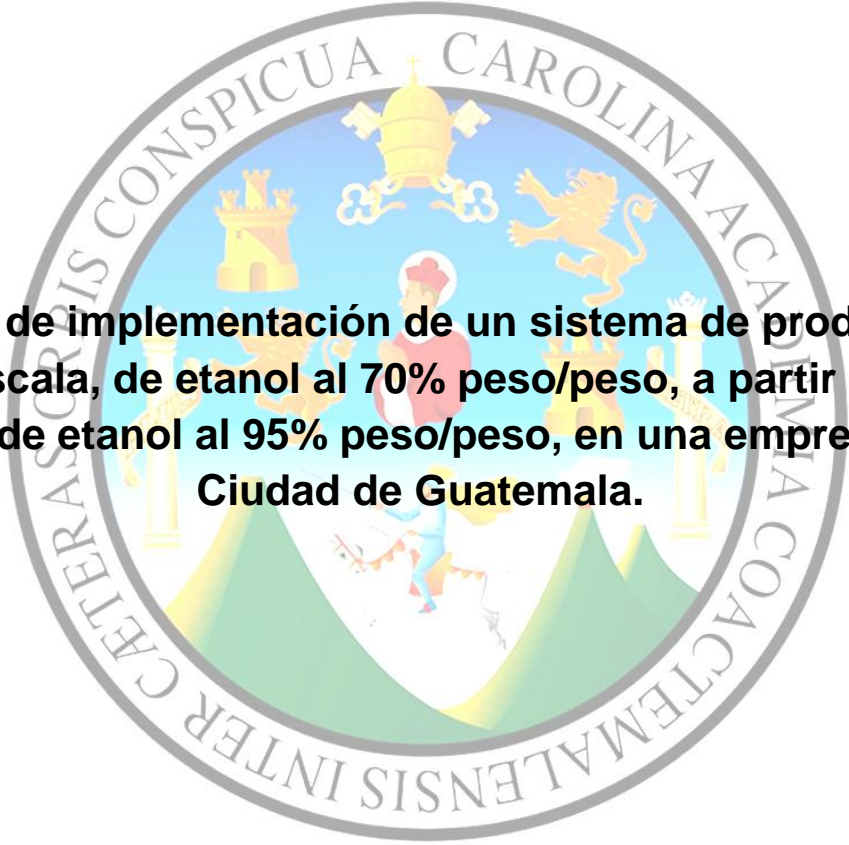


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central shield with a blue background, a golden crown at the top, and a golden lion on the right. Below the shield is a green landscape with a white path leading to a small building. The shield is surrounded by a grey border containing the Latin motto "CETERA SPIS CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER".

**Proyecto de implementación de un sistema de producción a gran escala, de etanol al 70% peso/peso, a partir de una dilución de etanol al 95% peso/peso, en una empresa en la Ciudad de Guatemala.**

Trabajo de Graduación presentado por

Alexander Nicolás López Sánchez

Para optar al grado de

Maestría en Administración Industrial y Empresas de Servicios

Guatemala, Mayo de 2011

**JUNTA DIRECTIVA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA**

<b>ÓSCAR MANUEL CÓBAR PINTO, Ph.D</b>	<b>DECANO</b>
<b>LIC. PABLO ERNESTO OLIVA SOTO, M.A.</b>	<b>SECRETARIO</b>
<b>LICDA. LILLIAN RAQUEL IRVING ANTILLÓN</b>	<b>VOCAL I</b>
<b>LICDA. LILIANA VIDES DE URIZAR</b>	<b>VOCAL II</b>
<b>LIC. LUIS ANTONIO GALVEZ SANCHINELLI</b>	<b>VOCAL III</b>
<b>BR. JOSÉ ROY MORALES CORONADO</b>	<b>VOCAL IV</b>
<b>BR. CECILIA LISKA DE LEÓN</b>	<b>VOCAL V</b>

**CONSEJO ACADEMICO  
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**

**ÓSCAR MANUEL CÓBAR PINTO, Ph.D.**  
**LICDA. ANNE MARIE LIERE DE GODOY, MSc.**  
**DR. ROBERTO FLORES ARZÚ**  
**DR. JORGE ERWIN LÓPEZ GUTIÉRREZ**  
**LIC. FÉLIX RICARDO VÉLIZ FUENTES, MSc.**

Alexander Nicolás López Sánchez

**AUTOR**

Lic. Evelyn Michelle Delgado Rouge, MSc

**ASESOR**

Lic. Selvin Oswaldo Marroquín Bojórquez, MBA

**REVISOR**

Licda. Anne Marie Liere de Godoy, MSc.

**DIRECTORA**

Oscar Manuel Cobar Pinto, Ph.D.

**DECANO**

## Índice

1.	Resumen . . . . .	1
2.	Introducción . . . . .	2
3.	Definición del problema . . . . .	3
3.1	Tema elegido. . . . .	3
3.2	Delimitación del tema . . . . .	3
3.3	Enunciado . . . . .	3
4.	Justificación . . . . .	4
5.	Marco teórico. . . . .	5
5.1	Etanol . . . . .	5
5.1.1	Propiedades fisicoquímicas del etanol . . . . .	5
5.2	Producción de etanol . . . . .	5
5.2.1	Fermentación . . . . .	5
5.2.2	Purificación de etanol.. . . . .	6
5.2.3	Etanol al 70% como desinfectante . . . . .	6
5.3	Preparación y evaluación de etanol al 70% y otras concentraciones . . .	7
5.3.1	Medición de la densidad del etanol . . . . .	8
5.3.2	Cálculo para la preparación de mezclas etanólicas . . . . .	8
5.3.3	Proceso de fabricación actual . . . . .	9

5.4	Análisis Financiero .....	10
5.4.1	Oferta .....	10
5.4.2	Demanda .....	11
5.4.3	Cálculo del Valor Actual Neto .....	12
6.	Objetivos .....	13
6.1	Objetivo general .....	13
6.2	Objetivos específicos .....	13
7.	Desarrollo del trabajo .....	14
7.1	Sistema de filtración .....	15
7.2	Sistema de medición .....	15
7.3	Sistema de mezclado .....	16
7.4	Análisis financiero de costos .....	16
8.	Métodos y Técnicas Empleados .....	17
8.1	Sistema de filtración .....	17
8.2	Sistema de medición .....	20
8.3	Sistema de mezclado .....	21
8.4	Análisis de la capacidad de producción .....	22
8.5	Análisis financiero de costos .....	23
8.5.1	Costos de implementación del nuevo sistema de producción ...	23
8.5.2	Cálculos de costos de producción de antiguo sistema .....	24
8.5.3	Cálculos de costos del sistema nuevo de producción. ....	24
8.5.4	Demanda anual de etanol al 70% del año 2006 al año 2010. ....	25
8.5.5	Demanda anual de etanol al 70% de nov 2009 a oct 2010. ....	26
8.5.6	Cálculo de utilidades anuales por mes con el nuevo sistema ....	27

8.5.7	Cálculo del Valor Actual Neto (VAN) del proyecto . . . . .	28
9.	Resultados. . . . .	29
9.1	Sistema de filtración . . . . .	29
9.2	Sistema de medición. . . . .	29
9.3	Sistema de mezclado . . . . .	29
9.4	Análisis financiero de costos . . . . .	30
9.4.1	Costo de implementación del nuevo sistema de producción. . . . .	30
9.4.2	Cálculo de costos de producción del antiguo sistema. . . . .	30
9.4.3	Cálculo de costos de sistema nuevo de producción. . . . .	30
9.4.4	Cálculo de la demanda y utilidades del nuevo sistema. . . . .	30
9.4.5	Cálculo del Valor Actual Neto del proyecto . . . . .	31
10.	Discusión de resultados. . . . .	32
10.1	Disminución de costos de producción. . . . .	32
10.2	Aumento de la capacidad de producción. . . . .	32
10.3	Disminución en el tiempo de producción. . . . .	33
10.4	Valor Actual Neto del Proyecto . . . . .	33
11.	Conclusiones. . . . .	34
12.	Recomendaciones. . . . .	35
13.	Referencias bibliográficas. . . . .	36

## 1. RESUMEN

El presente proyecto de investigación presenta la implementación de un sistema de producción a gran escala de etanol al 70%, a partir de dilución de etanol al 95%, en la una empresa en la ciudad de Guatemala. El aumento en la demanda de etanol al 70% motivó a mejorar el sistema de producción anterior de una empresa en la ciudad de Guatemala., ya que este sistema era muy lento y consumía demasiados recursos, sobre todo en mano de obra y en tiempos de producción.

La fabricación de etanol al 70% se divide en cuatro procesos principales, los cuales son: filtración de materia prima, medición, mezclado y control de calidad.

La materia prima principal para la fabricación de etanol al 70% es el etanol al 95% grado reactivo. El etanol al 95% se diluye con agua a una proporción específica y de esta forma se obtiene el producto final, el cual se analiza para comprobar su concentración exacta mediante la medición de la densidad.

El proceso principal de la fabricación de etanol al 70% es la filtración de la materia prima. El etanol al 95% debe filtrarse para asegurar su calidad y para evitar contaminación en el producto final. Anteriormente se filtraba manualmente el etanol al 95% y este proceso consumía muchos recursos tanto humanos como de tiempo. En este proyecto se propuso un sistema de filtración automático, el cual consume mucho menos recursos que el sistema anterior, sobre todo en función del tiempo. El mayor beneficio de este proyecto se obtiene a partir del proceso de filtración.

Otro proceso importante es la medición. Este proceso anteriormente se hacía mediante la medición de volúmenes, y también era un proceso manual que requería mucho tiempo y experiencia de operarios. El nuevo proceso implementado requiere una medición por peso, la cual es mucho más simple y rápida, además de ser más exacta ya que se hace con un sistema de balanza digital. Este proceso es el que generó mayor costo para el proyecto, pero este costo es necesario y tiene una alta rentabilidad a largo plazo, ya que con él se logra un decremento significativo del tiempo de producción.

Los sistema de mezclado y control de calidad se mantuvieron casi iguales, debido a que no influyen mucho en el costo de producción.

Al final del proyecto se logró desarrollar un sistema rentable para la fabricación de etanol al 70%, el cual se recomienda sea implementado en una empresa de la ciudad de Guatemala, para obtener mayores utilidades de la venta de este producto.

## **2. INTRODUCCIÓN**

El etanol es un compuesto químico de la familia de los alcoholes. Es producido principalmente por tres formas. Como compuesto petroquímico, por hidratación de etileno y por fermentación. En Guatemala la mayor parte de etanol se produce por medio de fermentación de productos del azúcar.

La producción y previa purificación por destilación fraccionada del etanol, produce una mezcla azeotrópica de 95% etanol y 5% agua. Esta mezcla azeotrópica se utiliza como materia prima en muchas industrias en Guatemala.

Uno de los principales usos del etanol es como antiséptico, pero para esto su concentración debe ser no mayor a 70% ya que a esta concentración se obtiene el mayor poder antiséptico del etanol.

La producción de etanol al 70% a partir de etanol al 95% es uno de los usos del etanol en Guatemala. Esto se realiza con una dilución con agua y una posterior evaluación de la concentración de etanol. El presente trabajo de investigación pretende establecer una metodología para la producción a gran escala de etanol al 70% a partir de etanol al 95%.



La demanda de etanol al 70% ha aumentado notablemente en los últimos dos años, y es necesario establecer una metodología para satisfacer esta demanda realizando un producto con alta calidad y buen precio.

Se pretende implementar un sistema de producción de etanol al 70% por lotes de 200 litros cada uno, aplicando conocimientos administrativos y financieros para realizarlo con el menor costo posible, manteniendo un alto estándar de calidad.

Al final del proyecto se pretende tener establecido el proceso de producción, el control de calidad del producto terminado, así como un análisis de costos de todo el proceso.

### **3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

#### **3.1 Tema elegido**

- Fabricación de etanol a diferentes concentraciones por dilución de etanol absoluto

### **3.2 Delimitación del tema**

En una empresa en la ciudad de Guatemala, se fabrica etanol a diferentes concentraciones (88%, 75%, 72%, 70%) a partir de dilución con agua del etanol al 95%. El problema es que la demanda de dichos productos se ha incrementado significativamente en el último año y el método para producir solo permite producir 50 litros por lote. La idea es utilizar los conocimientos de evaluación de proyectos, financieros, administrativos y operaciones adquiridos en la maestría, para crear un sistema que permita aumentar la productividad de la empresa para poder satisfacer la demanda de etanol. La concentración que más ha aumentado su demanda es la de etanol al 70% por lo que se delimitará el proyecto a este producto específicamente.

### **3.3 Enunciado**

“Implementación de un sistema de producción a gran escala de etanol al 70% a partir de dilución de etanol absoluto”

En una empresa en la ciudad de Guatemala, se produce Etanol a distintas concentraciones a partir de Etanol al 95%. Esto se hace mediante diluciones con agua. Estos productos se empezaron a desarrollar aproximadamente hace 3 años, y la demanda fue muy buena desde el principio. Son pocas las empresas Guatemaltecas que tienen la capacidad de producción de este producto, y esto ha hecho que la empresa consiguiera un alto segmento del mercado. En el presente año, la demanda de estos productos (en especial los de concentración de 70% y 72%) ha aumentado significativamente, incluso se ha incursionado en el mercado salvadoreño, lo que ha hecho que la metodología de producción que se tuvo anteriormente se viera limitada.

El ver este aumento de demanda generó la inquietud de ver si existía la posibilidad de diseñar una metodología nueva que permita aumentar la capacidad de producción de la empresa y de esta forma poder satisfacer más rápidamente la alta demanda de estos productos. Es por esto que se tomó la decisión de hacer un proyecto de investigación final sobre este tema, ya que con los conocimientos adquiridos en los cursos de finanzas, administración de proyectos, gerencia de operaciones y estrategia empresarial, es posible diseñar tal metodología y obtener una mayor rentabilidad de la fabricación de este producto.

#### 4. JUSTIFICACIÓN

El etanol es un compuesto químico que tiene múltiples usos en la industria. Se obtiene usualmente por fermentación o por hidratación del etileno. Uno de los mayores usos que tiene el etanol es como un compuesto antiséptico en una solución acuosa a una concentración de 70% p/p. Usualmente este compuesto se obtiene por dilución con agua de etanol al 95% p/p.

Actualmente la producción de etanol en Guatemala se hace a partir de fermentación de productos de desecho de la producción de azúcar. De esta producción se obtiene un azeótropo al 95%

En los últimos dos años ha aumentado la demanda de etanol en concentraciones desde 68% p/p a 88%, siendo el etanol al 70% el de mayor demanda.

Este trabajo de investigación presenta su justificación en el hecho de que es necesario desarrollar una metodología que permita satisfacer la demanda de etanol al 70% p/p con un producto de calidad certificada y a un costo accesible para el cliente.

Esto se pretende lograr mediante un sistema de producción a gran escala, mediante el cual se pueda hacer la dilución de etanol con la mayor exactitud posible y se implementará una metodología de control de calidad para garantizar la concentración final del producto, mediante la medición exacta de la densidad.

## 5. MARCO TEÓRICO

### 5.1 Etanol

El etanol es un compuesto químico con fórmula molecular  $C_2H_6O$ . También conocido como alcohol etílico. Posee un punto de ebullición de  $78^\circ C$  (Merck Index; 1976). Es soluble con el agua y en una concentración del 95% forma una mezcla azeotrópica con agua, es decir que no se pueden separar por medio de la destilación simple.

#### 5.1.1 Propiedades fisicoquímicas del etanol

Densidad:	0.789 g/ml
Apariencia:	Incoloro
Masa molar:	46.07 g/mol
Punto de fusión:	$-114.3^\circ C$
Punto de ebullición:	$78.4^\circ C$

Viscosidad:	1.074 mPa·s a 20°C
Acidez (pK <sub>a</sub> ):	15.5
Punto de inflamabilidad:	13°C

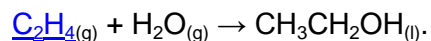
(Merck Index; 1976)

## 5.2 Producción de etanol

El etanol es producido de tres formas: como petroquímico, por hidratación del etileno y por fermentación. El costo de estos sistemas de producción depende de ciertos factores como el precio del petróleo y la disponibilidad de granos para la fermentación (Dewsbury, S; 2009). En Guatemala la principal forma de producción de etanol es por fermentación de productos de desecho de la producción de azúcar.

### Hidratación del etileno

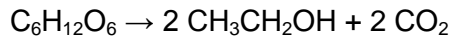
El etanol para uso como materia prima industrial o solvente (usualmente se le denomina etanol sintético) se obtiene usualmente de materias primas petroquímicas, principalmente de la hidratación del etileno mediante catálisis ácida. Esta reacción se representa de la siguiente forma:



El catalítico es usualmente ácido fosfórico, absorbido sobre sílica gel. Esta catálisis fue usada por Shell Oil Company (Compañía de Petróleo Shell) por primera vez en 1947. En la actualidad son pocas las empresas que realizan dicho proceso (Kosaric, N; 2001, p. 349).

### 5.2.1 Fermentación

El etanol producido para bebidas y la mayor parte de etanol producido para combustible, se produce por la vía de la fermentación. Cuando algunas especies de levaduras metabolizan el azúcar, producen etanol y dióxido de carbono. La ecuación química se representa de la siguiente forma:



El proceso de cultivar levaduras bajo condiciones controladas para producir alcohol se llama fermentación. Este proceso se lleva a cabo a una temperatura entre 35 y 40° C. La toxicidad del etanol sobre las levaduras afecta la cantidad de etanol que se puede producir por esta vía. Las levaduras que más toleran las concentraciones de etanol, pueden llegar a tolerar hasta un 15% de etanol en volumen.

Para poder producir etanol a partir de materiales como cereales, el almidón debe ser convertido en azúcar, usualmente por un proceso enzimático. Para la producción de etanol para uso como combustible, la hidrólisis del almidón en glucosa se puede lograr más rápidamente por tratamiento con ácido sulfúrico diluido, por amilasa fúngica o una mezcla de ambos métodos (Kosaric, N; 2001).

### **5.2.2 Purificación de etanol**

La fermentación o la hidrólisis de etileno producen una mezcla de etanol-agua. Para la mayoría de usos industriales, el etanol debe ser purificado. La extracción fraccionada puede concentrar el etanol hasta un 95.6% en volumen. Esta mezcla es un azeótropo con un punto de ebullición de 78.1°C la cual no se logra separar por destilación.

Métodos comunes para la obtención de etanol absoluto incluyen desecación utilizando adsorbentes tales como el almidón, zeolitas o granos molidos, los cuales adsorben el agua preferiblemente. Otros métodos utilizados son la destilación azeotrópica y la destilación extractiva. La mayor parte de refinadores utilizan los métodos por adsorción.

Otro método para obtener etanol absoluto, conlleva agregar una pequeña cantidad de benceno al azeótropo y luego la mezcla es destilada. El etanol absoluto se obtiene en la tercera fracción del destilado, que destila entre 78.3° C. El alcohol obtenido de esta forma no es apto para el consumo humano debido a que ciertas porciones de benceno permanecen en el producto final.

Existe también un proceso de producción de etanol absoluto por desecación utilizando glicerol. El alcohol producido por este método se conoce como alcohol espectroscópico, ya que la ausencia de benceno lo hace apto para utilizarse en espectroscopía (Skoog, D; 2002).

### 5.2.3 Etanol al 70% como desinfectante

El etanol funciona como desinfectante por la coagulación de las proteínas, el material principal del que están formadas las células. Si bien el etanol no puede coagular todas las células, funciona muy bien para inhibir el crecimiento y reproducción de muchos microorganismos, incluyendo bacterias, hongos, protozoos y virus.

Es intrigante que el etanol al 70% es más efectivo como antiséptico que el etanol al 100% o al 95%. Debido a que el etanol causa que la coagulación de las proteínas, una solución al 100% al estar en contacto con un microorganismo, crea una pared dura de proteína afuera del organismo, en lugar de entrar en su interior. Como los microorganismos pueden ser muy resistentes, esta pared de proteína solo causa que los organismos entren en estado catatónico en lugar de causarles la muerte. Esto puede llevar a que los organismos se puedan recuperar y continuar con su ciclo de reproducción bajo las condiciones adecuadas. Sin embargo el etanol a una concentración del 70% causa una coagulación más lenta, alentando el metabolismo del microorganismo gradualmente desde adentro hacia afuera.

La piel humana es más resistente a la coagulación alcohólica que la mayor parte de microorganismos. Es ésta la razón por la que la piel no se coagula si entra en contacto con el alcohol.

El etanol es un antiséptico ideal, debido a que logra su objetivo mediante coagulación, en lugar de usar algún envenenamiento o disolución.

### 5.3 Preparación y Evaluación de etanol al 70% y otras concentraciones

La mezcla azeotrópica de etanol agua 95.6% posee una densidad aproximada de 0.8028 g/ml a 20°. Conforme se va disminuyendo la concentración de alcohol (por dilución con agua) la densidad va aumentando. Este principio se utiliza para la determinación de la concentración de soluciones etanólicas con una buena exactitud.

A continuación se presenta una tabla con las diferentes densidades de distintas mezclas de etanol agua.

---

Concentración del etanol	Densidad en g/ml a 20° C
--------------------------	--------------------------

---

0	1.00000
5%	0.99113
10%	0.98361
15%	0.97687
20%	0.97036
25%	0.96339
30%	0.95551
35%	0.94662
40%	0.93684
45%	0.92636
50%	0.91546
55%	0.90418
60%	0.89271
65%	0.88104
70%	0.86920
75%	0.85716
80%	0.84494
85%	0.83242
90%	0.81942
95%	0.80567
100%	0.79074

(Merck, S.A.; 2002)

### 5.3.1 Medición de la densidad de etanol

La medición de la densidad del etanol se puede hacer por varios métodos. El método más simple es la medición con picnómetro. Un picnómetro es un instrumento que sirve para medir densidad de líquidos. Su funcionamiento es muy simple, únicamente mide un volumen exacto de etanol con exactitud de  $\pm 1 \mu\text{L}$ . Además mide la temperatura de la solución. Primero se pesa el picnómetro seco con todos sus componentes, y luego se llena al ras con la solución a



analizar. Luego se vuelve a pesar y por diferencia se determina el peso de la solución analizada. Este peso se divide dentro del volumen exacto que marca el picnómetro (25.097 ml p.ej.) y se determina la temperatura con el termómetro. La densidad se obtiene dividiendo los gramos de solución calculados dentro del volumen del picnómetro y se reporta la temperatura de la medición.

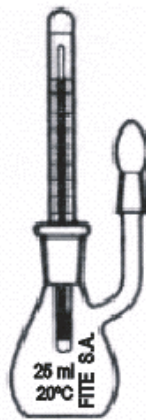


Figura No 1.

Picnómetro

### 5.3.2 Cálculo para la preparación de mezclas etanólicas

Para la preparación de mezclas etanólicas de concentración conocida es necesario saber la concentración exacta del etanol que se piensa diluir, y a partir de eso se hace el cálculo necesario. Las fórmulas para hacer la mezcla son las siguientes:

Peso etanol + peso agua = Peso mezcla final

Peso de agua =  $\frac{\text{Peso mezcla final} (\% \text{ p/p de etanol} - \% \text{ p/p solución final})}{(\% \text{ p/p de etanol})}$

Peso etanol = cantidad de etanol al 95% necesaria para la mezcla

Peso agua = cantidad de agua necesaria para la mezcla

Peso mezcla final = peso final de la solución (suma de pesos de agua y etanol). Este peso se define en función de la cantidad de solución final que se desea producir.

% p/p etanol = concentración inicial del etanol con el que se va a preparar la solución

% p/p solución final = concentración final que se espera de la solución que se va a preparar

Con el peso de la mezcla final, la concentración inicial del etanol (del que se va a partir) y el peso de la mezcla final se obtiene la cantidad de agua con la que hay que diluir el etanol. La cantidad de etanol necesaria se obtiene por diferencia entre el peso de la mezcla final menos el peso del agua a agregar (Merck, S.A.; 2002).

### **5.3.3 Proceso de fabricación actual**

La fabricación actual de etanol al 70% lleva 4 procesos principales de la línea de producción los cuales se definen a continuación:

#### Filtración de la materia prima

La materia prima principal para la fabricación de etanol al 70% es el etanol al 95%. Esta materia prima se compra en grado industrial en toneles de 200 litros. Esta materia prima es de muy buena calidad, pero en ocasiones los toneles en los que se envasa presentan partículas de polvo o pequeñas basuras en su interior, por lo que es necesario eliminar todas estas impurezas previo a la preparación de producto.

La eliminación de estas impurezas se hace mediante una filtración de la materia prima a través de un filtro de fibra de vidrio de un tamaño de poro de 1.6  $\mu\text{m}$ . Para esta filtración se utiliza un kitasato de 4 litros, un embudo Büchner y una bomba de vacío rotativa. La figura No. 2 muestra el sistema de filtración.

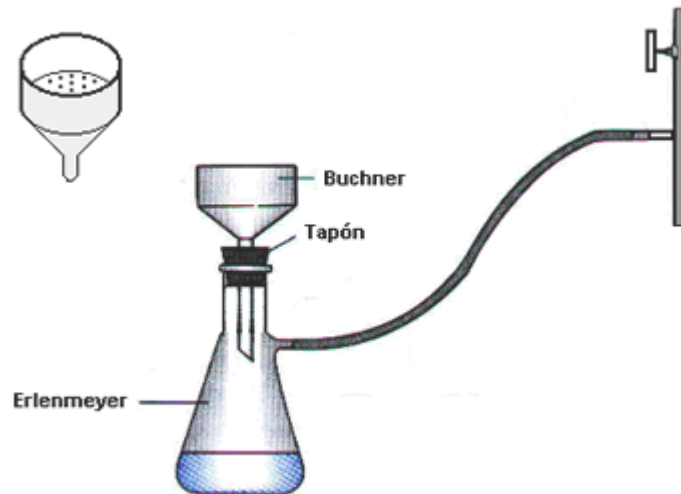


Figura No. 2

### Sistema de filtración al vacío

Se utiliza alrededor de 2 filtros por cada 20 litros de solvente filtrados. Al final de este proceso, se obtiene etanol al 95% calidad certificada.

### Medición y mezcla de materias primas

Luego de la filtración del etanol al 95% se procede a calcular las cantidades (volúmenes) de agua y de etanol necesarias para producir los 50 litros del lote de etanol que se fabricarán. Este cálculo depende de variables como la densidad exacta del etanol al 95%, la cantidad final a preparar (50 litros) y la concentración final esperada (70%). Estas cantidades se miden con balones aforados de 5, 2, 1, 0.5 y 0.25 litros. Se hace la mezcla y se pone a agitar mecánicamente con un agitador de aspa de acero inoxidable, durante 15 minutos a una velocidad de 100 rpm.

### Control de calidad, envasado y etiquetado

Luego de mezclada la materia prima se procede a medir la densidad del producto final, para determinar su concentración exacta. La determinación de la densidad se hace mediante la utilización de un picnómetro y una balanza analítica a 20° C. El picnómetro permite medir exactamente un volumen de muestra. Luego se pesa este volumen, restando del peso el peso de picnómetro. La división entre el peso del líquido y el volumen exacto da como resultado la densidad del compuesto.

La densidad se compara con la tabla de densidades y concentraciones y de esta forma se determina la concentración del etanol. La concentración aceptada es de  $\pm 2.0\%$  de la concentración nominal, es decir se acepta una concentración entre 68% y 72%.

Si el producto no cumple con los requerimientos se procede a ajustar su concentración adicionando más agua o más etanol al 95% según la fórmula. Si el producto cumple se procede a envasarlo y etiquetarlo.

## **5.4 Análisis Financiero**

El análisis financiero es una herramienta utilizada en la administración de proyectos para determinar los costos de implementación de un proyecto y su posterior rentabilidad. Se basa en factores como la oferta, la demanda, el cálculo de costos, la proyección de estados financieros, el cálculo del Valor Actual Neto (VAN) del proyecto y el cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR) (Lawrence, J; 1996).

### **5.4.1 Oferta**

En economía, oferta se define como la cantidad de bienes o servicios que los productores están dispuestos a ofrecer a diferentes precios y condiciones dadas para comprar lo que sea, en un determinado momento.

El sistema de economía de mercado, descansa en el libre juego de la oferta y la demanda. Suponiendo que los planes de cada comprador y cada vendedor son totalmente independientes de los de cualquier comprador o vendedor. De esta forma se asegura que cada uno de los planes de los compradores o vendedores dependa de las propiedades objetivas del mercado y no de conjeturas sobre posibles comportamientos. De los demás. Con estas características se tiene un mercado perfecto, en el sentido de que hay un número muy grande de compradores y vendedores, de forma que cada uno realiza transacciones que son pequeñas en relación con el volumen total de las transacciones.

Oferta también se define como la cantidad de productos y servicios disponibles para ser consumidos.

Está determinada por factores como el precio del capital, la mano de obra y la combinación óptima de los recursos mencionados, entre otros.

Se expresa gráficamente por medio de la curva de la oferta. La pendiente de esta curva determina cómo aumenta o disminuye la oferta ante una disminución o un aumento del precio del bien. Esta es la elasticidad de la curva de oferta.

La ley de la oferta establece que, ante un aumento en el precio de un bien, la cantidad ofertada que exista de ese bien va a ser mayor; es decir, los productores de bienes y servicios tendrán un incentivo mayor.

Este incentivo surge de la lógica racional de los productores, ya que en condiciones normales si el precio de un bien aumenta manteniéndose el de los demás constantes, provocara un aumento en los ingresos de los que produzcan dicho bien, por lo tanto motivara a que aumenten también su oferta (Coss, R.; 2005).

#### **5.4.2 La Demanda**

La demanda en economía se define como la cantidad y calidad de bienes y servicios que pueden ser adquiridos a los diferentes precios del mercado por un consumidor (demanda individual) o por el conjunto de consumidores (demanda total o de mercado), en un momento determinado.

Además, existe una demanda que siempre es exógena en los modelos ya que no está determinada por ninguna circunstancia estudiada (endógena) en el modelo, tal es el caso de productos que son consumidos indiferentemente a ciertos factores económicos como lo son las vacunas que necesariamente tienen que comprar los Estados por determinadas leyes o condiciones sociales.

La demanda puede ser expresada gráficamente por medio de la curva de la demanda. La pendiente de la curva determina cómo aumenta o disminuye la demanda ante una disminución o un aumento del precio. Este concepto se denomina la elasticidad de la curva de demanda (Coss, R.; 2005).

### 5.4.3 Cálculo del Valor Actual Neto

Valor actual neto procede de la expresión en inglés net present value. El acrónimo es NPV en inglés y VAN en español. Es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. La metodología consiste en descontar al momento actual (es decir, actualizar mediante una tasa) todos los flujos de caja futuros del proyecto. A este valor se le resta la inversión inicial, de tal modo que el valor obtenido es el valor actual neto del proyecto.

La fórmula que nos permite calcular el Valor Actual Neto es:

$$\text{VAN} = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

$V_t$  representa los flujos de caja en cada periodo  $t$ .

$I_0$  es el valor del desembolso inicial de la inversión.

$n$  es el número de períodos considerado.

El tipo de interés es  $k$ . Si el proyecto no tiene riesgo, se tomará como referencia el tipo de la renta fija, de tal manera que con el VAN se estimará si la inversión es mejor que invertir en algo seguro, sin riesgo específico.

En otros casos, se utilizará el coste de oportunidad. Cuando el VAN toma un valor igual a 0,  $k$  pasa a llamarse TIR (tasa interna de retorno). La TIR es la rentabilidad que está proporcionando el proyecto (Klastorin, T.; 2005).

## **6. OBJETIVOS**

### **6.1 Objetivos generales**

- 6.1.1 Desarrollar un proceso rentable para la elaboración, a gran escala, de etanol al 70% p/p mediante dilución con agua de etanol al 95% p/p

### **6.2 Objetivos específicos**

- 6.2.1 Realizar un análisis financiero de la puesta en marcha del proceso de elaboración de etanol al 70%, para determinar su rentabilidad mediante el cálculo del Valor Actual Neto (VAN).
- 6.2.2 Establecer la inversión necesaria para el incremento en la producción, y determinar el tiempo de recuperación de la misma.
- 6.2.3 Definir el proceso de producción desarrollado para obtener la rentabilidad máxima.

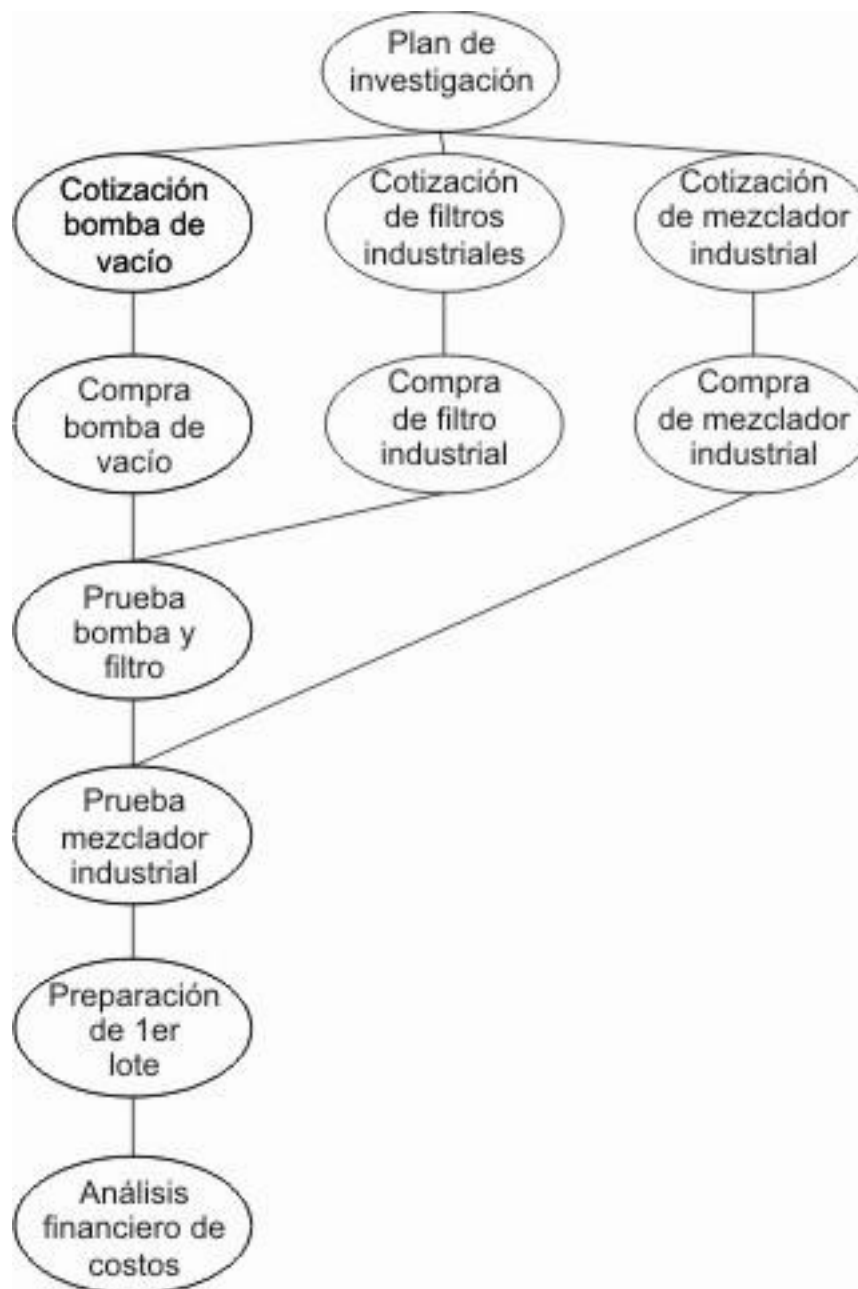
## **7. DESARROLLO DEL TRABAJO**



El trabajo de investigación se dividió en tres partes. La estructuración del proyecto, la implementación del sistema de producción y el análisis financiero de costos.

Estructuración del proyecto

La estructura del proyecto se muestra en el siguiente diagrama de red.



## Implementación del sistema de producción

El nuevo sistema de producción de etanol al 70% funcionará bajo las mismas bases que el sistema actual. El proceso seguirá siendo el mismo (filtración, medición, mezcla, control de calidad y envasado y etiquetado) las modificaciones se harán en la capacidad del sistema para hacer los procesos a mayor escala.

### **7.1 Sistema de filtración**

El sistema de filtración por vacío utilizando embudo Büchner requiere de una persona que vaya sirviendo el etanol mientras se va filtrando. Este proceso se identificó como la actividad crítica de la producción ya que requiere de muchas horas hombre y es bastante lento.

Para solucionar el problema del sistema de filtración se pretende implementar el uso de un filtro industrial de flujo continuo. Este sistema permitirá la filtración continua de etanol a una velocidad de por lo menos 2000 mililitros por minuto lo que permitirá filtrar 150 litros de etanol al 95% en 75 minutos.

El nuevo sistema de filtración deberá contar con una bomba peristáltica que succione la materia prima y la haga pasar por el filtro.

El esquema del nuevo sistema de filtrado se presenta a continuación:

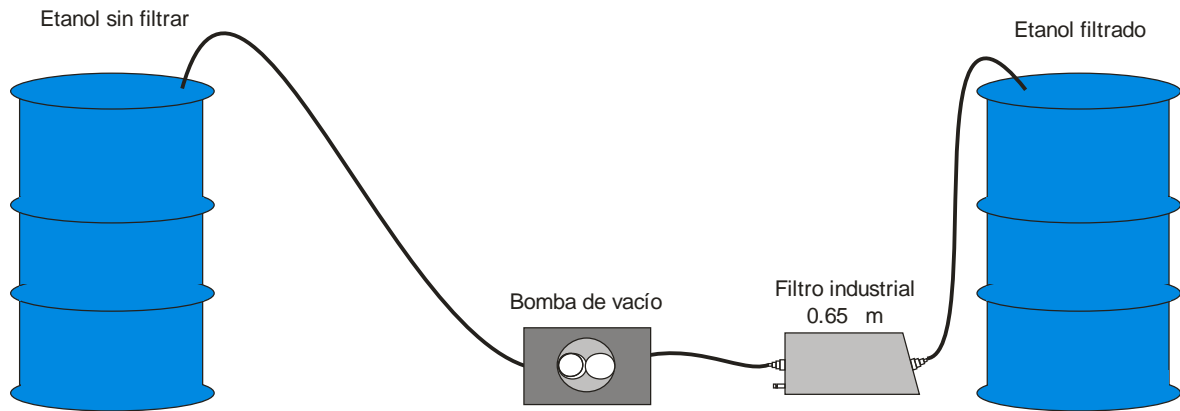


Figura No.3

Diseño del nuevo sistema de filtración

## 7.2 Sistema de medición

El sistema de medición del proceso original es por volumen de materia prima. Este sistema es bastante lento, ya que requiere de una medición muy exacta de volúmenes y conlleva mucho error humano de medición. El nuevo proceso de producción pretende cambiar el sistema de medición de materia prima. Se pretende pesar la materia prima en lugar de medir volumen. Para esto se debe implementar un sistema de pesado en una balanza electrónica de 40 kilogramos. Se pesará por partes, pero aun así es mejor que medir volúmenes de 5 litros en 5 litros.

Los cálculos de peso se harán según la fórmula descrita en el marco teórico.

## 7.3 Sistema de mezclado

El sistema de mezclado del proceso original se hace con un mezclador de aspa de acero inoxidable. Este sistema mezcla por agitación circular de aspa. El nuevo sistema de producción utilizará el mismo tipo de agitación, solo se deberá utilizar un sistema más poderoso para poder agitar volúmenes más grandes.

## 7.4 Análisis Financiero de costos

Una vez implementado el proceso de producción, se procederá a hacer un análisis financiero del proyecto, para determinar los nuevos costos de producción, el nuevo punto de equilibrio

para recuperar la inversión realizada. Se tomará en cuenta los nuevos tiempos de producción y el costo de mantenimiento del nuevo equipo para calcular los costos de producción. Se hará un análisis financiero para determinar el VAN y TIR (si es necesario) del proyecto.

Se hará un análisis previo de los costos de implementación del nuevo proceso, para determinar en cuanto tiempo se pretende recuperar la inversión, según la demanda actual del producto.

## 8. MÉTODOS Y TÉCNICAS EMPLEADOS

### 8.1 Sistema de filtración

La primera etapa del desarrollo del problema, es la implementación del nuevo sistema de filtración de materia prima. Como se mencionó en la definición del problema, el sistema de filtración utilizado anteriormente, requería muchas horas hombre y el sistema es muy lento.

El diseño del nuevo sistema de filtración se hizo utilizando una bomba peristáltica como posible medio para generar el flujo del solvente. Se hizo una prueba preliminar utilizando una bomba peristáltica con las siguientes especificaciones.

#### Especificaciones

<b>Flujo Máximo</b>		375 mL/min
<b>Flujo Mínimo</b>		26 mL/min
<b>Rango de flujo</b>	ml/min	26 mL/min con tubo 1/16", 104 mL/min con tubo 1/8", 228 mL/min con tubo 3/16", 375 mL/min con tubo 1/4"
<b>No. De canales</b>		1
<b>Rodillos</b>		2
<b>Tubos aceptados</b>		Manosil® pumping links
<b>Velocidad</b>		108 rpm
<b>Presión</b>		25 psi (continua); 40 psi (intermitente)
<b>Poder</b>	VAC	115

	Hz	60
<b>Dimensiones</b>	5"W x 5-5/16"H x 6-9/16"D	
<b>Numero de fabricante</b>	72-410-108	
<b>Modelo</b>	72-410-108	
<b>Marca</b>	Manostat	



Figura No. 4  
Bomba peristáltica

El filtro industrial utilizado fue un filtro con las siguientes especificaciones.

Marca:	Sartorius
Modelo:	Sartopure GF2 Cápsula
Número de producto:	5571305P9-OO
Área de filtración	0.2
Tamaño de poro:	0.65 $\mu\text{m}$
Rango de retención	0.65 $\mu\text{m}$

Además del filtro se utilizó 1 metro de manguera de corrosil de ½ pulgada de diámetro para conectar el filtro a la bomba y extraer el solvente.

La primera prueba se realizó para medir el tiempo de filtración. El volumen filtrado se midió con un balón aforado de 5.0 Litros de capacidad al flujo máximo permitido por la bomba de filtración.

El resultado inicial fue desalentador, ya que la velocidad de filtrado fue únicamente de 250 ml/minuto. Con esta velocidad se requeriría de 600 minutos para filtrar 150 litros de solvente. Si bien es cierto que filtrando de este modo no es necesario utilizar horas/hombre, el sistema aún es demasiado lento y resultaría muy costoso para la empresa.

Debido a la lentitud de sistema, se procedió a diseñar un nuevo sistema de filtración, utilizando una bomba de vacío rotatoria con las siguientes especificaciones:

Potencia:	1/6 HP
RPM:	1,725
Presión máxima:	20 psi
Vacío máximo:	20" Hg



Figura No. 5

Bomba rotatoria

Esta es la misma bomba que se utilizaba en el sistema anterior de filtración. El problema de la bomba rotatoria, es que se debe realizar un sistema que permita succionar el solvente sin que éste ingrese a la bomba de vacío, ya que esta por sus características no lo permite. El sistema debe contar con dos salidas y debe ser totalmente cerrado para que se genere el vacío. La primera salida es para conectar el vacío y la otra es para que ingrese el solvente. Ambas salidas deben ser independientes y se debe evitar bajo cualquier circunstancia que el solvente llegue a estar en contacto con la salida del vacío, ya que esto haría que el líquido ingresara en la bomba rotatoria.

Con este sistema se logró un incremento significativo en la velocidad de filtrado, la cual fue de 2,000 ml/min. Con esto se decidió utilizar esta bomba de vacío rotatoria para el filtrado de la materia prima de etanol, lo que requirió un cambio en el diseño del sistema de filtración.

El nuevo sistema de filtración requiere que el tonel de recepción del solvente filtrado se encuentre sellado herméticamente, y cuente con dos conexiones para mangueras de vacío, una para conectar la bomba rotatoria y la otra para conectar el sistema de filtración y para ingresar el solvente ya filtrado.

Para esto se fabricaron dos piezas con rosca que se acoplarán enroscadas a los agujeros del tonel.

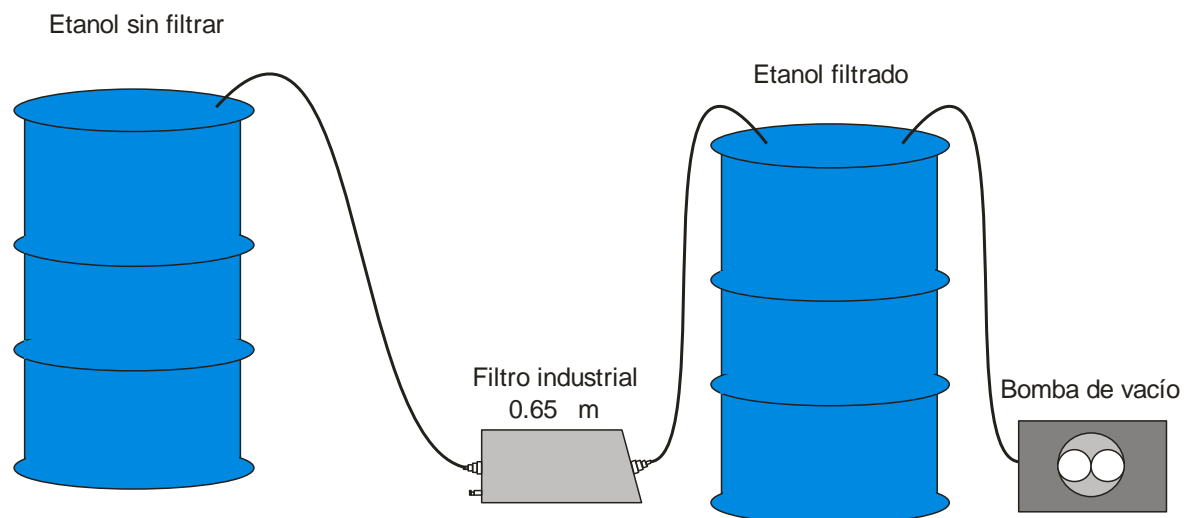


Figura No. 6

Nuevo sistema de filtración modificado



## 8.2 Sistema de medición

El sistema de medición actual es una medición de volúmenes tanto de agua como de etanol al 95% previamente filtrado, en proporciones específicas para obtener una densidad de 0.8692 g/ml la cual corresponde a una concentración del 70%.

El procedimiento original de producción de etanol al 70% manda a la medición por pesos, pero en la empresa estudiada, esto se hacía midiendo volúmenes, debido a que no se contaba con un instrumento preciso para medir pesos superiores a los 3 kilogramos.

Con la adquisición de una balanza analítica se logró incrementar el rango hasta los 30 kilogramos por pesada, lo que permite una medición más rápida. La balanza a utilizar posee las siguientes características:

Marca:	Sartorius
Modelo:	BD-3820
Capacidad máxima:	32 kilogramos
Capacidad mínima:	0.001 kilogramo o 1 gramo
Funciones:	Tara automática, panel digital, calibración interna.



Figura No. 7

Balanza digital

Las primeras pruebas a pequeña escala se realizaron, para obtener 5 litros de etanol al 70% y se comparó los resultados con una muestra realizada con la metodología anterior. Se pesó 3.042 kilogramos de etanol al 95% y 1.304 kilogramos de agua desmineralizada. Se mezcló manualmente ambas soluciones durante 15 minutos para lograr la homogeneidad de la muestra. Se tomó una alícuota de 25 ml de la muestra preparada y se midió su densidad. La densidad calculada fue de 0.8690 g/ml a 22.3° C, la cual entra perfectamente dentro del rango de densidad aceptable. La muestra preparada con la metodología anterior presentaba una densidad de 0.8694 g/ml a 22.3° C.

### 8.3 Sistema de mezclado

El sistema de mezclado utilizado es el mismo que en el sistema de agitación anterior. Se adquirió un aspa agitadora de mayor tamaño para este nuevo sistema. Las características del agitador son las siguientes:

Número de aspas:	4 aspas
Diámetro de aspas:	5.5 centímetros
Largo del agitador:	45 centímetros

Grosor del tubo: 1.5 centímetros  
Material: Acero inoxidable

Se utilizó la agitación a 200 rpm y se logró una mezcla uniforme igual que con el sistema anterior.

#### 8.4 Análisis de la capacidad de producción

Se hizo las primeras pruebas de producción. La capacidad instalada de producción del nuevo sistema de producción es de 200 litros por lote, a diferencia de la capacidad anterior de 50 litros por lote. A continuación se desglosará cada proceso para ver claramente las mejoras realizadas al proceso.

Sistema anterior de filtrado

Capacidad de filtración	45 litros de etanol
Tiempo de filtración	1 hora
Velocidad de filtración	750 ml/min
Tiempo hora/hombre	1 hora

Sistema nuevo de filtración

Capacidad de filtración	200 litros de etanol
Tiempo de filtración	1.6 horas
Velocidad de filtración	2,000 ml/min

Tiempo hora/hombre	0.25 horas
--------------------	------------

#### Sistema anterior de medición

Capacidad de medición	5 litros por medición
Tiempo hora/hombre	0.15 horas por medición

#### Sistema nuevo de medición

Capacidad de medición	35 kilogramos (45 litros)
Tiempo hora/hombre	0.05 horas por medición

#### Sistema anterior de agitación

Capacidad de agitación	50 litros
Tiempo de agitación	15 minutos
Tiempo hora/hombre	0.15 horas

#### Sistema nuevo de agitación

Capacidad de agitación	200 litros
Tiempo de agitación	30 minutos
Tiempo hora/hombre	0.15 horas

Como se logra apreciar, se logró una gran ganancia en la capacidad de producción, sobre todo en los sistemas de filtración y medición, los cuales fueron identificados como las actividades críticas del proyecto.

La mayor ganancia se logró en el sistema de filtración, ya que se aumentó la capacidad instalada de 45 litros de etanol utilizando una hora/hombre a 200 litros de etanol utilizando 0.25 horas/hombre. Además se logró disminuir significativamente el tiempo de filtración, mejorando la velocidad de filtración de 750 ml/min a 2,000 ml/min.

El sistema de medición fue el segundo punto del proceso en el que se obtuvo mayor aumento en la capacidad de producción. Se logró una disminución de la cantidad de horas/hombre requeridas para la medición por unidad de volumen de etanol.

El sistema de agitación logró un incremento significativo en la capacidad de mezclado, ya que el sistema inicial de agitación tenía una capacidad de filtración de 3.33 litros por minuto de agitación, mientras la capacidad nueva de agitación es de 6.66 litros por minuto de agitación.

## 8.5 Análisis financiero de costos

El análisis financiero de costos se hizo utilizando el método de proyecciones anuales similares a los datos del presente año. Se utilizó los valores reales de ventas de la empresa estudiada en este proyecto.

### 8.5.1 Costo de implementación del nuevo sistema de producción

	<b>Precio unitario</b>	<b>Total</b>
Recipientes de almacenamiento	Q 240.00	Q 480.00
Piezas de vacío	Q 175.00	Q 350.00
Manguera de corrosil	Q 50.00	Q 250.00
Balanza de 34 kg	Q 13,450.00	Q 13,450.00
Total implementación		Q 14,530.00

### 8.5.2 Cálculos de costos de producción del antiguo sistema

	<b>Costo</b>	
Uso de filtro	Q	160.00
Horas hombre profesional	Q	187.52
Horas hombre técnico	Q	48.88
Etanol al 95%	Q	1,031.12
Envases	Q	164.84
Etiquetas	Q	6.24
Costo por 4 lotes	Q	1,598.60
Costo por galón	Q	30.74

Se calculó en función a cuatro lotes de 50 litros (52 galones en total)

### 8.5.3 Cálculos de costos de sistema nuevo de producción

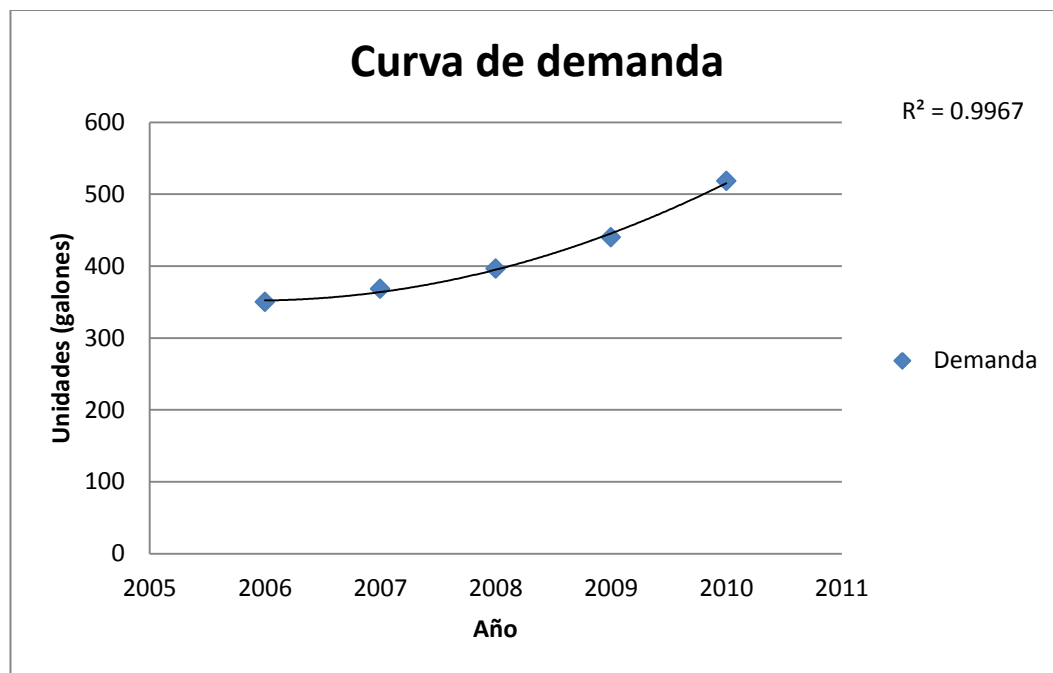
	<b>Costo</b>	
Uso de filtro	Q	204.00
Horas hombre profesional	Q	31.25
Horas hombre técnico	Q	24.44
Etanol al 95%	Q	1,031.12
Envases	Q	164.84
Etiquetas	Q	6.24
Costo por lote	Q	1,461.89
Costo por galón	Q	28.11

Se calculó en función a un lote de 200 litros (52 galones en total)

#### 8.5.4 Demanda anual de etanol al 70% comprendida del año 2006 al año 2010 (en unidades)

<b>Año</b>	<b>Demanda en unidades</b>
------------	----------------------------

	(galones)
2006	350
2007	368
2008	396
2009	440
2010	518



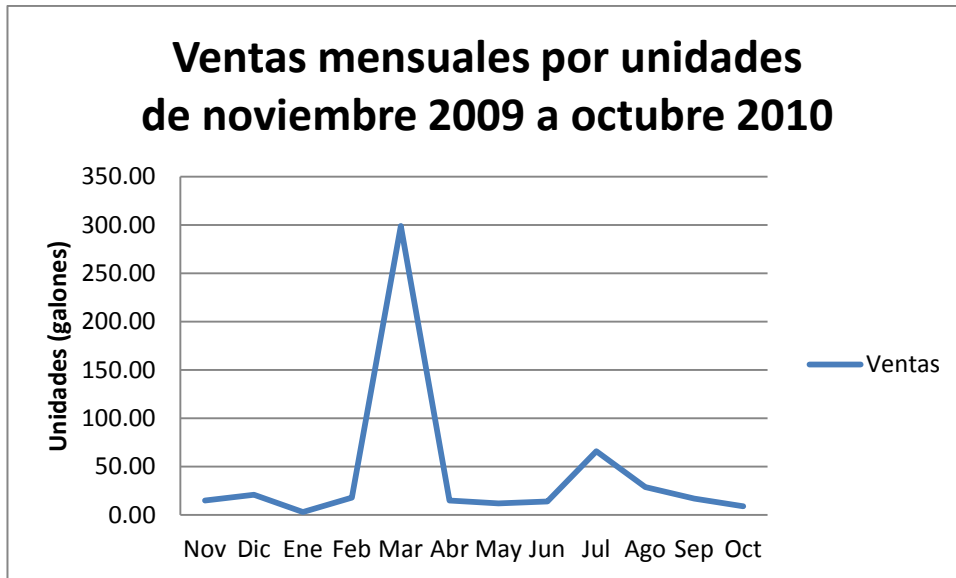
**Gráfica No 1**

**Curva de demanda de etanol al 70%**



**8.5.5 Demanda anual de etanol al 70% comprendida del período de noviembre 2009 a octubre 2010**

<b>Mes</b>	<b>Unidades</b>	<b>Ventas</b>
Noviembre	15	Q 1,425.00
Diciembre	21	Q 1,995.00
Enero	3	Q 285.00
Febrero	18	Q 1,710.00
Marzo	299	Q 28,405.00
Abril	15	Q 1,425.00
Mayo	12	Q 1,140.00
Junio	14	Q 1,330.00
Julio	66	Q 6,270.00
Agosto	29	Q 2,755.00
Septiembre	17	Q 1,615.00
Octubre	9	Q 855.00
Totales	518	Q 49,210.00



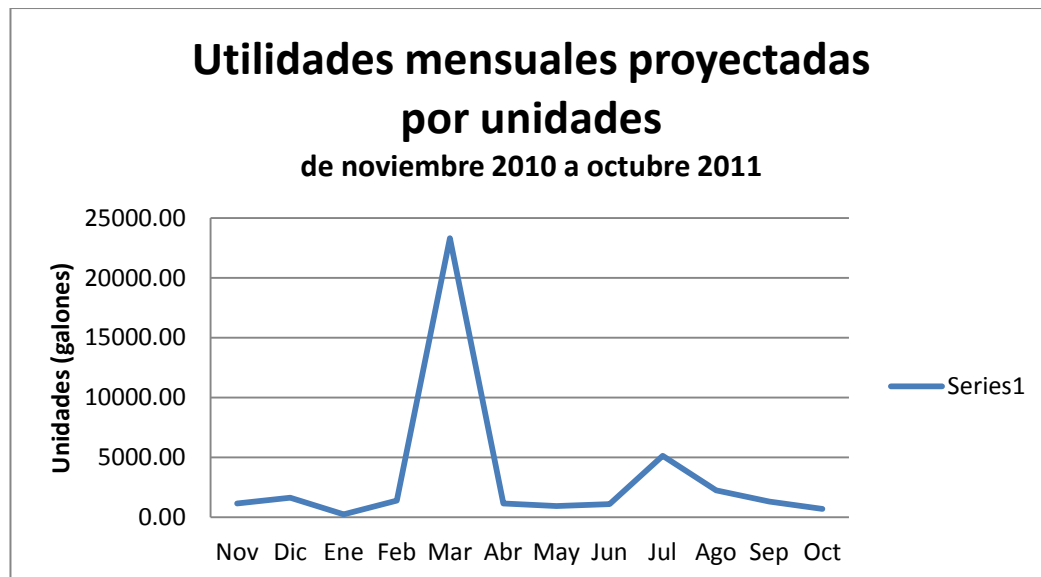
**Gráfica No 2**

**Ventas mensuales de etanol al 70% de noviembre 2009 a octubre 2010**

**8.5.6 Cálculo de utilidades mensuales (noviembre 2010 a octubre 2011) con el nuevo sistema de producción proyectando un incremento en el 16.5% de la demanda**

Mes	Unidades	Utilidades
Noviembre	17	Q 1,168.90
Diciembre	24	Q 1,636.46
Enero	3	Q 233.78
Febrero	21	Q 1,402.68
Marzo	348	Q 23,300.13
Abril	17	Q 1,168.90
Mayo	14	Q 935.12
Junio	16	Q 1,090.98
Julio	77	Q 5,143.17
Agosto	34	Q 2,259.88
Septiembre	20	Q 1,324.76
Octubre	10	Q 701.34
Totales	603	Q 40,366.11

Las utilidades promedio proyectadas serán de Q 3,363.84.



**Gráfica No 3**

**Utilidades proyectadas de noviembre 2010 a Octubre 2011**

### **8.5.7 Cálculo del Valor Actual Neto (VAN) del proyecto**

El VAN de proyecto se calculó utilizando la matriz de Microsoft Excel, utilizando las utilidades mensuales proyectadas como flujo neto de caja y el valor calculado de inversión inicial del proyecto. La tasa calculada por costos de oportunidad del capital fue de 16%.

El VAN calculado para este proyecto es de Q 3,096.93

## **9. RESULTADOS**

### **9.1 Sistema de filtración**

El sistema de filtración fue la etapa del proceso en la que se obtuvo los mejores resultados. Inicialmente se había diseñado un sistema de filtración, del cual no se obtuvo los resultados esperados, por lo que se procedió a intentar con otro sistema, con el que se obtuvo resultados significativamente mejores.

En el primer sistema de filtración se utilizó una bomba con una capacidad de flujo muy baja. Esto unido a la resistencia generada por el filtro de 2  $\mu\text{m}$  se obtuvo una velocidad de flujo de 250 ml/min.

El nuevo diseño de filtración utiliza una bomba más potente, con la cual se logra un flujo mucho mayor, 2,000 ml/min.

Si se compara el tiempo de filtración del sistema de filtración actual utilizado en la empresa, se obtiene una ganancia en dos aspectos importantes. El primero es una ganancia neta de tiempo, ya que el proceso de filtración de etanol utilizado actualmente lleva aproximadamente 1 hora para filtrar 20 litros de etanol al 95%, con el nuevo sistema se logra un aumento del 600% de la velocidad de filtración. Esto permite filtrar en 10 minutos lo que tomaba 1 hora, reduciendo los costos de hora/hombre. El segundo aspecto importante logrado está también relacionado con el tiempo, ya que si bien el ahorro en costos de mano de obra no es tan significativo, sí existe el costo de oportunidad de utilización de espacio. Lo que se lograba hacer en 1 hora, ahora se logra hacer en 10 minutos, dejando 50 minutos libres de espacio que puede ser utilizado para la fabricación de cualquier otro producto.

## **9.2 Sistema de medición**

El sistema de medición fue la etapa del proceso que generó el mayor costo de implementación pero también generó una gran ganancia en tiempos y capacidad de producción. Con el nuevo sistema de medición por peso, se logró incrementar la capacidad de medida de 4 kilogramos por medición a 30 kilogramos por medición. Esto quiere decir que se logró un incremento en un 750% de la capacidad de medición.

## **9.3 Sistema de mezclado**

El sistema de mezclado no presentó ningún resultado que mejorara el proceso, ya que se utilizó casi exactamente el mismo sistema. Lo único que vale la pena recalcar es que el mismo sistema que se utilizaba anteriormente, es capaz de mezclar cuatro veces más material sin obtener resultados significativamente diferentes a los obtenidos con el sistema anterior de producción.

## **9.4 Análisis financiero de costos**

#### **9.4.1 Costo de implementación del nuevo sistema de producción**

Se calculó cuanta inversión se requería para implementar el nuevo sistema de producción. Anteriormente se planteó un sistema que requería la compra de una bomba de vacío, pero se reestructuró el sistema y se logró utilizar la misma bomba que se usaba en el proceso antiguo. Esto bajó significativamente el costo de la implementación del sistema, ya que la bomba de vacío tiene un costo aproximado de Q 2,460.00.

Para obtener el costo de la implementación del sistema de producción se consideró los siguientes elementos:

- Recipientes de almacenamiento
- Piezas de vacío
- Manguera
- Balanza de 34 kilogramos

El costo total de la implementación de la planta se calculó en Q 14,530.00. Este costo de inversión será aportado por la empresa sin el uso de financiamiento bancario.

#### **9.4.2 Calculo de costos de producción del antiguo sistema**

Se tomó en cuenta las principales fuentes de aplicación de costos y se obtuvo un costo de producción de Q30.74 por galón. La materia prima es lo que más aporta al valor de costo del producto.

#### **9.4.3 Calculo de costos de sistema nuevo de producción**

Se tomó en cuenta las principales fuentes de aplicación de costos y se obtuvo un costo de producción de Q28.11 por galón. Al igual que con el sistema antiguo es la materia prima lo que más aporta al valor de costo del producto. El costo se logró disminuir en un 8.5%, lo cual parecería que no es significativo para la inversión realizada, pero más adelante se discutirá los

beneficios reales de la implementación de este sistema, los cuales no se ven reflejados directamente en el costo de producción.

#### **9.4.4 Cálculo de la demanda y utilidades del nuevo sistema**

Las utilidades para la nueva planta son del 337.95%. Con la demanda del presente año, se calculó que en aproximadamente 5 meses se recuperará la inversión realizada en el nuevo sistema de producción. Además se logró incrementar las utilidades en un 28.90% sobre las utilidades percibidas con el sistema anterior de producción.

#### **9.4.5 Cálculo del Valor Actual Neto del Proyecto**

El Valor Actual Neto del proyecto es de Q 3,096.93





## **10. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

El proceso de implementación del nuevo sistema de producción de etanol al 70% se realizó exitosamente. Se logró disminuir los costos de varios procesos, obteniendo una disminución global de costo de producción. Además se logró obtener algunos resultados positivos que no se ven reflejados directamente en el costo de producción pero que contribuyen al funcionamiento de la empresa estudiada. A continuación se discutirá los resultados más importantes del proyecto.

### **10.1 Disminución de costos de producción**

Definitivamente el objetivo principal del proyecto era diseñar un proceso rentable para la preparación de etanol al 70%, proceso que debía ser más eficiente que el proceso que anteriormente se realizaba dentro de la empresa estudiada. Es por eso que el logro más importante de este proyecto fue la reducción en un 8.5% del costo de producción del etanol al 70%. Esta reducción de costo representa un aumento del 28.90% de las utilidades sobre ventas del producto fabricado.

Si bien una inversión de Q 14,530.00 en un nuevo sistema de producción para obtener únicamente una reducción del 8.5% del costo podría parecer no rentable, pero existen factores que no se logran apreciar a simple vista. El 75.20% de los costos de producción son costos fijos (materia prima, materiales y envase) por lo tanto solo el 24.79% del costo podía disminuir con la implementación de este sistema, debido a que está basado en la optimización de tiempo y en el aumento de la capacidad de producción, y no en disminución de costos fijos.

Aun así, la reducción de costos lograda fue significativa y es una razón de peso para la aprobación del proyecto, aunque la razón de mayor peso para la aprobación del proyecto es la disminución significativa del tiempo de producción del etanol al 70%, que si bien no se refleja directamente en la disminución de costos de producción, si es de mucho beneficio para la empresa estudiada, pero esto se discutirá más adelante.

### **10.2 Aumento de la capacidad de producción**

El aumento en la capacidad de producción es otro factor significativo para la aprobación del proyecto. Se logró incrementar en un 400% la capacidad de producción por lote de etanol al 70%. El sistema anterior de producción permitía fabricar lotes de 50 litros de etanol al 70%, mientras ahora con el nuevo método se logró producir lotes de 200 litros de etanol al 70%. Este aumento en la capacidad de producción es importante ya que el control de calidad de este producto es un proceso largo, y cada lote debe ser verificado previo a su liberación. El aumentar la capacidad de producción permite evaluar 200 litros con un mismo análisis de control de calidad, mientras que con lotes de 50 litros se debe hacer esto cuatro veces. El costo del análisis de control de calidad no es significativo para el cálculo de costos, pero sí es significativo para el cálculo del tiempo de producción.

### **10.3 Disminución en el tiempo de producción**

La empresa estudiada, fabrica y distribuye una línea de productos químicos varios, los cuales se producen en la misma planta que el producto estudiado en este proyecto. La capacidad de producción de la empresa está limitada por el espacio, es por esto que al emplear la menor cantidad de tiempo en la fabricación de productos, genera mayores ganancias para la empresa. La ganancia que este proyecto genera por costos de oportunidad de uso de planta es mucho mayor que la ganancia que se genera por disminución de costos.

Como ya se mencionó anteriormente, con este proyecto se logró un incremento del 400% de la capacidad de producción por lote, pero lo más importante de esto es que este aumento se logró sin aumentar el tiempo de producción, es decir se produce mucho más en el mismo tiempo.

El cálculo de los costos de oportunidad excede los límites de este proyecto, pero es importante recalcar que la disminución del tiempo de producción es un aporte significativo para la aprobación de este proyecto.

### **10.4 Valor Actual Neto del proyecto**

El VAN calculado para este proyecto fue de Q 3,096.93. Este valor positivo permite conocer con certeza que el proyecto es rentable, y debe implementarse. Un valor positivo del VAN significa que el proyecto es rentable, y mientras más alto sea este valor, el proyecto es más rentable. El VAN de este proyecto es positivo, aun así el valor no es tan alto. De igual manera, como se mencionó anteriormente, la ganancia en este proyecto va más enfocada a la ganancia en tiempo, la cual genera una ganancia en el costo de oportunidad del uso de la planta para elaborar otros productos.

La TIR se calcula únicamente cuando el VAN es igual a 0, es por esta razón que no se calculó para este proyecto.

## **11. CONCLUSIONES**

- 11.1 Se logró desarrollar un sistema de producción a gran escala de etanol al 70%, el cual permitió la reducción de costos y tiempos de producción para la empresa estudiada en este proyecto.
- 11.2 Se estableció que el sistema de producción de etanol al 70% implementado en la empresa estudiada, es rentable, ya que se logró una disminución significativa de los costos de producción.
- 11.3 Se estableció que el sistema de producción de etanol al 70 es rentable debido a la ganancia neta en el tiempo de fabricación, lo que genera utilidades por costos de oportunidad.

- 11.4 El VAN de este proyecto es de Q 3,096.93, por lo que se concluye que es un proyecto rentable ya que su VAN es positivo.
  
- 11.5 La inversión realizada para el nuevo sistema de producción se recuperará en aproximadamente cinco meses según las condiciones de demanda proyectadas para el año 2011.
  
- 11.6 El proceso más importante de la fabricación de etanol al 70% es la filtración de la materia prima, ya que en el sistema anterior era el que más tiempo y recursos consumía, por ello en el nuevo sistema, se buscó la máxima optimización del mismo.

## **12. RECOMENDACIONES**

- 12.1 Se recomienda a la empresa estudiada implementar el sistema de producción descrito en este proyecto, ya que su Valor Actual Neto es positivo (Q 3,096.93) y esto le representará un incremento en utilidades, así como una reducción en los tiempos de producción de etanol al 70%
  
- 12.2 Se recomienda a la empresa estudiada, que analice la posibilidad de implementar el sistema de producción descrito en este proyecto en la fabricación de etanol de otras concentraciones distintas al etanol al 70%.

### 13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Baca Urbina, G. (2005). *Evaluación de proyectos*. México, D.F.: 4ª Edición Editorial McGraw Hill.
- 2) Coss Bu, R. (2005). *Análisis y Evaluación de Proyectos de Inversión*. México, D.F.: Editorial Limusa, S.A.
- 3) Dewsbury, S y Desbury I. (2009). *Ethanol*. USA: Greenhaven Press.
- 4) Klastorin, T. (2005). *Administración de Proyectos*. México, D.F.: Alfaomega Grupo Editor, Sexta reimpresión; Primera edición

- 5) Kosaric, N. y Pieper, H.J. (2001). *The Biotechnology of Ethanol Clasical and Future Applications*. República federal de Alemania: Wiley-VCH
- 6) Krajewski, L. y Ritzman, L. (2006). *Administración de las Operaciones, Estrategia y Análisis*. México, D.F.: Editorial Pearson Educación 5ª Edición.
- 7) Lawrence, J. (2003). *Principios de Administración Financiera*. Madrid España: Pearson Educación.
- 8) MERCK, S.A. (2002). *Tablas para el Laboratorio*. México, D.F.: Merck Ediciones
- 9) Pereña Brand, J. (1996). *Dirección y Gestión de Proyectos*. Madrid España: Ediciones Díaz de Santos, S.A. 2ª Edición.
- 10) Project Management Institute. (2000). *PMBOK Guide 2000, A guide to the proyect management body of knowledge*. USA: Project Management Institute, Inc.
- 11) Rang H.P., Dale M.M., y Ritter J.M. (2008). *Farmacología*. España: Elsevier España, S.A.
- 12) Scoog, D. y West, D. (2002). *Introducción a la Química Analítica*. Barcelona España: Editorial Reverté, S.A.
- 13) The Merck Index. (1976), Centenial Edition Rhaway U.S.A., N.J. 9ª Edición
- 14) The United States Pharmacopeial Convention. (2008). *Farmacopea de Estados Unidos de América 32*. Maryland USA: Editorial United Books Press.
- 15) Viejo Zubicaray, M. y Álvarez Fernández, J. (2004). *Bombas, Teoría, Diseño y Aplicaciones*. Balderas, México D.F.: Editorial Limusa, S.A. de C.V.
- 16) Villeta Molineaux, J. (2000). *Diseño de proyectos de ingeniería*. Santo Domingo: Instituto Tecnológico de Santo Domingo.
- 17) Weber, W. (2003). *Control de la Calidad del Agua, Procesos Fisicoquímicos*. Barcelona, España: Editorial Reverté, S.A.



