



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

**EVALUACIÓN DEL APROVECHAMIENTO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS EN LAS LÍNEAS
DE FRIJOL, SALSAS Y PASTA DE TOMATE EN UNA INDUSTRIA DE ALIMENTOS**

Miguel Angel Juárez Santizo

Asesorado por la Inga. Lorena Victoria Pineda Cabrera

Guatemala, marzo de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DEL APROVECHAMIENTO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS EN LAS LÍNEAS
DE FRIJOL, SALSAS Y PASTA DE TOMATE EN UNA INDUSTRIA DE ALIMENTOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MIGUEL ANGEL JUÁREZ SANTIZO

ASESORADO POR LA INGA. LORENA VICTORIA PINEDA CABRERA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, MARZO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Jorge Mario Estrada Asturias
EXAMINADOR	Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez
EXAMINADORA	Inga. Lorena Victoria Pineda Cabrera
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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:

EVALUACIÓN DEL APROVECHAMIENTO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS EN LAS LÍNEAS DE FRIJOL, SALSAS Y PASTA DE TOMATE EN UNA INDUSTRIA DE ALIMENTOS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 23 de marzo de 2014.

Miguel Angel Juárez Santizo

Ciudad de Guatemala, 02 de febrero de 2015

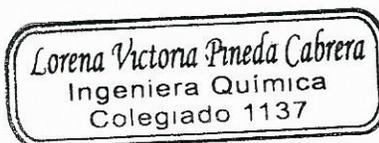
Ingeniero
Víctor Monzón Valdez
Director Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería USAC
Presente.

De la manera mas atenta me dirijo a su persona, para hacer de su conocimiento, que el informe final del trabajo de graduación titulado "***Evaluación del Aprovechamiento de los Desechos Sólidos en las Líneas de Frijol, Salsas y Pasta de Tomate en una Industria de Alimentos***" expuesto por el estudiante Miguel Angel Juárez Santizo quien se identifica con el No. de carné: 2009-15182, he aprobado como asesora del trabajo en su modalidad Ejercicio Profesional Supervisado.

De antemano agradezco su atención a la presente, y me suscribo.



Inga. Qca. Lorena Victoria Pineda Cabrera
Asesora





Guatemala, 23 de febrero de 2015.
Ref. EIQ.TG-IF.013.2015.

Ingeniero
Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Monzón:

Como consta en el registro de evaluación del informe final EIQ-PRO-REG-007 correlativo **056-2014** 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-**

Solicitado por el estudiante universitario: **Miguel Angel Juárez Santizo**.
Identificado con número de carné: **2009-15182**.
Previo a optar al título de **INGENIERO QUÍMICO**.

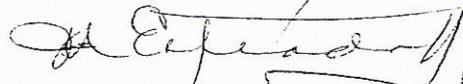
Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

**EVALUACIÓN DEL APROVECHAMIENTO DE LOS DESECHOS
SÓLIDOS EN LAS LÍNEAS DE FRIJOL, SALSAS Y PASTA DE
TOMATE EN UNA INDUSTRIA DE ALIMENTOS**

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por la Ingeniera Química: **Lorena Victoria Pineda Cabrera**.

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.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Jorge Mario Estrada Asturias
COORDINADOR DE TERNA
Tribunal de Revisión
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo





Ref.EIQ.TG.035.2015

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 Ejercicio Profesional Supervisado (EPS final) del estudiante **MIGUEL ANGEL JUÁREZ SANTIZO** titulado: **"EVALUACIÓN DEL APROVECHAMIENTO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS EN LAS LÍNEAS DE FRIJOL, SALSAS Y PASTA DE TOMATE EN UNA INDUSTRIA DE ALIMENTOS"**. Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

Victor Manuel Monzon Valdez

Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez
 DIRECTOR
 Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, marzo de 2015

Cc: Archivo
 VMMV/ale





DTG. 126.2015

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: **EVALUACIÓN DEL APROVECHAMIENTO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS EN LAS LÍNEAS DE FRIJOL, SALSAS Y PASTA DE TOMATE EN UNA INDUSTRIA DE ALIMENTOS**, presentado por el estudiante universitario: **Miguel Angel Juárez Santizo**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 18 de marzo de 2015

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por guiarme en cada paso de mi vida. Por siempre socorrerme cuando más lo necesito. Tú eres el amigo que nunca falla.
- Virgen María** Por protegerme con tu manto sagrado cada día, y darme consuelo en momentos difíciles.
- Mi madre** Sonia Santizo y Santizo, por ser una madre amorosa y entregada a su familia. Por siempre escuchar, darme el consuelo y sabios consejos que me han guiado a lo largo de mi vida. Te amo mamá.
- Mi padre** Miguel Angel Juárez Ordóñez, por ser un padre amoroso y entregado a su familia. Por estar siempre a mi lado en cada paso que doy, y la fortaleza y sabios consejos que me han guiado a lo largo de mi vida. Lo amo papá.
- Mi hermana** Sonia Pamela Juárez Santizo, por tu apoyo incondicional en cada momento de mi carrera. Gracias por las bromas y pláticas amenas que siempre tenemos. Te amo.

Mis abuelas

Rosalba Ordóñez Miranda y Angelina Santizo Miranda, por su amor incondicional y consejos en cada momento. Siempre están en mi corazón.

Mis abuelos

Bartolomé Juárez De León y Bernabé Santizo De León, por su amor incondicional y darme esos sabios consejos de toda una vida de trabajo. Siempre los tengo en mi corazón.

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Por guiarme en cada paso de mi vida. Por siempre socorrerme cuando más lo necesito. Tú eres el amigo que nunca falla.
- Virgen María** Por protegerme con tu manto sagrado cada día, y darme consuelo en momentos difíciles.
- Mi madre** Sonia Santizo y Santizo, por apoyarme en cada paso de mi carrera y por el gran sacrificio de apoyarme en mi vida universitaria. Te amo.
- Mi padre** Miguel Angel Juárez Ordóñez, por apoyarme en cada paso de mi carrera y por el gran sacrificio de apoyarme en mi vida universitaria. Lo amo.
- Mi hermana** Sonia Pamela Juárez Santizo, por apoyarme en cada paso de mi carrera y siempre ayudarme cuando más lo necesité. Te amo.
- Mis abuelas** Rosalba Ordóñez Miranda y Angelina Santizo Miranda, porque desde el cielo me cuidaron a lo largo de mi carrera. Las amo.

Mis abuelos

Bartolomé Juárez De León, por sus sabios consejos y sé que desde el cielo me sigue cuidando y Bernabé Santizo De León, por sus sabios consejos en cada momento de mi carrera. Los amo.

Inga. Lorena Pineda

Por su asesoría y colaboración en la realización de este proyecto.

Ing. Stuardo Ávila

Por su asesoría y consejos en la realización de este proyecto. Y por haberme confiado proyectos importantes dentro de la empresa.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS	XIII
Hipótesis	XIV
INTRODUCCIÓN	XV
1. ANTECEDENTES	1
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Aminoácidos	3
2.2. Proteínas	3
2.3. Carbohidratos	3
2.4. Ácidos grasos monoinsaturados.....	4
2.5. Ácidos grasos poliinsaturados	4
2.6. Ácidos grasos saturados.....	4
2.7. Definición del frijol.....	4
2.8. Elevador de cangilones.....	6
2.8.1. Según la disposición de los cangilones los hay	6
2.8.2. Según el tipo de descarga	6
2.8.3. Materiales típicos.....	7
2.8.4. Cálculo de capacidad	7
2.8.5. Cálculo de potencia	7
2.9. Bomba neumática de doble diafragma	9

3.	DISEÑO METODOLÓGICO	11
3.1.	Variables	11
3.2.	Delimitación de campo de estudio	13
3.2.1.	Área	13
3.2.2.	Industria	13
3.2.3.	Proceso	13
3.2.4.	Etapas del proceso	14
3.3.	Recursos humanos disponibles	14
3.4.	Recursos materiales disponibles (equipo, cristalería, reactivos).....	14
3.4.1.	Cristalería de laboratorio	14
3.4.2.	Equipo de laboratorio	15
3.4.3.	Equipo de transporte, lavado y compactación.....	15
3.5.	Técnica cuantitativa	16
3.6.	Recolección y ordenamiento de la información.....	17
3.6.1.	Medición de pérdidas de frijol.....	18
3.6.2.	Rediseño de equipos	18
3.6.3.	Medición de desechos	18
3.6.4.	Balances de masa en líneas de producción.....	18
3.6.5.	Caracterización de los desechos	19
3.6.6.	Trasporte y compactación de desechos.....	19
3.6.7.	Reutilización de los desechos	19
3.7.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información ..	20
3.7.1.	Línea de frijol.....	20
3.7.1.1.	Lavadora de frijol	20
3.7.1.2.	Llenadora de frijol	21
3.7.2.	Línea de salsas de tomate	21
3.7.2.1.	Formulación de salsas.....	21
3.7.3.	Línea de pasta de tomate	22

3.7.3.1.	Llenadora	22
3.7.4.	Compactación de desechos.....	22
3.8.	Análisis estadístico	23
4.	RESULTADOS	25
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	29
6.	LOGROS OBTENIDOS	31
	CONCLUSIONES	35
	RECOMENDACIONES	37
	BIBLIOGRAFÍA	39
	ANEXOS	41

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Cangilón continuo de capacidad superior	8
2.	Bomba neumática de doble diafragma	9
3.	Diagrama de flujo del elevador de cangilones.....	16
4.	Diagrama de flujo de la bomba neumática	17

TABLAS

I.	Composición del frijol negro, procesado, refrito y envasado industrialmente	5
II.	Vitaminas y minerales del frijol negro procesado, refrito y envasado industrialmente	5
III.	Definición de variables para el aprovechamiento de los desechos de la industria, transporte y compactación de los mismos.....	11
IV.	Definición de variables en el elevador de cangilones y lavadora de frijol	12
V.	Definición de variables en la bomba neumática.....	12
VI.	Elevador de cangilones y lavadora de frijol.....	23
VII.	Desperdicio de frijol en el elevador de cangilones y lavadora.....	25
VIII.	Bomba neumática de concentrado de frutas	26
IX.	Producto terminado desechado en la línea de frijol hojalata.....	26
X.	Producto terminado desechado en la línea de frijol <i>doy pack</i>	26
XI.	Producto terminado desechado en la línea de salsa de tomate	27
XII.	Producto terminado desechado en la línea de pasta de tomate	27

XIII.	Desechos generados en la línea de frijol hojalata	27
XIV.	Desechos generados en la línea de frijol <i>doy pack</i>	28
XV.	Desechos generados en la línea de salsa de tomate	28
XVI.	Desechos generados en la línea de pasta de tomate	28
XVII.	Desperdicio después de mejoras implementadas en el elevador de cangilones y lavadora de frijol	31
XVIII.	Desperdicio de concentrado de frutas	32
XIX.	Caracterización de desechos ordinarios y materia inorgánica	32
XX.	Desechos ordinarios disponibles para convertirlos en subproductos	33

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
h	Altura en el elevador de cangilones continuos (pie)
H	Altura en el elevador de cangilones espaciados (pie)
W	Capacidad de material por cangilón (lb)
c	Capacidad de transporte de cangilones continuos (tn/h)
C	Capacidad de transporte de cangilones espaciados (tn/h)
Cp	Capacidad del proceso
n	Datos de la muestra
σ	Desviación estándar
L	Elevación del elevador de canjilones (m)
Ω	Espaciamiento entre cangilones (pulg)
M	Flujo másico (kg/s)
LIC	Límite inferior de control
LIE	Límite inferior de especificación
LSC	Límite superior de control
LSE	Límite superior de especificación
X	Media
Xi	Muestras de la base de datos
N	Número de datos
P	Potencia del elevador de cangilones (Kw)
S	Velocidad lineal (pie/min)

GLOSARIO

Ácidos grasos monoinsaturados	Son aquellos ácidos grasos de cadena carbonada, porque poseen una sola insaturación en su estructura; es decir, poseen un solo doble enlace carbono-carbono (-CH=CH-).
Ácidos grasos poliinsaturados	Son ácidos grasos que poseen más de un doble enlace entre sus carbonos.
Ácidos grasos saturados	Son generalmente de cadena lineal y tienen un número par de átomos de carbono.
Aminoácidos	Es una molécula orgánica con un grupo amino (-NH ₂) y un grupo carboxilo (COOH). Los más frecuentes y de mayor interés son aquellos que forman parte de las proteínas.
Bomba neumática de doble diafragma	Es un tipo de bomba de desplazamiento positivo alternativo, en el que el aumento de presión se realiza por el empuje de unas membranas elásticas (o diafragmas), que permiten crear un volumen variable en la cámara de bombeo, aumentándola en la fase de aspiración y reduciéndola en la fase de expulsión del fluido.

Carbohidratos	Son biomoléculas compuesta por carbono, hidrógeno y oxígeno, cuyas principales funciones en los seres vivos son el prestar energía inmediata y estructural.
Elevador de cangilones	Es un mecanismo que se emplea para el acarreo o manejo de materiales a granel verticalmente (como en el caso de granos, semillas, fertilizantes, y otros).
Empaque <i>Doy Pack</i>	La bolsa tipo <i>doy pack</i> es un innovador envase multilaminado y diseñado para sostenerse en pie.
Proteínas	Son moléculas formadas por cadenas lineales de aminoácidos.

RESUMEN

El presente estudio de la evaluación del aprovechamiento de los desechos sólidos en las líneas de frijol, salsas y pasta de tomate en una industria de alimentos; se rediseñará el elevador de cangilones, el cual es utilizado para transportar el grano de frijol hasta la lavadora. El rediseño de este elevador fue de vital importancia, debido a que se estaba desperdiciando una cantidad significativa de granos de frijol diariamente, lo cual representaba grandes pérdidas para la empresa. También se evaluaron los parámetros de operación de una bomba neumática de extracción de concentrado de frutas, para reducir o eliminar el desperdicio de materia prima, pues al momento de trabajar esta máquina dejaba concentrado en la bolsa aséptica.

La evaluación del aprovechamiento de los desechos sólidos que se generan en las líneas de frijol, salsas y pasta de tomate, se determinó mediante la caracterización de los mismos; y con ello se logró la separación de los desechos ordinarios (frijol, salsa y pasta de tomate) de la materia biodegradable y no biodegradable, generada en las líneas de producción mencionadas. Mediante la caracterización de los desechos y la compactación de los mismos, se logró maximizar el área de trabajo de la planta; y mediante la implementación de métodos físico químicos se realizó una propuesta de transformación de los desechos ordinarios de las áreas evaluadas en subproductos de la empresa.

OBJETIVOS

General

Evaluar la transformación de los desechos ordinarios de cada línea de producción de frijol, salsas y pastas de tomate en subproductos que sean económicamente rentables para la industria.

Específicos

1. Rediseñar el elevador de cangilones para que reduzca o elimine el desperdicio de materia prima.
2. Evaluar los parámetros de operación de una bomba neumática de extracción de concentrado de frutas, que reduzca o elimine el desperdicio de materia prima.
3. Caracterizar los desechos ordinarios de las líneas de salsas, pastas de tomate y frijol como materia biodegradable y no biodegradable.
4. Evaluar la compactación de los desechos y maximizar el área de trabajo de la planta.
5. Realizar una propuesta de transformación de los desechos ordinarios de las áreas evaluadas en subproductos de la industria.

Hipótesis

Hipótesis científica

El producto terminado desechado de las líneas de frijol, salsa y pasta de tomate está compuesto por materiales orgánicos, los cuales permiten la utilización de este como abono orgánico.

Hipótesis estadística

- Hipótesis nula (H_0): no existe diferencia significativa entre la cantidad de nutrientes en el abono orgánico y los desechos sólidos de las líneas de frijol, salsa y pasta de tomate.
- Hipótesis alterna (H_a): existe diferencia significativa entre la cantidad de nutrientes en el abono orgánico y los desechos sólidos de las líneas de frijol, salsa y pasta de tomate.

INTRODUCCIÓN

Esta industria dedicada a la producción de productos alimenticios, es una de las más importantes en el mercado guatemalteco. Debido a los productos que la misma produce y los procesos que conlleva la producción de los mismos, fue necesario analizar los desechos ordinarios que la industria genera, y estudiar cómo estos pueden reutilizarse y convertirse en subproductos de la misma.

Debido a que los desechos de la industria incluyen producto terminado que se ha desechado por estar mal empacado, pero que se encuentra en buen estado, fue necesario implementar métodos ingenieriles que permitieran la reutilización de estos desechos, ya que la empresa estaba perdiendo dinero con estos, y desaprovechando el área de trabajo dentro de la planta. La acumulación de estos desechos estaba generando la pérdida de área de trabajo dentro de la planta, lo cual obstaculizaba las actividades diarias dentro de la misma, por lo tanto, se hizo necesaria la implementación de métodos de control de equipos de elevación y transporte (elevador de cangilones), así como la caracterización, transporte, compactación y la transformación de estos desechos en subproductos.

1. ANTECEDENTES

Debido a los problemas que la industria tiene con los desechos que produce, se implementó un sistema subterráneo de transporte de basura desde el Área de Producción hasta el Área de Compactación, en donde se encuentran instaladas 4 prensas, con las cuales se logrará compactar los desechos que salgan del Área de Producción. Este transporte subterráneo es bastante eficaz, ya que los desechos pueden transportarse de forma rápida y sin ninguna medida de inocuidad adicional, pues no contamina la superficie de la planta por ser un transporte subterráneo de banda transportadora.

Con respecto a la reutilización de los desechos de la industria en los que se incluye frijol refrito, salsa dulce y pasta de tomate, no se tienen registros de haber incursionado en este proyecto, por lo tanto este proyecto es nuevo en la empresa.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Aminoácidos

Es una molécula orgánica con un grupo amino (-NH₂) y un grupo carboxilo (COOH). Los aminoácidos más frecuentes y de mayor interés son aquellos que forman parte de las proteínas.

2.2. Proteínas

Son moléculas formadas por cadenas lineales de aminoácidos, por sus propiedades fisicoquímicas las proteínas se pueden clasificar en simples (holoproteidos), que por hidrólisis dan solo aminoácidos o sus derivados.

Las proteínas son necesarias para la vida, sobre todo por su función plástica (constituyen el 80 % del protoplasma deshidratado de toda célula), pero también por sus funciones biorreguladoras (forman parte de las enzimas) y de defensa (anticuerpos).

2.3. Carbohidratos

Son biomoléculas compuestas por carbono, hidrógeno y oxígeno, cuyas principales funciones en los seres vivos son el prestar energía inmediata y estructural.

2.4. Ácidos grasos monoinsaturados

Ácidos grasos de cadena carbonada que poseen una sola insaturación en su estructura, es decir; poseen un solo doble enlace carbono-carbono ($-\text{CH}=\text{CH}-$).

2.5. Ácidos grasos poliinsaturados

Son ácidos grasos que poseen más de un doble enlace entre sus carbonos. Dentro de este grupo se encuentra el ácido linolénico (omega 3 y 6) que son esenciales para el ser humano, ya que tienen un efecto beneficioso en general, disminuyendo el colesterol total.

2.6. Ácidos grasos saturados

Son aquellos con la cadena hidrocarbonada repleta de hidrógenos, por lo que todos los enlaces entre sus átomos de carbono son simples, sin ningún doble enlace, lo que se traduce en una estructura rectilínea de la molécula.

2.7. Definición del frijol

El frijol común es la especie más conocida del género *Phaseolus*, de donde se deriva su nombre científico *Phaseolus vulgaris*. El frijol forma parte de la familia de las leguminosas, estos poseen un alto contenido en proteínas y en fibra, siendo así una fuente excelente de minerales. También cabe destacar la elevada cantidad de folatos que aporta y el contenido equilibrado en demás vitaminas del grupo B, exceptuando la cianocobalamina.

Tabla I. **Composición del frijol negro, procesado, refrito y envasado industrialmente**

Nombre	Agua (%)	Energía(Kcal)	Proteína(g)	Carbohidratos (g)	Ác. Grasos mono-insat.(g)	Ác. Grasos poli-insat.(g)	Ác. Grasos saturados(g)
Cantidad	75,97	94	5,49	15,53	0,56	0,15	0,47

Fuente: MENCHÚ, María. *Tabla de composición química de los alimentos*. INCAP. p. 39.

Tabla II. **Vitaminas y minerales del frijol negro procesado, refrito y envasado industrialmente**

Nombre	Calcio (mg)	Fósforo (mg)	Hierro (mg)	Tiamina (mg)	Riboflavina (mg)	Niacina (mg)	Vitamina C (mg)	Vitamina Eq. Retinol (mcg)	Potasio (mg)	Sodio(mg)	Zinc(mg)	Magnesio (mg)	Vitamina B6 (mg)	Vitamina B12 (mcg)	Ácido Fólico (mcg)	Folato Equiv. FD
Cantidad	35	86	1,66	0,03	0,02	0,31	6	0	267	299	1,17	33	0,14	0	0	11

Fuente: MENCHÚ, María. *Tabla de composición química de los alimentos*. INCAP. p. 39.

2.8. Elevador de cangilones

Este es el clásico elevador de sólidos para subidas verticales o muy inclinadas, ya que lleva el sólido en canastillas o cubetas (cangilones). De preferencia con materiales no muy pegajosos y no polvosos, este elevador mueve materiales de distinto tamaño, pero no se adaptan muy bien a los materiales muy finos, pero es capaz de llevar terrones grandes (5”). Los cangilones pueden tener diversas formas.

2.8.1. Según la disposición de los cangilones los hay

La configuración de los cangilones determina la cantidad y tipo de material a transportar, ya que la abrasividad y tamaño de partícula del material determina la configuración a utilizar.

- Espaciados
- Continuos

2.8.2. Según el tipo de descarga

Las características de los sólidos determinan la forma en que deben ser descargados, esto se debe a que existen sólidos abrasivos, livianos, pesados y otros.

- Gravitacional
- Centrífugo. (Pegajosos)

2.8.3. Materiales típicos

Los materiales que se transportan comúnmente con este elevador son: cemento, arena, carbón, *coke*, sal, porque son sólidos quebradizos y necesitan un medio de transporte uniforme.

2.8.4. Cálculo de capacidad

Determinar la capacidad del elevador de cangilones es sumamente importante, pues conociendo esta, se sabrá la cantidad de sólidos transportados por hora.

$$C \text{ (tn/h)} = 0,36 * W * S / \Omega$$

Donde:

W = libra de material por cangilón (asumiendo que se llena al 75%)

S = velocidad lineal (pie/min)

Ω = espaciamiento entre cangilones en pulgadas

Nota: las velocidades lineales son de 125 pie - 300 pie por minuto. En los continuos es de 60 por ciento de la de espaciados.

2.8.5. Cálculo de potencia

Las dos configuraciones de cangilones existentes se diferencian por la potencia que poseen, debido a que en esta influye la capacidad de transporte por hora.

$$P \text{ (Kw)} = 0,07 (M) \text{ I (elevación 0,63)}$$

Donde:

$M = \text{kg/s}$

$L = \text{elevación (m)}$

Según Perry:

$P (\text{Hp}) = C * H / 500$ (espaciados)

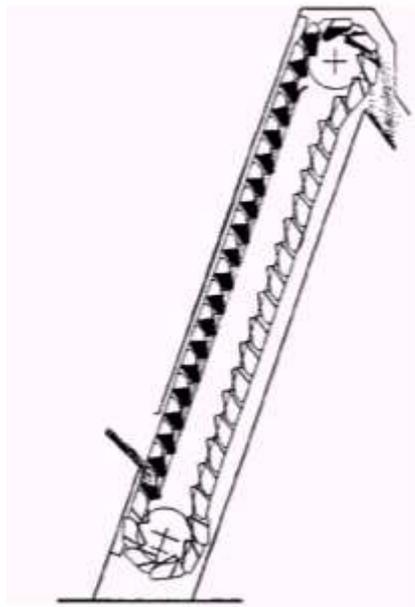
$c * h / 550$ (continuos)

Donde:

$c = t/h$

$h = \text{altura en pies}$

Figura 1. **Cangilón continuo de capacidad superior**



Fuente: PERRY. *Manual del Ingeniero Químico* 6a ed.

2.9. Bomba neumática de doble diafragma

Es un tipo de bomba de desplazamiento positivo alternativo, en la que el aumento de presión se realiza por el empuje de unas membranas elásticas (o diafragmas), que permiten crear un volumen variable en la cámara de bombeo, aumentándola en la fase de aspiración y reduciéndola en la fase de expulsión del fluido. Unas válvulas de retención (normalmente de bolas, pero también de tipo clapetas rígidas o seta) controlan que el movimiento del fluido se realice de la zona de menor presión a la de mayor presión. La acción de estas bombas es neumática, o sea que se aprovecha la presión del aire comprimido, o de cualquier otro gas compatible con el uso.

Figura 2. Bomba neumática de doble diafragma



Fuente: *manual bombas husky.*

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Variables

Como resultado de la recopilación de datos de los equipos en estudio, se determinaron las variables que influían en la recuperación de los desechos sólidos.

Tabla III. **Definición de variables para el aprovechamiento de los desechos de la industria, transporte y compactación de los mismos**

Variable	Dimensional	Factor potencial de diseño		Factores perturbadores	
		Constante	Variable	Controlable	No controlable
Peso	kg		X	X	
Velocidad	m/s		X	X	
Presión	psi	X		X	

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Definición de variables en el elevador de cangilones y lavadora de frijol**

Variable	Dimensional	Factor potencial de diseño		Factores perturbadores	
		Constante	Variable	Controlable	No controlable
Caudal	kg		X	X	
Velocidad	m/s		X	X	
Concentración de antiespumante	psi	X		X	
Ph			X	X	
Porcentaje Humedad	%		X		

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Definición de variables en la bomba neumática**

Variable	Dimensional	Factor potencial de diseño		Factores perturbadores	
		Constante	Variable	Controlable	No controlable
Presión	Bar/psi		X	X	

Fuente: elaboración propia.

3.2. Delimitación de campo de estudio

El enfoque de este proyecto fue en las líneas de frijol, salsas y pastas de tomate, ya que en estas se generaba la mayor cantidad de desechos sólidos desperdiciados.

3.2.1. Área

El desarrollo de este proyecto se llevó a cabo en el área de los residuos sólidos provenientes de las líneas de producción en estudio.

- Manejo de residuos

3.2.2. Industria

El valor monetario de los desechos sólidos aumenta cuando son consumibles. Por ello el proyecto se llevó a cabo en una industria dedicada al consumo masivo de alimentos.

- Alimentos

3.2.3. Proceso

Para lograr obtener una remuneración económica por los desechos sólidos generados por esta industria de alimentos, fue necesaria la evaluación del proyecto.

Evaluación del aprovechamiento de los desechos sólidos en las líneas de frijol, salsas y pasta de tomate en una industria de alimentos.

3.2.4. Etapa del proceso

Mediante la recolección de datos en las líneas de frijol, salsas y pasta de tomate se determinó la acción a tomar en esa etapa del proceso de evaluación.

Evaluación del aprovechamiento de los desechos de las líneas de frijol, salsas y pasta de tomate, para convertirlos en subproductos de la industria.

3.3. Recursos humanos disponibles

El desarrollo de este proyecto se llevó a cabo con el respaldo profesional de la asesora del proyecto y el asesor representante de la industria de alimentos.

- Ingeniera química Lorera Victoria Pineda Cabrera
- Ingeniero químico Merwin Stuardo Avila Santa Cruz

3.4. Recursos materiales disponibles (equipo, cristalería, reactivos)

Para la realización del presente proyecto se hizo uso de los siguientes recursos y equipos proporcionados por la empresa:

3.4.1. Cristalería de laboratorio

Para los análisis físicos químicos realizados a los desechos sólidos, fue necesaria la utilización de la cristalería del laboratorio de calidad de la industria.

- *Beacker* de 50 mL
- Varillas de agitación

- Molino
- Espátulas

3.4.2. Equipo de laboratorio

Para los análisis fisicoquímicos realizados a los desechos sólidos, fue necesaria la implementación de los equipos analíticos del laboratorio de calidad de la industria.

- Balanza analítica, marca mettler
- Potenciómetros, marca orion
- Balanza de humedad

3.4.3. Equipo de transporte, lavado y compactación

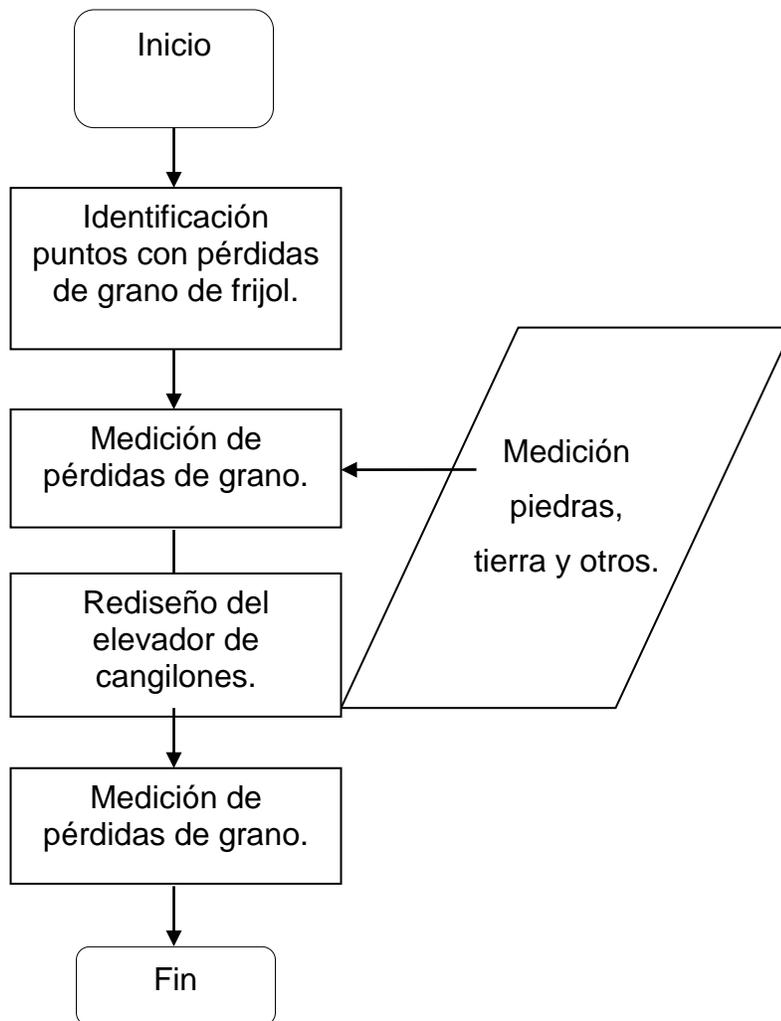
Debido a que las líneas de frijol, salsas y pastas de tomate fueron estudiadas desde el tratamiento de la materia prima. Fue necesario cuantificar el desperdicio en los equipos industriales.

- Elevador de cangilones, marca Forsberg
- Bombas neumáticas, marca Wilden
- Banda transportadora
- Ciclón, marca Forsberg
- Montacargas, marca Forsberg
- Lavadora industrial, marca Forsberg
- Prensa, marca Harmony

3.5. Técnica cuantitativa

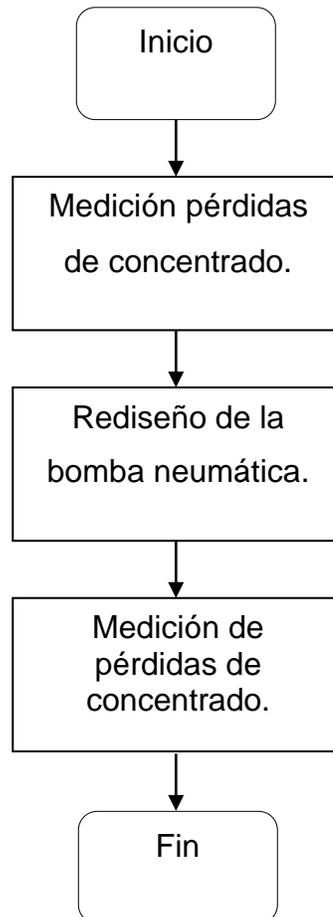
La cuantificación del desperdicio de los desechos sólidos se llevó a cabo mediante la implementación de un análisis ordenado de cada una de las líneas en estudio.

Figura 3. Diagrama de flujo del elevador de cangilones



Fuente: elaboración propia.

Figura 4. **Diagrama de flujo de la bomba neumática**



Fuente: elaboración propia.

3.6. Recolección y ordenamiento de la información

Para conocer las cantidades de desperdicio de los desechos sólidos en las líneas de producción y el impacto que estas tenían en la industria de alimentos, se procedió a la recolección y ordenamiento de dicha información.

3.6.1. Medición de pérdidas de frijol

Se cuantificó el grano de frijol desperdiciado diariamente en el elevador de cangilones, así como el concentrado de tomate de la línea de salsas y pastas, y el concentrado de frutas en el área de formulación.

3.6.2. Rediseño de equipos

Se rediseñó el elevador de cangilones mediante la reubicación de la tolva dentro del mismo, asegurando con ello la captación total de los granos de frijol. El rediseño de la bomba de doble diafragma no fue necesario, ya que las cantidades cuantificadas del concentrado de frutas no eran significativas.

Se caracterizaron los desechos de las líneas de frijol, salsas y pasta de tomate, con lo cual se logró la separación del producto terminado de los materiales inorgánicos provenientes de las líneas de producción mencionadas.

3.6.3. Medición de desechos

Se cuantificó el material biodegradable y no biodegradable que sale de cada línea de producción de frijol, salsas y pasta de tomate así como el producto terminado en buen estado que se desecha por un mal empaque.

3.6.4. Balances de masa en líneas de producción

Mediante la información recabada de la medición de producción y desechos de cada línea de producción, se implementaron balances de masa en cada línea de producción de frijol enlatado y en bolsa, en la línea de salsas y pastas de tomate, con lo cual se determinó cuánto de lo que se produce se

estaba desechando. Con ello se logró obtener un aproximado de cuánto producto terminado se tiene disponible para su reutilización.

3.6.5. Caracterización de los desechos

Se separaron los desechos ordinarios como frijol, salsa y pasta de tomate de la materia biodegradable y no biodegradable, esto se realizó mediante la utilización de recipientes industriales de recolección de desechos.

3.6.6. Transporte y compactación de desechos

Se implementó la operación unitaria de transporte por medio de una banda transportadora subterránea, para transportar los desechos caracterizados, hacia el área de compactación de los mismos; logrando con ello maximizar el área de trabajo y eliminando la obstaculización que los desechos provocan en las actividades diarias de la planta.

Se implementó también la operación unitaria de compactación, para reducir el área de ocupamiento de los desechos, esto se realizó mediante la utilización de la prensa de compactación ubicada en el área de descarga de desechos de la planta.

3.6.7. Reutilización de los desechos

Se evaluó el aprovechamiento de los desechos de la planta para transformarlos en subproductos que generarán un beneficio económico para la empresa, y se concluyó que la mezcla de estos desechos, con los lodos activados de la planta de tratamiento, puede utilizarse como abono orgánico.

3.7. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

La recopilación de datos inició en la línea de frijol, ya que en esta se desperdiciaba la mayor cantidad de materia prima, siendo esta línea la más grande de las tres en estudio.

3.7.1. Línea de frijol

El desarrollo de este proyecto inició en la línea de frijol, ya que es la más grande de esta industria de alimentos y por lo tanto en donde mayor desperdicio de materia prima y producto terminado se generaba.

3.7.1.1. Lavadora de frijol

La fase experimental de este proyecto se inicia con el análisis de las áreas de desperdicio de materia prima y producto terminado de las líneas de frijol en hojalata y en bolsa *doy pack*. Este análisis comenzó en el área de la lavadora de frijol, en donde se ubicaron los puntos de desperdicio del grano de frijol seco y lavado. Posteriormente a la ubicación de estos puntos, se cuantificaron las pérdidas de granos de frijol húmedo, ya que este se encontraba en el piso al momento de la recolección, por lo que se procedió a secar el frijol recolectado de cada área durante dos días, y determinando la humedad relativa del grano de frijol, se obtuvo el peso en base seca del mismo.

Al conocer la cantidad de desperdicio de materia prima en esta área, se procedió al rediseño del elevador de cangilones, este rediseño consistió en implementar un sistema de retención del grano de frijol en la tolva superior del elevador, este sistema se basó en la velocidad a la que es transportado el grano por los cangilones. También se propuso una serie de reparaciones en el

equipo, ya que debido a la velocidad con la que los granos transitan por el equipo, se ha desgastado el mismo, y por lo tanto existían fugas, que permitían el desperdicio del grano de frijol.

Para mantener las mejoras realizadas tanto en rediseño del elevador de cangilones, como en reparaciones en el mismo y la lavadora de frijol, se elaboró un procedimiento de lavado de frijol, el cual se enfocó directamente en el manejo adecuado del elevador de cangilones.

3.7.1.2. Llenadora de frijol

Para conocer la cantidad de frijol procesado, que se desperdicia en las llenadoras, se cuantificó cuantas latas y bolsas de frijol *doy pack*, se generaban, y luego de ello se procedió a la extracción del producto terminado de los cada uno de los recipientes. Con ello se obtuvo el peso real de frijol procesado que se desecha por hora en cada una de las líneas en estudio.

3.7.2. Línea de salsas de tomate

En esta línea de producción se cuantificó el desperdicio de concentrado de tomate, ya que es materia prima que alimenta la línea de salsas y pastas.

3.7.2.1. Formulación de salsas

Se cuantificó la cantidad de concentrado que se desperdicia en la bolsa aséptica de cada lote de concentrado de tomate. Mediante la tara de cada una de las bolsas plásticas que componen la bolsa aséptica, y restando esta tara el peso de la bolsa con concentrado, se obtuvo el peso real de concentrado

desperdiciado, este dato se obtuvo del promedio de 5 mediciones consecutivas de lotes de concentrado de tomate.

Para disminuir esta pérdida se adicionó un paso en la metodología de formulación, con el cual esta pérdida de concentrado disminuyó en un 98 por ciento. De igual forma se procedió con la cuantificación del concentrado de frutas, pero aquí no se implementó ninguna corrección, debido a que el desperdicio en la bolsa aséptica es un valor insignificante.

3.7.3. Línea de pasta de tomate

La cuantificación del desperdicio de sólidos, inició en el área de formulación, ya que la materia prima para esta línea es el concentrado de tomate.

3.7.3.1. Llenadora

Para conocer la cantidad de pasta de tomate desperdiciada en la llenadora, se procedió a cuantificar la cantidad de producto que se perdía por el mal sellado de las bolsas *doy pack* en cada *batch*, pero el desperdicio cuantificado fue poco significativo, ya que lo que más se desperdicia en esa línea es la bolsa *doy pack*, sin producto terminado.

3.7.4. Compactación de desechos

Al culminar con la caracterización de los desechos en las líneas de frijol, salsas y pasta de tomate, se procedió al transporte de estos al área de compactación, en donde mediante la operación unitaria en mención se llevó a cabo.

Tabla VI. **Elevador de cangilones y lavadora de frijol**

Mediciones	Áreas estudiadas					
	Forsberg (g)	Cangilones (g)	Tolva (g)	Limpiador a (g)	1era. Estación lavadora (g)	Área Álabes (kg)
Tara bolsa plástica	6,20	6,20	6,20	6,20	6,20	0,0062
Peso inicial	840	1000,20	740,30	340,20	84,04	10,02
Peso real al inicio	833,80	994	734	334	77,84	3,82
Piedras generadas	212,91	11,18	0,09	0	0,33	0,00087
Otros materiales	1,57	19,34	0,18	0	0	0,01
Peso final	619,32	963,48	733,83	334	77,51	3,81
Porcentaje de humedad	13,21	13,21	9,38	10,20	9,49	8,61
Peso en base seca	537,51	836,20	665	299,93	70,15	3,48
Porcentaje de recuperación	64,46	84,13	90,59	89,80	90,13	91,13
No. Retortas	6					

Fuente: elaboración propia.

3.8. Análisis estadístico

Para conocer la capacidad de proceso de las líneas de frijol, salsa y pasta de tomate, se implementó el Método Estadístico de Números Aleatorios. Esto se logró utilizando la tabla que contiene dichos números (ver anexos tabla XVIII). Este método consistió en utilizar el tiempo de horas que se trabaja en la empresa, las cuales se convirtieron a minutos, y por medio de los números

aleatorios se encontró el límite inferior de especificación, y el límite superior de especificación lo proporcionó la casa matriz, por lo tanto con estos datos se determinó que el proceso de cada línea en estudio, es capaz de producir los alimentos bajo especificación, a pesar de los desperdicios generados en cada una de las líneas de frijol, salsas y pasta de tomate.

4. RESULTADOS

Luego de haber culminado con la metodología de recopilación de datos en cada una de las líneas de producción en estudio, se obtuvieron resultados significativos, con respecto al desperdicio generado en las mismas.

Tabla VII. **Desperdicio de frijol en el elevador de canjilones y lavadora**

Perdidas en el lavado por Semana				Costo	
Tiempo de lavado (min)	Área estudiada	Frijol desperdiciado (kg)	Porcentaje de pérdidas (%)	Mensual	Anual
65	Tolva hacia despedradora	78,14	25 %	Q 6 080,80	Q 70 860,62
	Carrito frente al elevador	74,10	24 %	\$ 780,00	\$ 9 085,00
	Tolva hacia lavadora	82,84	26 %		
	Despedradora	7,07	2 %		
	Cajilla debajo de lavadora	7,07	2 %		
	Área de Dámper	63,58	20 %		
	Total semana	312,80	100 %		
	Total mes	1 251,22			
	Total año	15 014,58			

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Bomba neumática de concentrado de frutas**

Mediciones					
Tipo de concentrado	N° de bolsas asépticas	Tara bolsa aséptica (kg)	Peso inicial (kg)	Peso real al inicio (kg)	Porcentaje de recuperación
Manzana	5	0,019	0,10	0,081	0,041
Melocotón	5	0,019	0,064	0,045	0,023
Pera	5	0,019	0,0488	0,029	0,015
Piña	5	0,019	0,06	0,041	0,021

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Producto terminado desechado en la línea de frijol hojalata**

N° retortas	Cantidad desperdiciada (kg)
4	150,75
4	180,20
4	101,4
4	161,44
4	173,60

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Producto terminado desechado en la línea de frijol *doy pack***

N° retortas	Cantidad desperdiciada (kg)
4	16
4	12
4	17,4
4	10,01
4	14

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Producto terminado desechado en la línea de salsa de tomate**

Cantidad producida (kg)	Cantidad desperdiciada (kg)
400	35
400	30
400	40
400	42
400	24

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Producto terminado desechado en la línea de pasta de tomate**

Cantidad producida (kg)	Cantidad desperdiciada (kg)
520	10
520	8
520	12,30
520	10,10
520	8,40

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Desechos generados en la línea de frijol hojalata**

Tipo de desecho	kg
Plástico	10
Hojalata	15
Papel	2

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Desechos generados en la línea de frijol *doy pack***

Tipo de desecho	kg
Plástico	6
Papel	1,02
<i>Doy Pack</i>	4

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Desechos generados en la línea de salsa de tomate**

Tipo de desecho	kg
Plástico	2
Pet	10,2
Vidrio	3
Papel	1,02

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Desechos generados en la línea de pasta de tomate**

Tipo de desecho	kg
Plástico	0,42
<i>Doy Pack</i>	8
Cartón	0,48

Fuente: elaboración propia.

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

De los datos recopilados en la lavadora de frijol, se observó que la mayor cantidad de desperdicio de grano se encontraba en la tolva superior del elevador de cangilones, ya que la descarga de este grano no era uniforme, provocando el rebote de los granos y la caída hacia el suelo de los mismos a través del ducto lateral del elevador.

Por lo tanto fue necesario rediseñar el sistema de descarga del grano, colocando un sistema de retención, mediante un cepillo de cerdas de PVC, las cuales limpiarían el cangilón y retendrían el grano dentro de la tolva superior. En el área de la tolva que transporta el frijol hacia la despedradora, se rediseño la tolva para lograr una mayor área de descarga, y por consiguiente facilitar la operación de vertido de frijol a los operadores del área.

En el resto de áreas en donde se desperdiciaba frijol, se logró disminuir este desperdicio mediante la implementación de reparaciones en el equipo y capacitación al personal sobre el manejo adecuado de la lavadora de frijol. Con este rediseño y trabajos implementados en el área de la lavadora de frijol, se logró disminuir el desperdicio de grano, consiguiendo un beneficio económico para la empresa.

De las mediciones realizadas en el área de formulación de bebidas se observó que el desperdicio de concentrado de frutas para bebidas era insignificante, ya que la cantidad de concentrado que la bomba de doble diafragma Wilden logra bombear en más del 99 por ciento del concentrado contenido en cada uno de los recipientes, y el concentrado que queda en estos

recipientes, son solo trazas del mismo, por lo tanto no fue necesario el rediseño de esta bomba.

Las cantidades de producto terminado que se cuantificaron en las líneas de frijol, salsas y pasta de tomate, fueron significativas; por lo tanto se procedió a convertir este producto terminado desechado en un subproducto de la empresa. Esto consistió en mezclar los lodos activados de la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa con estos desechos. Siendo ambos materiales orgánicos se logró vender como abono orgánico, y de esta manera la reutilización de los mismos, que anteriormente eran desechados a la basura, y ahora le dan un beneficio económico a la empresa.

También se cuantificaron los materiales no biodegradables generados en cada una de las líneas en estudio, de ello se obtuvieron cantidades significativas que al momento de ser recolectadas y enviadas al área de acopio, obstaculizaban el paso. Por lo tanto se procedió a la compactación de estos materiales, los cuales se proporcionaron a una empresa que aprovecha el poder calorífico de los mismos, logrando con ello maximizar el área de trabajo de la empresa, y aprovechar los materiales que se desechan en las líneas de frijol, salsas y pasta de tomate.

6. LOGROS OBTENIDOS

Al haber implementado las medidas correctivas a cada una de las líneas de producción, se cuantificó nuevamente el desperdicio de desechos sólidos, logrando con ello conocer el porcentaje de recuperación de los mismos.

Tabla XVII. **Desperdicio después de mejoras implementadas en el elevador de cangilones y lavadora de frijol**

Perdidas en el lavado por Semana				Costo	
Tiempo de lavado (min)	Área estudiada	Frijol desperdiciado (kg)	Porcentaje de pérdidas (%)	Mensual	Anual
32	Tolva hacia despedradora	1,74	4%	Q 632,14	Q 7 585,68
	Carrito frente al elevador	1	2%	\$ 81,04	\$ 972,52
	Tolva hacia lavadora	0,81	2%		
	Despedradora	1,87	5%		
	Cajilla debajo de lavadora	1,20	3%		
	Área de Dámper	30,26	82%		
	Total semana	36,88	100%		
	Total mes	147,52			
	Total año	1 770,24			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Desperdicio de concentrado de frutas**

Tipo de concentrado	N° de bolsas asépticas	Tara bolsa aséptica (kg)	Peso inicial (kg)	Peso real al inicio (kg)	Porcentaje de recuperación
Manzana	5	0,019	0,10	0,081	0,041
Melocotón	5	0,019	0,064	0,045	0,023
Pera	5	0,019	0,0488	0,029	0,015
Piña	5	0,019	0,06	0,041	0,021
			Total	0,196	0,1

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Caracterización de desechos ordinarios y materia inorgánica**

Tipo de desecho	Caracterización/semana (kg)	Área maximizada
Frijol	836,8	40%
Salsa de tomate	171	
Pasta de tomate	48,80	
Plástico	18,42	
Hojalata	15	
Papel	4,04	
<i>Doy Pack</i>	12	
Pet	10,2	
Vidrio	3	
Cartón	48	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Desechos ordinarios disponibles para convertirlos en subproductos**

Tipo de desecho	Caracterización/semana (kg)	Total (kg)
Frijol	836,8	1 056,6
Salsa de tomate	171	
Pasta de tomate	48,80	

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Se redujo en un 80 por ciento el desperdicio de grano en la lavadora de frijol mediante la implementación de un cepillo retenedor de granos en la parte superior de elevador de cangilones, con el rediseño de la tolva de vertido manual de frijol y con la reparación de las áreas de desperdicio de la lavadora.
2. Es factible aprovechar los residuos orgánicos de las líneas de producción de frijol, salsas y pastas de tomate, para abono orgánico o para comida de animales de granja.
3. El desperdicio de concentrado en el área de formulación de bebidas, no fue significativo, por lo tanto no era económicamente viable el rediseño de la bomba de doble diafragma.
4. Es factible aprovechar los residuos de frijol refrito, salsa y pasta de tomate, ya que al ser mezclados con lodos activados pueden utilizarse como abono orgánico.
5. Se maximizó el área de acopio de desechos sólidos mediante la compactación de los mismos.

RECOMENDACIONES

1. Hacer un programa de mantenimiento adecuado a todos los equipos de la lavadora de frijol, y cambiar el cepillo retenedor de granos de frijol cuando este sufra un desgaste.
2. Aplicar el manual de operaciones, como producto del EPS, para mantener el adecuado funcionamiento de los equipos de la lavadora de frijol.
3. El producto terminado que se desecha de las líneas de frijol, salsas y pasta de tomate, puede ser vendido como comida para animales.
4. Para hacer eficiente el tiempo de compactación de los desechos no biodegradables, sería de gran ayuda implementar una compactadora más, para que el área de trabajo en la planta se maximice a un 80 por ciento.

BIBLIOGRAFÍA

1. DEVORE, Jay. *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. 7a ed. México: McGraw Hill, 2012. 691 p.
2. Enciclopedia Electrónica. *Ácidos grasos*. [en línea].
<http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_graso>. [Consulta: 26 de marzo de 2014].
3. _____. *Aminoácidos*. [en línea].
<<http://es.wikipedia.org/wiki/Aminoacidos>>. [Consulta: 26 de marzo de 2014].
4. _____. *Carbohidratos*. [en línea].
<<http://es.wikipedia.org/wiki/Carbohidratos>>. [Consulta: 26 de marzo de 2014].
5. _____. *Proteínas*. [en línea].
<<http://es.wikipedia.org/wiki/Proteinas>>. [Consulta: 26 de marzo de 2014].
6. GALLO CÁRDENAS, Douglas David. *Determinación del tiempo promedio de vida de anaquel del frijol negro refrito (Phaseolus vulgaris. Carolus Linnaeus)*. Trabajo de graduación de Ingeniería Química. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. Facultad de Ingeniería, 2013. 93 p.

7. MENCHÚ, María T. *Tabla de composición de alimentos de Centroamérica*. [en línea]. <www.incap.org.gt/.../80-tabla-de-composicion-de-alimentos-de-centroamerica.com>. [Consulta: 26 de marzo de 2014].

8. PERRY, R. H. *Manual del ingeniero químico*. 6a ed. México: McGraw - Hill. 2012. 812 p.

ANEXOS

1. Método de Números Aleatorios

60187	61616	01429	07970	05517	52925	24104	78607	54766	81929	64989	70598
92235	65438	43635	33491	76225	22874	32949	53458	33228	45994	68244	39277
12179	71549	35520	18410	09560	49352	18799	62691	64569	63562	67390	83020
96758	03754	49321	87936	05413	46398	59110	89617	45552	09502	08042	64503
81941	00413	92880	14720	15730	62752	49866	59884	96847	00547	51754	71767
35083	25609	52866	05053	40544	02404	82240	24555	18246	99256	35920	54700
39795	55189	63958	00523	68412	40072	22616	88596	25564	80705	60824	26050
04684	48679	83415	37955	65891	01837	83777	80313	00016	44514	36851	82946
95281	22927	92719	81129	38087	75798	34156	26179	64881	64855	04107	77566
61761	72165	93396	24129	57458	02172	99906	48923	58897	10583	55176	42035
89158	23935	85897	17489	96832	74511	10503	38772	75055	60701	49418	22027
87659	49248	75616	55824	70556	60477	49051	95471	54228	45660	34622	53346
61290	29451	81591	71628	69040	24177	00937	14660	43365	81714	26704	07688
22969	39863	79240	69571	06134	07533	11463	67761	19585	32654	46391	25845
88341	53728	54030	57746	38350	59710	07233	02859	18183	29955	37665	51931
76125	84080	57750	44663	65413	52483	16579	28744	59485	29756	10142	65481
57259	72786	58410	09819	21147	35495	36026	04003	53607	73773	59021	21844
78566	78103	72208	95789	90762	58178	98995	29343	25884	64372	91624	00007
98613	40645	38460	72468	57198	12609	59809	56698	64823	42148	33746	65625
24818	22024	90561	66690	10909	24874	00407	39525	45822	06386	39067	91438
16756	20883	99623	18549	48874	79505	07836	64706	86492	43209	66736	02764
58026	16213	45300	99666	30045	33612	71236	32466	14378	77303	53584	82449
92318	78135	77401	05432	80591	01808	06575	19772	18409	62345	48777	52879
79913	64612	46873	29419	94288	43852	96845	07705	56612	49021	59375	54988
47849	82163	92766	91118	43332	00205	73493	31010	64403	60476	71086	11561
65684	90076	46499	99961	04640	65348	62136	60955	20674	37175	12953	96211
85182	02165	00222	79531	88275	32814	05581	57854	07131	98399	27174	34986

Continuación del anexo 1.

93372	81526	44197	77082	39869	27952	63894	62859	07997	02961	70235	33056
69281	06032	02737	31736	33836	03687	16198	33692	08045	81293	55733	22027
05182	73514	43106	08667	06729	58118	52900	85188	47180	91082	06920	67812
33036	62571	36110	24001	54241	04768	77200	26255	01273	91475	07766	54361
54274	46169	71217	95137	10393	81874	95444	03204	25117	44843	51911	28472
64770	80383	57006	16244	07391	18143	32847	65513	77654	36712	12892	35158
88963	89783	95292	58789	28952	25140	79045	74550	88692	88266	43953	78395
66496	15950	48691	87224	02908	36236	26872	28073	94726	00038	69420	73307
92684	52059	10623	90081	24393	97230	75743	88153	65886	66036	82653	71506
27802	21872	12534	50258	54590	11102	13500	24100	31779	84086	50011	62043
65323	09748	84002	47292	03963	44708	36373	28247	38510	04319	42977	29398
16068	46960	93170	14690	48202	16681	02606	52528	21671	90897	27346	00489
12277	52468	37647	95714	56936	58653	27709	57958	51261	11305	69391	21469
33591	95745	52924	24746	85429	12795	49179	34693	23400	64321	66840	28311
97913	92870	94060	54543	13067	08226	03552	31939	30547	76205	92949	34667
28460	07667	82973	50836	80117	89671	94457	53871	30010	95490	53393	51668
77765	80720	19097	23378	85256	47852	86389	42395	64323	00360	28498	75145
56455	09554	41277	94829	32407	83852	45307	33502	43459	93587	65021	51088
09340	81273	50194	49264	84016	77208	94425	82524	89131	45144	04900	22490
43427	44132	40201	71909	81544	95475	38893	94075	06065	84857	34524	67346
81452	15910	27522	66755	31080	45973	96723	26980	91803	11635	81915	02134
42060	31261	47032	52807	17822	88687	89641	69164	23536	74493	57168	09503
64625	25286	92781	54268	37993	35873	20539	79859	51385	09655	87352	66894

Fuente: DEVORE. *Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias 7ma. Edición.*

- **Ecuaciones:**

$$\text{Ec. 1} \quad C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$$

Donde:

Cp= capacidad de proceso

LSE= límite superior de especificación

LIE= límite inferior de especificación

σ = desviación estándar

$$\text{Ec. 2} \quad LSE = \text{Objetivo} + 3,5\% * \text{Objetivo}$$

Donde:

LSE= límite superior de especificación

$$\text{Ec. 3} \quad LIE = \text{Objetivo} - 3,5\% * \text{Objetivo}$$

Donde:

LIE= límite inferior de especificación

$$\text{Ec. 4} \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{N}}$$

Donde:

σ = desviación estándar

\bar{X} = media

X_i = muestras de la base de datos

N = número de datos

$$\text{Ec. 5} \quad \bar{X} = \frac{\sum n}{N}$$

Donde:

\bar{X} = media

n = datos de la muestra

N = número de datos

$$\text{Ec. 6} \quad \text{LSC} = \bar{X} + 3\sigma$$

Donde:

LSC = límite superior de control

\bar{X} = media

σ = desviación estándar

$$\text{Ec. 7} \quad \text{LIC} = X - 3\sigma$$

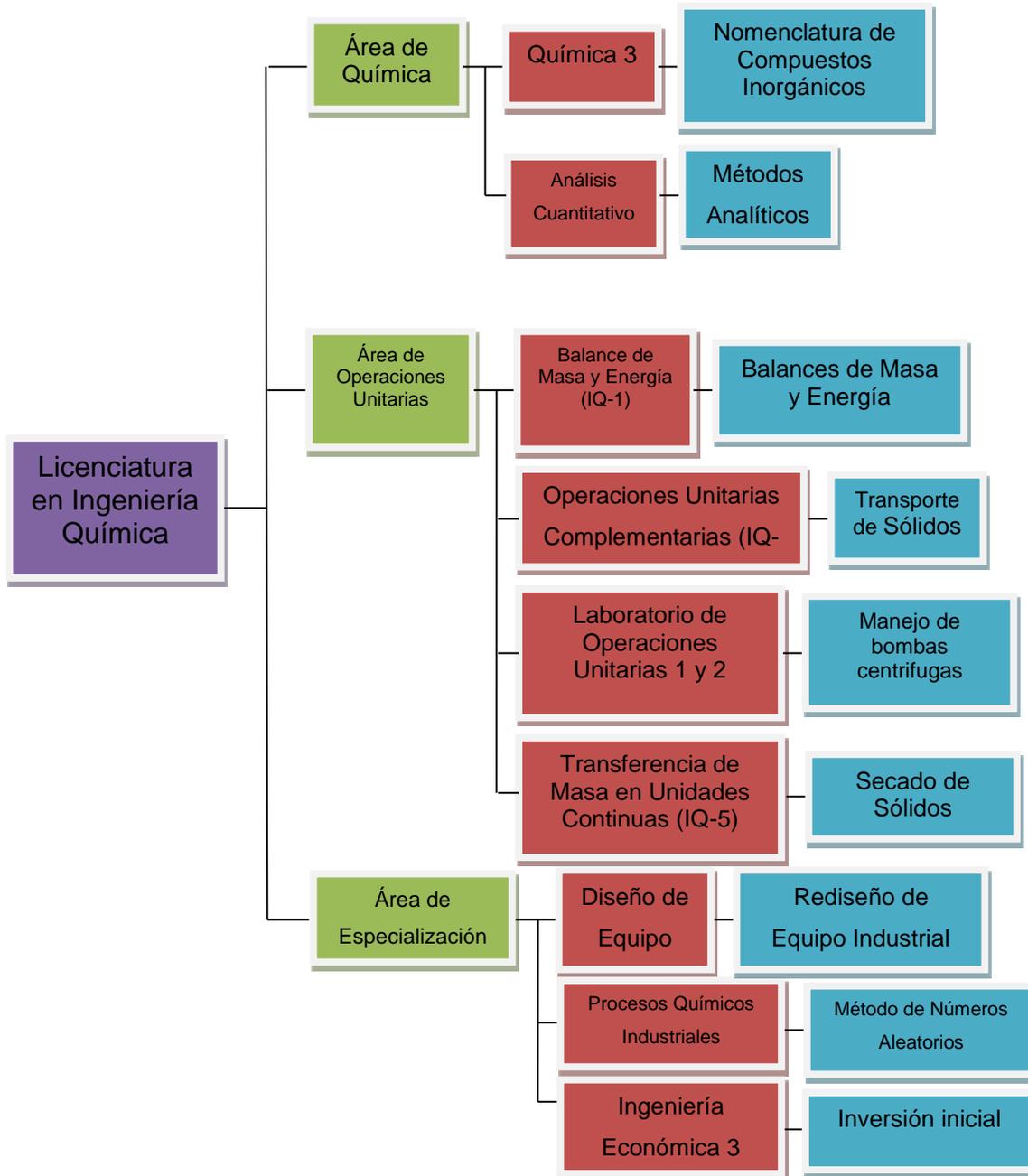
Donde:

LIC= límite inferior de control

X= media

σ =desviación estándar

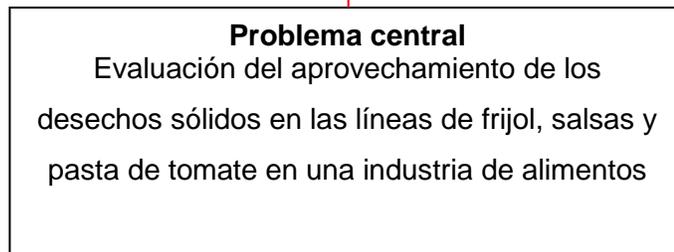
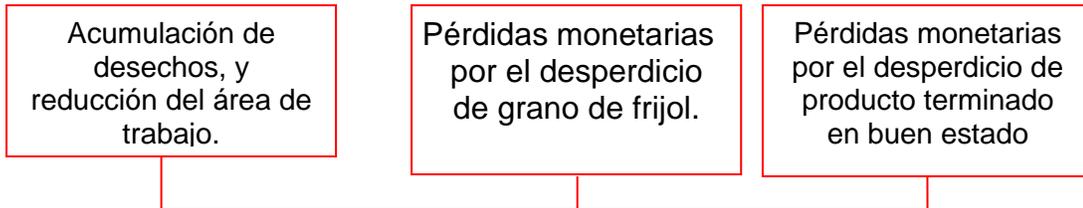
2. Tabla de requisitos académicos



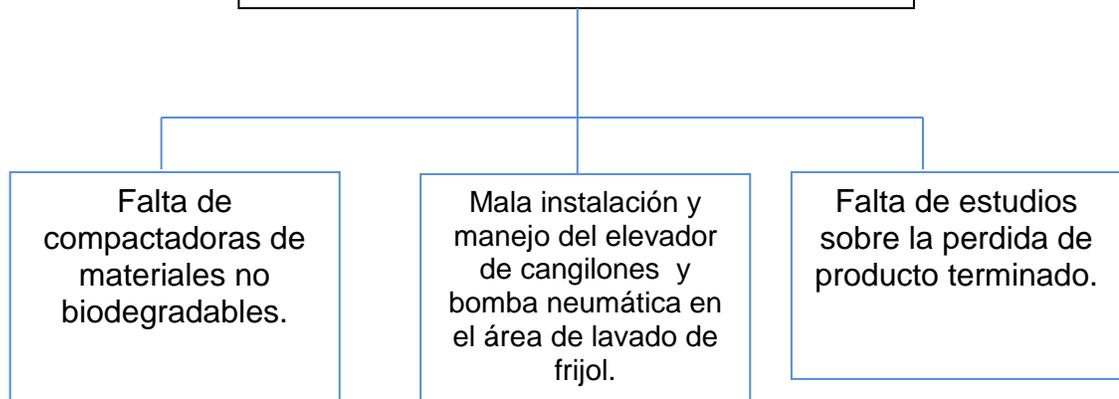
Fuente: elaboración propia.

3. Diagrama Ishikawa

Efectos



Causas



Fuente: elaboración propia.

