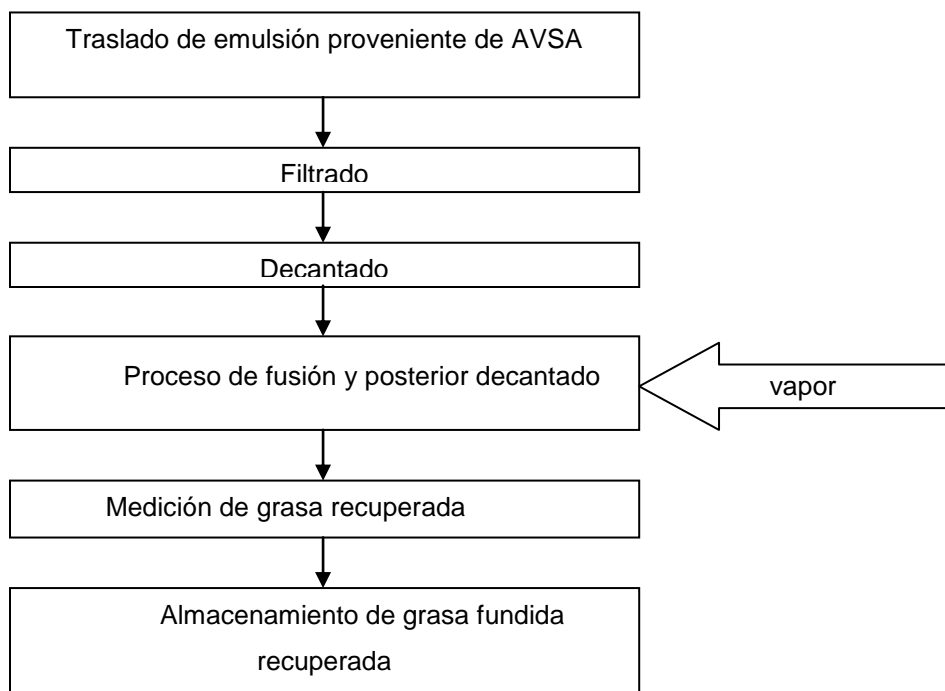
3.6. Recolección y ordenamiento de la información

Descripción de técnicas y herramientas, que se utilizaron con la finalidad de obtener información útil para la implementación de este proyecto de EPS.

3.6.1. Procedimiento de operación para la obtención de la grasa fundida

Para dar inicio a este proyecto se establecieron las etapas del proceso, tomando en consideración las características propias de operación de toda la planta de rendimiento. Dichas etapas se describen gráficamente de la siguiente manera:

Figura 4. **Procedimiento de operación para la obtención de grasa fundida**



Fuente: elaboración propia.

3.6.2. Determinación del número de corridas

Para determinar el número de corridas o réplicas por utilizar para cada una de las temperaturas a las que se evaluó el rendimiento de fusión de la grasa, se utilizó el siguiente modelo matemático, cuyo fundamento son los niveles de confianza:

$$n = \frac{Z^2 \times p \times q}{e^2} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

n = número de corridas

z = para un 90 % de confianza de tablas se obtiene 1,65

p = probabilidad de que ocurra el evento

q = probabilidad de que no ocurra el evento

e = error por utilizar (25 %)

Sustituyendo datos se obtiene:

$$n = \frac{(1,65)^2(90)(10)}{(25)^2} = 3,92 \cong 4$$

Por lo tanto, se utilizarán 4 corridas o réplicas para cada temperatura a la que se evaluó el rendimiento. Los resultados obtenidos poseen un rango de error del 25 % debido a las múltiples variables que afectan el proceso, ya que no se ha estandarizado aun y se espera una confiabilidad del 90 % en los datos recolectados.

3.6.3. Orden de procesamiento de las corridas

Por medio de dieciséis corridas a cuatro diferentes temperaturas se determinó cuáles son los porcentajes de conversión más eficientes y la temperatura a la que se dieron los mismos. Las dieciséis réplicas o corridas que formaron parte del análisis estadístico se ordenaron en forma aleatoria, para evitar el sesgo de información, de acuerdo con la tabla II.

Tabla II. Orden de procesamiento de las corridas

Temperatura de proceso °C	Réplica	Correlativo	Orden de procesamiento del correlativo
65	1	1	3
	2	2	16
	3	3	6
	4	4	12
75	1	5	10
	2	6	2
	3	7	15
	4	8	5
85	1	9	14
	2	10	8
	3	11	1
	4	12	11
95	1	13	7
	2	14	13
	3	15	9
	4	16	4

Fuente: elaboración propia.

3.6.4. Recolección de datos para el análisis de decantación de agua, a temperatura ambiente, en la emulsión utilizada como materia prima

Para determinar la significancia de los tiempos de decantación sobre la cantidad de agua que se le extrae a la emulsión flotante y para determinar el tiempo mediante el cual se optimizan los procesos propios de la planta de rendimiento en donde se llevó a cabo el estudio, se tabularon las cantidades de agua extraída, cada hora, para las dieciséis corridas que formaron parte del análisis, de acuerdo con la tabla III.

Tabla III. Recolección de datos para análisis de decantación de agua, a temperatura ambiente, en la emulsión utilizada como materia prima

Tiempo (horas)	Corridas															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	75	78	72	72	83	90	75	84	75	82	79	71	74	75	89	93
2	123	145	139	125	150	167	160	152	138	174	185	124	133	190	174	163
3	280	245	239	248	254	272	290	230	247	286	215	226	265	259	234	256
4	345	360	309	342	371	315	386	311	350	361	323	333	381	323	289	305
5	400	405	370	390	409	367	440	350	385	396	345	380	405	362	320	345
6	415	408	399	410	420	400	440	390	397	413	395	412	405	390	360	385
7	420	415	405	415	420	410	440	402	405	420	407	415	405	402	380	393
8	422	420	405	420	420	415	440	405	410	425	410	415	405	410	399	405
Volumen inicial de emulsión (gal)	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700
Volumen final de emulsión (gal)	1278	1280	1295	1280	1280	1285	1260	1295	1290	1275	1290	1285	1295	1290	1301	1295

Fuente: elaboración propia.

3.6.5. Recolección de datos para el análisis de rendimiento de recuperación de grasa fundida y su densidad

Para determinar la significancia de la temperatura de proceso sobre los rendimientos de grasa fundida recuperada y sobre la densidad de la misma se recolectaron los datos experimentales, de acuerdo con la tabla IV.

Tabla IV. Recolección de datos para el análisis de rendimiento de recuperación de grasa fundida y su densidad

Correlativo de la corrida o réplica	PROCESO DE FUSIÓN DE GRASA					
	Volumen inicial de emulsión (gal)	Volumen de agua desechada (gal)	Volumen de sólidos desechados (gal)	Volumen de grasa recuperada (gal)	Volumen de agua evaporada (gal)	Densidad de la grasa recuperada (gr/ml)
1	1 200	590	310	205	95	0,89
2	1 200	570	341	182	107	0,88
3	1 200	585	343	182	90	0,90
4	1 200	563	332	192	113	0,88
5	1 200	590	296	222	92	0,88
6	1 200	550	341	195	114	0,89
7	1 200	550	339	188	123	0,89
8	1 200	549	325	220	106	0,88
9	1 200	540	321	209	130	0,88
10	1 200	579	296	221	104	0,89
11	1 200	560	337	191	112	0,89
12	1 200	553	315	209	123	0,89
13	1 200	340	325	210	325	0,89
14	1 200	344	290	221	345	0,88
15	1 200	330	351	214	305	0,88
16	1 200	343	300	224	333	0,88

Fuente: elaboración propia.

3.7. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

Los datos recolectados durante y al finalizar el proceso de recuperación de grasa fundida a partir de la grasa incorporada en la emulsión flotante de las trampas de grasa de los rastros de Avícola Villalobos, se procesaron y se ordenaron, obteniendo con ello las siguientes tablas y gráficas.

Tabla V. **Caracterización de la emulsión utilizada como materia prima**

		Contaminantes				
		Pluma	Sangre	Plástico	Cárnicos	Agua en exceso
Corrida	1	si	no	si	no	si
	2	si	no	no	no	no
	3	si	no	no	no	si
	4	no	si	no	no	si
	5	no	no	si	no	no
	6	si	si	si	si	no
	7	no	no	si	no	no
	8	si	no	no	no	no
	9	no	no	no	no	si
	10	si	si	no	no	si
	11	no	si	no	no	si
	12	si	no	si	no	no
	13	si	si	no	si	no
	14	si	no	no	si	si
	15	si	no	no	no	no
	16	no	no	si	no	si
Conteo afirmaciones		10,00	5,00	6,00	3,00	8,00
Porcentaje de afirmaciones		62,50 %	31,25 %	37,50 %	18,75 %	50,00 %

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos.

Tabla VI. **Análisis de agua decantada a temperatura ambiente, de la emulsión utilizada como materia prima**

Tiempo de decantación (horas)	Corridos																Promedio de agua decantada (gal)	±σ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
1	75	78	72	72	83	90	75	84	75	82	79	71	74	75	89	93	79,19	6,920682
2	123	145	139	125	150	167	160	152	138	174	185	124	133	190	174	163	152,63	21,660640
3	280	245	239	248	254	272	290	230	247	286	215	226	265	259	234	256	252,88	21,789523
4	345	360	309	342	371	315	386	311	350	361	323	333	381	323	289	305	337,75	28,898674
5	400	405	370	390	409	367	440	350	385	396	345	380	405	362	320	345	379,31	30,558619
6	415	408	399	410	420	400	440	390	397	413	395	412	405	390	360	385	402,44	17,686035
7	420	415	405	415	420	410	440	402	405	420	407	415	405	402	380	393	409,63	13,351030
8	422	420	405	420	420	415	440	405	410	425	410	415	405	410	399	405	414,13	10,223339

Fuente: elaboración propia con base en la recolección y ordenamiento de la información de la tabla III.

Tabla VII. Rendimiento de grasa fundida recuperada

Correlativo de la corrida o réplica	Temperatura de operación (°C)	Volumen inicial de emulsión (gal)	Volumen de grasa fundida recuperada (gal)	Porcentaje de rendimiento (%)	\bar{X}	$\pm\sigma$
1	65	1200	205	17,08	15,85	0,91
2		1200	182	15,17		
3		1200	182	15,17		
4		1200	192	16,00		
5	75	1200	222	18,50	17,19	1,44
6		1200	195	16,25		
7		1200	188	15,67		
8	85	1200	220	18,33	17,29	1,03
9		1200	209	17,42		
10		1200	221	18,42		
11		1200	191	15,92		
12	95	1200	209	17,42	18,10	0,53
13		1200	210	17,50		
14		1200	221	18,42		
15		1200	214	17,83		
16		1200	224	18,67		

Fuente: elaboración propia con base en la recolección y ordenamiento de la información de la tabla IV.

Tabla VIII. Densidad de grasa fundida recuperada

Correlativo de la corrida o réplica	Temperatura de operación (°C)	Volumen inicial de emulsión (gal)	Volumen de grasa fundida recuperada (gal)	Densidad de la grasa recuperada (gr/ml)	\bar{X}	$\pm\sigma$
1	65	1200	205	0,89	0,89	0,01
2		1200	182	0,88		
3		1200	182	0,90		
4		1200	192	0,88		
5	75	1200	222	0,88	0,89	0,01
6		1200	195	0,89		
7		1200	188	0,89		
8	85	1200	220	0,88	0,89	0,00
9		1200	209	0,88		
10		1200	221	0,89		
11		1200	191	0,89		
12	95	1200	209	0,89	0,88	0,01
13		1200	210	0,89		
14		1200	221	0,88		
15		1200	214	0,88		
16		1200	224	0,88		

Fuente: elaboración propia con base en la recolección y ordenamiento de la información de la tabla IV.

3.8. Análisis estadístico

Para realizar el análisis estadístico se utilizó el método de análisis de la varianza ANOVA por sus siglas en inglés (*Analysis of Variance*). El análisis de la varianza ANOVA sirve para comparar si los valores de un conjunto de datos numéricos son significativamente distintos a los valores de otro o más conjuntos de datos.

Tabla IX. Análisis de varianza ANOVA en un experimento de un factor

Fuente	Suma de cuadrados	g.l.	Estimador	F_{exp}
Entre	$Q_E = \sum_{i=1}^r n_i (\bar{x}_i - \bar{x})^2$	$r-1$	$S_E^2 = \frac{Q_E}{r-1}$	$F_{exp} = \frac{S_E^2}{S_R^2}$
Residual	$Q_R = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)^2$	$n-r$	$S_R^2 = \frac{Q_R}{n-r}$	
Total	$Q = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x})^2$	$n-1$		

Fuente: VICENTE, José. *Introducción al análisis de las varianzas*

<<http://biplot.usal.es/problemas/anova/ANOVA.html>> Consulta: marzo 2014.

Los resultados del análisis estadístico para este proyecto, utilizando el modelo descrito en la tabla IX y apoyado por el programa de cálculo de Excel, son los siguientes:

Tabla X. **Análisis de varianza para determinar la significancia del tiempo de decantado de la emulsión utilizada como materia prima**

Fuente	SS	g.l.	Estimador	Fest	F tablas	P Value
Entre	1853630.179688	7	264 804,3114	631,1651	1	0,0000
Residual	50345.812500	120	419,5484			
TOTAL	1903975.992188	127				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Análisis de varianza para determinar la significancia de la temperatura de proceso sobre el rendimiento de grasa fundida recuperada**

Fuente	SS	g.l.	Estimador	Fest	F tablas	P Value
Entre	10,421119	3	3,4737	3,2778	2	0,0587
Residual	12,717375	12	1,0598			
TOTAL	23,138494	15				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Análisis de varianza para determinar la significancia de la temperatura de proceso sobre la densidad de la grasa fundida recuperada**

Fuente	SS	g.l.	Estimador	Fest	F tablas	P Value
Entre	0,000069	3	0,0000	0,5238	2	0,6741
Residual	0,000525	12	0,0000			
TOTAL	0,000594	15				

Fuente: elaboración propia.

Según los resultados del Análisis de Varianza (ANOVA), para evaluar el rechazo de cada una de las hipótesis estadísticas planteadas, se seguirá una distribución de Fisher con un nivel de confianza del 90 % para encontrar la F

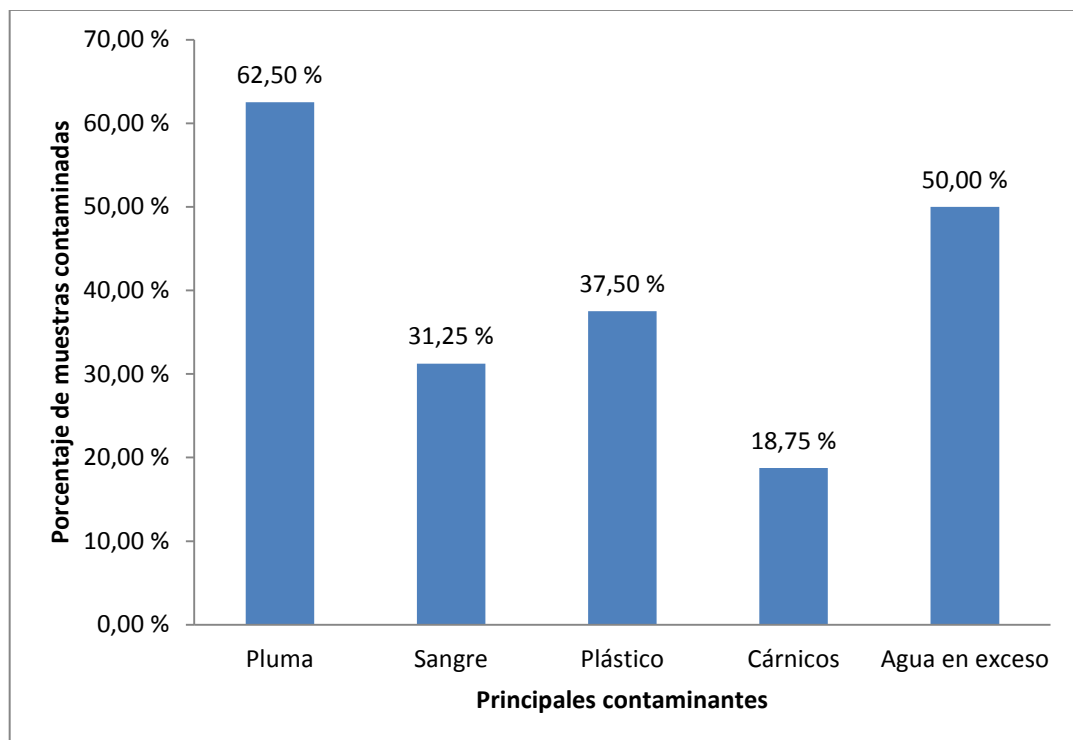
crítica o de tablas, y compararla con la F estimada siguiendo el siguiente criterio:

- Si la F estimada es mayor que la F crítica se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.
- Si la F estimada es menor que la F crítica se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

4. RESULTADOS

A continuación se presentan en tablas y gráficas los resultados de la caracterización de la emulsión que se utiliza como materia prima, del análisis de agua decantada de la emulsión que se utiliza como materia prima, así como del rendimiento de grasa fundida recuperada y de la densidad de la grasa fundida recuperada.

Figura 5. **Caracterización de la emulsión utilizada como materia prima**



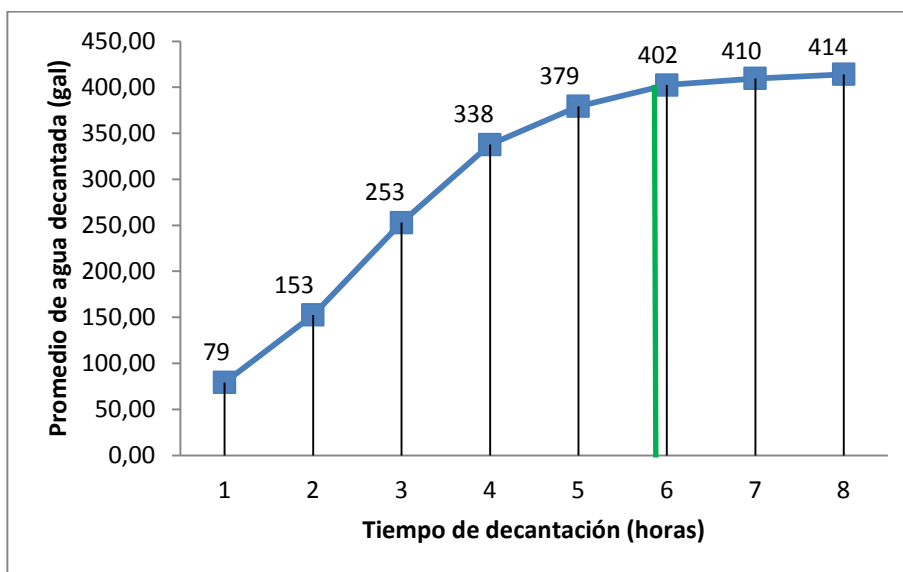
Fuente: elaboración propia según datos de la tabla V.

Tabla XIII. **Análisis de agua decantada de la emulsión que se utiliza como materia prima**

Tiempo de decantación (horas)	Promedio de agua decantada (gal)	$\pm\sigma$
1	79,19	6,920682
2	152,63	21,660640
3	252,88	21,789523
4	337,75	28,898674
5	379,31	30,558619
6	402,44	17,686035
7	409,63	13,351030
8	414,13	10,223339

Fuente: elaboración propia con base en la tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información de la tabla VI.

Figura 6. **Comportamiento de la decantación de agua contra el tiempo a temperatura ambiente**



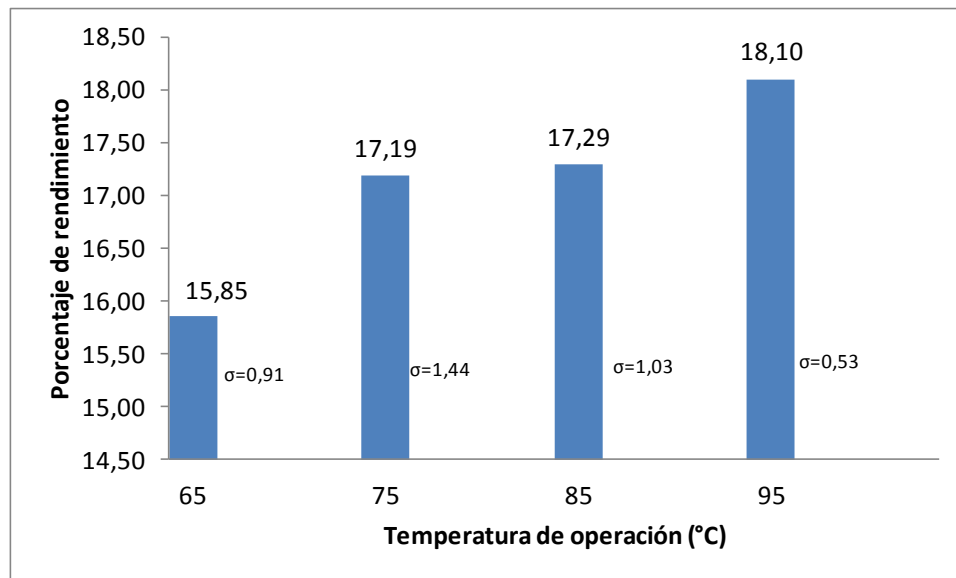
Fuente: elaboración propia con base en los resultados de la tabla XIII.

Tabla XIV. **Rendimiento de grasa fundida recuperada en función de la temperatura de operación**

Temperatura de operación (°C)	Rendimiento de recuperación (%)	$\pm\sigma$
65	15,85	0,91
75	17,19	1,44
85	17,29	1,03
95	18,10	0,53

Fuente: elaboración propia con base en la tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información de la tabla VII.

Figura 7. **Rendimiento de grasa fundida recuperada en función de la temperatura de operación**



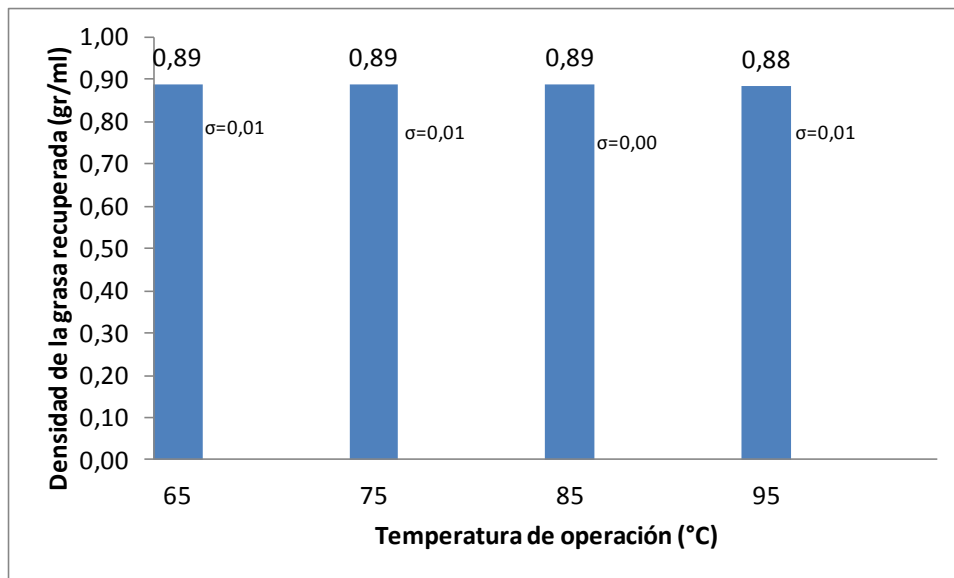
Fuente: elaboración propia con base en los resultados de la tabla XIV.

Tabla XV. **Densidad de grasa fundida recuperada en función de la temperatura de operación**

Temperatura de operación (°C)	Densidad de grasa fundida recuperada (gr/mL)	$\pm\sigma$
65	0,89	0,01
75	0,89	0,01
85	0,89	0,00
95	0,88	0,01

Fuente: elaboración propia con base en la tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información de la tabla VIII.

Figura 8. **Densidad de grasa fundida recuperada en función de la temperatura de operación**



Fuente: elaboración propia con base en los resultados de la tabla XV.

Tabla XVI. **Análisis fisicoquímicos del búnker y de la grasa fundida obtenida**

	BÚNKER	ACEITE OBTENIDO	COMPARACIÓN DE PROPIEDADES DE LA GRASA OBTENIDA CONTRA LAS DEL BÚNKER
PUNTO DE INFLAMABILIDAD, °C	89	> 150	Mayor que
AZUFRE, % masa	1,23	0,02	Menor que
PODER CALORÍFICO SUPERIOR, MJ/Kg	38,84	39,05	Mayor que
GRAVEDAD API, 15.56 °C, °API	11,2	20,3	Mayor que
GRAVEDAD ESPECÍFICA, 15.56°C	0,9916	0,9321	Menor que
VISCOSIDAD CINEMÁTICA, 50°C mm ² /s (c)	637	17	Menor que
CENIZA, % masa	0,204	0,161	Menor que
AGUA Y SEDIMENTO, % VOLUMEN	9	0,5	Menor que

Fuente: elaboración propia con base en la tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información del apéndice 2.

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Durante la ejecución de este proyecto de EPS se evaluó el proceso para fundir los ácidos grasos presentes en la emulsión que se obtiene de las trampas de grasa de los rastros de aves de Industria Avícola Villalobos S.A. Esta empresa ya hacía desde hace un tiempo esta acción pero sin un procedimiento de operación estándar que permitiera un rendimiento estable. Luego y en base al análisis estadístico de los objetivos propuestos se propuso a esta industria un procedimiento que permitiera hacer más eficiente el porcentaje de grasa fundida recuperada.

Como primer paso se caracterizó la materia prima, observando que venía con muchos contaminantes propios del proceso de beneficiado de aves pero que para el proceso de fusión de grasas en aceite no es aceptable, pues provoca retrasos de diferente índole en los procesos de producción. Se pudo observar que el 62 % de las muestras presenta en buena cantidad más de algún contaminante.

En cuanto al tiempo que se utilizó para decantar o drenar agua de la emulsión que se utiliza como materia prima, se logró determinar que después de seis horas se vuelve ineficiente la decantación del agua, tal y como se muestra en la tabla XIII. A partir de ese momento, los promedios de agua decantada se estancan alrededor de los 408 galones y la desviación estándar sufre un punto de inflexión, ya que luego de ir de 6,92 en la primera hora, hasta 30,55 en la quinta hora, pasa a reducirse de 17,68 en la sexta hora y hasta 10,22 en la octava hora, lo cual por cuestiones de logística de transporte y de aprovechamiento de los equipos, permite establecer ese tiempo como el que se

debía cumplir rigurosamente para tener una materia prima muy estable en el tanque intercambiador de calor y así fundir materia prima de características muy similares.

Para la evaluación del agua decantada de la emulsión que se utilizó como materia prima se analizó si el tiempo de decantación era significativo sobre la cantidad de agua decantada, tal y como se muestra en la tabla X. Al comparar el valor de la F estimada con el valor de la F de tablas se determinó, con un nivel de confianza del 90 %, que existe diferencia significativa de la cantidad de agua decantada en función del tiempo de decantación.

En cuanto a los porcentajes de rendimiento, se evaluaron 16 corridas en forma aleatoria a cuatro diferentes temperaturas y se observó que a la temperatura más alta, que es la de 95°C, es en la cual se obtienen los mejores rendimientos, tal y como se muestra en la tabla XIV. Todo esto tiene su lógica en que los ácidos grasos presentes en mayor porcentaje en la grasa proveniente de los rastros de aves se funden por debajo de los 65°C, pero hay algunos que lo hacen por encima de esa temperatura y entre más se eleva la temperatura a la materia prima, más posibilidades existen de que todos los ácidos grasos presentes se fundan, tal y como se muestra en la tabla XIV.

También dentro del procedimiento se determinó que el porcentaje promedio de rendimiento de grasa fundida recuperada es directamente proporcional a la temperatura del proceso entre el rango de estudio, ya que en todo momento, a medida que aumentó la temperatura, aumentó el porcentaje de grasa recuperada, tal y como se muestra en la tabla XIV y en la figura 7. La desviación estándar de los datos obtenidos para la temperatura de 95 °C fue de 0,57 % la cual es la menor desviación para los datos obtenidos a las demás temperaturas.

Para la evaluación del porcentaje de rendimiento de la grasa recuperada de la emulsión que se utilizó como materia prima, se analizó si la temperatura de proceso era significativa sobre la cantidad de grasa recuperada, tal y como se muestra en la tabla XI. Al comparar el valor de la F estimada con el valor de la F de tablas, se determinó con un nivel de confianza del 90 % que existe diferencia significativa del porcentaje de rendimiento de recuperación de la grasa fundida, en función de la temperatura de proceso.

En cuanto a la densidad de la grasa fundida recuperada se determinó que tanto los promedios obtenidos como las desviaciones estándar de cada grupo evaluado, a las diferentes temperaturas, no presentan mayor diferencia, tal y como se muestra en la tabla XV. Esto se confirma al analizar estadísticamente si la temperatura de proceso era significativa sobre la densidad de la grasa recuperada. Al comparar el valor de la F estimada con el valor de la F de tablas, se determinó, con un nivel de confianza del 90 %, que no existe diferencia significativa de la densidad de la grasa fundida recuperada en función de la temperatura de proceso.

También se procedió a comparar el poder calorífico de la grasa fundida obtenida contra el poder calorífico del búnker, que es el combustible que más se consume en esta industria y se determinó, de acuerdo con los resultados obtenidos, los cuales se detallan en el apéndice 2 y se resumen en la tabla XVII, que el combustible que se obtiene es un buen sustituto del búnker. Esto ocurre porque desde el punto de vista del poder calorífico los MJ/Kg reportados para ambos combustibles están muy cerca uno del otro y rondan alrededor de 38 MJ/Kg. Lo anterior fue tomado como una referencia, únicamente, pues solo se analizó fisicoquímicamente una muestra de cada uno de los combustibles.

6. LOGROS OBTENIDOS

- Se equipó de mejor manera toda la línea de proceso para estandarizar y mejorar el rendimiento de recuperación de la grasa fundida. (Ver apéndice 6).
- Con el equipamiento de la línea de proceso se mejoraron los niveles de seguridad industrial para los operadores, pues se obtuvo mayor control sobre el proceso.
- Como fruto de los buenos resultados obtenidos durante la ejecución de este proyecto, la Industria Avícola Villalobos autorizó implementar una línea de proceso similar para la obtención de aceite adicional. (Ver apéndice 6).
- Como fruto de los buenos resultados obtenidos durante la ejecución de este proyecto, la Industria Avícola Villalobos autorizó implementar un programa de capacitación al personal para transmitirles anualmente los resultados obtenidos en este proceso y para recordarles en forma clara y precisa el procedimiento establecido para dicho proceso.
- El proyecto permitió estimar los volúmenes de producción semanal de grasa fundida, lo cual dio como resultado una disminución en la compra de búnker, lo cual redundó en un mayor beneficio económico para la empresa.

CONCLUSIONES

1. Los volúmenes de agua decantada a la emulsión flotante, utilizados como materia prima para los ocho tiempos de decantación propuestos, varían en promedio entre 79 y 414 galones, muestran un estancamiento a partir de la sexta hora, cuando se obtiene un promedio de agua decantada de 402 galones. Por esta razón, las seis horas de decantación fueron consideradas como el mejor tiempo de recuperación del volumen de agua decantada.
2. Los porcentajes de rendimiento en la recuperación de grasa fundida, para las cuatro temperaturas de proceso propuestas, varían en promedio entre 15,85 % y 18,10 % y es a la temperatura más elevada de 95 °C a la que corresponde el porcentaje de rendimiento de recuperación más alto. Por esta razón, los 95 °C fueron considerados como la temperatura ideal de proceso para la recuperación de grasa fundida.
3. La densidad de la grasa fundida recuperada, para las cuatro temperaturas de proceso propuestas, varía en promedio entre 0,88 gr/mL y 0,89 gr/mL con lo cual se concluye que la temperatura de operación no es significativa para la densidad de la grasa fundida recuperada y se considera los 95 °C como la temperatura ideal de proceso por el porcentaje de rendimiento alcanzado a esa temperatura.

RECOMENDACIONES

1. Introducir en el proceso equipos modernos que permitan mejorar los resultados obtenidos, tanto desde el punto de vista de calidad del producto como de eficiencia.
2. Estudiar el efecto de la temperatura sobre la acidez del aceite resultante, pues sus efectos sobre las superficies ferrosas son de alta corrosión.
3. Continuar con estos estudios técnicos, en este tipo de procesos industriales, ya que pueden representar mejoras, tanto económicas como ambientales en las industrias guatemaltecas.

BIBLIOGRAFÍA

1. ARTEAGA, Hubert. *Efecto de la temperatura y tiempo de transesterificación en el rendimiento y poder calórico de biodiesel a partir de grasa refinada de pollo*. Departamento de Ciencias Agroindustriales de la Universidad Nacional de Trujillo, Perú. . [en línea]:<https://sites.google.com/a/unitru.edu.pe/sci-agropecu/publicacion/scagropv1n1/scagrop01_37-45> [Consulta: marzo 2014].
2. CARRERO, Isabel. *Punto de fusión de los ácidos grasos*. Departamento de Bioquímica, Universidad de Valladolid, España. [en línea] <<http://biomodel.uah.es/model2/lip/acgr-pto-fusion.htm>> [Consulta: febrero 2014].
3. CEDEÑO, Fidel. *Estudio de la densidad y de la viscosidad de algunos ácidos grasos puros*. Departamento de Explotación Industrial, Facultad de Mecánica, Universidad de Cien Fuegos, Cuba. [en línea] <<http://digital.csic.es/bitstream/10261/22004/1/691.pdf>> [Consulta: febrero 2014].
4. CISTERNA, Pedro. *Eliminación de grasas y aceites por tratamiento biológico de fangos activos*. Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Oviedo, España. [en línea] <<http://www.e-seia.cl/archivos/gyaAP.pdf>> [Consulta: febrero 2014].

5. *Etapas del proceso de sacrificio de aves de corral.* [en línea]
http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/311107/311107_ee.htm#LAVADO DEL AVE COMPLETA. > [Consulta: enero 2014].

6. GIOIELLI, Luis. *Fraccionamiento de la grasa abdominal de pollo.* Departamento de Tecnología Bioquímico-Farmacéutica, Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Universidad de Sao Paulo, Brasil. [en línea]
http://www.google.com.gt/url?sa=t&rct=j&q=fraccionamiento%20de%20la%20grasa%20abdominal%20de%20pollo&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CCwQFjAA&url=http%3A%2F%2Fgrasasyaceites.revistas.csic.es%2Findex.php%2Fgrasasyaceites%2Farticle%2Fdownload%2F320%2F323&ei=clZeUZKxlc-64AP2rYHYCg&usg=AFQjCNHxLBRbIZ_HJa4-MCun8z7Xm5jDVg
> [Consulta: febrero 2014].

7. *Las grasas, aceites y soluciones de tratamientos de efluentes aceitosos.* [en línea] <<http://www.e-seia.cl/archivos/gyaAP.pdf>> [Consulta: marzo 2014].

8. *Los aceites y las grasas.* [en línea]
<<http://www.frlp.utn.edu.ar/materias/qcasis/aceitesygrasas>>
[Consulta: marzo 2014].

9. LUNA, Glenda. *Análisis fisicoquímico y evaluación del rendimiento de extracción del aceite de semilla de morro (Crescentia Alata HBK) proveniente de las regiones de Estanzuela, Zacapa y San Agustín Acasagatlán, el Progreso.* Trabajo de graduación Ing. Química.

Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007. 127 p.

10. McCABE, Warren L. *Operaciones unitarias en ingeniería química*. 4a ed. México: McGraw-Hill. 2000. 1114 p.
11. NATIONAL RENDERERS ASSOCIATION. *Manual de información de bolsillo, una guía del comprador para productos Rendered*. Inc. NRA. VIRGINIA, USA: 1993. 69 p.
12. ORELLANA, Erick. *Producción de biodiesel a escala planta piloto a partir del aceite obtenido como subproducto en el proceso de producción de harinas provenientes del aprovechamiento de los desechos del beneficiado del pollo*. Trabajo de graduación Ing. Química. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2012. 114 p.
13. RAMÍREZ, Lourdes. *Evaluación del rendimiento de extracción y caracterización del aceite fijo de café tostado tipo genuino antigua obtenido por el proceso de prensado*. Trabajo de graduación Ing. Química. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2008. 121 p.
14. VÁSQUEZ, Karen. *Caracterización del aceite de fritura obtenido de la manufactura de productos de pollo y la evaluación del proceso de esterificación de ácidos grasos a escala laboratorio*. Trabajo de graduación Ing. Química. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2012. 119 p.

15. VICENTE, José. *Introducción al análisis de las varianzas*. Departamento de Estadística, Universidad de Salamanca, España. [en línea] <<http://biplot.usal.es/problemas/anova/ANOVA.html>> [Consulta: marzo 2014].

APÉNDICES

Apéndice 1. Muestra de cálculo

1. Cálculo de la densidad de la grasa fundida recuperada: Para ello se tomó una muestra de 250 ml de la emulsión ya decantada y se pesó en una balanza analítica dentro de una probeta previamente tarada, calculando el cociente de la masa que se obtuvo en gramos dentro del volumen ya especificado en mililitros. Esto se hizo para cada corrida que se evaluó. Ver tabla IV

2. Cálculo del porcentaje de rendimiento para la primera corrida del análisis de rendimiento en la tabla VII:

$$\text{Porcentaje rendimiento} = \frac{\text{volumen de aceite recuperado}}{\text{volumen inicial de emulsión}} * 100$$

$$\text{Porcentaje rendimiento} = \frac{205}{1200} * 100$$

$$\text{Porcentaje rendimiento} = \frac{20500}{1200}$$

$$\text{Porcentaje rendimiento} = 17,08$$

3. Cálculo del promedio de rendimiento para las primeras cuatro corridas del análisis de rendimiento en la tabla VII:

$$\text{Promedio de rendimiento} = \frac{x_1+x_2+x_3+x_4}{4}$$

$$\text{Promedio de rendimiento} = \frac{(17,08+15,17+15,17+16,00)}{4}$$

$$\text{Promedio de rendimiento} = \frac{63,42}{4}$$

$$\text{Promedio de rendimiento} = 15,85$$

4. Cálculo del volumen del agua evaporada en galones para la primera corrida en la tabla IV. Para ello se hizo un balance de materiales sencillo ya que por las condiciones en que se lleva a cabo el proceso no es posible determinar si hay algún otro tipo de reacción dentro del intercambiador de calor. El procedimiento se llevó a cabo tal y como se muestra a continuación:

- Materiales inicio = materiales final
- Volumen inicial de emulsión = volumen de agua desechada + volumen de sólidos desechados + volumen de aceite recuperado + volumen de agua evaporada
- $1\ 200\ \text{gal} = 590\ \text{gal} + 310\ \text{gal} + 205\ \text{gal} + x$
- $X = (1\ 200 - 590 - 310 - 205)\ \text{gal}$
- $X = 95\ \text{gal}$

De igual manera se procedió para las restantes quince corridas de esta tabla

Apéndice 2.

Análisis de propiedades fisicoquímicas del Búnker y del aceite

LABORATORIOS TECNICOS		PAGINA 1 DE (1) LAB-REP-1016-13 ORDEN No. L-452-13 GUATEMALA, 17-06-13	
RESULTADOS DE ANALISIS			
MUESTRA: Bunker C PRESENTADA POR: Avícola Villalobos S.A. RESPONSABLE DEL MUESTREO: Avícola Villalobos S.A. PROCEDENCIA: Avícola Villalobos, S.A. LOCALIZACION: 46 Calle 21-89 Zona 12, Guatemala FECHA DE MUESTREO: Desconocida FECHA DE RECEPCION DE MUESTRA Y PAPELERIA: 06-06-13 FECHA DE ANALISIS: del 12 al 14-06-13 PRECIO DE ANALISIS: \$ 61.00 ANALISTA: Hever Pérez			
DESCRIPCION	METODO DE ANALISIS	ESPECIFICACION (a)	RESULTADOS (b)
UNTO DE INFLAMABILIDAD, °C	ASTM D-93	Mínimo: 60	89
AZUFRE, % masa	ASTM D-129	Máximo: 3	1.23
PODER CALORIFICO SUPERIOR, MJ/Kg	ASTM D-240	-----	(d) 38.84
GRAVEDAD API, 15.56 °C, °API	ASTM D-287	Reportar	11.2
GRAVEDAD ESPECIFICA, 15.56°C	ASTM D-287	Reportar	0.9916
VISCOSIDAD CINEMATICA, 50 °C, mm ² /s (c)	ASTM D-445	Reportar	637
CENIZA, % masa	ASTM D-482	Máximo: 0.10	0.204
AGUA Y SEDIMENTO, % volumen	ASTM D-1796	Máximo: 2.0	9.0
OBSERVACIONES: <p>a) Según Acuerdo Ministerial No. 399-2012.</p> <p>b) Los resultados son válidos solo para el volumen de muestra presentada en este laboratorio.</p> <p>c) 1 mm²/s es equivalente a 1 cSt.</p> <p>d) El valor de 38.84 MJ/Kg es equivalente a 9277 Kcal/Kg y a 16699 Btu/Lb. Debido a que el valor del poder calorífico superior se encuentra fuera del rango de la gráfica (disponible en el laboratorio) que se utiliza para calcular el poder calorífico inferior, este valor no se reporta. Según el Acuerdo el valor mínimo para el poder calorífico inferior es de 40 MJ/Kg</p>			
  <p>Ing. Julio Villacinda AREA DE HIDROCARBUROS</p>  <p>Vo. Bo. Ing. Mayra Villatoro COORDINADORA LABORATORIOS TECNICOS</p> 			

El presente informe no puede ser modificado ni reproducido sin autorización del Laboratorio Técnico

Ministerio de Energía y Minas
 Diagonal 17, 29-78 zona 11 Las Charcas. Guatemala, Centroamérica.
 Teléfonos: (502) 2419-6464 - www.mem.gob.gt

Fuente: Laboratorios Técnicos del Ministerio de Energía y Minas, Guatemala

RESULTADOS DE ANALISIS

MUESTRA: **Aceite Combustible FH5**
PRESENTADA POR: Avícola Villalobos, S.A.
RESPONSABLE DEL MUESTREO: Avícola Villalobos, S.A.
PROCEDENCIA: Avícola Villalobos, S.A.
LOCALIZACION: 46 Calle 21-89 Zona 12, Guatemala
FECHA DE MUESTREO: Desconocida
FECHA DE RECEPCION DE MUESTRA Y PAPELERIA: 06-06-13
FECHA DE ANALISIS: del 10 al 14-06-13
PRECIO DE ANALISIS: \$ 61.00
ANALISTA: Hever Pérez

DESCRIPCION	METODO DE ANALISIS	ESPECIFICACION (a)	RESULTADOS (b)
ÍNDICE DE INFLAMABILIDAD, °C	ASTM D-93	-----	> 150
AZUFRE, % masa	ASTM D-129	-----	0.02
PODER CALORIFICO SUPERIOR, MJ/Kg	ASTM D-240	-----	(d) 39.05
GRAVEDAD API, 15.56 °C, °API	ASTM D-287	-----	20.3
GRAVEDAD ESPECIFICA, 15.56°C	ASTM D-287	-----	0.9321
VISCOSIDAD CINEMATICA, 50 °C, mm ² /s (c)	ASTM D-445	-----	17
CENIZA, % masa	ASTM D-482	-----	0.161
AGUA Y SEDIMENTO, % volumen	ASTM D-1796	-----	0.50

OBSERVACIONES:

- a) En el Acuerdo Ministerial No. 399-2012 no existen especificaciones para este producto.
- b) Los resultados son válidos solo para el volumen de muestra presentada en este laboratorio.
- c) 1 mm²/s es equivalente a 1 cSt.
- d) El valor de 39.05 MJ/Kg es equivalente a 9327 Kcal/Kg y a 16789 Btu/Lb.



[Signature]
Ing. Julio Villalobos
ÁREA DE HIDROCARBUROS

[Signature]
Vo. Bo. Ing. Mayra Villatoro
COORDINADORA LABORATORIOS TECNICOS



Jvg

El presente informe no puede ser modificado ni reproducido sin autorización del Laboratorio Técnico

Ministerio de Energía y Minas
Diagonal 17, 29-78 zona 11 Las Charcas. Guatemala, Centroamérica.
Teléfonos: (502) 2419-6464 - www.mem.gob.gt

Fuente: Laboratorios Técnicos del Ministerio de Energía y Minas, Guatemala.

Apéndice 3 Análisis bromatológicos de emulsión y de desechos



Km 60.5 Carretera a Siquinalá, Escuintla
 Teléfono (502) 77208686 Ext. 207 y 247
 Fax (502) 77208648
 Correo electrónico ddubon@dipcmi.com.gt

Página 1 de 1

INFORME DE ANALISIS 1307-12630

Dirigido a: Daniel Ardon
 Dirección: Guatemala.
 Fecha de reporte: 25 de Julio del 2013.
 Análisis solicitado: Proteína, Grasa, Humedad, FFA, Vip,

Código	Producto	Ubicación	Proveedor	Fecha toma de mx	Fecha de Ingreso	Fecha de Reporte	Prot. %	Gra. %	Hum. %	F.F.A	V.I.P meq. O2/Kg
46219	Grasa de pollo muestra 2 A	Fab de harinas 1	Fab de harinas 1	16/07/2013	17/07/2013	25/07/2013	4,29	23,43	68,8	13,94	6,92
46220	Sólidos de grasa de pollo muestra 2 B	Fab de harinas 1	Fab de harinas 1	16/07/2013	17/07/2013	25/07/2013	2,20	38,25	57,3	36,74	0,79


 Licda. Dina Ma. Dubón Nájera
 Coordinador de Laboratorio



PROTEINA: METODO AOAC 2001.11, GRASA: METODO AOAC2003.06, HUMEDAD: METODO AAFCO, AOCS Official Method Ca 5a-40 (Free Fatty Acids) y AOCS Official Method Cd 8-53 (Peroxide Value)

Resolución Administrativa No. VISAR-01-03-2011.
 Los resultados obtenidos se refieren a la(s) muestra(s) tal como fue (ron) recibida(s) y no necesariamente al lote entero del cual fue (ron) tomada(s).

Este documento ha sido producido electrónicamente y es válido sin firma

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN AUTORIZACIÓN DE LABORATORIO DE BROMATOLOGIA



Km 60.5 Carretera a Siquinalá, Escuintla
 Teléfono (502) 77208686 Ext. 207 y 247
 Fax (502) 77208648
 Correo electrónico ddubon@dipcmi.com.gt

Página 1 de 1

INFORME DE ANALISIS 1307-12629

Dirigido a: Daniel Ardon
 Dirección: Guatemala.
 Fecha de reporte: 27 de Julio del 2013.
 Análisis solicitado: Proteína, Grasa, Humedad, FFa, Vip,

Código	Producto	Ubicación	Proveedor	Fecha toma de mx	Fecha de Ingreso	Fecha de Reporte	Prot. %	Gra. %	Hum. %	F.F.A	V.I.P meq. O2/Kg
46217	Grasa de pollo muestra 1 A	Fab de harinas 1	Fab de harinas 1	15/07/2013	17/07/2013	27/07/2013	1,79	18,9	78,03	23,03	10,10
46218	Sólidos de grasa de pollo muestra 1 B	Fab de harinas 1	Fab de harinas 1	15/07/2013	17/07/2013	27/07/2013	4,05	26,14	67,91	33,62	1,39


 Licda. Dina Ma. Dubón Nájera
 Coordinador de Laboratorio



PROTEINA: METODO AOAC 2001.11, GRASA: METODO AOAC2003.06, HUMEDAD: METODO AAFCO, AOCS Official Method Ca 5a-40 (Free Fatty Acids) y AOCS Official Method Cd 8-53 (Peroxide Value)

Resolución Administrativa No. VISAR-01-03-2011.
 Los resultados obtenidos se refieren a la(s) muestra(s) tal como fue (ron) recibida(s) y no necesariamente al lote entero del cual fue (ron) tomada(s).

Este documento ha sido producido electrónicamente y es válido sin firma

PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL SIN AUTORIZACION DE LABORATORIO DE BROMATOLOGIA



Km 60.5 Carretera a Siquinalá, Escuintla
 Teléfono (502) 77208686 Ext. 207 y 247
 Fax (502) 77208648
 Correo electrónico ddubon@dfpcmi.com.gt

Página 1 de 1

INFORME DE ANALISIS 1308-12660

Dirigido a: Daniel Ardon
 Dirección: Guatemala.
 Fecha de reporte: 8 de Agosto del 2013.
 Análisis solicitado: Proteína, Grasa, Humedad, FFA, Vip,

Código	Producto	Ubicación	Proveedor	Fecha toma de mx	Fecha de Ingreso	Fecha de Reporte	Prot. %	Gra. %	Hum. %	F.F.A	V.I.P meq. O2/Kg
46326	Grasa pollo	Fab de harinas 1	Fab de harinas 1	18/07/2013	19/07/2013	08/08/2013	2.76	28.5	67.46	35.25	5.35
46327	Sólidos de grasa pollo cocinada	Fab de harinas 1	Fab de harinas 1	18/07/2013	19/07/2013	08/08/2013	3.75	22	72.66	29.13	5.94

Licda. Dina Ma. Dubón Nájera
 Coordinador de Laboratorio



PROTEINA: METODO AOAC 2001.11, GRASA: METODO AOAC2003.06, HUMEDAD: METODO AAFCO, AOCS Official Method Ca 5a-40 (Free Fatty Acids) y AOCS Official Method Cd 8-53 (Peroxide Value)

Resolución Administrativa No. VISAR-01-03-2011.
 Los resultados obtenidos se refieren a la(s) muestra(s) tal como fue (ron) recibida(s) y no necesariamente al lote entero del cual fue (ron) tomada(s).

Este documento ha sido producido electrónicamente y es válido sin firma

PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL SIN AUTORIZACIÓN DE LABORATORIO DE BROMATOLOGIA



Km 60.5 Carretera a Siquinalá, Escuintla
 Teléfono (502) 77208686 Ext. 207 y 247
 Fax (502) 77208648
 Correo electrónico ddubon@dipcmi.com.gt

Página 1 de 1

INFORME DE ANALISIS 1308-12847

Dirigido a: Daniel Ardon
 Dirección: Guatemala.
 Fecha de reporte: 28 de Agosto del 2013.
 Análisis solicitado: Proteína, Grasa, Humedad, FFA, Vip,

Código	Producto	Ubicación	Proveedor	Fecha toma de mx	Fecha de Ingreso	Fecha de Reporte	Prot. %	Gra. %	Hum. %	F.F.A	V.I.P meq. O2/Kg
47058	Muestra # 4 A Grasa de pollo	Fab de harinas 1	Fab de harinas 1	09/08/2013	12/08/2013	28/08/2013	3,08	31,59	62,3	35,05	5,10
47059	Muestra # 4 B Sólidos de Grasa cocinada	Fab de harinas 1	Fab de harinas 1	09/08/2013	12/08/2013	28/08/2013	2,10	31,64	59,8	27,36	7,96

Licda. Dina Ma. Dubón Nájera
 Coordinador de Laboratorio



PROTEINA: METODO AOAC 2001.11, GRASA: METODO AOAC2003.06, HUMEDAD: METODO AAFCO, AOCS Official Method Ca 5a-40 (Free Fatty Acids) y AOCS Official Method Cd 8-53 (Peroxide Value)

Resolución Administrativa No. VISAR-01-03-2011.
 Los resultados obtenidos se refieren a la(s) muestra(s) tal como fue (ron) recibida(s) y no necesariamente al lote entero del cual fue (ron) tomada(s).

Este documento ha sido producido electrónicamente y es válido sin firma

PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL SIN AUTORIZACIÓN DE LABORATORIO DE BROMATOLOGIA

Dirección: Km. 60.5 Carretera a Siquinalá, Escuintla. PBX (502) 77208686 / Directo: (502) 77208607/47

Fuente: Laboratorio de bromatología de sistemas y equipos, Guatemala.

Tabla **Resumen de datos bromatológicos**

Producto	Prot. %	Gra. %	Hum. %	F.F.A	V.I.P meq. O2/Kg
EMULSIÓN MUESTRA 1	1,79	18,9	78,03	23,03	10,10
SÓLIDOS MUESTRA 1	4,05	26,14	67,91	33,62	1,39
EMULSIÓN MUESTRA 2	4,29	23,43	68,83	13,94	6,92
SÓLIDOS MUESTRA 2	2,20	38,25	57,26	36,74	0,79
EMULSIÓN MUESTRA 3	2,76	28,49	67,46	35,25	5,35
SÓLIDOS MUESTRA 3	3,75	22,03	72,66	29,13	5,94
EMULSIÓN MUESTRA 4	3,08	31,59	62,28	35,05	5,10
SÓLIDOS MUESTRA 4	2,10	31,64	59,77	27,36	7,96

Fuente: Laboratorio de bromatología de sistemas y equipos, Guatemala.

Este apéndice fue agregado para desestimar que la emulsión que se utiliza como materia prima pudiera ser considerada como una fuente considerable de proteína en otros procesos, lo cual es correcto, ya que los niveles de proteína no superan el 4,29 % y si se toma en consideración que los niveles de proteína de las harinas que se procesan en las plantas de rendimiento a nivel mundial, superan el 60 %, este 4,29 % puede ser desestimado. Además, con estos datos se ve que los niveles de oxidación de las muestras son muy altos, de acuerdo con los datos obtenidos en las columnas de ácidos grasos libres y la de valor de peróxidos, por lo que se puede decir que la mayor parte de las grasas está en un alto proceso de descomposición y que el mejor camino es la subutilización como fuente de energía.

Apéndice 4. Perfil de ácidos grasos



INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTRO AMERICA Y PANAMA
 Centro Analítico Integral-Composición de Alimentos
 Calzada Roosevelt Zona 11, Guatemala, C.A.
 Teléfonos: (502) 24723762-67, (502) 24719912 FAX: (502) 24736529
 e-mail: mguamuch@incap.int, spatzan@incap.int

INFORME DE ANÁLISIS No. CA-13-126

Solicitante: Sistemas y Equipos, S.A.	Atención: Licda. Dina Dubon
Dirección: Km. 60.5 Carretera a Siquinalá, Escuintla	Tel/Fax: 7720-8607/47
Fecha de recepción de muestra en el laboratorio: 23/08/13	Fecha de informe de análisis: 20/09/13
No. de solicitud: CA-13-121	

Identificación de la Muestra	Código del laboratorio: CA-13-815		
	Condiciones de recepción en el laboratorio Empaque primario: recipiente de plástico con tapadera plástica Temperatura: ambiente		
	Descripción por el laboratorio Producto: muestra 47149 Marca: no indica Lote: no indica	Fecha de producción: no indica Fecha de vencimiento: no indica	Descripción por el solicitante Código 47149
Fecha de Inicio del análisis	Análisis solicitado	Resultado	
28-08-2013	Perfil de Ácidos Grasos Detallado ⁽¹⁾		
	Caproico C6:0 cis	N.D. ^(a)	
	Caprílico C8:0 cis	N.D. ^(a)	
	Cáprico C10:0 cis	N.D. ^(a)	
	Undecanoico C11:0 cis	N.D. ^(a)	
	Láurico C12:0 cis	N.D. ^(a)	
	Mirístico C14:0 cis	0.26 %	
	Miristoléico C14:1 cis	N.D. ^(a)	
	Pentadecanoico C15:0 cis	N.D. ^(a)	
	Palmítico C16:0 cis	17.52 %	
	Palmitoleidato C16:1 trans	N.D. ^(a)	
	Palmitoléico C16:1 cis	2.86%	
	Margárico C17:0 cis	0.15 %	
	Esteárico C18:0 cis	6.71 %	
	Elaidato C18:1 trans	N.D. ^(a)	
	Oléico C18:1 cis	50.87 %	
	Linoelaidico C18:2 trans	N.D. ^(a)	
	Linoléico C18:2 cis	18.97%	
	Linolénico C18:3 cis	1.24 %	
	Araquídico C20:0 cis	0.54 %	
	Araquidónico C20:4n6	N.D. ^(a)	
Eicosapentanoico C20:5n3	N.D. ^(a)		
Behénico C22:0	0.32%		
Docosahexanoico C22:6n3	N.D. ^(a)		
No identificados	0.56%		

Metodología utilizada basada en:

⁽¹⁾ Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th ed. Method 994.14.

Observaciones Informe de Análisis:

^(a) El resultado es menor al límite de detección de 0.01 %.

Lda. Mónica S. Guamuch C.
Bióloga
Coordinadora Alimentos

Lda. Mónica Guamuch
Coordinadora Composición de Alimentos
Unidad de Nutrición y Micronutrientes



Los resultados corresponden solamente a las muestras analizadas en el laboratorio.
Solicite la autorización por escrito del laboratorio para reproducir o traducir este informe en su totalidad.



INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTRO AMERICA Y PANAMA
 Centro Analítico Integral-Composición de Alimentos
 Calzada Roosevelt Zona 11, Guatemala, C.A.
 Teléfonos: (502) 24723762-67, (502) 24719912 FAX: (502) 24736529
 Correo electrónico: mguamuch@incap.int, spatzan@incap.int

INFORME DE ANÁLISIS No. CA-13-159

Solicitante: Sistemas y Equipos, S.A.	Atención: Licda. Dina Dubón
Dirección: Km. 60.5 carretera a Siquinalá, Escuintla	Tel/Fax: 7720-8686
Fecha de recepción de muestra en el laboratorio: 13/11/13	Fecha de informe de análisis: 29/11/13
No. de solicitud: CA-13-168	

Identificación de la Muestra	Código del laboratorio: CA-13-1028		
	Condiciones de recepción en el laboratorio Empaque primario: recipiente de plástico con tapadera plástica Temperatura: ambiente		
Fecha de inicio del análisis	Análisis solicitado	Descripción por el solicitante	
		Descripción por el laboratorio	Fecha de producción: no indica Fecha de vencimiento: no indica
		Producto: Grasa	Grasa Código 50353
		Marca: no indica	
		Lote: no indica	
14-11-2013	Perfil de Ácidos Grasos ⁽¹⁾		
	Caproico C6:0		N.D. ⁽²⁾
	Caprílico C8:0		N.D. ⁽²⁾
	Cáprico C10:0		N.D. ⁽²⁾
	Undecanoico C11:0		N.D. ⁽²⁾
	Láurico C12:0		0.05%
	Mirístico C14:0		0.75%
	Miristoléico C14:1 cis		N.D. ⁽²⁾
	Pentadecanoico C15:0		0.15%
	Palmítico C16:0		21.07%
	Palmitoleidato C16:1 trans		0.43%
	Palmitoléico C16:1 cis		3.82%
	Margárico C17:0		0.24%
	Estearico C18:0		6.54%
	Elaidato C18:1 trans		N.D. ⁽²⁾
	Oléico C18:1 cis		45.97%
	Linoelaidico C18:2 trans		N.D. ⁽²⁾
	Linoléico C18:2 cis		17.94%
	Linolénico C18:3 cis		1.51%
	Araquídico C20:0		0.12%
	Araquidónico C20:4n6		N.D. ⁽²⁾
	Eicosapentanoico C20:5n3		N.D. ⁽²⁾
	Eicosanoico C20:1		0.12%
	Behénico C22:0		0.46%
	Docosahexanoico C22:6n3		N.D. ⁽²⁾
	Lignocérico C24:0		0.30%
No identificados		0.53%	

Metodología utilizada basada en:

⁽¹⁾ Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th ed. Method 994.14.

Observaciones:

^(a) N.D.= No detectado. El resultado es menor al límite de detección de 0.01 %.

Lda. Mónica S. Guzmán C.
Bióquímica
Colegiada No. 3145



Lda. Mónica Guzmán
Coordinadora Composición de Alimentos
Unidad de Nutrición y Micronutrientes



Los resultados corresponden solamente a las muestras analizadas en el laboratorio.
Solicite la autorización por escrito del laboratorio para reproducir o traducir este informe en su totalidad.

Tabla **Resumen del perfil de ácidos grasos**

ÁCIDOS GRASOS	PORCENTAJE EN MUESTRA 1	POCENTAJE EN MUESTRA 2
CAPROICO C6:0 CIS	ND	ND
CAPRILICO C8:0 CIS	ND	ND
CAPRICO C10:0 CIS	ND	ND
UNDECANOICO C11:0 CIS	ND	ND
LAURICO C12:0 CIS	ND	0,05
MIRISTOLEICO C14:1 CIS	ND	ND
PENTADECANOICO C15:0 CIS	ND	0,15
PALMITOLEIDATO C:16:1 TRANS	ND	0,43
ELAIDATO C18:1 TRANS	ND	ND
LINOELAIDICO C18:2 TRANS	ND	ND
ARAQUIDONICO C20:4N6	ND	ND
EICOSAPENTANOICO C20:5N3	ND	ND
DOCOSAHEXANOICO C22:6N3	ND	ND
EICOSANOICO C20:1	'-----	0,12
LIGNOCERICO	'-----	0,3
OLEICO C18:1 CIS	50,87	45,97
PALMITICO C16:0 CIS	17,52	21,07
LINOLEICO C18:2 CIS	18,97	17,94
ESTERAICO C18:0 CIS	6,71	6,54
PALMITOLEICO C16:1 CIS	2,86	3,82
LINOLENICO C18:3 CIS	1,24	1,51
NO IDENTIFICADOS	0,56	0,53
MIRISTICO C14:0 CIS	0,26	0,75
BEHENICO C22:0	0,32	0,46
ARAQUIDICO C20:0 CIS	0,54	0,12
MARGARICO C17:0 CIS	0,15	0,24

Fuente: Laboratorio de composición de alimentos, INCAP, Guatemala.

Este apéndice fue agregado para confirmar los porcentajes de ácidos grasos que están presentes en la grasa subcutánea de las aves y en base a sus temperaturas de fusión, determinar el rango de temperaturas por utilizar para el estudio.

Apéndice 5. **Procedimiento de operación estándar**

Se elaboró el procedimiento de operación estándar, el cual ya fue entregado en el formato solicitado por la empresa, para su ejecución. En el mismo se dejaron especificados los siguientes apartados:

- Objetivo
- Alcance
- Responsabilidad
- Lista de materiales y equipo
- Documentos
- Procedimiento
- Frecuencia de operación
- Método de verificación
- Acción correctiva
- Ubicación

Apéndice 6. **Fotografías del proyecto**

- Instrumentación inicial







- Origen de la emulsión



- Controlando el proceso



- Medición de variables



- Logros





Fuente: todas las fotografías fueron tomadas en las instalaciones de la planta de rendimiento de AVSA, Guatemala.

ANEXOS

ANEXO 1. **Tabla de requisitos académicos**

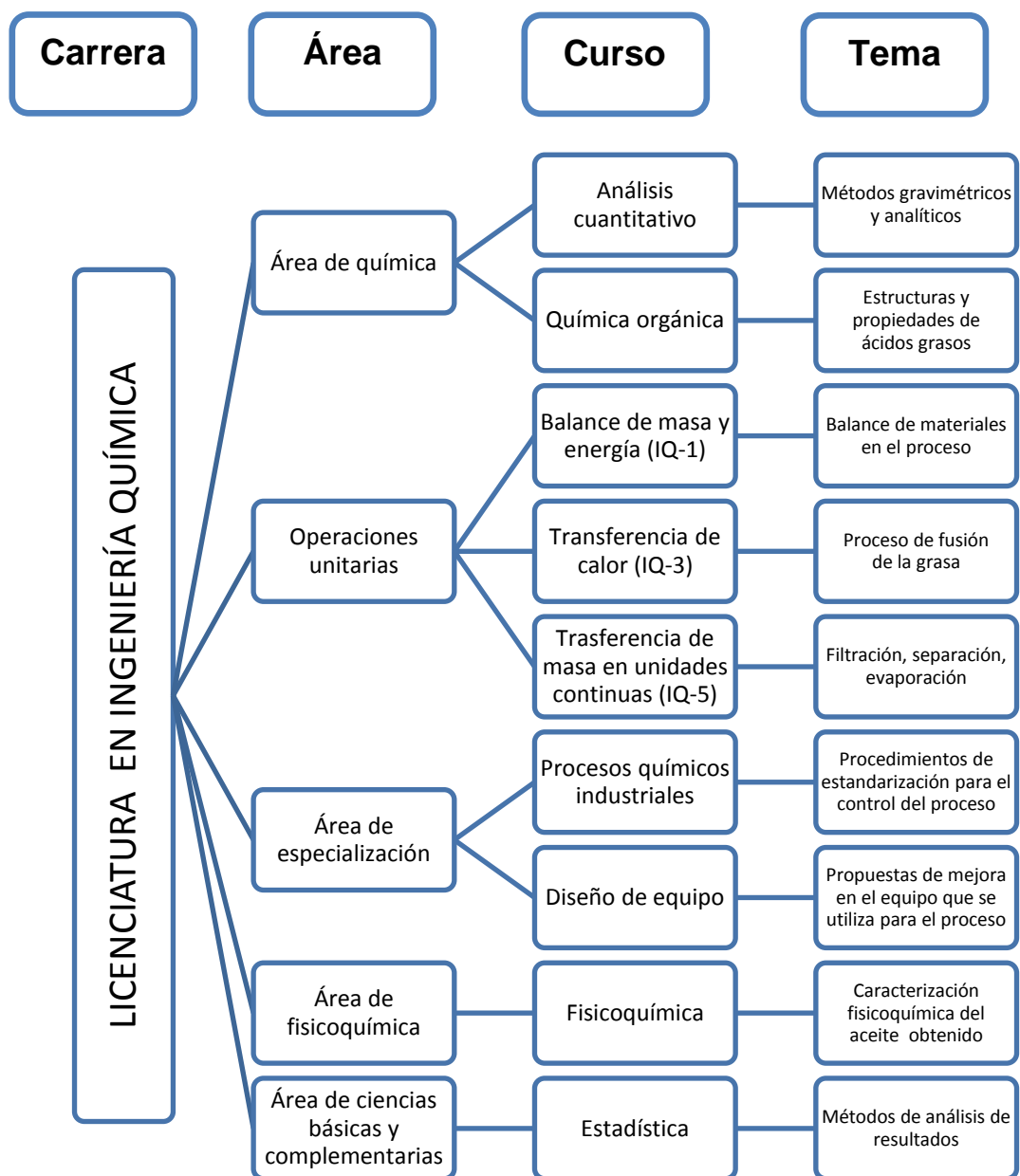


Diagrama de Ishikawa

