



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Maestría en Gestión Industrial

**EVALUACIÓN DE UN ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO DE MONTAJE DE  
UNA LÍNEA ENVASADORA DE ACEITE VEGETAL**

**Ing. Gustavo Recinos Mendoza**

Asesorado por el Ing. Mario Rousselin Sandoval MSc.

Guatemala, julio de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DE UN ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO DE MONTAJE DE  
UNA LÍNEA ENVASADORA DE ACEITE VEGETAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO AL COMITÉ DE LA MAESTRÍA DE GESTIÓN INDUSTRIAL  
POR

**GUSTAVO ADOLFO RECINOS MENDOZA**

ASESORADO POR EL MSc. Ing. MARIO ROUSSELIN SANDOVAL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS EN GESTIÓN INDUSTRIAL**

GUATEMALA, JULIO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Rosa Amarilis Dubón Mazariegos
EXAMINADOR	Ing. José Luis Duque Franco
EXAMINADOR	Ing. César Augusto Akú Castillo
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 DE UN ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO DE MONTAJE DE UNA LÍNEA ENVASADORA DE ACEITE VEGETAL**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, con fecha 08 de febrero de 2011.

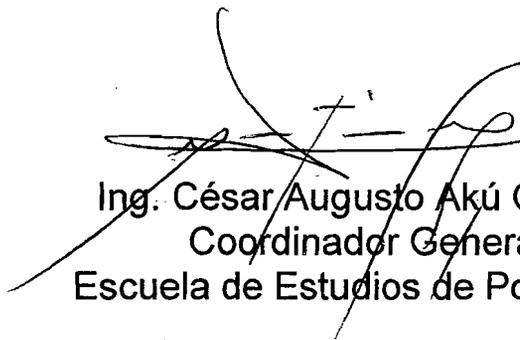
Gustavo Adolfo Recinos Mendoza



Facultad de Ingeniería  
Escuela de Estudios  
De Postgrado

Como Coordinador de la Maestría en Gestión Industrial, y revisor del trabajo de tesis de graduación titulado **“EVALUACIÓN DE UN ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO DE MONTAJE DE UNA LÍNEA ENVASADORA DE ACEITE VEGETAL”**, presentado por el Ingeniero Químico **Gustavo Adolfo Recinos Mendoza**, apruebo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Ing. César Augusto Akú Castillo  
Coordinador General  
Escuela de Estudios de Postgrado



Guatemala, julio de 2012.

Cc: archivo  
/la

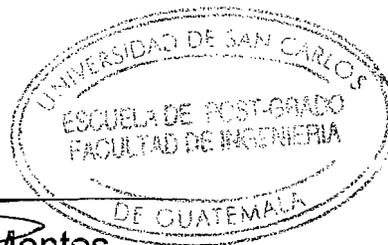


Facultad de Ingeniería  
Escuela de Estudios  
De Postgrado

Como Revisor de la Maestría en Gestión Industrial del trabajo de tesis de graduación titulado **EVALUACIÓN DE UN ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO DE MONTAJE DE UNA LÍNEA ENVASADORA DE ACEITE VEGETAL**. Presentado por el Ingeniero Químico **Gustavo Adolfo Recinos Mendoza**, apruebo el presente y recomiendo la autorización del mismo.

*"ID Y ENSEÑAD A TODOS"*

Dra. Mayra Virginia Castillo Montes  
Directora  
Escuela de Estudios de Postgrado



Guatemala, julio de 2012.

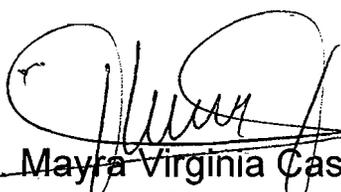
Cc: archivo  
/la

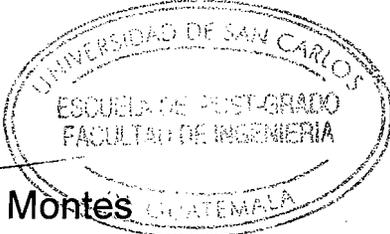


Facultad de Ingeniería  
Escuela de Estudios  
De Postgrado

El Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen y dar el visto bueno del revisor y la aprobación del área de Lingüística del trabajo de tesis de graduación titulado **“EVALUACIÓN DE UN ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO DE MONTAJE DE UNA LÍNEA ENVASADORA DE ACEITE VEGETAL”** presentado por el Ingeniero Químico **Gustavo Adolfo Recinos Mendoza**, apruebo el presente y recomiendo la autorización del mismo.

*“ID Y ENSEÑAD A TODOS”*

  
Dra. Mayra Virginia Castillo Montes  
Directora  
Escuela de Estudios de Postgrado



Guatemala, julio de 2012.

Cc: archivo  
/la



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 Postgrado, al trabajo de graduación de la Maestría en Gestión Industrial titulado: **EVALUACIÓN DE UN ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO DE MONTAJE DE UNA LÍNEA ENVASADORA DE ACEITE VEGETAL**, presentado por el Ingeniero Químico **Gustavo Adolfo Recinos Mendoza**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

A large, handwritten signature in black ink, appearing to read 'Murphy Olimpo Paiz Recinos', is written over a large, empty oval shape.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
DECANO



Guatemala, julio de 2012.

## **ACTO QUE DEDICO A:**

**Dios**

Por darme la oportunidad de alcanzar mis metas y enseñarme a seguir adelante.

**Mi madre**

Patricia Mendoza Hernández, por tener siempre fe en mí, por ser la persona que me ha apoyado cuando lo he necesitado y ser mi ejemplo a seguir.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por ser parte importante de mi vida.
<b>Mi madre</b>	Por su gran esfuerzo para sacarme adelante y por ayudarme siempre.
<b>Mis amigos</b>	Por estar conmigo en las buenas y en las malas.
<b>Mi asesor</b>	Ing. Mario Rousselin Sandoval por su apoyo para poder finalizar mi carrera.

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	III
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS .....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Etapas de elaboración del aceite vegetal.....	2
1.2.1. Preparación de las materias primas .....	2
1.2.2. Extracción mecánica .....	3
1.2.3. Lixiviación .....	4
1.2.4. Neutralización .....	5
1.2.5. Decoloración ( <i>Bleaching</i> ) .....	6
1.2.6. Desodorización .....	7
1.3. Propiedades químicas de los aceites vegetales.....	9
1.4. Economía y producción de aceite en Guatemala .....	11
2. ESTUDIO TÉCNICO .....	15
2.1. Descripción del estudio técnico.....	15
2.2. Análisis de riesgo.....	16
2.2.1. Simulación de Monte Carlo .....	17
2.3. Capacidad de la envasadora .....	24
2.4. Diseño de la planta .....	30

2.5.	Equipos auxiliares .....	33
3.	ESTUDIO ECONÓMICO .....	39
3.1.	Descripción del estudio económico .....	39
3.2.	Determinación de las inversiones .....	40
3.2.1.	Inversión fija .....	41
3.2.2.	Inversión diferida .....	44
3.2.3.	Capital de trabajo .....	44
3.3.	Análisis financiero .....	46
3.3.1.	Valor actual neto (VAN) .....	47
3.3.2.	Tasa interna de retorno (TIR) .....	48
3.3.3.	Plazo de recuperación o <i>payback</i> .....	49
3.4.	Evaluación del proyecto .....	50
3.5.	Punto de equilibrio.....	55
4.	IMPACTO AMBIENTAL .....	59
4.1.	Descripción del estudio de impacto ambiental.....	59
4.2.	Reciclaje de polietileno tereftalato (PET).....	62
	CONCLUSIONES .....	65
	RECOMENDACIONES .....	67
	BIBLIOGRAFÍA .....	69
	APÉNDICES .....	71
	ANEXO .....	79

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Estructura básica de un triglicérido.....	9
2.	Importaciones de grasas y aceites en Guatemala para consumo humano.....	14
3.	Flujo diseño de planta envasadora.....	32
4.	Planta envasadora vista aérea frontal.....	32
5.	Movimiento de fluido desde un punto bajo a un punto alto.....	36
6.	Gráfica de punto de equilibrio del proyecto de envasado de aceite vegetal.....	58
7.	Diagrama de flujo de reciclaje químico de PET.....	63
8.	Esquema reciclaje mecánico PET.....	64

### TABLAS

I.	Diferentes concentraciones de ácidos carboxílicos en los aceites vegetales más comunes.....	10
II.	Datos de ventas mensual por producto tabla base (cientos), de enero a junio.....	19
III.	Datos de ventas mensual por producto tabla base (cientos), de junio a diciembre.....	20
IV.	Límites mínimos por año para la simulación de Monte Carlo con base en los datos de ventas en cientos.....	21

V.	Límites máximos por año para la simulación de Monte Carlo con base en cuadro ventas proporcionado por la empresa de distribución de aceite vegetal en cientos .....	22
VI.	Demanda máxima mensual por producto en un período de 5 años con base a datos proporcionados por simulación de Monte Carlo .....	25
VII.	Valores máximos de máximos de las demandas mensuales para cada producto en un período de 5 años .....	25
VIII.	Equivalencias del producto envasado en PET .....	26
IX.	Total equivalente de unidades para el empaque en bolsa a PET .....	27
X.	Equivalencias del producto envasado bolsa .....	28
XI.	Capacidades calculadas, unidades/minuto de las máquinas en los diferentes escenarios .....	29
XII.	Inversión en sistema de pesaje de pipas con aceite .....	41
XIII.	Inversión de seguridad para el proyecto .....	41
XIV.	Inversión de equipos para descarga de aceite vegetal .....	42
XV.	Inversión de envasado de aceite vegetal .....	43
XVI.	Desglose de inversión debido al capital de trabajo .....	44
XVII.	Resumen de la inversión total del proyecto .....	45
XVIII.	Flujo de caja escenario A con inversión de báscula (miles de dólares) .....	52
XIX.	Flujo de caja escenario A sin inversión de báscula (miles de dólares) .....	52
XX.	Flujo de caja escenario B sin inversión de báscula (miles de dólares) .....	53
XXI.	Flujo de caja escenario C sin inversión de báscula (miles de dólares) .....	54
XXII.	Resumen de indicadores financieros .....	55

XXIII.	Cuadro calificativo de nivel de significancia ambiental para el proyecto. ....	61
--------	---	----



## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
$Z_x$	Altura en el punto x
A	Área
$\approx$	Aproximadamente
$h_f$	Carga debida a pérdida por fricción (J/Kg)
CF	Costos fijos
CVT	Costo variable total
CVQ	Costo variable unitario
$\rho$	Densidad
\$	Dólar estadounidense
N	Eficiencia
$g_c$	Factor de corrección cuyo valor depende del sistema de medidas utilizado (sistema internacional o sistema inglés)

$\alpha$	Factor de corrección debido a energía cinética
M	Flujo másico
g	Gravedad
P	Potencia
PVQ	Precio de venta unitario
$P_x$	Presión en el punto x
W	Trabajo
VT	Ventas totales
$V_x$	Velocidad en el punto x

## GLOSARIO

<b>Carotenoides</b>	Pigmentos orgánicos que se encuentran en forma natural en plantas y otros organismos fotosintéticos.
<b>Cascabillo</b>	Cáscara que cubre el grano de trigo, café y otros cereales.
<b>Decantador</b>	Aparato utilizado para la decantación y separación mezclas heterogéneas.
<b>Depreciación</b>	Reducción anual del valor de una propiedad planta o equipo.
<b>Desodorización</b>	Proceso de purificación con el objetivo de remover componentes odoríferos volátiles de los triglicéridos.
<b>Distribución de probabilidad</b>	Es una función que se asigna a cada suceso definido sobre la variable aleatoria, la probabilidad de que dicho suceso ocurra.
<b>Emulsión</b>	Mezcla de dos líquidos inmiscibles dispersos uno en otro, con el fin de formar una fase casi homogénea.

<b>Enlace saturado/insaturado</b>	En química se refiere al número de enlaces en la cadena carbonatada, insaturados uno o más enlaces dobles, saturados no llevan ningún doble enlace en su cadena carbonatada.
<b>Escenario</b>	Dícese de las distintas situaciones que pueden plantearse al analizar un proyecto.
<b>Estocástico</b>	Sistemas cuyo comportamiento es intrínsecamente no determinístico, se dice de los sistemas que pueden ser analizados en términos de probabilidad.
<b>Evaporación instantánea</b>	Presión de vapor parcial proveniente de un líquido saturado cuando experimenta una reducción en su presión al pasar por un dispositivo de estrangulamiento.
<b>Fosfolípido</b>	Grupo de lípidos compuestos por ácido fosfórico, ácidos grasos y un alcohol. Estos grupos están presentes en muchas estructuras biológicas, particularmente en la membrana celular.

**Hidrogenación**

Proceso químico mediante el cual los aceites se transforman en grasas sólidas, mediante la adición de hidrogeno a altas presiones y temperaturas en presencia de un catalizador.

**Lípido**

Sustancia orgánica de origen animal o vegetal, insoluble en agua y soluble en solventes orgánicos; forman parte importante del metabolismo y del crecimiento.

**Lixiviación**

Es también llamada extracción sólido-líquido, proceso en el que el disolvente líquido se pone en contacto con un sólido pulverizado para que se produzca la disolución de uno de los componentes del sólido.

**Micelas**

Conglomerado de moléculas que constituyen una de las fases de los coloides. Es el mecanismo por el cual el jabón solubiliza las moléculas insolubles en agua como las grasas.

**Odorífero**

Dícese de algo que secreta un olor, que posee olor.

<b>Simulación</b>	Es la experimentación con un modelo de una hipótesis o un conjunto de hipótesis de trabajo.
<b>Tasa de descuento</b>	Medida financiera que se aplica para determinar el valor actual de un pago futuro.
<b>Triglicérido</b>	Tipo de lípido formado por una molécula de glicerol que posee esterificados sus tres grupos hidroxilo, por tres ácidos grasos, saturados e insaturados. Los triglicéridos son parte de las grasas. Los aceites son triglicéridos en estado líquido.
<b>Variable aleatoria</b>	Es un símbolo que representa un elemento o cosa no especificada de un conjunto dado, cuyos valores se obtienen de mediciones en algún tipo de experimento aleatorio.
<b>Viabilidad económica</b>	Condición que evalúa la conveniencia de un sistema, proyecto o idea al que califica, atendiendo la relación que existe entre los recursos con los que se dispone y los que generará.

## RESUMEN

El trabajo de graduación se elaboró integrando los conocimientos adquiridos durante el transcurso de la Maestría de Gestión Industrial. Obteniendo la información necesaria para el plan de la puesta en marcha de un proyecto de envasado de aceite vegetal, para una empresa que actualmente participa en este mercado, la cual será denominada para fines académicos en este trabajo de investigación como empresa de producción de aceite vegetal.

El proyecto es un estudio técnico-económico basado en un caso real, con el que se pretende hacer una evaluación previa de los recursos necesarios y de la inversión necesaria para la viabilidad económica y rentabilidad del montaje de una línea envasadora de aceite vegetal.

La técnica de análisis de riesgo, simulación de Monte Carlo bajo el modelo Uniform, basado en datos reales de ventas, se empleará para elaborar la proyección a 5 años de venta, tiempo máximo propuesto por la empresa para la recuperación de la inversión. Los datos obtenidos se utilizaron como base para el cálculo de capacidad de equipos auxiliares, envasadora, recursos e inversión necesaria para la puesta en marcha del proyecto.

Se evaluaron tres diferentes escenarios de inversión, empleando las herramientas de análisis financiero, VAN, TIR y Payback, propuestas para cubrir la diversidad de presentaciones de aceite vegetal que posee la empresa. Los resultados demostraron que el escenario B, que propone la compra de la máquina envasadora PET con capacidad de 30 unidades/min y con opción de llenado de bolsas doypack, es la alternativa que ofrece mejor rentabilidad bajo

las condiciones en que se analizó el proyecto. El escenario B ofrece un valor actual neto y una tasa interna de rentabilidad, superiores en comparación a las otras alternativas, además ofrece un tiempo de recuperación menor a las mismas.

Todos los resultados obtenidos de venta por la simulación de Monte Carlo bajo el modelo Uniform, tienen la misma probabilidad de ocurrir y el usuario determina los valores máximos y mínimos que se esperan para cada valor, se eligió este modelo debido a que es el que mejor se ajusta a la aplicación de ventas y que, por no contar con datos históricos de los productos, no se tiene una tendencia clara del comportamiento a esperarse en venta.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Realizar una evaluación técnico-económica en el montaje de una envasadora de aceite vegetal realizando una simulación tipo Monte Carlo, para determinar la rentabilidad del proyecto y la alternativa más favorable de inversión en un período de 5 años.

### **Específicos**

1. Determinar la demanda promedio de consumo de aceite vegetal de la envasadora, en un período 5 años, a partir de los datos de venta proporcionados por la simulación de Monte Carlo.
2. Concluir con base en la frecuencia de pedidos de aceite vegetal, si debe invertirse en un sistema de pesaje de pipas para el control de ingreso de materia prima de la envasadora.
3. Estimar la inversión mínima necesaria para el montaje de una planta envasadora de aceite vegetal bajo las circunstancias analizadas en este proyecto en particular.
4. Determinar con base en herramientas de análisis financiero, la mejor opción de inversión entre las diferentes alternativas propuestas.

5. Determinar con base en los datos proporcionados por la simulación de Monte Carlo, la capacidad máxima de la envasadora de aceite vegetal para cubrir la demanda de ventas proyectada para un período de 5 años.

## INTRODUCCIÓN

Los métodos de análisis de riesgo representan una herramienta dentro de las metodologías de producción, debido a que partiendo de una serie determinada de datos, se formula una proyección en el futuro con el objetivo de evaluar la ocurrencia probable de cualquier acontecimiento o el desarrollo de una tendencia. En el caso particular del desarrollo de un proyecto, este tipo de metodologías permiten planear de mejor manera los materiales, recursos e inversión necesarias para llevar a cabo dicho trabajo.

Dentro del trabajo de graduación, se incluyen el uso de escenarios como herramienta de evaluación, con los que se representan las distintas opciones que se ofrecen para la ejecución del proyecto. Esto resulta de vital importancia; en gran parte, porque la decisión se ve influida por la rentabilidad que cada escenario ofrece, además de la proyección de ventas de los productos en cada una de las distintas situaciones. En este caso, los costos de compra de la máquina envasadora, es uno de los rubros a considerar de mayor importancia a la hora de evaluar la rentabilidad de este proyecto en particular.

La importancia de este estudio es que a partir de un sistema de análisis de riesgo, simulación tipo Monte Carlo, se brinda una panorámica general de los parámetros a considerar para el montaje de una pequeña planta envasadora, además, sirve como guía para los inversionistas para concluir acerca de la rentabilidad del proyecto y la factibilidad de su implementación. El descarte de la compra de equipos adicionales según las necesidades y el costo, se pondera, ofreciendo una idea real de la ejecución del proyecto.

El montaje de la planta envasadora queda a consideración de los inversionistas; sin embargo, al realizar este tipo de estudio se brinda información necesaria y logra evitarse el desperdicio de recursos por la toma de decisiones apresuradas o la inversión de opciones no fundamentadas.

# 1. MARCO TEÓRICO

## 1.1. Antecedentes

Se han realizado cuatro trabajos de investigación en la industria de aceite y grasas de origen vegetal, éstas se enumeran a continuación:

- Propuesta para el aumento de eficiencia en el envasado de margarina industrial de base vegetal en la industria de grasas comestibles. Realizado por el Ing. Oscar Sapón en 2004.
- Análisis de operaciones para el mejoramiento del proceso, en línea de producción de aceite vegetal (900 ml), en Olmeca S.A., aplicando el estudio de tiempos y movimientos. Realizado por el Ing. Rodolfo Monzón en 2008.
- Evaluación del desempeño del envase PET 900 ml en la etapa de la salida de la inyector-sopladora hasta la línea de envasado de aceite. Realizado por el Ing. Jorge Barrera en 2011.
- Restructuración de los procedimientos de envasado y entarimado de los productos elaborados en la planta de grasas y aceites, S.A. Realizado por el Ing. Julio Gudiel en 2010.

Los trabajos de investigación mencionados ampliaron el conocimiento del proceso de elaboración y envasado de aceite vegetal, el trabajo del Ing. Gudiel, aportó ideas para el diseño y seguridad de la planta. El trabajo del Ing. Sapón y

Monzón, sugirió que una vez puesta en marcha el proyecto se deben elaborar estudios de tiempo y movimientos a fin de optimizar el proceso, ambos estudios consideraron equipos automáticos en sus procesos, con las que se obtuvieron mejores resultados. Se consideró esta misma idea al cotizar máquinas envasadoras de aceite vegetal.

## **1.2. Etapas de elaboración del aceite vegetal**

El proceso de elaboración del aceite vegetal conlleva diferentes etapas desde su extracción, a partir de diversas materias primas, hasta su refinación y envasado como producto final. Generalmente, la producción del aceite vegetal posee las siguientes etapas: preparación de la materia prima, extracción mecánica, lixiviación, neutralización, decoloración y desodorización. Sin embargo, estas etapas pueden variar ajustándose a las necesidades del productor, con base en las diferentes materias primas, factores económicos o bien, mejoras en el proceso de producción.

### **1.2.1. Preparación de las materias primas**

Los aceites de uso comercial en alimentos provienen de diferentes materias primas, como: el maíz, las semillas de girasol, oliva, entre otros. La función del proceso de preparación es adecuar las semillas para la extracción de aceite por métodos mecánicos o por solventes, implicando que debe removerse la cáscara y otros materiales de la semilla o grano. Una semilla en particular puede contener de 20% a 50% de aceite en relación a su peso, el aceite se encuentra atrapado dentro de las paredes de la célula, en donde la acción mecánica debe ser necesaria para removerlo, facilitando así mismo, la extracción por solvente.

Después de la limpieza general de la materia prima, en donde el cascabillo de la semilla es removido, se continúa con el paso de las semillas a través de una prensadora de rodillos (roller press), equipo formado por un par de rodos separados entre sí, girando hacia o en contra de las manecillas del reloj; las semillas que pasan en medio de ambos rodos son quebradas en pequeñas partes, y enviadas a un horno a temperaturas moderadas en donde adquieren suavidad y maleabilidad.

Posteriormente, las semillas pasan por un proceso similar a la molienda en donde los rodillos distorsionan las paredes de las células y las semillas alcanzan espesores de 0,30 mm aproximadamente, proporcionando suficiente área para la extracción del aceite vegetal.

### **1.2.2. Extracción mecánica**

En la extracción mecánica, la semilla se somete a calor y presión extrema, a través de un dispositivo mecánico. Una típica extracción involucra, calentamiento, extracción, enfriamiento del empastado y filtración.

En esta operación, las hojuelas previamente prensadas, ingresan a un horno donde el calor aplicado descompone la proteína, después de este proceso las hojuelas calientes entran a una prensa mecánica en donde el 60% del aceite disponible (o el 90% para las operaciones con sólo extracción mecánica), es removido por aplicación de presión mecánica intensa, el aceite se escurre a través de drenajes de la prensa. Como resultado de la presión aplicada, el residuo de las semillas forma una especie de pasta, el cual para su optimización, generalmente es quebrado y enfriado, para luego enviarlo a la planta de extracción de solvente donde el aceite remanente es todavía aprovechado.

El aceite obtenido de la extracción mecánica, usualmente contiene una alta concentración de material residual fino, el cual es removido por filtros antes de enviar el aceite crudo al proceso de refinado. La calidad de este aceite es mejor que la obtenida por lixiviación, extracción sólido-líquido utilizando solvente.

### **1.2.3. Lixiviación**

La lixiviación, o extracción sólido-líquido es un proceso en el que un disolvente líquido se pone en contacto con un sólido pulverizado, para que se produzca la disolución de uno de los componentes del sólido.

El extractor es un equipo en el que el sólido y el líquido utilizado como solvente, están en contacto y se mueven de forma opuesta. El solvente presenta mayor afinidad al aceite, por lo que incrementa su concentración conforme avanza en dirección contraria al sólido, formando micelas, que contienen alrededor del 25% al 30% de aceite vegetal, después de pasar a través de varias etapas de lavado. Finalmente, el extracto mezcla de solvente junto aceite vegetal, es llevado a un proceso en el que ambos son removidos.

El control de temperatura es extremadamente importante durante el proceso de extracción. La capacidad de extracción mejora con las temperaturas altas, el operador, generalmente desea mantener temperaturas lo más altas posibles, sin llegar al punto de evaporación instantánea del solvente o crear exceso de presión en el extractor. Sin embargo, la enzima fosfolipasa, que afecta la calidad del aceite a elevadas temperaturas, puede en algunos casos significar un problema, por lo que es necesaria la reducción de la temperatura

de extracción, sacrificando grasas residuales con el objetivo de producir un aceite que pueda ser aceptablemente procesado sin pérdidas por refinamiento.

El hexano es ampliamente aceptado como el solvente más efectivo para la extracción del aceite vegetal usado; sin embargo, existe preocupación debido a su inflamabilidad, exposición e impacto al medio ambiente. Estudios recientes se han enfocado en varios solventes alternos con la esperanza de encontrar uno con rendimiento y seguridad aceptables. Algunos solventes alternativos son el isopropil-alcohol y el dióxido de carbono, no obstante no son alternativas viables desde el punto de vista económico.

#### **1.2.4. Neutralización**

Es el proceso por el cual se eliminan ácidos grasos libres de los aceites por la introducción de una sustancia alcalina y la formación de una fase no soluble de material, así mismo, esta operación está asociada con la eliminación de fosfolípidos, mono glicéridos y otras impurezas solubles e insolubles. La neutralización puede hacerse en caldera por cargas o en proceso continuo.

Cuando se trata de una operación por cargas, se añade al aceite una solución de sosa del 12% al 15%, en proporción estequiométrica deducida de una valoración previa en laboratorio. Esta operación se lleva a cabo en una caldera provista de un agitador y calefacción con vapor. La lejía se añade lentamente y va formando una emulsión que luego se rompe conforme aumenta la temperatura. La mezcla pasa a los decantadores donde se separa el jabón y el aceite. El aceite decantado retiene residuos de jabón que debe someterse a un lavado, cuidando que no se formen emulsiones.

En las instalaciones continuas, el aceite disuelto en hexano, entra en un reactor de neutralización con agitación, junto con NaOH acuoso y alcohol. De allí pasa a un decantador donde se separan las fases y se recupera el aceite.

En la práctica existen aceites con gran cantidad de ácidos grasos libres, la neutralización de aceites con más de 12% de ácidos grasos libres es complicada, por la abundante pasta que es formada y es difícil de separar, las pérdidas son grandes. El proceso para la neutralización, es entonces una destilación a vacío elevado. El procedimiento se basa en que los ácidos grasos libres pueden destilarse a un vacío elevado, lo que ayuda a disminuir su presión de vapor y la temperatura de evaporación. La totalidad de los ácidos grasos es eliminada sin deteriorar el aceite, a condiciones de vacío de hasta 5 mmHg y temperaturas de 180 a 240 °C.

#### **1.2.5. Decoloración (*Bleaching*)**

*Bleaching* es el término dado al proceso de decoloración asociado con el aceite comestible. En la práctica el aceite neutro y lavado se decolora, añadiendo tierras absorbentes (arcillosa o silíceas). Las tierras arcillosas son tratadas con ácido clorhídrico o sulfúrico diluidos. El aceite y la tierra se agitan, a temperaturas máximas de 90 °C, la cantidad de tierra necesaria a utilizar depende del color y del grado de decoloración que se quiera obtener en el aceite.

Anteriormente, la decoloración del aceite era la indicación tradicional de la efectividad del proceso. Los pigmentos de mayor influencia en el aceite comestible son la clorofila (verde) y los carotenoides (naranja) y mientras la clorofila debe ser reducida en el proceso de decoloración, los carotenoides pueden ser eliminados en procesos posteriores. En caso de semillas con gran

cantidad de clorofila, como la canola, la tierra absorbente es ayudada por la adición de carbón activado y otros agentes. La eliminación de los carotenoides ocurre en el proceso de hidrogenación y desodorización. No obstante, la corrección del color es importante, la decolorización presenta la última oportunidad para la eliminación de fosfolípidos remanentes, los cuales afectan la calidad del aceite.

Trazas de metales, como hierro y cobre, deben ser removidos en el proceso de decoloración, aunque la quelación con ácido cítrico en el proceso de desodorización ayuda a inactivar la tendencia catalítica oxidativa de estos metales, es deseable eliminarlos tan pronto sea posible en el proceso.

Un inconveniente de la decoloración es la generación de material residual proveniente del proceso, no sólo representa una pérdida para el proceso, sino que bajo ciertas condiciones expuesto al aire, este residuo puede realizar una combustión de forma instantánea. Debido a ello, este residuo es clasificado como peligroso y su disposición final representa un problema ambiental.

#### **1.2.6. Desodorización**

Típicamente, es el último paso en la refinación del aceite comestible, este proceso es incluido en casi todas las operaciones de refinación. Mientras en el pasado las grasas naturales podían ser utilizadas como productos comestibles (tales como margarina y grasas animales), la mayor parte de aceites utilizados actualmente vienen de fuentes que contienen componentes naturales que si no son eliminados, imparten olores y sabores desagradables.

La desodorización fue desarrollada para remover componentes odoríferos volátiles de los triglicéridos. Procesos que van desde la ebullición de los compuestos volátiles a condiciones atmosféricas y altas temperaturas, a las modernas prácticas de aplicar calor a una baja presión por un período determinado de tiempo se han desarrollado con el pasar del tiempo. Existe una diferencia substancial entre la presión de vapor del aceite y los materiales volátiles que afectan el sabor, color y estabilidad del aceite vegetal. La desodorización consiste en el único método que evapora estas sustancias sin dañar el aceite.

La desodorización es una purificación debido a un proceso de transferencia de masa, donde el aceite es expuesto a condiciones superficiales y se fuerzan a los volátiles a un estado de vapor. Las condiciones para la desodorización, normalmente involucran la exposición de una fina película de aceite a una corriente de gas, a una elevada temperatura y baja presión. El gas, normalmente, vapor es ingresado junto al aceite el cual se mantiene en agitación, asegurando una mejor transferencia y que el vapor lleve consigo todos los componentes volátiles del desodorizador hacia el equipo de recuperación.

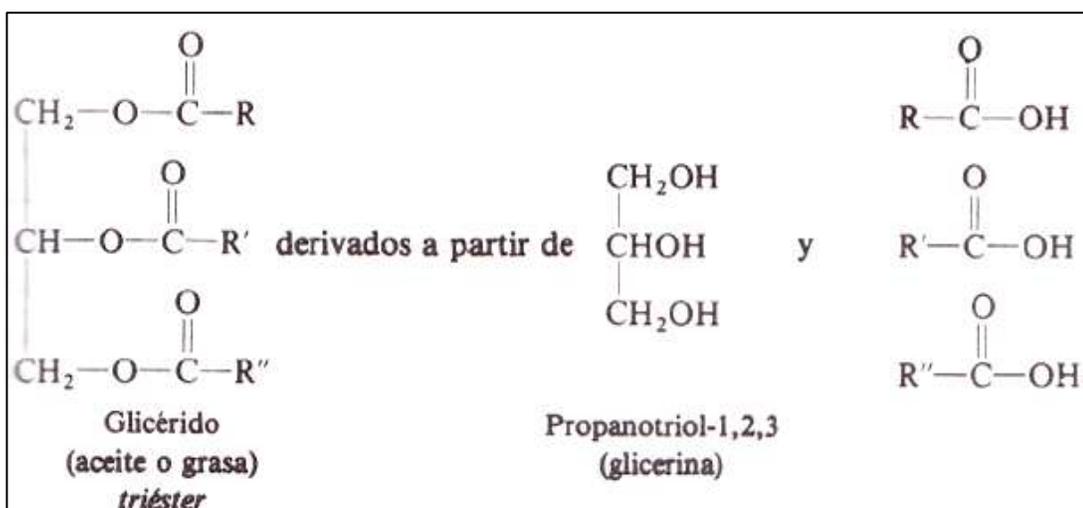
Un factor clave para la desodorización es asegurar una superficie de transferencia de masa para cada partícula de aceite. El calentamiento para la decoloración es normalmente incluido en la mayor parte de los equipos para la desodorización, este proceso se debe a que los pigmentos de los carotenoides y otros compuestos colorantes son arrastrados junto con el vapor o bien degradados. La desodorización efectiva requiere de exposición y agitación, por un cierto período de tiempo, no únicamente para lograr el equilibrio sino que, para proveer suficiente tiempo para la decoloración por calentamiento.

### 1.3. Propiedades químicas de los aceites vegetales

Los aceites y grasas son compuestos que existen en forma natural en animales y plantas, en química, éstos pertenecen a la familia de los lípidos, y participan en diversos procesos biológicos. Los esteroides, prostaglandinas y vitaminas también pertenecen a la familia general de los lípidos. Éstos son insolubles en agua, pero solubles en éter y otros disolventes orgánicos de polaridad semejante. Las grasas, aceites y ceras reaccionan con base acuosa y experimentan hidrólisis.

Los aceites, así como las grasas, son triglicéridos de glicerol (también llamado glicerina, 1, 2, 3 propanotriol o sólo propanotriol). El glicerol es capaz de enlazar tres radicales de ácidos grasos llamados carboxilatos. Dichos radicales grasos, por lo general son distintos entre sí; pueden ser saturados o insaturados. La molécula se llama triacilglicérido o triacilglicerol.

Figura 1. Estructura básica de un triglicérido



Fuente: WINGROVE, Alan S, Química orgánica. p. 1245.

Las grasas y aceites son triglicéridos, su principal diferencia es que una grasa es un sólido a temperatura ambiente, mientras que un aceite es un líquido en las mismas condiciones.

Generalmente, las grasas provienen de los animales y los aceites suelen obtenerse a partir de las plantas. Por tanto, a menudo se usan los términos grasas animales y aceites vegetales.

Otras observaciones generales acerca de las grasas y aceites involucran a las partes de ácido carboxílico del éster. Algunos de los ácidos son saturados mientras que otros no lo son, y la mayoría son compuestos de cadena recta. Los ácidos suelen contener un número par de átomos de carbono por lo regular de 12 a 20.

Tabla I. **Diferentes concentraciones de ácidos carboxílicos en los aceites vegetales más comunes**

Aceite vegetal	% Ácidos Carboxílicos presentes (% en peso)					
	Mirístico	Palmítico	Esteárico	Oleico	Linoleico	Otros
Aceitunas	0-1	6-15	1-4	69-85	4-12	
Cacahuete		6-9	2-6	50-70	13-26	Aráquidico, 2-5
Ricino		0-1		0-9	3-7	Ricinoleico, 80-92
Maíz	0-2	8-10	3-5	43-50	34-42	Palmitoleico, 1-2
Algodón	1-3	19-24	1-2	23-31	40-50	Palmitoleico, 0-2
Soya	0-1	7-10	2-4	21-31	50-62	Linolénico, 4-8
Tung		4-5	0-2	4-16	1-10	Eleosteárico, 74-88
Linaza		4-7	3-5	9-30	3-40	Linolénico, 25-55

Fuente: WINGROVE, Alan S, Química orgánica. p. 1247.

La composición de ácidos carboxílicos que cada uno contiene es un tanto aproximada, y los glicéridos presentan una amplia variedad de composiciones dependiendo su fuente. Existen diversas razones para que haya variaciones de su composición. Por ejemplo, la composición de un aceite vegetal depende del clima temperatura, cantidad de sol, lluvia y suelo; entre otros factores.

Los aceites suelen ser altamente insaturados, es decir, contienen uno o más enlaces carbono-carbono en la cadena lateral, los aceites vegetales pueden transformarse en grasas sólidas industrialmente mediante la hidrogenación catalítica. Este proceso denominado endurecimiento, involucra la hidrogenación a baja presión de un aceite en presencia de un catalizador metálico. En la práctica, las condiciones de hidrogenación son cuidadosamente controladas de modo que un aceite sólo es hidrogenado en parte, es decir todavía están presentes algunas uniones insaturadas, la hidrogenación parcial produce una oleomargarina o grasa común para cocinar.

#### **1.4. Economía y producción de aceite en Guatemala**

Guatemala es un país en vías de desarrollo, es el décimo a nivel latinoamericano. El sector más grande en la economía guatemalteca es la agricultura, siendo Guatemala el mayor exportador de cardamomo a nivel mundial, el quinto exportador de azúcar y el séptimo productor de café. El sector del turismo es el segundo generador de divisas para el país, la industria es una importante rama de la economía guatemalteca y el sector de servicios crece año tras año y cobra mayor importancia, por lo que convierte la típica economía guatemalteca basada en la agricultura en una economía de prestación de servicios.

Los sectores que más aportes generan al PIB en Guatemala son: agricultura, ganadería y pesca. El sector agrícola conforma un cuarto del PIB, dos tercios de las exportaciones, y la mitad de la fuerza laboral. Los productos agrícolas principales son: café, caña de azúcar, bananos y plátanos. También se cultiva tabaco, algodón, maíz, frutas y todo tipo de hortalizas.

El país destaca por el cultivo de productos agrícolas no tradicionales como: brócoli, arveja china, col de brúcelas, ajonjolí, espárragos y chile, que en su mayor parte se destinan al comercio exterior. Guatemala cuenta con ganadería, básicamente, para consumo interno y un pequeño porcentaje para exportación a Honduras y El Salvador. La pesca es importante principalmente en la costa sur, los principales productos de exportación son los camarones, langostas y calamares.

La selvicultura es un importante sector de la economía, las selvas de Guatemala producen madera para ebanistería, bálsamo, chicle (utilizado en la fabricación de goma de mascar) y aceites.

El comercio de aceites en Guatemala comienza a finales de los años 40, cuando existía en Guatemala una importante superficie dedicada al cultivo de algodón para uso textil y su extracción. Sin embargo, debido a diversos problemas en el cultivo por el uso de insecticidas extremadamente agresivos, los productores de aceite de algodón sustituyeron sus cultivos por otras oleaginosas como maní, del que extraían aceite, y por corozo, hoy poco empleado, porque la extracción del fruto de la cáscara sólo se puede realizar manualmente.

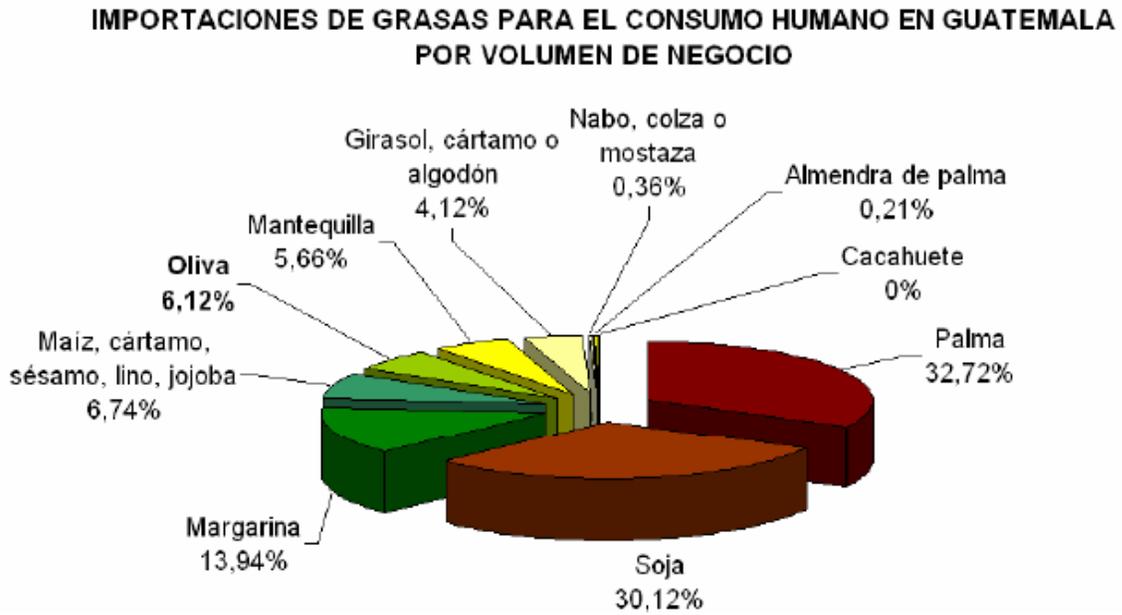
En la década de los ochenta, comenzó la plantación de aceite de palma. En 2007, se cultivaban 65 000 hectáreas de palma africana, con una capacidad

productiva de 150 000 toneladas de aceite al año, se estima que en el 2010 hubo más de 100 000 hectáreas, para una producción total de 250 000 toneladas. De las 150 000 toneladas que Guatemala produce, 70 000 se consumen internamente y las 80 000 toneladas restantes se exportan como producto terminado a Centroamérica y a México, éste último, muy deficitario en aceites vegetales para consumo.

Guatemala dispone de un clima óptimo y de gran potencial para una producción muy superior de aceite de palma. El auge de la palma se relaciona con el mayor consumo de soja para biocombustibles en el mundo. El precio de la tonelada del aceite de palma pasó de 450 US\$ en febrero del 2007 a 2 000 US\$ en febrero de 2008, para estabilizarse posteriormente en torno a los 700 US\$.

Dentro de las importaciones en el mercado guatemalteco de aceites para consumo humano, ocupan un lugar preeminente los aceites de palma y de soja, representando un 66% del total del aceite importado. Otros aceites de relativa importancia, pero de un consumo menor son los de semilla de girasol, lino, algodón y maíz, que representan un 11% de las importaciones.

Figura 2. **Importaciones de grasas y aceites en Guatemala para consumo humano**



Fuente: Banco de Guatemala.

## 2. ESTUDIO TÉCNICO

### 2.1. Descripción del estudio técnico

El objetivo del trabajo es realizar un análisis de riesgo, simulación del tipo Monte Carlo, dentro del cual una empresa, que actualmente no se dedica a la producción de aceite comestible, solamente lo distribuye, determine los recursos y la inversión necesaria para el montaje de dicho proyecto y concluya con base en un estudio formal si es conveniente o no; invertir en una pequeña envasadora de aceite vegetal. Este estudio tiene la finalidad de buscar mejorar el margen de ganancias en venta de aceite vegetal y determinar el tiempo de recuperación de su inversión.

La empresa de distribución de aceite vegetal, actualmente no se dedica a la producción de aceite vegetal; sin embargo, los propietarios tienen cierta participación en otra empresa que se dedica a la producción de aceite vegetal fuera del país, por tanto se ha hecho una alianza en la que la empresa de distribución de aceite vegetal, funciona como distribuidor de una marca de aceite poco conocida, pero que a la vez está presente en el mercado. Sus productos se ofrecen en volúmenes que abarcan desde los 90 ml hasta los 900 ml en presentaciones de PET y bolsa tipo *doypack*, en total se manejan 8 productos diferentes.

A partir de datos de ventas reales proporcionados por la empresa de distribución de aceite vegetal, se establecieron valores máximos y mínimos para cada producto relacionado con sus ventas, usando la simulación de Monte Carlo con datos aleatorios, se proyectaron ventas para un período de 5 años;

en el estudio técnico se pretende determinar con base en estos datos, la capacidad requerida para la máquina envasadora, el equipo necesario para su instalación y correcto funcionamiento, recursos de producción, edificios, mobiliario y personal necesario para su funcionamiento.

La localización, diseño y distribución de la planta son factores a tomar en cuenta; sin embargo, cabe aclarar que por cuestiones de confidencialidad de la empresa a la que se elabora el trabajo, sólo puede mencionarse que su ubicación es la misma que la empresa de distribución de aceite vegetal posee, las dimensiones del terreno son lo suficientemente adecuadas para el diseño de la planta.

## **2.2. Análisis de riesgo**

El análisis de riesgo es el uso sistemático de la información disponible para determinar la frecuencia con la que determinados eventos se pueden producir y la magnitud de sus consecuencias.

El análisis de riesgo es útil y se define como la exploración de todo el espacio de posibles resultados positivos y negativos para una situación determinada, un buen análisis de riesgo puede identificar peligros y descubrir oportunidades.

El análisis de riesgo se puede realizar cualitativa y cuantitativamente. El análisis de riesgo cualitativo, generalmente incluye la evaluación instintiva de una situación, mientras que el análisis de riesgo cuantitativo trata de asignar valores numéricos a los riesgos, utilizando datos empíricos o cuantificando evaluaciones cualitativas.

En cualquier proyecto es útil realizar un análisis de riesgo con el objetivo de mermar la probabilidad de fracaso, siendo en gran medida, una herramienta de evaluación que permite alcanzar un nivel razonable de consenso en torno a las metas propuestas, minimizando riesgos negativos que puedan generar pérdida financiera y fracaso del proyecto en cuestión.

Entre los diferentes tipos de análisis de riesgo que existen se pueden mencionar el método Mosler, el HACCP, el método cuantitativo mixto, Monte Carlo, Safety Integrity Level, entre otros.

### **2.2.1. Simulación de Monte Carlo**

La simulación de Monte Carlos es un método cuantitativo del tipo estocástico o aleatorio, inventado por Stanislaw Unlam y John von Neumman.

En la simulación Monte Carlo, las variables inciertas de un modelo se representan usando rangos de posibles valores denominados distribuciones de probabilidad. Mediante el uso de distribuciones de probabilidad, las variables pueden tener diferentes probabilidades de producir diversos resultados. Las distribuciones de probabilidad son una forma mucho más realista de describir la incertidumbre en las variables de un análisis de riesgo. Dentro de las distribuciones de probabilidad más comunes están:

- Normal: es la llamada curva de campana en la que se define la media o valor esperado y una desviación estándar para describir la variación con respecto a la media. Los valores intermedios cercanos a la media tienen mayor probabilidad de producirse. Es una distribución simétrica y describe muchos fenómenos naturales, como puede ser la estatura de una población, los índices de inflación y los precios de la energía.

- Log normal: los valores muestran una clara desviación; no son simétricos como en la distribución normal. Se utiliza para representar valores que no bajan por debajo del cero, pero tienen un potencial positivo ilimitado. Ejemplos de variables descritas por la distribución logarítmica normal son los valores de las propiedades inmobiliarias y bienes raíces, los precios de las acciones de bolsa y las reservas de petróleo.
- *Uniform*: todos los valores tienen las mismas probabilidades de producirse; el usuario sólo tiene que definir el mínimo y el máximo. Ejemplos de variables que se distribuyen de forma uniforme son los costos de manufacturación o los ingresos por las ventas futuras de un nuevo producto.
- Triangular: el usuario define los valores mínimo, más probable y máximo. Los valores situados alrededor del valor más probable tienen más probabilidades de producirse. Las variables que se pueden describir con una distribución triangular son el historial de ventas pasadas por unidad de tiempo y los niveles de inventario.
- Pert: se definen los valores mínimo, más probable y máximo, como en la distribución triangular. Los valores situados alrededor del más probable tienen más probabilidades de producirse. Sin embargo, los valores situados entre el más probable y los extremos tienen más probabilidades de producirse que en la distribución triangular. Un ejemplo de uso de la distribución Pert es la descripción de la duración de una tarea en un modelo de gestión de un proyecto.

- *Discrete*: se definen los valores específicos que pueden ocurrir y la probabilidad de cada uno. Un ejemplo podría ser los resultados de una demanda legal: 20% de posibilidades de obtener un veredicto positivo, 30% de posibilidades de obtener un veredicto negativo, 40% de posibilidades de llegar a un acuerdo, y 10% de posibilidades de que se repita el juicio.

Debido a que el análisis del proyecto depende de la situación de ingreso a futuro que se tenga por ventas y tratándose de un producto prácticamente nuevo en el que está incursionando la empresa, el tipo de distribución de probabilidad que se toma es el *Uniform*, en el que todas las variables tienen las mismas probabilidades de ocurrir, definiendo un máximo y un mínimo para los datos. En el caso del proyecto se cuenta con los siguientes datos de ventas:

Tabla II. **Datos de ventas mensual por producto tabla base (cientos), de enero a junio**

Producto	Ene.	Feb.	Mar.	Ab.	May.	Jun.
Aceite y bolsa 100 ml	56,98	54,91	0,36	2,37	0,79	23,42
Aceite y bolsa 400 ml	3,25	7,13	18,35	50,00	72,34	186,15
Aceite y PET 180 ml	379,58	121,40	223,79	228,60	211,25	336,20
Aceite y PET 750 ml	2,13	0,11	48,89	0,17	0,67	11,44
Aceite y con Maíz PET 750 ml	5,00	1,11	60,17	3,50	0,44	19,89
Aceite y PET 450 ml	722,58	586,25	435,25	304,25	275,30	484,79

Continuación de la tabla II.

<b>Aceite y PET 900 ml</b>	1 205,75	952,75	704,58	970,61	719,61	835,33
<b>Aceite y bolsa 90 ml</b>	4,23	6,00	118,33	391,82	314,82	207,65

Fuente: elaboración propia.

**Tabla III. Datos de ventas mensual por producto tabla base (cientos), de junio a diciembre**

<b>Producto</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>
<b>Aceite y bolsa 100 ml</b>	3,03	30,84	30,25	7,87	2,53	40,05
<b>Aceite y bolsa 400 ml</b>	123,34	71,71	58,90	62,18	127,34	172,14
<b>Aceite y PET 180 ml</b>	215,85	251,98	305,34	265,36	357,99	146,19
<b>Aceite y PET 750 ml</b>	10,72	23,94	42,47	7,15	33,63	20,10
<b>Aceite y con Maíz PET 750 ml</b>	8,89	28,29	17,03	17,18	1,41	59,06
<b>Aceite y PET 450 ml</b>	396,75	613,28	665,95	654,91	611,58	708,07
<b>Aceite y PET 900 ml</b>	919,75	1 116,47	1 141,41	871,00	877,24	1 054,51
<b>Aceite y bolsa 90 ml</b>	223,46	158,36	394,78	239,17	62,81	149,96

Fuente: elaboración propia.

A partir de la tabla II se obtienen valores máximos y mínimos para cada producto, estos valores sirven para definir un rango en el cual se genera un número aleatorio de la demanda mensual, dado que no se asignan preferencias para hacer la distribución de probabilidad, no se tiene preferencia en cuanto a los números generados.

A partir de la tabla II y suponiendo que la demanda tiene un crecimiento de 5% anual, se corren los valores de demanda en 5% del rango mínimo y 5% del valor máximo para cada uno de los productos y se proyecta a 5 años, con ello se asegura el crecimiento de ventas y no se difiere con la distribución de probabilidad.

Tabla IV. **Límites mínimos por año para la simulación de Monte Carlo en base a datos de ventas en cientos**

Producto	Mínimo	Límites Mínimos por año				
		Año No.1	Año No.2	Año No.3	Año No.4	Año No.5
Aceite y bolsa 100 ml	0,36	0,38	0,4	0,41	0,43	0,45
Aceite y bolsa 400 ml	3,25	3,41	3,58	3,74	3,9	4,06
Aceite y PET 180 ml	121,40	127,47	133,54	139,61	145,68	151,75
Aceite y PET 750 ml	0,11	0,12	0,12	0,13	0,13	0,14
Aceite y con Maíz PET 750 ml	0,44	0,46	0,48	0,51	0,53	0,55
Aceite y PET 450 ml	275,30	289,07	302,83	316,6	330,36	344,13
Aceite y PET 900 ml	704,58	739,81	775,04	810,27	845,5	880,73
Aceite y bolsa 90 ml	4,23	4,44	4,65	4,86	5,08	5,29

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Límites máximos por año para la simulación de Monte Carlo con base en el cuadro ventas proporcionado por la empresa de distribución de aceite vegetal en cientos**

Producto	Máximo	Límites Máximos por año				
		Año No.1	Año No.2	Año No.3	Año No.4	Año No.5
Aceite y bolsa 100 ml	56,98	59,83	62,68	65,53	68,38	71,23
Aceite y bolsa 400 ml	186,15	195,46	204,77	214,07	223,38	232,69
Aceite y PET 180 ml	379,58	398,56	417,54	436,52	455,5	474,48
Aceite y PET 750 ml	48,89	51,33	53,78	56,22	58,67	61,11
Aceite y con Maíz PET 750 ml	60,17	63,18	66,19	69,2	72,2	75,21
Aceite y PET 450 ml	722,58	758,71	794,84	830,97	867,1	903,23
Aceite y PET 900 ml	1 205,75	1 266,04	1 326,33	1 386,61	1 446,9	1 507,19
Aceite y bolsa 90 ml	394,78	414,52	434,26	454	473,74	493,48

Fuente: elaboración propia.

Una vez establecidos los límites, se generan datos de forma aleatoria dentro de los rangos dados por los valores máximo y mínimo por mes y por producto dentro de un período de 5 años. Se generan 60 datos a partir de los cuales se trabaja el proyecto. Un ejemplo con los resultados es el siguiente:

Se toma como base los datos de ventas mensual por producto dados por la empresa tabla II, se establecen los límites máximos y mínimos para un determinado producto durante el año, en este caso se establecerán los límites para el aceite y bolsa de 100 ml.

La variación en ventas de este producto va desde 360 unidades hasta 5 698 unidades, estos valores trasladados en miles. Como se describió con

anterioridad estos valores corresponden a una distribución *uniform*, por ser un proyecto nuevo no se tiene una tendencia clara de ventas, así que todos los valores tienen la misma probabilidad de ocurrir.

Utilizando el programa Excel, se busca una función en la que se ofrezca una misma probabilidad a todas las opciones contenidas en un rango, es por esto que se utiliza la función: aleatorio. entre esta función designa números al azar con igualdad probabilidad dentro de un rango, siguiendo con el ejemplo estos valores quedarían de la siguiente forma:

Aleatorio.Entre((360),(5,698))

Esta función busca valores aleatorios entre este rango, ahora como la proyección se hace para 5 años con un crecimiento del 5%, este crecimiento se aplica igual a los límites máximo y mínimo, por lo que para el siguiente año la función cambia a lo siguiente:

Crecimiento del 5% límite mínimo =  $360 * 1.05 = 378$  unidades

Crecimiento del 5% límite máximo =  $5\ 698 * 1.05 = 5\ 983$  unidades

Nueva fórmula:

Aleatorio.Entre((378),(5,983))

Este mismo procedimiento se aplica a los años siguientes, y en cada año se repite 12 veces simulando los meses del año. Los valores obtenidos con este procedimiento para realizar la simulación se encuentran en el apéndice.

### 2.3. Capacidad de la envasadora

Una de las inversiones principales en el estudio, es la compra de la máquina envasadora, ésta se definió con base en la demanda mensual máxima de aceite en sus diferentes presentaciones simulado en un período de 5 años, tomando como base las ventas proporcionadas por la empresa de distribución de aceite vegetal. A partir de las ventas aleatorias generadas, se tomaron las cantidades máximas mensuales en los 5 años, y con base al producto con mayor demanda se calcula la capacidad de la máquina envasadora con cierto margen de capacidad como se explicará más adelante.

Debido a que se manejan 8 productos distintos con diferentes volúmenes, 5 en envase PET y 3 con envase *doypack*, se opta por 3 distintos escenarios, para llevar a cabo el proyecto:

- Escenario A: se asume que sólo se envasará aceite en presentación PET.
- Escenario B: se envasará PET y bolsa con modificación de la máquina envasadora de PET; sin embargo, el sistema de llenado es manual y disminuye el rendimiento de la máquina.
- Escenario C: se considera comprar 2 máquinas, una envasadora PET y otra envasadora de bolsa.

El cálculo de las capacidades de la máquina se realizó tomando como base las demandas máximas generadas para cada producto, dividido el precio promedio obtenido en el mercado de presentaciones similares de aceite vegetal (apéndice).

Tabla VI. **Demanda máxima mensual por producto en un período de 5 años con base a datos proporcionados por simulación de Monte Carlo**

Tipo producto	Número de unidades máximas demandadas por año				
	año No.1	año No. 2	año No.3	año No.4	año No.5
Aceite y bolsa 100 ml	1 732	2 035	1 845	1 762	1 896
Aceite y bolsa 400 ml	1 764	1 762	1 566	1 636	1 829
Aceite y bolsa 90 ml	12 280	11 606	1 2670	15 089	27 642
Aceite y PET 180 ml	8 989	10 044	9 648	10 037	10 644
Aceite y PET 750 ml	1 195	323	297	351	305
Aceite y con Maíz PET 750 ml	371	385	411	401	425
Aceite y PET 450 ml	8 530	8 552	8 345	8 928	9 049
Aceite y PET 900 ml	7 634	7 289	7 683	8 019	8 003

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Valores máximos de máximos de las demandas mensuales para cada producto en un período de 5 años**

Tipo de producto	Max. De Max.
Aceite y bolsa 100 ml	2 035
Aceite y bolsa 400 ml	1 829
Aceite y bolsa 90 ml	2 7642
Aceite y PET 180 ml	10 644
Aceite y PET 750 ml	1 195
Aceite y PET 450 ml	9 049
Aceite y PET 900 ml	8 019

Fuente: elaboración propia.

- Escenario A: envasado de producto en presentación PET

Se toma como base el producto con mayor demanda, los productos con diferentes presentaciones en PET se convierten a valores equivalentes de esta presentación, la suma de estos valores refleja la capacidad máxima necesaria en caso que en algún momento las demandas se den en el mismo período.

Producto con mayor demanda: aceite Y PET 180 ml

- Equivalencia de producto

Ejemplo: determinar la equivalencia del aceite Y PET 750 ml a aceite Y PET 180 ml. Es correcto pensar que el tiempo de llenado de un envase de aceite de 750 ml es mayor a 180 ml, por lo tanto se puede pensar a cuantas unidades de 180 ml equivalen 750 ml, redondear y multiplicar por la demanda máxima. En este caso:  $750 \text{ ml} / 180 \text{ ml} = 4.16 \approx 5$  al valor entero más cercano. Así mismo, se aplica esta equivalencia a todos los productos PET de lo que se obtiene:

Tabla VIII. **Equivalencias del producto envasado en PET**

Producto	Equivalencia	Total
Aceite y PET 180 ml	1	10 644
Aceite y PET 750 ml	4	4 781
Aceite y con Maíz PET 750 ml	4	1 701
Aceite y PET 450 ml	3	27 148
Aceite y PET 900 ml	5	40 094

Fuente: elaboración propia.

Máxima demanda mensual: 84 368 unidades / mes

- Escenario B

Envasado del producto PET y bolsa con el inconveniente que el proceso es semiautomático, las bolsas deben de colocarse y retirarse por un operador.

El cálculo base es similar al anterior, excepto que debido a que se coloca y retira el empaque por un operador se asume que el tiempo de llenado se incrementará. Una solución para esta situación es asumir un tiempo para colocar y quitar la bolsa equivalente al llenado de un envase adicional, en este caso el tiempo de llenado del empaque de 180 ml, aunque este tiempo incrementará el número de unidades que deben producirse compensa el tiempo en el que debe colocarse y quitarse cada empaque con presentación de bolsa.

Tabla IX. **Total equivalente de unidades para el empaque en bolsa a PET**

Producto	Equivalencia	Llenado	Total	Unidades
Aceite y bolsa 100 ml	1	1	2	4 071
Aceite y bolsa 400 ml	3	1	4	7 316
Aceite y bolsa 90 ml	1	1	2	55 284
Total aceite y empaque bolsa = 66 671 unidades				
Total aceite y empaque PET = 84 368 unidades				
Máxima demanda mensual = 151 039 unidades				

Fuente: elaboración propia.

- Escenario C

En esta situación se considera comprar 2 máquinas para envasar las diferentes presentaciones de empaque para el aceite vegetal, bolsa y PET, el cálculo se realiza de la misma forma que en el escenario A, en este caso se aplica la misma situación para el empaquetado en bolsa, tomando como base el envase de 90 ml bolsa.

Producto con mayor demanda: aceite Y 90 ml bolsa

Tabla X. **Equivalencias del producto envasado bolsa**

Producto	Equivalencia	Total
Aceite y bolsa 90 ml	1	27 642
Aceite y bolsa 100 ml	1	2 035
Aceite y bolsa 400 ml	5	9 145
Máxima demanda mensual (bolsa) = 38 822 unidades		
Máxima demanda mensual (PET) = 84 368 unidades		

Fuente: elaboración propia.

- Capacidad de la máquina

La producción de las máquinas envasadoras generalmente se define por la siguiente ecuación: número de envases / tiempo de llenado

El primer dato número de envases se tiene como resultado de los cálculos descritos con anterioridad, el tiempo de llenado o bien el tiempo disponible efectivo de trabajo se obtiene de las siguientes suposiciones:

- El horario de trabajo estipulado para el personal operativo será de lunes a viernes de 8:00 a 16:00 horas, sábados únicamente en caso exista un atraso en la producción semanal.
- Se descontará 1 hora por comida, más otra hora adicional suponiendo se tengan atrasos en producción o de algún otro tipo.

Con lo anterior, se tiene que el tiempo disponible mensual es el siguiente:

Horas disponibles diarias: 8 horas – 2 horas = 6 horas  
 Días disponibles al mes: 20 días  
 Minutos disponibles al mes: 6 X 20 X 60 = 7 200 minutos/mes

De lo anterior se calcula la capacidad requeridas de las máquinas envasadoras unidades/min para los diferentes escenarios:

Tabla XI. **Capacidades calculadas, unidades/minuto de las máquinas en los diferentes escenarios**

Escenario	Tipo de envasadora	
	PET	Bolsa
Escenario A	12	N/A
Escenario B	21	N/A
Escenario C	12	5

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XI se observa que la máxima capacidad para la envasadora figura en el escenario B, el cual toma en cuenta la producción máxima mensual

en un período de 5 años, si se toma un factor de 10% como factor de seguridad en el que se asume un crecimiento no previsto, entonces la capacidad aumenta en todo caso a 23 unidades/min.

En este caso, se cotiza una máquina con esta capacidad o de la capacidad mayor más cercana. La máquina envasadora con el valor más cercano es el de 30 unidades/min, utilizando 6 boquillas para el llenado del aceite vegetal.

#### **2.4. Diseño de la planta**

Existen diversos tipos de distribución en los que se basa el diseño de una planta, con el objetivo de reducir los retrasos de producción, acortar el tiempo de fabricación, mejorar la supervisión, facilitar el acceso a maquinaria, etc.

Debido a que se trata de un proceso simple de una sola etapa, el envasado del producto, con flujos de entradas y salida de materia prima y producto final, no se detalla el diseño, pero se trabaja con la distribución por proceso debido a que se adapta de mejor manera a la producción por lotes.

Una distribución por proceso tiene las siguientes ventajas:

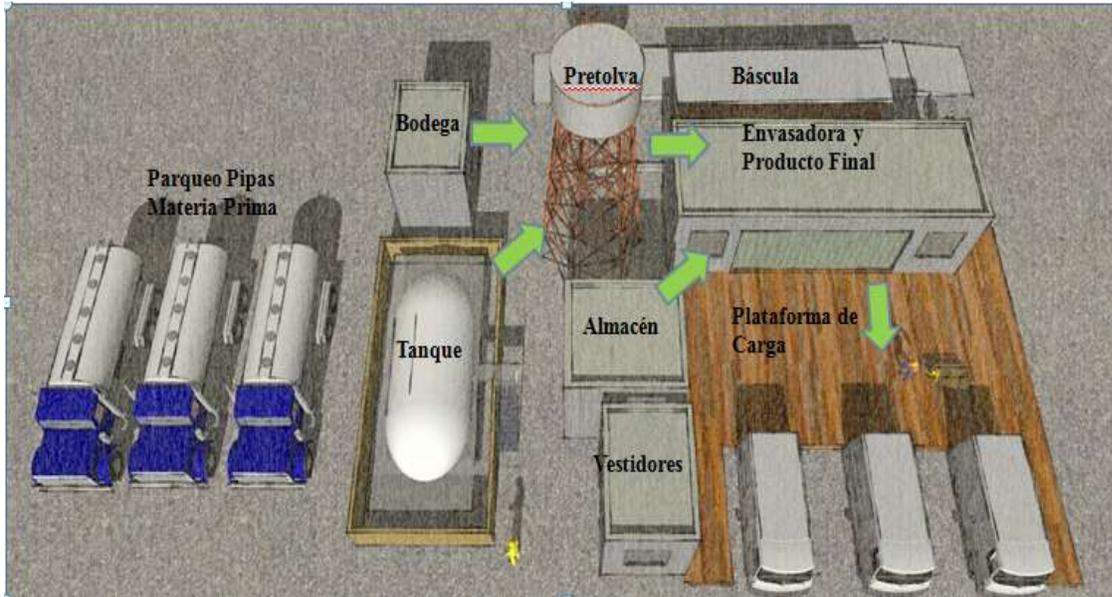
- Reducción del manejo de material
- Disminución de la cantidad de material en proceso
- Uso más efectivo de mano de obra
- Facilidad de control
- Flexibilidad

En cuanto a la construcción de la planta y su distribución, por razones de confidencialidad de la empresa de distribución de aceite vegetal, no se revelan las dimensiones ni la ubicación del terreno, se asume un terreno con el suficiente tamaño para albergar las instalaciones, incluyendo patio de maniobras.

El diseño siguió la distribución de proceso continuando el flujo de principio a fin del producto, se optó por el arreglo más conveniente sujeto a revisión por los involucrados en el proyecto, con lo que se acordó que el proyecto contendría lo siguiente:

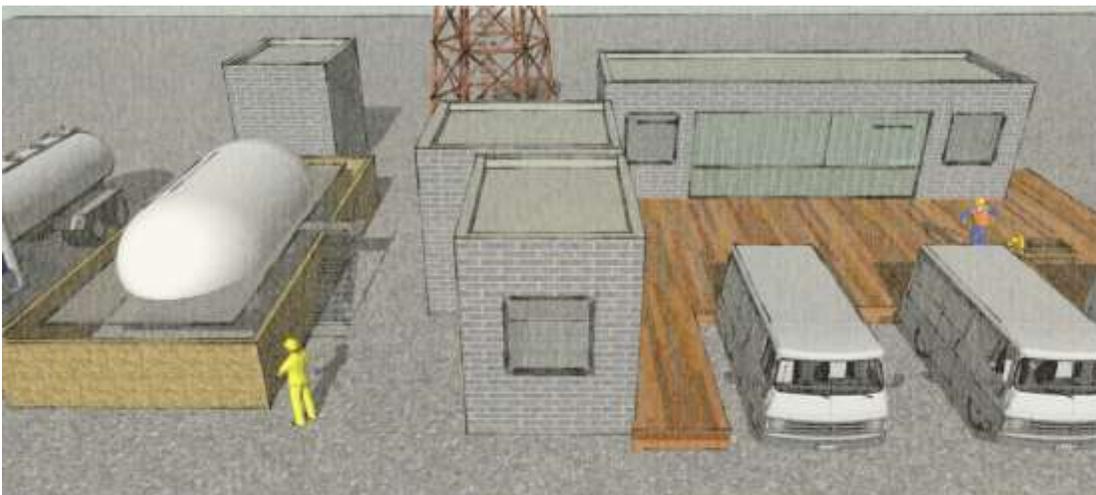
- Torre con pretolva para suministro de aceite vegetal a envasadora
- Bodega de material para envase
- Almacén producto terminado
- Plataforma de carga
- Tanque principal de recibimiento de materia prima
- Báscula
- Vestidores
- Parqueo/descarga de materia prima
- Bodega principal de envasado

Figura 3. Flujo diseño de planta envasadora



Fuente: elaboración propia.

Figura 4. Planta envasadora vista aérea frontal



Fuente: elaboración propia.

## 2.5. Equipos auxiliares

En esta parte del estudio técnico se evalúan los equipos auxiliares necesarios, para el traslado del aceite hacia el tanque de almacenamiento y la pretolva, esto con los siguientes fines:

- Tener un ajuste fino a la alimentación de las envasadoras, la descarga sería por gravedad.
- Asegurar un resguardo de materia prima para trabajar en caso se tenga algún inconveniente con la provisión de la misma o bien trabajos de mantenimiento y limpieza del tanque de almacenamiento.
- Ofrecer flexibilidad si se necesitara expansión del proyecto, un punto en alto ofrece una mejor conexión hacia otra envasadora.

Se requiere que la descarga de la pipa (20 ton), sea como máximo en un tiempo de 0,5 horas, dato proporcionado por el cliente, este dato se utiliza como base para el cálculo de la bomba descarga de la pipa hacia el tanque de almacenamiento tomando en cuenta la siguiente informacional adicional:

Capacidad de la pipa:	20 ton
Tiempo de descarga:	30 min
Densidad del aceite vegetal:	920 Kg/m <sup>3</sup>
Diámetro de la manguera, succión y descarga a pipa:	2 pulg
Diámetro interno de manguera:	51 mm
Altura descarga:	2,3 m

En el caso del diseño de planta envasadora se tienen 2 cálculos importantes:

El primer paso es el cálculo de la velocidad de descarga, esto se realiza utilizando la siguiente ecuación, correspondiente al cálculo de flujo másico.

$$M = \rho VA \quad (\text{ecuación 1})$$

Donde:

M = flujo másico (Kg/s)

$\rho$  = densidad del fluido (Kg/m<sup>3</sup>)

V = velocidad del fluido (m/s)

A = área (m<sup>2</sup>)

$$\text{Flujo másico descarga} = \frac{20 \text{ tt}}{30 \text{ min}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ tt}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 11,1 \frac{\text{Kg}}{\text{s}}$$

$$A = \pi r^2 \quad (\text{ecuación 2})$$

$$A = (3.1416 * ((51/(1000 * 2))^2)) = 0,002 \text{ m}^2$$

Despejando la velocidad de descarga del fluido de la ecuación No.1 se tiene lo siguiente:

$$V = M / (\rho A) \quad (\text{ecuación 3})$$

$$V = (11,1 \text{ kg/s}) / ((920 \text{ Kg/m}^3) * (0,002 \text{ m}^2)) = 5,90 \text{ m/s}$$

El cálculo de la eficiencia de la bomba se realiza a partir de la ecuación de Bernoulli:

$$\frac{p_a}{\rho} + \frac{gZ_a}{g_c} + \frac{\alpha_a(V_a^2)}{2g_c} + nW_p = \frac{p_b}{\rho} + \frac{\alpha_b(V_b^2)}{2g_c} + \frac{gZ_b}{g_c} + hf \quad (\text{ecuación 4})$$

Donde:

$p_x$  = presión en el punto x

$\rho$  = densidad del fluido

$Z_x$  = altura en el punto x

$V_x$  = velocidad en el punto x

$nW_p$  = trabajo comunicado al fluido

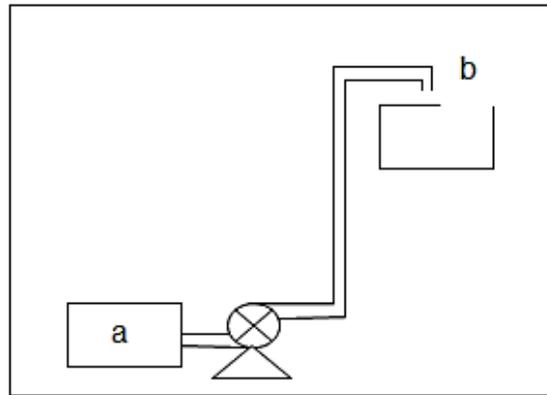
$hf$  = carga debido a pérdida por fricción

$\alpha$  = corrección energía cinética.

Los valores de los términos  $g$  y  $g_c$  dependen del sistema que se emplea.

El punto a se identifica como el punto succión de la pipa, el punto b la descarga hacia el tanque a 2,3 m del punto a, se asume que la presión en ambos puntos es la atmosférica con un error despreciable por lo que  $p_a = p_b$ , la velocidad en el punto  $V_a$  se considera pequeña en relación al tamaño de la pipa y los factores de corrección de energía cinética  $\alpha = 1$ . Básicamente los dibujos se pueden simplificar como el movimiento de un fluido desde una localización baja hacia un punto en altura, el siguiente dibujo lo simplifica. Ver figura 5.

Figura 5. **Movimiento de fluido desde un punto bajo a un punto alto**



Fuente: elaboración propia.

La pérdida por fricción debido a accesorios  $h_f$  se asume equivalente a 30 J/kg, para este caso, utilizando el sistema métrico decimal. Con estas suposiciones la ecuación de Bernoulli queda simplificada a lo siguiente:

$$nW_p = gZ_b + \frac{V_b^2}{2} + h_f$$

$$nW_p = (9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 2,3 \text{ m}) + \frac{(5,90 \text{ m/s})^2}{2} + 30 \text{ J/kg}$$

$$nW_p = 69,94 \text{ J/kg}$$

Suponiendo una eficiencia de 60 % para la bomba se tiene:

$$W_p = (69,94 \text{ J/kg})/0,6 \approx 117 \text{ J/kg}$$

La potencia requerida para la bomba es por tanto producto del flujo másico por  $W_p$ .

$$P = M * Wp \quad (\text{ecuación 5})$$

$$P = (11,1 \text{ kg/s}) * (117 \text{ J/kg}) = 1,3 \text{ Kw } \text{ ó } 1,8 \text{ hp}$$

El mismo sistema de cálculo se utiliza con la segunda parte, la descarga desde el tanque de almacenamiento a la pretolva que alimentará a la máquina envasadora.

Los datos varían de la siguiente forma, la altura a descargar es 8 m arriba del punto b, se estima una perdida por fricción de 60 J/kg, debido a que en esta parte la instalación es de tubería de acero inoxidable y se tienen más accesorios.

Se pretende un llenado de la pretolva de capacidad 5 tt en un tiempo 20 min.

$$\text{Flujo másico descarga} = \frac{5 \text{ tt}}{20 \text{ min}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ tt}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 4,17 \frac{\text{Kg}}{\text{s}}$$

Se asume tubería de 2 pulgadas

$$V = (4,17 \text{ kg/s}) / ((920 \text{ Kg/m}^3) * (0,002 \text{ m}^2)) = 2,26 \text{ m/s}$$

Utilizando la ecuación 4 (Bernoulli) y utilizando 60 % de eficiencia de la bomba

$$nWp = (9,8 \text{ m/s}^2 * 8 \text{ m}) + \frac{(2,26 \text{ m/s})^2}{2} + 60 \text{ J/kg}$$

$$Wp \approx 235 \text{ J/kg}$$

Utilizando la ecuación 5 para el cálculo de la potencia

$$P = (4,17 \text{ kg/s}) * (235 \text{ J/kg}) = 980 \text{ Kw o } 1,4 \text{ hp}$$

Potencia de bomba hacia el tanque de almacenamiento: 1,8 hp  $\approx$  2,0 hp

Potencia de bomba de tanque de almacenamiento a pretolva: 1,4 hp  $\approx$  1,5 hp

### **3. ESTUDIO ECONÓMICO**

#### **3.1. Descripción del estudio económico**

El estudio económico es la parte del proyecto que trata de determinar la cantidad de recursos económicos que serán necesarios para que el proyecto se lleve a cabo, básicamente intenta responder 2 cuestiones:

- Dado un proyecto de inversión, determinar si es conveniente emprenderlo o no.
- Entre 2 o más proyectos, todos aconsejables, determinar la preferencia de los mismos desde un punto de vista financiero.

Un estudio económico trata de un balance entre los ingresos que generara un proyecto y el costo global de la puesta en marcha del mismo, en donde se incluyen costos de producción, mano de obra, depreciación del equipo, ente otros.

Existen diferentes criterios y herramientas financieras, las cuales sirven de base para la toma de decisión de la realización de un proyecto. Los criterios para la aprobación son generalmente definidos por los clientes y abarcan desde el tiempo de recuperación de la inversión, flujo de caja a cierto período de tiempo hasta la estipulación de márgenes mínimos de ganancia con los que se estipula que el proyecto sea exitoso.

Dentro de los métodos de análisis financiero se encuentran el VAN, TIR, *payback* y flujo de caja. Individualmente cada uno de estos métodos ofrece una perspectiva diferente del proyecto y pese a que algunos son ampliamente aceptados siendo bastante completos como el caso del VAN, los demás ofrecen información adicional útil que completa la toma de decisión para la realización de un proyecto. Un buen análisis contiene al menos los 3 principales: VAN, TIR y *payback*. Como parte del análisis financiero se incluye el punto de equilibrio del proyecto, en este caso se pretende graficar la rentabilidad de vender aceite vegetal.

Un buen análisis financiero permite de antemano considerar, eliminar o adquirir inversiones, que en un futuro no sean viables para la ejecución del proyecto, por ejemplo: Replantear la opción de compra de un equipo según su frecuencia de uso o bien, si el precio es demasiado alto considerar otras opciones que puedan cubrir las necesidades de la primera opción analizada.

Finalmente, cabe destacar que los modelos de análisis de inversión deben trabajar con estimaciones o previsiones de las variables que utilizan, por lo que la fiabilidad de sus resultados, dependen, del acierto de dichas previsiones. No obstante en este estudio aunque se han tomado en cuenta dichas previsiones, esto no garantiza el 100% de que los resultados del proyecto se ejecuten de la forma estipulada.

### **3.2. Determinación de las inversiones**

Inversión es todo gasto que se incurre para la puesta en marcha de un proyecto, con el que se espera obtener una ganancia en el futuro. En este caso no se menciona como un costo, ya que éste representa el gasto económico por la fabricación o prestación de un servicio.

Existen diferentes tipos de inversiones, los cuales se presentan a continuación:

### 3.2.1. Inversión fija

La inversión fija del proyecto contempla la inversión en activos fijos tangibles, tales como: terreno, obras físicas; así como la adquisición de mobiliario y equipo, entre otros, para su inicio de operación.

Por lo tanto, la inversión fija total de este proyecto se desglosa en los siguientes cuadros representados por las tablas XII, XIII, XIV y XV.

Tabla XII. **Inversión en sistema de pesaje de pipas con aceite**

<b>Bascula pesaje pipas con aceite</b>	<b>Costos</b>	
	<b>Dólares</b>	<b>Quetzales</b>
Precio plataforma báscula de 60 X 11 pies	\$49 760,00	Q.393 104,00
Equipos auxiliares y programa pesadora	\$6 140,00	Q.48 506,00
Instalación, calibración y puesta en marcha de la pesadora	\$5 500,00	Q.43 450,00
Obra civil	\$21 000,00	Q.165 900,00
Garita pesaje	\$6 000,00	Q.47 400,00
Mobiliario y equipo	\$700,00	Q.5 530,00
<b>Total</b>	<b>\$89 100,00</b>	<b>Q.703 890,00</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Inversión de seguridad para el proyecto**

Seguridad	Costos	
	Dólares	Quetzales
Seguridad (accesos, cables de vida, barandas)	\$3 000,00	Q.23 700,00
Iluminación	\$800,00	Q.6 320,00
Paros de emergencia de equipos	\$200,00	Q.1 580,00
Señalización	\$1 000,00	Q.7 900,00
<b>Total</b>	<b>\$4 000,00</b>	<b>Q.31 600,00</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Inversión de equipos para descarga de aceite vegetal**

Descarga de aceite vegetal	Costos	
	Dólares	Quetzales
Obra civil tanque principal almacenamiento de aceite vegetal	\$1 300,00	Q.10 270,00
Muro de contención tanque principal	\$2 000,00	Q.15 800,00
Tanque almacenamiento capacidad 30 m3 (lámina de ¼, acero inoxidable)	\$10 000,00	Q.79 000,00
Manguera descarga aceite 30 m (recubrimiento especial)	\$3 000,00	Q.23 700,00
Tubería 2" 40 pies (acero inoxidable)	\$2 278,48	Q.18 000,00
Equipos auxiliares (llaves, válvulas, filtros, juntas)	\$1 000,00	Q.7 900,00
Estructura para torre de pretolva	\$6 000,00	Q.47 400,00
Pretolva capacidad 5 m3 (acero inoxidable)	\$5 000,00	Q.39 500,00

Continuación de la tabla XIV.

Bombas (descarga de pipa y tanque a pretolva)	\$5 000,00	Q.39 500,00
Sensor nivel pretolva	\$500,00	Q.3 950,00
<b>Total</b>	<b>\$36 078.48</b>	<b>Q.285 020,00</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Inversión de envasado de aceite vegetal**

Envasado de aceite vegetal	Costos	
	Dólares	Quetzales
*Envasadora aceite (bolsas tipo <i>doypack</i> )	\$457 580,00	Q.3 614 882,00
*Envasadora aceite (envases PET)	\$117 000,00	Q.924 300,00
Instalación y puesta en marcha de envasadora	\$10 000,00	Q.79 000,00
Rampa descarga producto final	\$2 000,00	Q.15 800,00
Envasadora, almacén de materia prima y bodega	\$80 000,00	Q.632 000,00
Vestidores	\$5 000,00	Q.39 500,00
Mobiliario y equipo	\$2 000,00	Q.15 800,00
Equipo neumático para funcionamiento de envasadora	\$6 000,00	Q.47 400,00
<b>Total</b>	<b>\$105 000,00</b>	<b>Q.829,500,00</b>

Fuente: elaboración propia.

El total para la tabla XV no toma en cuenta los costos de envasadoras de PET y bolsa, esto debido a que dependen del escenario que se pretende evaluar, el costo total para esta parte es el total de la tabla XV, sumado el costo de la envasadora que se pretende utilizar.

### 3.2.2. Inversión diferida

Este tipo de inversión se refiere a las inversiones en activos intangibles, los cuales se realizan sobre activos constituidos por los servicios o derechos adquiridos necesarios para la puesta en marcha del proyecto.

Dado que se trata de una empresa ya constituida y, que previamente ha distribuido el producto, no se toman en cuenta este tipo de gastos dentro de las inversiones del proyecto.

### 3.2.3. Capital de trabajo

La inversión en capital de trabajo constituye el conjunto de recursos necesarios para la operación normal del proyecto, cuya función consta en financiar el desfase que se produce entre los egresos y la generación de ingresos de la empresa o bien financiar la primera producción antes de percibir ingresos.

Tabla XVI. **Desglose de inversión debido al capital de trabajo**

Capital de trabajo	Costos	
	Dólares	Quetzales
<b>Personal operativo</b>		
1 Supervisor	\$625,00	Q.4 937,50
1 Operador máquina envasadora de aceite vegetal	\$500,00	Q.3 950,00
1 Piloto	\$250,00	Q.1 975,00
1 Instrumentista	\$375,00	Q.2 962,50

Continuación de la tabla XVI.

2 Ayudantes bodegueros	\$500,00	Q.3 950,00
*Materia prima	\$40 000,00	Q.316 000,00
Distribución	\$2 000,00	Q.15 800,00
<b>Total mensual</b>	<b>\$44 250,00</b>	<b>Q.349 575,00</b>

Fuente: elaboración propia.

La materia prima se calculó con base al consumo anual promedio de la envasadora a partir de los datos obtenidos de la simulación de Monte Carlo para cada uno de los productos. Sumando los consumos anuales por año en litros, este valor se pasa a toneladas y se divide por la capacidad que tiene una pipa de producto (20 toneladas), el valor obtenido se divide por el tiempo de operación de la planta y con ello se obtiene la frecuencia de pedidos que debe hacerse al año. En este caso se encontró que la frecuencia corresponde a un consumo de 20 toneladas cada 38 días. Ver apéndice.

Los montos requeridos para la inversión total se resumen en la tabla XVII.

Tabla XVII. **Resumen de la inversión total del proyecto**

Resumen	Costos	
	Dólares	Quetzales
<b>Inversión fija</b>		
Báscula de pesaje	\$89 100,00	Q.703 890,00
Descarga de aceite	\$36 078,48	Q.285 020,00
Seguridad	\$4 000,00	Q.31 600,00
Envasado de aceite	\$105 000,00	Q.829 500,00

Continuación de la tabla XVII.

*Envasadora PET	\$117 000,00	Q.924 300,00
*Envasadora bolsas tipo <i>doypack</i>	\$457 580,00	Q.3 614 882,00
<b>Inversión en capital de trabajo</b>	\$44 250,00	Q.349 575,00
Imprevistos	\$21 417,85	Q.169 201,00
*Total	\$299 846,33	Q.2 368 786,00

Fuente: elaboración propia.

El total indicado no incluye el precio de la máquina envasadora, esto dependerá del resultado del análisis financiero con los diferentes escenarios.

### 3.3. Análisis Financiero

El análisis financiero constituye una herramienta técnica matemática, financiera y analítica a través de la cual se determinan los beneficios o pérdidas en los que se puede incurrir al realizar una inversión. Uno de sus objetivos es obtener resultados que apoyen la toma de decisiones referentes actividades de inversión.

El análisis financiero se emplea para comparar dos o más proyectos y determinar la viabilidad de la inversión de un sólo proyecto. Sus fines son:

- Calcular las utilidades, pérdidas o ambas, que se estiman obtener en el futuro.
- Determinar la tasa de rentabilidad financiera que ha de generar un proyecto.

- Ofrecer una visión del costo global e identificar las posibles ventajas y desventajas de financiar un proyecto.
- Mostrar el tiempo de recuperación de inversión en un proyecto.

Los métodos de análisis financiero que se emplearán en la evaluación del proyecto son: valor actual neto (VAN), tasa de rentabilidad interna (TIR) y *payback*. Estos tres métodos son complementarios, cada uno de ellos aborda aspectos diferentes del problema, juntos ofrecen una visión completa del proyecto a tratar.

### **3.3.1. Valor actual neto (VAN)**

Es uno de los métodos más aceptados de análisis financiero, es la diferencia entre el valor actual de los beneficios brutos y el valor actual de los costos y de las inversiones. El VAN representa la riqueza adicional que se consigue con el proyecto sobre la mejor alternativa económica.

Los criterios para utilizar el VAN se basan en su valor, un proyecto que posee un valor VAN positivo, significa que es rentable, y uno con VAN nulo muestra que la rentabilidad del proyecto es la misma que colocar los fondos en él invertidos en el mercado con un interés equivalente a la tasa de descuento utilizada. Cuando se analizan 2 o más proyectos el proyecto con un valor VAN más alto es el más rentable.

La principal ventaja del VAN es que al homogenizar los flujos netos de caja a un mismo momento de tiempo ( $t=0$ ), reduce a una unidad de medida común cantidades de dinero generadas o aportadas en momento de tiempo diferentes. Admite introducir en los cálculos flujos positivos y negativos en los

diferentes momentos del horizonte, sin que por ello se distorsionen el significado del resultado final, como puede suceder en la TIR.

El punto débil del VAN es el que depende de la tasa utilizada para descontar el dinero, este punto siempre muestra diferentes aceptaciones y queda a criterio del evaluador elegir las bases en que se hará el proyecto. Algunos de los criterios son:

- Costo de la deuda, si el proyecto se financia en su totalidad mediante préstamo o capital ajeno.
- Costo medio ponderado del capital empleado por la empresa.
- Costo de oportunidad del dinero, entendiendo como el mejor uso alternativo del mismo.

### **3.3.2. Tasa interna de retorno (TIR)**

Se denomina así a la tasa de descuento que hace que el valor actual neto (VAN) de una inversión sea igual a cero.

Este método considera que una inversión es aconsejable si la TIR resultante es igual o superior a la tasa exigida por el inversor, y entre varias alternativas, la más conveniente será aquella que ofrezca una TIR mayor.

La más importante desventaja de este método es la inconsistencia matemática de la TIR cuando en un proyecto de inversión hay que efectuar otros desembolsos, además de la inversión inicial, durante la vida útil del

mismo, ya sea debido a pérdidas del proyecto, o nuevas inversiones adicionales.

La TIR es un indicador de rentabilidad relativa del proyecto, por lo cual, cuando se hace una comparación de tasas de rentabilidad interna de dos proyectos no tiene en cuenta la posible diferencia en las dimensiones de los mismos. Por ejemplo: una gran inversión con una TIR baja puede tener un VAN superior, en comparación a un proyecto con una inversión pequeña y una TIR elevada.

### **3.3.3. Plazo de recuperación o *payback***

Es el período de tiempo o número de años que necesita una inversión para que el valor actualizado de los flujos netos de caja, igualen al capital invertido. Selecciona aquellos proyectos cuyos beneficios permiten recuperar más rápidamente la inversión, cuanto más corto sea el período de recuperación de la inversión mejor será el proyecto.

Este método posee ciertas desventajas:

- Privilegia los proyectos más cortos.
- Ignora el cambio del valor del dinero con el tiempo.
- Ofrece una igual ponderación a todos los flujos anteriores al momento del corte, ignora todos los flujos posteriores.
- Requiere estimar un momento de corte.

Aunque supone un cierto perfeccionamiento respecto al método estático, se sigue considerando un método incompleto. No obstante, es innegable que aporta cierta información adicional o complementaria para valorar el riesgo de

las inversiones cuando es especialmente difícil predecir la tasa de depreciación de la inversión, caso bastante frecuente.

Este método no mide, ni refleja todas las dimensiones que son significativas para la toma de decisiones sobre inversiones, tampoco se considera un método completo para poder ser empleado con carácter general para medir el valor de las mismas.

### **3.4. Evaluación del proyecto**

Los métodos de análisis financiero dinámico utilizan una llamada tasa de descuento con la que se pretende según diversos criterios ser un valor límite con el que se decidirá la rentabilidad de un proyecto.

La tasa de descuento escogida para la evaluación corresponde a la tasa de interés más alta en depósitos de inversión a plazo fijo de los bancos en el país, reportada por la superintendencia de bancos para el 2010, es decir, si el valor de la TIR o bien el VAN calculado con este valor, corresponde a un valor menor que el obtenido por la inversión a plazo fijo de la inversión monetaria en un banco, el proyecto no es rentable y la mejor decisión es colocar el dinero ganando interés a plazo fijo en un banco por el período de tiempo a evaluar en el proyecto.

La mayor tasa interés al momento de realizar el proyecto en depósitos a plazo fijo reportada para el 2010 según la Superintendencia de Bancos en Guatemala, corresponde al 12% reportada por el Banco de Antigua; ver apéndice.

El proyecto se evaluará bajo los siguientes criterios:

- La tasa de interés debe ser mayor al 12%
- Tiempo de recuperación del proyecto debe ser menor a 5 años
- El valor del VAN debe ser positivo

La elección de la mejor rentabilidad entre proyectos corresponderá al que presente un valor VAN más alto a la misma tasa de interés y cuya tasa de recuperación sea menor. Esto se aplicará a los diferentes escenarios que se presenta como opción en la realización del proyecto los cuales se describen anteriormente en el presente trabajo.

A continuación se presentan los flujos de caja para los escenarios A, B y C, los costos se aclaran de la manera siguiente:

- El total de ventas corresponde a los datos obtenidos con la simulación de Monte Carlo. Ver el apéndice.
- El costo de mantenimiento se toma como 2% sobre ventas y aumentando 0,5% anual.
- El costo del producto se considera el 40% del costo de la venta y aumenta 2% anual
- Las prestaciones laborales corresponden al 44% del rubro sueldo y salario. Según artículo 88, 90 y 93 del Código de Trabajo de Guatemala.
- Impuesto sobre la renta se calcula sobre el 5% de las ventas.
- El costo de la distribución se establece en precio base dado por la empresa, aumenta un 12% anual.

- Debido al costo excesivo de la báscula para el pesaje de los camiones y su poca frecuencia de uso, se decide no tomar parte de los escenarios analizados. A excepción del escenario A con el que se muestra la diferencia tomando en cuenta esta inversión.

Tabla XVIII. **Flujo de caja escenario A con inversión de báscula (miles de dólares)**

<b>Escenario A</b>	<b>Año No. 0</b>	<b>año No. 1</b>	<b>Año No. 2</b>	<b>Año No. 3</b>	<b>Año No. 4</b>	<b>Año No. 5</b>
<b>Inversión total</b>	-403					
<b>Total de ventas anuales PET</b>		273	265	301	313	323
<b>Mantenimiento</b>		-5	-7	-9	-11	-13
<b>Materia prima</b>		-109	-111	-132	-144	-155
<b>Distribución</b>		-15	-17	-19	-21	-23
<b>Sueldos y salarios</b>		-27	-28	-29	-30	-30
<b>Prestaciones laborales</b>		-12	-12	-13	-13	-13
<b>Impuesto sobre la renta</b>		-14	-13	-15	-16	-16
<b>Flujo anual</b>	-403	91	77	84	79	72
<b>Flujo anual acumulado</b>		-312	-235	-151	-72	0

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Flujo de caja escenario A sin inversión de báscula (miles de dólares)**

<b>Escenario A</b>	<b>Año No. 0</b>	<b>año No. 1</b>	<b>Año No. 2</b>	<b>Año No. 3</b>	<b>Año No. 4</b>	<b>Año No. 5</b>
<b>Inversión total</b>	-314					
<b>Total de ventas anuales PET</b>		273	265	301	313	323

Continuación de la tabla XIX.

<b>Mantenimiento</b>		-5	-7	-9	-11	-13
<b>Materia prima</b>		-109	-111	-132	-144	-155
<b>Distribución</b>		-15	-17	-19	-21	-23
<b>Sueldos y salarios</b>		-27	-28	-29	-30	-30
<b>Prestaciones laborales</b>		-12	-12	-13	-13	-13
<b>Impuesto sobre la renta</b>		-14	-13	-15	-16	-16
<b>Flujo anual</b>	-314	91	77	84	79	72
<b>Flujo anual acumulado</b>		-223	-146	-62	17	89

Fuente: elaboración propia.

En las tablas XVIII y XIX se evalúa la inversión con y sin báscula de pesaje para pipas, la demanda indica que se necesitará 20 toneladas (1 pipa), cada 38 días, por tanto el uso de una plataforma se hace innecesario, al menos que la empresa haga otro uso de esta instalación. Actualmente, la empresa no indica otro uso de la instalación.

Tabla XX. **Flujo de caja escenario B sin inversión de báscula (miles de dólares)**

<b>Escenario B</b>	<b>Año No. 0</b>	<b>año No. 1</b>	<b>Año No. 2</b>	<b>Año No. 3</b>	<b>Año No. 4</b>	<b>Año No. 5</b>
<b>Inversión total</b>	-314					
<b>Total de ventas anuales PET</b>		363	318	346	367	379
<b>Mantenimiento</b>		-7	-8	-10	-13	-15

Continuación de la tabla XIX.

<b>Materia prima</b>		-145	-133	-152	-169	-182
<b>Distribución</b>		-15	-17	-19	-21	-23
<b>Sueldos y salarios</b>		-27	-28	-29	-30	-30
<b>Prestaciones laborales</b>		-12	-12	-13	-13	-13
<b>Impuesto sobre la renta</b>		-18	-16	-17	-18	-19
<b>Flujo anual</b>	-314	139	103	106	104	96
<b>Flujo anual acumulado</b>		-175	-72	34	137	233

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Flujo de caja escenario C sin inversión de báscula (miles de dólares)**

<b>Escenario C</b>	<b>Año No. 0</b>	<b>año No. 1</b>	<b>Año No. 2</b>	<b>Año No. 3</b>	<b>Año No. 4</b>	<b>Año No. 5</b>
<b>Inversión total</b>	-861					
<b>Total de ventas anuales PET</b>		363	318	346	367	379
<b>Mantenimiento</b>		-7	-8	-10	-13	-15
<b>Materia prima</b>		-145	-133	-152	-169	-182
<b>Distribución</b>		-15	-17	-19	-21	-23
<b>Sueldos y salarios</b>		-27	-28	-29	-30	-30
<b>Prestaciones laborales</b>		-12	-12	-13	-13	-13
<b>Impuesto sobre la renta</b>		-18	-16	-17	-18	-19

Continuación de la tabla XXI.

<b>Flujo anual</b>	-861	139	103	106	104	96
<b>Flujo anual acumulado</b>		-722	-619	-513	-410	-314

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Resumen de indicadores financieros**

Descripción	Indicadores		
	VAN	TIR	<i>Payback</i>
Escenario A	21.2	8.1%	3.80
Escenario B	69.3	23.5%	2.7
Escenario C	-51.6	-14.0%	+ 5 años

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo al cuadro anterior, la mejor opción en cuanto al aspecto financiero es el escenario B.

### 3.5. Punto de equilibrio

El punto de equilibrio estudia la relación que existe entre costos o inversión y gastos fijos, costos o inversión y gastos variables, volumen de ventas y utilidades operacionales. El punto de equilibrio es el punto en donde los ingresos totales recibidos se igualan a los costos asociados con la venta de un producto, es decir, a este nivel de producción y ventas, la utilidad operacional es cero, los ingresos son iguales a la sumatoria de los costos y gastos operacionales.

Para representar de mejor manera el punto de equilibrio se deben identificar los diferentes inversiones y gastos que intervienen en el proceso productivo. Para operar adecuadamente el punto de equilibrio es necesario comenzar por conocer que el costo se relaciona con el volumen de producción y que el gasto guarda una estrecha relación con las ventas. Los costos como gastos pueden ser fijos o variables.

Los gastos fijos son aquellos que se requieren para poder vender los productos o servicios en manos del consumidor final y que tienen una relación indirecta con la producción del bien o servicio que se ofrece. Siempre aparecerán prodúzcase o no la venta, los gastos variables están incorporados en el producto final y dependen del volumen de producción.

El punto de equilibrio finalmente es el punto donde los ingresos se igualan a los gastos y se representa matemáticamente de la siguiente forma:

$$\text{PE unidades} = \frac{\text{CF}}{\text{PVq} - \text{CVq}} \quad \text{o} \quad \text{PE ventas} = \frac{\text{CF}}{1 - (\text{CVT}/\text{VT})}$$

Donde:

- CF = costos fijos
- PVq = precio de venta unitario
- CVq = costo variable unitario
- CVT = costo variable total
- VT = ventas totales

En el proyecto de envasado de aceite vegetal, tomando en cuenta los datos para un tiempo de 5 años los datos se resumen de la siguiente manera

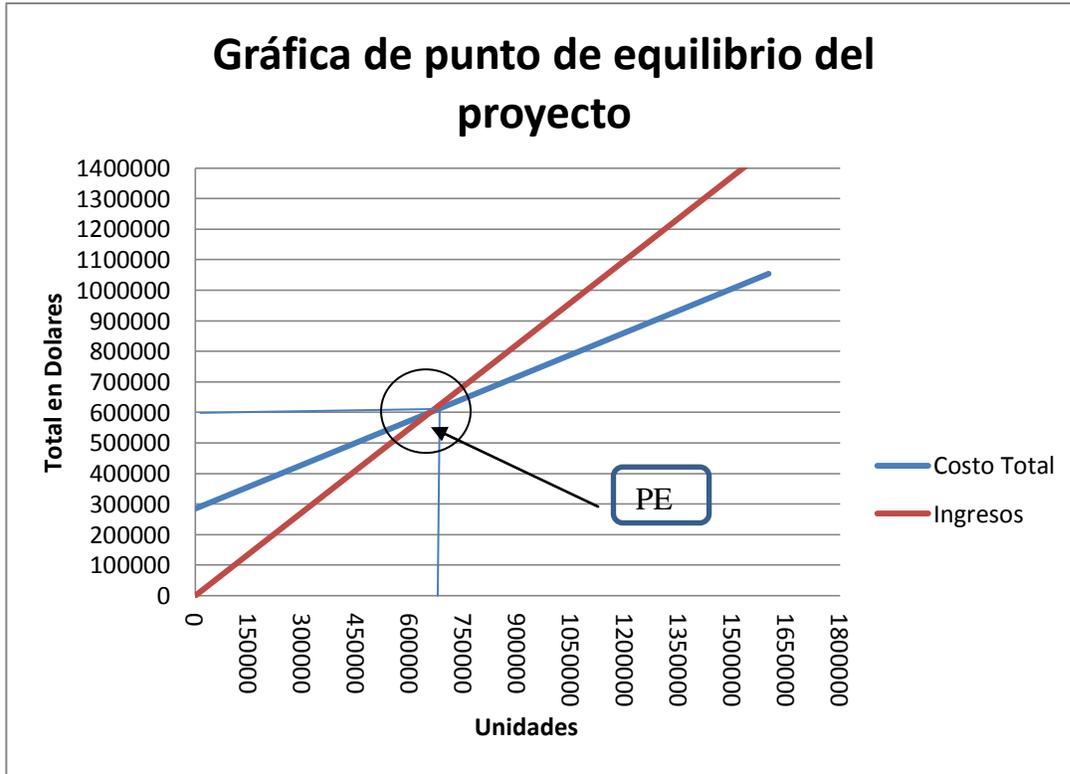
Costos fijos	=	\$ 285 000
Costos variables	=	\$ 930 000
Ventas totales	=	\$ 1 772 000
Total de unidades	=	1 935 064 unidades
Precio de venta unitario	=	\$ 1 772 000/1 935 064 = 0,92 \$/unidad
Costo variable unitario	=	\$ 930 000/1 935 064 = 0,48 \$/unidad

Sustituyendo en las fórmulas:

$$\text{PE unidades} = \frac{285\,000}{(0,92 - 0,48)} = 647\,727 \text{ unidades}$$

$$\text{PE ventas} = \frac{285\,000}{1 - (930\,000/1\,772\,000)} = 599\,786 \text{ dolares}$$

Figura 6. **Gráfica de punto de equilibrio del proyecto de envasado de aceite vegetal**



Fuente: elaboración propia.

En el punto de equilibrio los ingresos se igualan a los costos, en el proyecto, esto se da a partir de la producción 647 747 unidades equivalente a alcanzar ventas por \$ 599 786. Bajo las condiciones de simulación este punto se alcanza al año y medio de puesta en marcha del proyecto.

## **4. IMPACTO AMBIENTAL**

### **4.1. Descripción del estudio de impacto ambiental**

Impacto ambiental: es cualquier cambio en el ambiente, ya sea adverso o beneficioso, como resultado total o parcial de los aspectos ambientales de una organización.

Las acciones humanas, motivadas por la obtención de diversos fines, provocan efectos colaterales sobre el medio natural o social. Mientras los efectos perseguidos suelen ser positivos, para quienes promueven la actuación, los efectos secundarios pueden con frecuencia ser más negativos que positivos.

El estudio de impacto ambiental es una herramienta que ayuda determinar el daño de una intervención humana. Es un estudio técnico, objetivo, interdisciplinario que se realiza para predecir los impactos ambientales que pueden derivarse de la ejecución de un proyecto, actividad o decisión política permitiendo la toma de decisiones sobre la viabilidad ambiental del mismo.

De acuerdo al MARN, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala, en su listado taxativo para proyectos, obras, industrias o actividades, en la categoría de industrias manufactureras en la división 1514 establece que en relación al diseño, construcción y operación de empresas relacionadas con aceites y grasas de origen vegetal y animal, el impacto es poco significativo y de riesgo para el ambiente, aclarando que se traten de pequeñas empresas, esto significa con 25 empleados como máximo.

El proyecto propuesto, evaluación de un estudio técnico-económico de montaje de una línea envasadora de aceite vegetal, se considera de bajo impacto, encajando en la división 1514 del listado taxativo del MARN; sin embargo, se elaboró una matriz con el fin de determinar los posibles aspectos e impactos que generará el proyecto en cuestión.

Los criterios de evaluación se definen de la siguiente manera:

- Severidad: califica la gravedad del daño al entorno
- Frecuencia: estipula si el aspecto ambiental es ocasional o continuo
- Detectabilidad: el aspecto puede detectarse, es imperceptible o es necesario un aparato para su detección.
- Extensión geográfica: efectos a nivel local, fuera de la propiedad o pueden llegar a dañar comunidades vecinas.
- Tipo de requerimiento: en este caso, el impacto se considera significativo, si debe cumplir con alguna regulación estipulada por ley en el país asentado.

De acuerdo a lo descrito anteriormente, se elabora una tabla de significancia ambiental en la que se califica de 1 a 3 el grado en que los criterios son aplicados para cada aspecto e impacto ambiental relacionado, tomando el valor de 1 como un valor de poca frecuencia o severidad y el 3 como el de más alta frecuencia y severidad. En este caso la tabla XXIII queda de la siguiente manera:

Tabla XXIII. **Cuadro calificativo de nivel de significancia ambiental para el proyecto**

Nivel de significancia ambiental		Frecuencia o extensión geográfica		
		1	2	3
Severidad o Detectabilidad	1	NS	NS	NS
	2	NS	NS	S
	3	S	S	S

Fuente: elaboración propia.

Donde:

NS = no significativo

S = significativo

Una vez presentada las bases, se pasa a elaborar una tabla que describe el aspecto ambiental, impacto ambiental, el nivel de significancia y la medida de control si el aspecto es significativo. Dentro de las medidas de control a tomar, éstas deben seguir la siguiente jerarquía: eliminación, sustitución, control de ingeniería, control administrativo, uso de equipo de protección personal.

Al elaborar la matriz de aspectos e impactos ambientales del proyecto de montaje de una envasadora de aceite vegetal ver apéndice, se clasificó como significativo el manejo de desechos sólidos de planta, específicamente residuos de envases de PET, una de las medidas de control propuestas es el resguardo y acumulación de sus desperdicios para luego su utilización en una planta

recicladora de plástico, actualmente Guatemala cuenta con múltiples empresas en la actualidad, que se dedican a este tipo de negocio.

#### **4.2. Reciclaje de polietileno tereftalato (PET)**

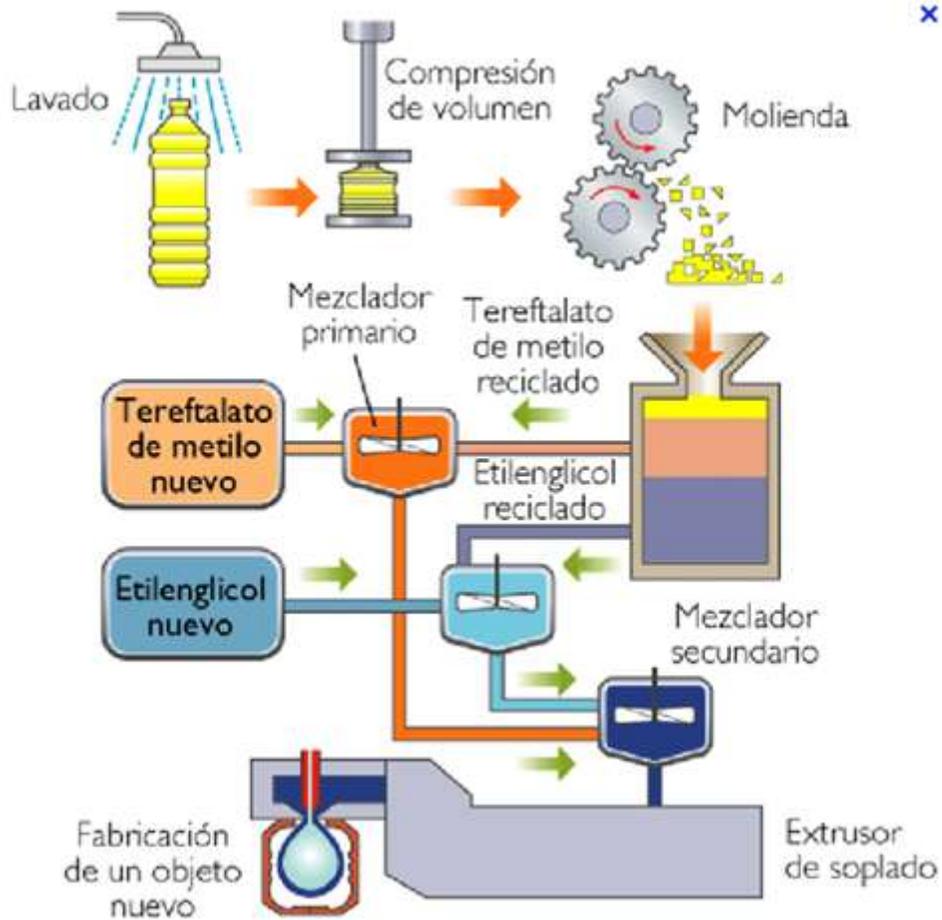
El PET es un polímero que se obtiene mediante una reacción de policondensación entre el ácido tereftálico y el etilenglicol. Pertenece al grupo de materiales sintéticos denominados poliésteres. Es un material caracterizado por su gran ligereza y resistencia mecánica a la compresión y a las caídas, posee alto grado de transparencia y brillo, conserva el sabor y aroma de los alimentos, reciclable 100%, por esta razón ha llevado a desplazar a otros plásticos como el PVC.

El reciclado de los envases de PET se consigue por dos métodos:

- Químico (metanolosis y glicólisis)
- Mecánico

El reciclado químico se lleva a cabo a escala industrial. Básicamente, en ambos procesos, luego de separar y lavar el material a reciclar, el PET se deshace o depolimeriza en sus componentes básicos; para luego mezclarse nuevamente en un reactor con tereftalato y etilenglicol nuevo y producir nuevamente PET.

Figura 7. Diagrama de flujo de reciclaje químico de PET

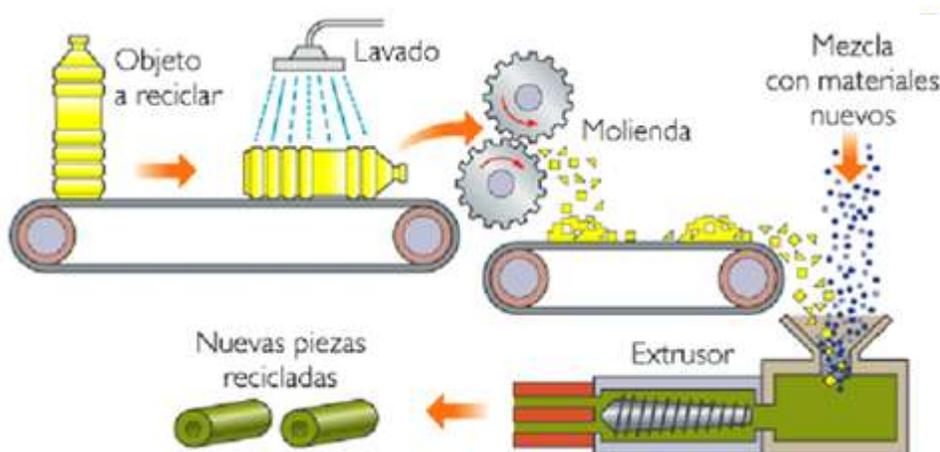


Fuente: [http://uy.kalipedia.com/tecnologia/tema/materiales/reciclado-quimico.html?x=20070822kpingtcn\\_43.Kes&ap=3](http://uy.kalipedia.com/tecnologia/tema/materiales/reciclado-quimico.html?x=20070822kpingtcn_43.Kes&ap=3). Consulta: 18 de octubre 2011.

En comparación, el reciclado mecánico es menos costoso, pero obtiene un producto final de menor calidad para un mercado más reducido con un mayor volumen de rechazos. El proceso de recuperación mecánico del PET consiste en una clasificación de botellas, lavado y separación de etiquetas, triturado, separación de partículas pesadas de otros materiales como polipropileno, polietileno de alta densidad en una segunda parte, estos residuos

son molidos, peletizados y secados; quedando aptos para su transformación en nuevos elementos de PET.

Figura 8. **Esquema reciclaje mecánico PET**



Fuente: recicladoslared.blogspot.com. Consulta: 18 de octubre 2011.

Actualmente, no se puede tener un dato exacto de la cantidad de envases de PET que se encuentran dispuestos inadecuadamente; sin embargo, es notoria su presencia en los cauces de corrientes superficiales, drenajes y basura, provocando taponamiento del sistema y dificultades en los procesos de limpieza, lo que facilita inundaciones en la temporada de lluvias; además de generar montañas de envases en las orillas de los cauces de ríos.

A pesar de que las características físicas y químicas aseguran que este material es inerte en el medio ambiente, el impacto visual que produce la inadecuada disposición de estos envases es alto y muy perceptible por la población.

## CONCLUSIONES

1. La demanda promedio de consumo de aceite vegetal para la envasadora durante el período de 5 años, según los datos de venta proporcionados por la simulación de Monte Carlo, es de 20 toneladas cada 38 días.
2. Con base en la poca frecuencia de pedidos que se tiene para cubrir la demanda de aceite vegetal, no invertir en un sistema de pesaje para el control de ingreso de materia prima de la envasadora.
3. La inversión mínima necesaria para el montaje de una planta envasadora de aceite vegetal, bajo las circunstancias analizadas en este proyecto particular, es de Q. 2 500 000,00.
4. La mejor opción de inversión para el montaje de una envasadora de aceite vegetal bajo las circunstancias analizadas, es el escenario B, compra de una máquina envasadora PET con adaptación a envasado de bolsa *doypack*, debido a que presenta valores de VAN y TIR de 69,3 y 23,5%, con un tiempo de recuperación del proyecto de 2,7 años.
5. Con base en los datos de venta proporcionados por la simulación de Monte Carlo, que la capacidad mínima de la envasadora de aceite vegetal para cubrir la demanda proyectada en un período de 5 años, es de 23 envases/min.



## RECOMENDACIONES

1. Revisar anualmente las ventas para ajustar la demanda promedio de consumo de aceite vegetal, durante el período de 5 años de puesta en marcha del proyecto de montaje de la envasadora de aceite vegetal.
2. Considerar un estudio al tercer año de implementación del proyecto con el objetivo de determinar si existe una variación significativa en la frecuencia de pedidos de aceite vegetal, y si es necesario invertir en un sistema de pesaje de pipas para el control de ingreso de materia prima de la envasadora.
3. No invertir en el escenario C, compra de una máquina envasadora de PET y una máquina envasadora de bolsa *doypack*, debido a que representa la opción con mayor inversión y menor rentabilidad, para el montaje de una planta envasadora de aceite vegetal, bajo las circunstancias analizadas en este proyecto en particular.
4. De acuerdo a las herramientas de análisis financiero y las circunstancias en las que se analizó el proyecto, no invertir en los escenarios A y C, debido a que poseen valores VAN, TIR y *Payback* menores a los del escenario B, y a las condiciones estipuladas de la empresa, tiempo de recuperación mayor de 5 años, VAN negativo y TIR menor al 12%.

5. Comprar la máquina con capacidad siguiente estipulada por el proveedor en este caso 30 envases/min, asegurándose una cobertura en caso surja un aumento de la demanda. Aunque se determinó que la capacidad mínima de la envasadora de aceite vegetal para cubrir la demanda de ventas proyectada para un período de 5 años es de 23 envases/min.

## BIBLIOGRAFÍA

1. BAILEY, Alton Edwar; HUI, Yui H. *Bailey's Industrial oil and fat products*. 5a ed., volume 1. Estados Unidos: John Wiley and Sons, 1996. p 560.
2. Banco de Guatemala. *Tasas de interés aplicadas en moneda nacional de instituciones bancarias*. Guatemala 2011. [en línea] <http://info.sib.gob.gt>. [Consulta: 15 de mayo de 2011]
3. CANTER, Larry W. *Manual de evaluación de impacto ambiental*. 2a ed. España: McGraw-Hill, 2001. p 870.
4. Corporación Palisade. *Simulación de Monte Carlo*. Estados Unidos 2001. [en línea] [http://www.palisade-lta.com/risk/simulacion\\_monte\\_carlo.asp](http://www.palisade-lta.com/risk/simulacion_monte_carlo.asp). [Consulta: 19 de marzo del 2011].
5. FELDER, Richard M.; ROUSSEAU, Ronald W. *Principios elementales de los procesos químicos*. 3a ed. México: Limusa Wiley, 2006. p 681.
6. GARRIDO, Martos. *Métodos de análisis de inversiones: zona económica*. [en línea]: <http://www.zonaeconomica.com/inversion/metodos>. [Consulta: 8 de abril 2011].

7. MCCABE, Warren L.; SMITH, Julian C; HARRIOT, Peter. *Operaciones unitarias en Ingeniería Química*. 7a ed. España: McGraw-Hill, 1991. 1189 p.
8. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala. (2009). *Estudio de impacto ambiental de construcción de un tanque de almacenamiento de aceite vegetal*. Guatemala: Exp. EAI-149-2009. 32 p.
9. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala. *Listado taxativo de proyectos, obras, industrias o actividades*. [en línea] <http://www.marn.gob.gt>. [Consulta: 15 de octubre 2011].
10. SÁNCHEZ DE RIVERA, Daniel. *Deducción de distribuciones: Método de Monte Carlo*. [en línea] [http://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9todo\\_de\\_Montecarlo](http://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9todo_de_Montecarlo). [Consulta: 19 de marzo de 2011].
11. WINGROVE, Alan S.; CARET, Robert L. *Química orgánica*. Edición en español. México: Oxford, 1999. 1569 p.

## APÉNDICES

Tablas con los resultados de la simulación de Monte Carlo por cada producto, por un período de 5 años, generados en Excel.

### Apéndice 1. **Simulación de Monte Carlo año No. 1**

Año No.1	Meses											
Producto	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Aceite y bolsa 100 ml	12,98	17,53	48,50	42,17	35,39	22,39	27,80	45,89	0,56	32,34	27,40	20,30
Aceite y bolsa 400 ml	171,69	39,95	168,22	44,10	129,42	81,00	29,77	66,83	185,18	121,41	168,75	9,06
Aceite y PET 180 ml	266,04	125,32	243,80	301,79	159,18	324,81	266,04	234,20	186,10	312,78	341,59	285,32
Aceite y PET 750 ml	17,09	19,94	15,50	22,92	34,98	45,42	16,01	18,42	18,93	18,84	5,70	38,84
Aceite y con Maíz PET 750 ml	6,74	49,46	55,85	22,41	1,69	45,89	27,10	41,27	30,33	25,05	41,06	2,57
Aceite y PET 450 ml	466,88	712,28	684,33	473,19	383,20	655,81	376,46	656,91	550,12	474,92	509,21	593,21
Aceite y PET 900 ml	909,75	1060,57	922,72	840,03	845,44	762,10	1183,15	1190,91	986,14	1049,31	935,38	714,36
Aceite y bolsa 90 ml	303,86	280,86	259,24	78,78	266,96	257,84	266,52	331,55	254,68	267,92	104,97	271,50

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Simulación de Monte Carlo año No. 2**

Año No. 2	Meses											
Producto	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Aceite y bolsa 100 ml	15,15	21,03	11,97	14,44	18,74	9,30	54,56	53,81	57,67	21,46	58,70	28,66
Aceite y bolsa 400 ml	76,13	145,64	190,53	26,26	75,58	136,44	64,44	143,30	121,24	82,74	119,53	141,43
Aceite y PET 180 ml	138,90	250,76	218,62	393,12	309,98	208,81	287,82	277,67	180,01	223,55	217,88	367,55
Aceite y PET 750 ml	35,99	29,02	17,77	10,40	11,67	47,56	10,07	43,32	22,31	35,07	18,58	47,50
Aceite y con Maíz PET 750 ml	16,53	5,84	37,94	28,74	8,69	4,67	59,63	6,42	28,43	34,13	7,36	27,79
Aceite y PET 450 ml	459,18	544,04	368,68	735,46	596,10	409,62	531,67	623,69	337,65	735,55	314,42	503,30
Aceite y PET 900 ml	1046,20	840,69	765,29	931,22	752,53	835,61	1044,96	762,84	1139,89	784,70	1034,91	1171,23
Aceite y bolsa 90 ml	79,72	314,94	322,77	121,82	131,41	251,92	225,35	148,43	153,96	286,16	144,55	273,82

Fuente: elaboración propia,

Apéndice 3. **Simulación de Monte Carlo año No. 3**

Año No. 3	Meses											
Producto	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Aceite y bolsa 100 ml	0,72	17,22	12,74	2,58	7,25	54,81	6,91	28,82	39,06	12,31	7,21	44,35
Aceite y bolsa 400 ml	101,57	26,86	79,05	57,76	54,59	142,27	34,41	174,44	33,66	110,89	131,97	21,73
Aceite y PET 180 ml	308,20	388,97	143,90	308,34	170,91	312,06	310,96	226,94	314,01	382,75	171,69	322,98
Aceite y PET 750 ml	39,94	45,06	43,05	17,81	42,88	32,28	13,99	22,68	17,35	8,77	29,43	11,64
Aceite y con Maíz PET 750 ml	9,19	28,34	57,89	56,21	21,09	27,73	18,71	23,37	64,33	65,67	10,82	54,22
Aceite y PET 450 ml	665,09	396,01	735,80	637,56	337,34	542,31	436,82	471,43	739,21	443,75	565,54	482,21
Aceite y PET 900 ml	877,89	1075,28	1271,52	1226,22	1105,94	1150,62	1205,46	917,78	1173,54	787,92	1231,38	1147,94
Aceite y bolsa 90 ml	121,34	332,96	168,10	214,02	186,42	161,39	64,33	87,18	79,00	342,96	227,87	362,92

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Simulación de Monte Carlo año No. 4**

<b>Año No.4</b>	<b>Meses</b>											
<b>Producto</b>	<b>Ene.</b>	<b>Feb.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>May.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>
<b>Aceite y bolsa 100 ml</b>	19,75	53,91	9,76	47,23	11,50	36,77	51,41	8,69	28,59	48,23	8,95	6,69
<b>Aceite y bolsa 400 ml</b>	128,69	131,63	78,56	65,44	39,03	187,72	27,22	44,12	127,35	26,96	137,57	145,46
<b>Aceite y PET 180 ml</b>	171,33	149,06	241,13	399,80	349,67	278,00	411,07	416,77	283,51	411,71	303,52	182,73
<b>Aceite y PET 750 ml</b>	43,94	12,89	43,44	37,10	0,78	0,53	19,43	54,88	39,90	53,25	35,07	51,19
<b>Aceite y con Maíz PET 750 ml</b>	20,78	7,86	17,41	29,80	65,98	7,12	14,81	57,07	6,36	9,77	10,59	5,05
<b>Aceite y PET 450 ml</b>	814,58	354,80	763,73	460,86	462,19	426,70	421,87	381,74	438,85	691,66	628,97	637,50
<b>Aceite y PET 900 ml</b>	1045,30	923,93	1030,5	1143,33	1290,44	1366,93	1240,93	1141,12	1193,16	1086,02	1224,00	1342,50
<b>Aceite y bolsa 90 ml</b>	4,42	6,51	161,25	430,34	445,18	268,46	311,53	417,69	73,35	240,89	345,49	64,37

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. **Simulación de Monte Carlo año No. 5**

Año No. 5	Meses											
Producto	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Aceite y bolsa 100 ml	56,89	47,75	19,81	12,77	10,60	9,38	30,51	45,85	6,08	59,75	22,65	38,93
Aceite y bolsa 400 ml	39,78	88,58	54,81	216,15	68,25	53,35	165,99	208,23	37,87	166,39	156,18	192,27
Aceite y PET 180 ml	418,79	209,82	372,37	176,19	336,48	277,80	422,71	260,50	448,43	345,24	353,71	455,24
Aceite y PET 750 ml	33,98	38,06	38,90	15,54	11,07	49,09	48,95	43,55	9,15	42,00	32,59	17,47
Aceite y con Maíz PET 750 ml	46,83	57,42	49,95	52,63	38,94	57,48	23,31	72,05	30,30	26,46	5,51	43,95
Aceite y PET 450 ml	850,45	360,38	601,24	679,18	347,94	588,06	808,13	564,98	427,43	829,79	570,99	470,81
Aceite y PET 900 ml	1054,65	1102,17	1091,93	971,78	1252,02	1065,30	1095,31	1405,12	880,50	1232,43	1201,60	1065,83
Aceite y bolsa 90 ml	181,31	250,47	16,66	223,89	219,89	430,66	278,72	161,16	24,12	183,64	424,67	235,1

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. **Demanda anual de aceite vegetal por producto período 5 años**

<b>Producto</b>	<b>Año No,1</b>	<b>Año No,2</b>	<b>Año No,3</b>	<b>Año No,4</b>	<b>Año No,5</b>
<b>Aceite Y bolsa 100 ml</b>	11 902	12 673	7 877	10 834	11 454
<b>Aceite Y bolsa 400 ml</b>	11 575	12 235	8 701	9934	12 251
<b>Aceite Y bolsa 90 ml</b>	80 183	78 556	83 388	86 657	95 332
<b>Aceite Y PET 180 ml</b>	2 784	2 235	2 141	2 511	2 363
<b>Aceite Y PET 750 ml</b>	2 322	1 717	2 741	1 536	2 980
<b>Aceite Y con Maíz PET 750 ml</b>	78 282	71 616	72 846	71 057	75 541
<b>Aceite Y PET 450 ml</b>	73 076	69 144	79 586	82 294	76 425
<b>Aceite Y PET 900 ml</b>	109 062	88 559	81 988	93 869	254 836
<b>Total anual litros aceite</b>	205 031	179 452	178 451	189 267	337 686
<b>Total anual en toneladas aceite</b>	189	165	164	174	311
<b>No, pipas anual</b>	9	8	8	9	16
<b>Frecuencia (días/pipa)</b>	38	44	44	41	23

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. **Precio promedio de venta en el mercado nacional de aceite vegetal en presentaciones similares**

<b>Presentación aceite vegetal</b>	<b>Precio (Q.)</b>
Bolsa 100 ml	2,8
Bolsa 400 ml	10,5
PET 180 ml	3,8
PET 750 ml	14,3
PET 750 ml con maíz	15,05
PET 450 ml	8,35
PET 900 ml	15,6
Bolsa 90 ml	2,7

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 8. **Matriz ambiental propuesta del proyecto de montaje de una envasadora de aceite vegetal**

Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Significancia del impacto	Explicación/Control Sugerido
Efecto al aire por emisiones a la atmosfera	Emisión de gases o de partículas, desde fuentes móviles	NS	Bajo impacto ambiental. Se producirán emisiones por el movimiento de distribución de
	Generación de ruidos, olores y vibraciones	NS	Bajo impacto ambiental. No se producen ruidos, olores y vibraciones de forma significativa
Efectos sobre el Agua	Fuente de abastecimiento de agua para el desarrollo	NS	Bajo impacto ambiental. Sistema abastecimiento de la zona industrial
	Sistema de tratamiendo de agua residual doméstica	NS	Bajo impacto ambiental. Sistema de drenaje sanitario del proyecto.
	Sistema de tratamiendo de agua residual industrial	NS	Bajo impacto ambiental, no se utiliza agua en el proceso más que para el uso del personal.
Efectos al Suelo	Cambios de uso al suelo	NS	Bajo impacto ambiental. La planta se construira dentro de zona industrial
	Derrame de Aceite Vegetal	NS	Bajo impacto ambiental. Se utilizará toba para su adsorción, el aceite vegetal es no peligroso y
Efecto sobre la generación y manejo de desechos sólidos	Generación de desechos en fase de operación	S	Impacto significativo. Desechos de PET generados serán tratados con empresa recicladora privada
	Generación de desechos en fase de construcción	NS	Bajo impacto ambiental. Desechos generados serán recolectados y manejados por servicio privado autorizado por la municipalidad
Efecto a la Biodiversidad	Desplazamiento o pérdida de la biodiversidad	NS	Bajo impacto ambiental.
	Perdida del bosque	NS	Bajo impacto ambiental. Lote valdio sin bosque
	Efecto a áreas protegidas	NS	Bajo impacto ambiental. El proyecto se ubica en una zona industrial, no afecta algún área protegida.
Aspecto culturales, arqueológicos y paisajísticos	Localización del proyecto	NS	Bajo impacto ambiental.
	Perdida del bosque	NS	Bajo impacto ambiental.

Fuente: elaboración propia.

## ANEXO

### Tasas de interés plazo fijo manejadas por bancos en Guatemala año 2010

Tasas de Interés Aplicadas en Moneda Nacional de Instituciones Bancarias												
TASAS DE INTERÉS APLICADAS MONEDA NACIONAL Al 30/12/2010												
INSTITUCIONES BANCARIAS	PRÉSTAMOS			PROM. POND.	DESCUENTOS			PROM. POND.	DEPÓSITOS MONETARIOS			
	MÍNIMA	MÁXIMA	MODA		MÍNIMA	MÁXIMA	MODA		MÍNIMA	MÁXIMA	MODA	PROM. POND.
EL CRÉDITO HIPOTECARIO NACIONAL DE GUATEMALA	6.00	40.00	21.00	13.12	6.33	13.09	8.99	9.50	0.00	3.00	0.00	1.11
BANCO INMOBILIARIO, S. A.	5.00	26.00	15.01	12.95					0.00	7.00	0.00	0.58
BANCO G&T CONTINENTAL, S. A.	4.00	47.00	45.00	10.79	4.59	34.42	12.33	11.21	0.00	7.00	0.00	1.24
BANCO DE LOS TRABAJADORES	6.00	45.00	23.02	25.54	11.00	15.00	14.00	12.45	0.00	7.00	0.00	2.52
BANCO INDUSTRIAL, S. A.	4.00	37.00	10.75	9.33	7.50	24.00	8.00	7.74	0.00	7.00	0.00	0.82
BANCO DE DESARROLLO RURAL, S. A.	4.00	54.00	12.84	14.35					0.00	8.25	0.00	0.82
BANCO INTERNACIONAL, S. A.	3.00	40.60	18.00	11.32					0.00	5.75	0.00	0.92
BANCO REFORMADOR, S. A.	4.00	40.00	40.00	9.38	5.00	17.00	11.96	10.38	0.00	5.00	0.00	0.92
CITIBANK, N. A.; SUC. GUATEMALA	7.00	13.00	7.00	8.37					0.00	3.25	0.00	1.22
VIVIBANCO, S. A.	7.90	26.00	8.72	10.63					0.00	5.00	0.00	2.62
BANCO AMERICANO, S. A.	4.50	24.50	13.27	11.06					0.00	2.00	0.00	0.01
BANCO PROMERICA, S. A.	5.00	60.00	46.59	25.63	20.00	20.00	20.00	20.00	0.00	5.00	0.00	0.92
BANCO DE ANTIGUA, S. A.	5.00	92.00	34.18	37.04								
BANCO DE AMÉRICA CENTRAL, S. A.	6.00	75.00	32.00	10.81	12.00	15.00	15.00	13.18	0.00	3.50	0.00	1.82
BANCO CITIBANK DE GUATEMALA, S. A.	5.00	30.00	11.05	10.73					0.00	5.85	0.00	1.22
BANCO AGROMERCANTIL DE GUATEMALA, S. A.	3.50	29.00	10.95	9.60	24.00	24.00	24.00	24.00	0.00	5.00	0.00	0.72
BANCO DE CRÉDITO, S. A.	6.50	25.00	23.99	13.70	13.00	18.50	16.83	15.47	0.00	4.00	0.00	1.12
BANCO AZTECA DE GUATEMALA, S. A.	1.00	432.00	72.02	80.88	16.00	16.00	16.00	16.00	0.00	10.50	1.25	4.82

Las tasas de interés aplicadas a depósitos corresponden a operaciones con el público

La tasa modal se refiere a la tasa nominal de interés aplicada al mayor número de cuentas

La tasa de interés anual promedio ponderada de las operaciones activas del sistema bancario es del 16.03%

La tasa de interés anual promedio ponderada de las operaciones pasivas del sistema bancario es del 4.32%

DEPÓSITOS	DE AHORRO			PROM. POND.	DEPÓSITOS A PLAZO	
	MÍNIMA	MÁXIMA	MODA		MÍNIMA	MÁXIMA
	0.00	6.75	0.00	2.50	0.00	9.00
	0.00	8.30	0.00	3.92	3.00	9.50
	0.00	3.50	0.26	1.40	2.00	9.25
	0.00	10.00	2.26	5.23	1.00	11.00
	0.00	7.00	0.75	1.17	1.00	9.50
	0.00	9.00	0.00	1.82	2.50	9.10
	0.00	5.50	0.00	1.85	0.00	8.50
	0.00	7.50	0.00	1.81	2.00	9.00
	0.00	2.50	2.50	2.20		
	0.00	8.00	0.00	2.94	0.00	9.00
	0.00	8.00	0.00	5.41	3.00	8.00
	0.00	11.11	0.00	3.09	2.52	11.25
	0.00	4.51	0.00	2.86	2.75	12.00
	0.00	3.75	0.00	1.96	1.75	9.00
	0.00	6.00	0.00	4.01	2.70	9.75
	0.00	6.50	0.00	1.48	0.00	9.25
	0.00	9.00	0.00	5.29	0.00	10.00
					4.00	10.75

Fuente: Banco de Guatemala.

