

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Construcción, Instalación y Montaje De Un Equipo Piloto De
Destilación Para La Investigación Y Experimentación Con
Mezclas De Líquidos Miscibles”

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Examen Complexivo

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentado por:

Juan Carlos Guzmán Bustamante

GUAYAQUIL-ECUADOR

Año: 2015

AGRADECIMIENTO

.A Dios, por ser siempre mi guía

A mis Padres que permitieron

que reciba los valores y educación

que tengo.

A mi Esposa e Hijos por ser mi

motivación diaria

DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MI FAMILIA

A MIS HERMANOS

A MIS AMIGOS

A MI TIO

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



ING. ANDREA BOERO M.Sc.
VOCAL



ING. JOSE ARMANDO HIDALGO M.Sc.
VOCAL



FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA
Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN

Francis Loayza Paredes, Ph. D.
COORDINADOR DE INGENIERÍA EN MECÁNICA

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido desarrollado en el presente Trabajo Final de Graduación me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



Juan Carlos Guzmán Bustamante

RESUMEN

El desarrollo e implementación de nuevos procesos de producción de conformidad con la actual **MATRIZ PRODUCTIVA**, requiere aplicar tecnología que permita dar un valor agregado a nuestras materias primas. Así el **OBJETIVO** fundamental es resolver para una Universidad de profesiones técnicas la carencia de un **EQUIPO PILOTO DE DESTILACIÓN** para la enseñanza, experimentación e investigación, planteando la **HIPÓTESIS** que es posible diseñar y construir el equipo y demostrar su funcionamiento y su versatilidad, **JUSTIFICANDO** el proyecto, pues el equipo servirá para la investigación de proyectos agroindustriales, alimentarios químicos y otros.

El equipo piloto construido consta fundamentalmente de una columna de destilación con sus respectivos condensador y rehervidor, totalmente en material de acero inoxidable calidad 304, además accesorios, tuberías, válvulas, e instrumentos de control y otros.

El **RESULTADO** del proyecto es un equipo piloto completo, probando su funcionamiento y versatilidad con el Sistema Etanol-Agua, separando una mezcla de 10% v/v de etanol y obteniendo una concentración de 90% v/v **EN PROCESO CONTINUO.**

SE CONCLUYE que a partir de los resultados obtenidos es posible replicar a escala industrial el Equipo piloto, y así obtener las variables requeridas para el diseño de cualquier proceso; para una planta Industrial,

ÍNDICE GENERAL

Resumen.....	I
Índice General.....	III
Simbología.....	VII
Índice de figuras.....	IX
Índice de tablas	X
Introducción.....	1
CAPITULO 1	
1. TEORÍA DE DESTILACIÓN.....	2
1.1 Definición.....	2
1.2 Fundamento de la destilación.....	2
1.3 Variables fundamentales.....	2
1.4 Principales procesos de destilación aplicadas en la industria.....	3
1.4.1 Destilación simple.....	3
1.4.2 Rectificación.....	4
1.4.3 Destilación fraccionada	4
1.4.4 Destilación al vacío.....	4
1.4.5 Destilación por arrastre de vapor	4

1.4.6	Destilación Batch (por lotes).....	5
1.4.7	Destilación continua.....	5
1.5	Equipos de destilación.....	5
1.5.1	Columnas de platos perforados o cribas.....	5
1.5.2	Columnas de campanas de burbujeo.....	5
1.5.3	Columnas de relleno o empacadas.....	5
1.6	Componentes fundamentales de una columna de destilación.....	6
1.6.1	Columna propiamente dicha.....	6
1.6.1.1	Platos perforados, tubos de bajada y vertederos..	6
1.6.1.2	Rehervidor.....	6
1.6.1.3	Condensador	6
1.6.2	Equipos externos.....	7
1.6.2.1	Calentador de alimento (mezcla).....	7
1.6.2.2	Enfriador de condensado.....	7
1.6.2.3	Enfriador de producto de cola.....	7

CAPITULO 2

2.	Teoría de diseño de una columna de destilación de platos perforados	
2.1	Factores que influyen en el diseño de una columna de platos perforados.....	8
2.2	Variables de Operación.....	8
2.2.1	Alimento (mezcla).....	8
2.2.2	Destilado.....	9

2.2.3 Residuo.....	9
2.2.4 Reflujo.....	9
2.3 Condiciones de operación.....	9
2.3.1 Temperatura.....	9
2.3.2 Presión.....	9
2.4 Diagramación de flujo del proceso de destilación continua.....	10
2.5 Balance de materia.....	11
2.5.1 Balance total.....	11
2.5.2 Balance referido al componente más volátil.....	11
2.6 Balance de energía.....	12
2.7 Ecuación para el cálculo del diámetro.	12
2.8 Métodos para la determinación el número de platos.....	12

CAPITULO 3

3. Construcción del equipo piloto.....	13
3.1 Descripción detallada del equipo.	13
3.2 Construcción de los intercambiadores de calor.....	16
3.3 Materiales.....	18
3.4 Infraestructura existente.....	18

CAPITULO 4

4. Puesta en marcha.....	19
4.1 Pruebas de operación.....	19

4.2 Obtención del estado estacionario.....	19
4.3 Manual de Operaciones.....	20

CAPITULO 5

5. PRUEBA EXPERIMENTAL.....	22
5.1 Mezcla Binaria seleccionada para la prueba.....	22
5.2 Características de la mezcla seleccionada.....	22
5.3 Datos experimentados obtenidos.....	22
5.4 Tabla de Resultados.....	22
5.5 Análisis de los resultados.....	23

CAPITULO 6

6.1 CONCLUSIONES.....	24
6.2 RECOMENDACIONES.....	25
6.3 BIBLIOGRAFIA.....	26

Simbología

F	=	Flujo del alimento (mezcla)	kg/h
X_F	=	Concentración de alimento (mezcla): %V/V	
X_D	=	Concentración del destilado: %V/V	
X_w	=	Concentración del residuo; %V/V	
R	=	Reflujo (kg/h)	
T	=	Temperatura, puntos de ebullición de la mezcla y de los componentes puros.	
P	=	Presión de Vapor; (PSI)	
S	=	Cantidad de vapor; kg/h	
h_f	=	Entalpia de alimento	
h_d	=	Entalpia del destilado	
h_w	=	Entalpia del residuo	
ΔT	=	Diferencia de temperaturas	
C_p	=	Calor especifico	
°G.L.=		Grado Gay Lussac (grado alcohólico)	
PSI	=	libras por pulgada cuadrada	
H	=	hora	
Kg/h	=	kilogramo por hora	
U	=	Coeficiente global de transferencia de calor	
Y_s	=	Calor latente del vapor.	
P.E.	=	Punto de ebullición	

A= Área de transferencia de calor

Q = Cantidad de calor BTU/h

q_c = Calor perdido en el condensador

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Diagrama de flujo del proceso de destilación.....	10
Figura 3.1 Columna.....	14
Figura 3.2 Estructura.....	14
Figura 3.3 Cuerpos.....	15
Figura 3.4 Plato Vista Superior.....	15
Figura 3.5 Plato Vista Inferior.....	15
Figura 3.6 Distribución de platos en la columna.....	15
Figura 3.7 Rehervidor.....	16
Figura 3.8 Enfriador de producto de cola.....	17
Figura 3.9 Condensador.....	17
Figura 3.10 Enfriador de condensado.....	17
Figura 3.11 Calentador de alimento.....	17

INDICE DE TABLAS

Tabla No. 1 Componentes del sistema.....	11
Tabla No. 2 Datos experimentales obtenidos.....	22
Tabla No.3 Resultados obtenidos.....	22

INTRODUCCIÓN

Siendo un equipo piloto para la investigación y experimentación en universidades, no se han realizado cálculos específicos para un equipo tamaño industrial que responda a una producción horaria.

La construcción de cualquier equipo de producción requiere el diseño mecánico y el diseño del proceso, aplicando principios de la ingeniería, entre ellos: termodinámica, transferencia de calor y de masa, mecánica de fluidos, balances de materia y energía, los mismos que se utilizan para determinar variables tales como: diámetro, altura y número de platos o etapas de la columna, concentraciones de la mezcla inicial, del producto y del residuo, aplicando las ecuaciones respectivas para obtener las variables finales para la construcción, instalación, puesta en marcha, ajustes y la correspondiente obtención del estado estacionario o estado de producción así:

Energía de Calentamiento:

$$Q = mC_p\Delta T \quad (1)$$

$$Q = UA\Delta T \quad (2)$$

Masas de las corrientes de entradas y salida

$$\text{Balance de Materia: } F+S = D+W(1); \quad FX_f + SY_s = DX_d + WX_w \quad (2)$$

Masa de Steam (vapor del Caldero) requerido para calentamiento

$$Fh_F + SH_s = Dh_d + Wh_w + Q_c$$

CAPITULO 1

Teoría de la destilación

1.1 Definición

Operación aplicable a la separación de dos o más líquidos miscibles basados en la diferencia entre los puntos de ebullición, de los componentes puros; el resultado es un componente de mayor concentración o en estado puro.

1.2 Fundamento de la destilación

En equilibrio térmico, la concentración del componente más volátil en la fase vapor es mayor que la del componente menos volátil de la fase líquida de donde proviene. La separación es más fácil si la diferencia entre los puntos de ebullición es amplia.

Ejemplo:

P.E. Agua=	100°C
P.E. Alcohol=	-79.6° C
Diferencia Amplia	20.4° C

1.3 Variables Fundamentales

Tanto para el diseño mecánico como para el del proceso de destilación continua se requieren variables denominadas

condiciones de diseño y condiciones del proceso; entre estas citamos las siguientes:

- F** = Flujo del alimento (mezcla) kg/h
- X_F**= Concentración de alimento (mezcla): %V/V
- X_D**= Concentración del destilado: %V/V
- X_w**= Concentración del residuo; %V/V
- R** = Reflujo (kg/h)
- T** = Temperatura, puntos de ebullición de la mezcla y de los componentes puros.
- P** = Presión de Vapor; (PSI)
- S** = Cantidad de vapor; kg/h

1.4 Principales procesos de destilación aplicadas en la industria

1.4.1 Destilación simple

Operación que consiste en aumentar la concentración de una mezcla sin llegar al 100%. Se carga la mezcla, se calienta hasta el punto de ebullición, se condensa en la cabeza de una columna los vapores del componente más volátil hasta agotar éste en el rehervidor: no es una destilación continua.

1.4.2 Rectificación

Consiste en el aumento de la concentración por vaporización y condensación sucesiva a lo largo de la columna (de rectificación); es un proceso continuo.

1.4.3 Destilación fraccionada

Se emplea para separar mezclas de varias componentes con distintos puntos de ebullición pero cercanos, separando componentes individuales en algunos sectores de la columna donde existen condensadores. Ej. El petróleo, etanol, etc.

1.4.4 Destilación al vacío

Reduciendo la presión por debajo de la atmosférica (vacío) se consigue bajar los puntos de ebullición de los componentes. El proceso es más económico pues requiere menor energía de calentamiento.

1.4.5 Destilación por arrastre de vapor

El vapor está en contacto directo con la mezcla arrastrando los componentes más volátiles, generalmente se utiliza para sustancias de alto punto de ebullición. Ej. Aceites esenciales

1.4.6 Destilación Batch (por lotes)

Cuando solo se procesa un lote de mezcla en el rehervidor, y una vez agotado el volátil, la operación se detiene.

1.4.7 Destilación continua

Es cuando todas las corrientes de entrada y salida mantienen variables constantes en el tiempo, produciendo durante 24 horas al día todos los días

1.5 Equipos de destilación

1.5.1 Columnas de platos perforados

Son cilindros verticales que contienen en su interior platos o etapas, tubos de bajada y vertederos.

1.5.2 Columnas de campanas de burbujeo

Son cilindros verticales en los que las etapas son campanas o capuchas de burbujeo, tubos de bajada y verticales.

1.5.3 Columna de relleno o empacado

Son cilindros verticales que no contienen en su interior ni platos, ni tubos de bajada, ni vertederos, solo contienen un relleno de material inerte a las mezclas y que es colocado al azar, constituyendo la superficie de contacto entre las fases líquida y vapor.

1.6 Componentes fundamentales de una columna de destilación.

1.6.1 Columna propiamente dicha

1.6.1.1 Platos perforados, tubos de bajada y vertederos

Generalmente cilíndrico - vertical con tramos denominados cuerpos sostenidos y ensamblados mediante bridas y empaques.

Contienen accesorios internos tales como: platos, campanas de burbujeo o material de relleno que sirven para la superficie de contacto entre las fases, además tubos de bajada y vertederos para el desalojo de la mezcla degradada.

1.6.1.2 Rehervidor

Está ubicado en la parte inferior de la columna, y es donde se realiza la vaporización de la mezcla, es un cilindro con tubos o serpentines de calentamiento con vapor o puede ser con calentamiento eléctrico.

1.6.1.3 Condensador

Está ubicado en la parte superior de la columna y es donde se produce el cambio de

la fase de vapor o la fase líquida del producto que condensa; es un cilindro que contiene tubos o serpentines de enfriamiento.

1.6.2 Equipos externos

1.6.2.1 Calentador de alimento (mezclas)

Es un intercambiador de calor que contiene tubos o serpentines de calentamiento, y se utiliza para precalentar la mezcla que va a ingresar a la columna que se encuentra en equilibrio térmico.

1.6.2.2 Enfriador de condensado

Instalado debajo del condensador y su función es enfriar el condensado hasta la temperatura de almacenamiento (ambiente). Contiene en su interior tubos o serpentines de enfriamiento.

1.6.2.3 Enfriador de producto de cola

Instalado debajo del rehervidor y su función es enfriar el producto de cola hasta la temperatura de almacenamiento (ambiente). Contiene en su interior tubos o serpentines de enfriamiento.

CAPITULO 2

Teoría del diseño de una columna de destilación de platos perforados

2.1 Factores que influyen en el diseño de una columna de platos perforados.

La eficacia de los platos es una función de la velocidad de transferencia de masa entre el líquido y el vapor; esta eficacia se realiza esencialmente de forma empírica, sin embargo se dispone de suficientes datos para conocer los principales factores, siendo estos una base de estimación para tipos convencionales de columnas que operan mezclas comunes.

Una eficacia satisfactoria es que los platos operen correctamente para esto es esencial un íntimo contacto entre la fase líquida y la fase de vapor.

2.2 Variables de Operación

Para el diseño mecánico como el diseño del proceso se requiere variables, todas las corrientes tales como:

2.2.1 Alimento (Mezcla)

Concentración de alimento (Mezcla); %V/V (°G.L)

Flujo de alimentación Kg/h

Temperatura del alimento; °C

2.2.2 Destilado

Concentración del destilado; %V/V (°G.L)

Flujo del destilado; Kg/h

Temperatura del destilado; °C

2.2.3 Residuo

Concentración del residuo; %V/V (°G.L)

Flujo del residuo Kg/h

Temperatura del residuo; °C

Vapor de agua (STEAM)

Presión del vapor; psi

Requerimiento del vapor, kg/h

2.2.4 Reflujo

Concentración del reflujo; %V/V (°G.L)

Flujo del reflujo; Kg/h

Temperatura del reflujo; °C

2.3 Condición de operación**2.3.1 Temperatura**

En Guayaquil: 22 -34 °C

2.3.2 Presión

Localidad: 1.0 atm, (760 mm Hg)

2.4 Diagrama de flujo del proceso de destilación

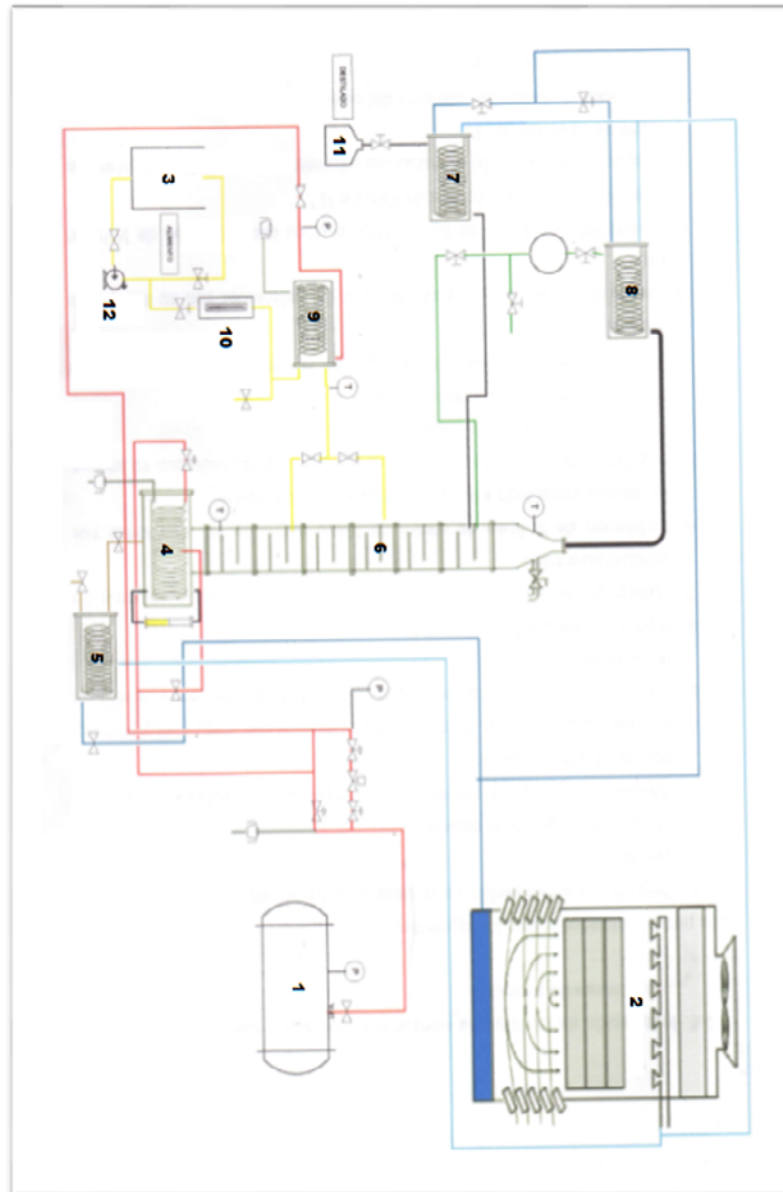


Figura 2.1 Diagrama de flujo del proceso de destilación

Item	Componente
1	Caldero
2	Torre de enfriamiento
3	Tanque de mezcla
4	Rehervidor
5	Enfriador de cola
6	Columna
7	Enfriador de condensado
8	Condensador
9	Calentador
10	Rotámetro
11	Destilado
12	Bomba de alimento
13	Producto de cola

Tabla No. 1 Componentes del sistema

2.5 Balance de materia

2.5.1 Balance Total

$$F+S= D+W \quad (1)$$

2.5.2 Balance referido al componente más volátil

$$FX_f+ SY_c= DX_d+WX_w \quad (2)$$

2.6 Balance de Energía

$$Fh_F + SH_s = Dh_D + Wh_w + Q_c$$

2.7 Ecuación para el cálculo del diámetro

$$D = \sqrt{\frac{4V(273+t)760}{\pi\mu 3600P}} \quad (\text{Ocon-Tojo})$$

$$\mu = k \sqrt{\frac{\rho^l - \rho^v}{\rho^v} \left(\frac{\sigma}{20}\right)^{1/2}} \quad (\text{Mc Cabe})$$

2.8 Métodos para la determinación del número de platos.

Para determinar el número de platos existen métodos gráficos, utilizando el diagrama entalpia vs concentración y el diagrama de equilibrio; una de estos métodos es el denominado método de Ponchon y Savarit.

CAPITULO 3

Construcción del equipo piloto.

3.1 Descripción detallada del equipo

Columna de destilación

- Diámetro: 5 in
- Número de cuerpos: 5
- Longitud del cuerpo: 45 cm
- Número de platos: 15
- Tipo de plato: perforado
- Distancia entre platos: 15 cm
- Material: acero inoxidable 304 espesor 2mm
- Numero de platos por cuerpo: 3
- Altura de la columna: 2,32 m
- Altura total: 4 m
- Estructura de la columna 3.0 m X 0.92 m (tubo cuadrado 1 ¼ acero inoxidable 304.

COLUMNA DE DESTILACIÓN: INSTALACIÓN Y MONTAJE

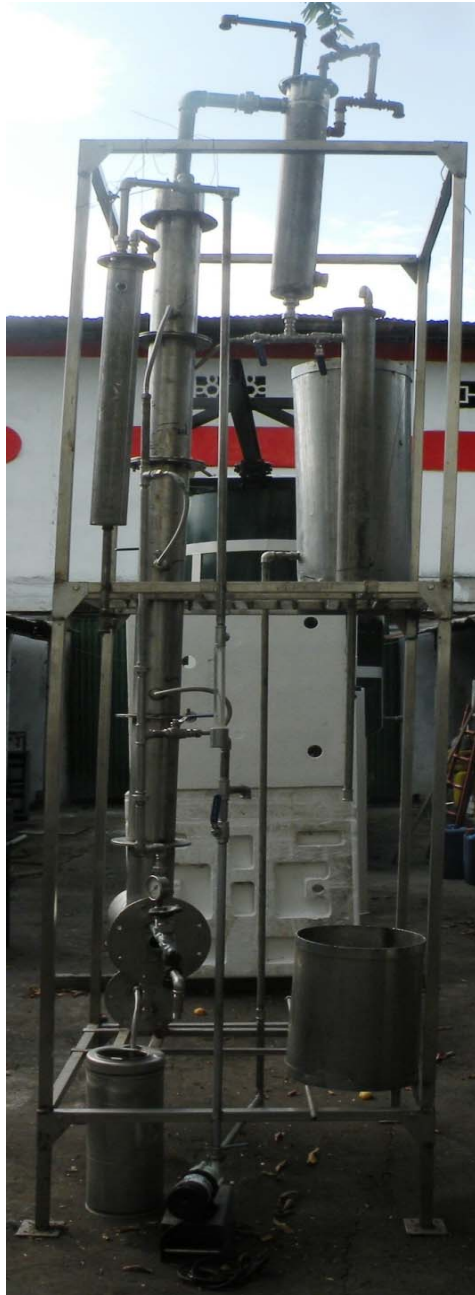


Figura 3.1 Columna



Figura 3.2 Estructura

Cuerpos y platos



Figura 3.3 Cuerpos



Figura 3.4 Plato Vista Superior

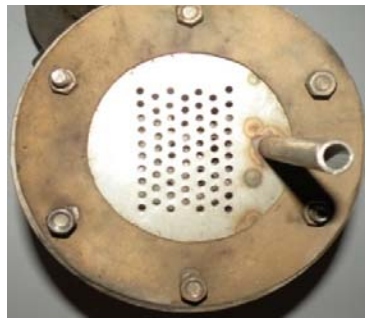


Figura 3.5 Plato Vista Inferior

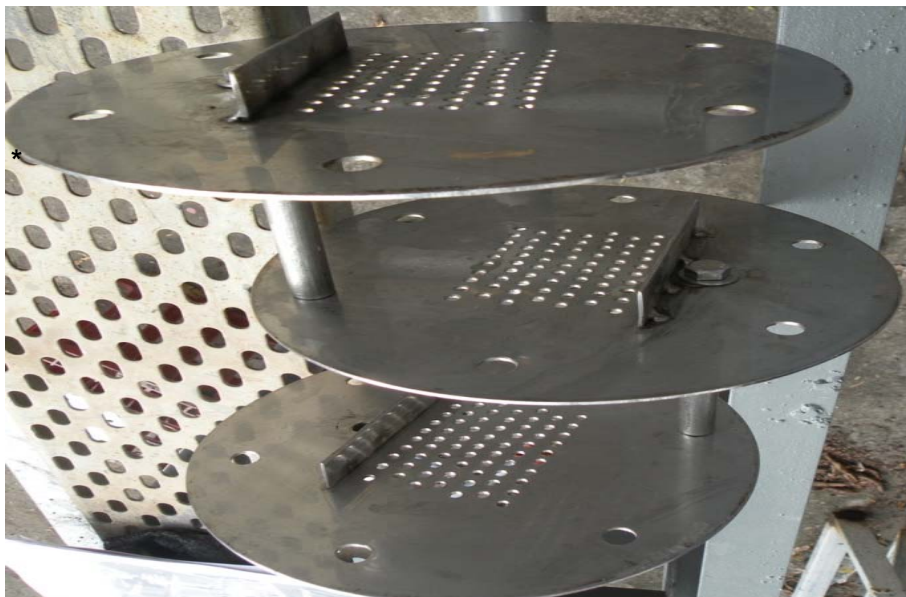


Figura 3.6 Distribución de platos en la columna

3.2 Construcción de los intercambiadores de calor



Figura 3.7 Rehervidor



Figura 3.9 Condensador



Figura 3.8 Enfriador de producto de cola



Figura 3.10 Enfriador de condensado



Figura 3.11 Calentador de alimento

3.3 Materiales

Tanto **la columna** de destilación como los 5 intercambiadores de calor fueron construidos con planchas de acero inoxidable 304, espesor 2 mm.

Los **serpentes** de los intercambiadores de calor fueron construidos con cañería de cobre de 3/8 de diámetro.

Las **tuberías y accesorios** para conducción de alimento, condensado y producto de cola fueron adquiridas en el comercio local y son de material de acero inoxidable 304 de 1/2 "de diámetro y espesor cédula 40.

Las **tuberías y accesorios** de vapor fueron adquiridos en el comercio local y son de hierro negro al carbón de 1/2" de diámetro y espesor cedula 40.

Las **tuberías y accesorios** de agua de enfriamiento son de material PVC de 1/2 "de diámetro (tubos estándar).

3.4 Infraestructura existente

La Institución educativa cuenta con equipos que complementan la torre de destilación tales como caldero y torre de enfriamiento, que suministran vapor saturado y agua de enfriamiento respectivamente.

CAPITULO 4

PUESTA EN MARCHA

4.1 Prueba de operación

Una vez instalada la columna de instalada, se procedió a realizar las pruebas para verificar posibles fugas, utilizando para el efecto agua y aire comprimido.

Al detectar fugas se procedió a los ajustes y reajustes de los pernos de las bridas así como también las uniones enroscadas de las diferentes líneas, también se observó el correcto funcionamiento de los termómetros, manómetros, rotámetros, trampas de vapor, etc. Quedando listo el equipo para realizar las pruebas preliminares.

4.2 Obtención del estado estacionario

Se realizó un proceso de prueba con una mezcla de etanol al 10% en volumen, durante una hora y media, los instrumentos de control se mantuvieron fijos durante todo el tiempo lo que indicaba que las temperaturas concentraciones flujos, presión de vapor se mantuvieron constantes, indicativo de haber obtenido el estado estacionario o el estado de producción.

Las variables óptimas del proceso fueron las siguientes:

- Presión de la caldera: 60 PSI
- Presión de vapor en el rehervidor: 14 psi
- TEMPERATURA de la ebullición de la mezcla: 92° C
- Temperatura de precalentamiento de la mezcla: 45° C
- Temperatura en la cabeza de la columna: 82° C
- Presión de vapor en el calentador de alimentos: 1.5 PSI

4.3 Manual de operación

- Puesta en marcha
 - 1) Alimentar la mezcla al rehervidor hasta el 75% del tubo de nivel. (con la bomba)
 - 2) Alimentar vapor al serpentín del rehervidor a una presión de trabajo respectivo.
 - 3) Alimentar agua de enfriamiento al serpentín del condensador.
 - 4) Eliminar los gases incondensables operando la válvula ubicada en la cabeza de la columna.
 - 5) Realimentar la mezcla al plato seleccionado, según la concentración inicial y suministrar vapor a la cámara del calentador de alimento.
 - 6) Suministrar agua de enfriamiento al enfriador del condensado.

- 7) Regular las válvulas de reflujo a la columna y de producción.
- 8) Mantener la alimentación de la mezcla a unja posición fija en el rotámetro.
- 9) Suministrar agua de enfriamiento al serpentín del producto de cola.
- 10) Tomar muestras y medir la concentración de alcohol tanto en el destilado como en el producto de cola utilizando para el efecto una probeta de 250 ml. Y un alcoholímetro graduado en grados Gay Lussac.
- 11) Mantener el proceso en estado estacionario anotando en una hoja de registro las variables indicadas en los instrumentos de control.

CAPITULO 5

Prueba experimental

5.1 Mezcla Binaria seleccionada para la prueba

- Sistema ETANOL – AGUA
- Mezcla 20% en volumen

5.2 Características de la mezcla seleccionada

- Concentración : 20% V/V de Etanol
- Densidad: 0.820 g / c.c
- Temperatura: 30° C

5.3 Datos experimentales Obtenidos

PRESIÓN EN EL REHERVIDOR (PSI)	TEMPERATURA CABEZA (°C)	TEMPERATURA FONDO (°C)	TEMPERATURA AGUA DE ENFRIAMIENTO (°C)
18	108	110	108
18	102	115	105
10	98	106	100

TABLA No. 2 Datos experimentales obtenidos

5.4 Tabla de resultados

	CONCENTRACIÓN °G.L
DESTILADO	79.5 – 86
RESIDUO	2 - 4

TABLA No. 3 Resultados obtenidos

5.5 Análisis de los resultados

Con los resultados obtenidos se ha logrado una concentración promedio de 82.85% V/V de alcohol y un residuo de un promedio de 3% de promedio de V/V de alcohol.

CAPITULO 6

6.1 Conclusiones

- Se concluye que a partir de los resultados obtenidos en las pruebas experimentales, el equipo construido cumple con la función propuesta, esto es experimental e investigar nuevos procesos de producción.
- Dado que el equipo piloto construido obedece a características similares de equipos pilotos importados por universidades del país y a datos de diseño de la literatura técnica, se concluye que con los resultados obtenidos es posible **REPLICAR** a **ESCALA INDUSTRIAL** y así obtener las variables requeridas para el diseño y construcción de cualquier proceso para una **PLANTA INDUSTRIAL**.
- El equipo construido respecto a la alimentación de energía es **DUAL**, es decir que puede usarse energía de calentamiento tanto térmica mediante vapor de agua de la caldera ó energía eléctrica mediante resistencias eléctricas.
- Para producción de derivados del petróleo se puede alimentar el rehervidor con vapor directo a la mezcla, eliminando el serpentín de calentamiento, el resultado es una mezcla **INMISCIBLE** de solvente y agua que se puede separar por una simple decantación; este proceso con vapor directo resulta económico y por el ahorro de energía de calentamiento pues esta se reduce por la suma de las presiones

parciales del vapor de agua y el vapor del solvente (Ley de Dalton) y además no requiere serpentín.

- También se puede utilizar el equipo piloto para recuperar los solventes que se encuentran en los residuos de fabricación de pinturas, tintas, resinas, y otros, evitando la contaminación del ambiente (suelo, aire, agua).

6.2 Recomendaciones

- Se recomienda que antes de iniciar un nuevo proceso en la columna, ésta debe lavarse con una solución muy diluida de ácido nítrico calentando con vapor y finalmente un lavado total con agua limpia.
- Para una operación correcta del equipo se debe seguir los pasos indicados en el manual de operación.

6.3 Bibliografía

1. TREYBAL B.E; Operaciones de transferencia de masa, Mc. Graw-Hill México, 1980.
2. PERRY, JOHN, Manual de Ingeniería Química, Tomo II, México, 1976.
3. OCON J. Y TOJO G., Problemas de Ingeniería Química, Tomos I y II Ediciones Aguilar, Madrid 1967.
4. PALACIO LLAMES, HERNAN, Fabricación De Alcohol, Salvat Editores S.A., Madrid 1956.
5. NEWILL JAMES, Ciencia de Materiales: Aplicaciones De Ingeniería, Alfaomega Grupo Editor, USA, 2011.
6. VALIENTE BARDERAS ANTONIO, Problemas De Balance De Materias Y Energía La Industria Alimentaria. Limusa Editores, México, 2001.
7. FAITH, KEYES & CLARK'S INDUSTRIAL CHEMICALS, 4th edition Wiley – Interscience, New York, 1975.
8. CHEMICALS ENGINEERING CALCULATIONS, Mass and Energy Balances, ERNEST J. HENLEY, HERNAN BIEBER New Jersey, USA
9. HOUGEN OLAF, WATSON KENNETH M., RAGATZ ROLAND A. Principios De Los Procesos Químicos: EDITORIAL REVERTE S.A. 1980.

10. PERRY J. H., Manual De Ingeniería, - R.H. Editorial Labor S.A.
Madrid, España 1966.
11. AVALLONE EUGENE A., BAUMEISTER III THEODORE, Marks
Manual Del Ingeniero Mecánico, Tercera edición en Español, 1995.