



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE DESTILACIÓN PARA LA
PRODUCCIÓN DE LICOR ANISADO EN LA EMPRESA
DESTILERÍA BOLÍVAR”**

TRABAJO DE TITULACIÓN
TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Presentado para optar por el título de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: JAIRO JOEL ERAZO SANCHEZ

TUTOR: ING. PAUL GUSTAVO PALMAY PAREDES

Riobamba-Ecuador

2018

©2018, Jairo Joel Erazo Sanchez

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el **Derecho de Autor**.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que, el Trabajo Técnico de Titulación: **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE DESTILACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE LICOR ANISADO EN LA EMPRESA DESTILERÍA BOLÍVAR”** de responsabilidad de la señor JAIRO JOEL ERAZO SANCHEZ, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE

FECHA

FIRMA

Ing. Paul Gustavo Palmay Paredes

.....

.....

**DIRECTOR DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

Ing. Mario Gustavo Villacres Álvarez

.....

.....

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

“Yo, Jairo Joel Erazo Sanchez soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”.

Jairo Joel Erazo Sanchez

CI: 020156809-4

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres Manuel y Célida a mi Hermano Franklin, a mi Esposa e Hija quienes han sido pilares fundamentales para la consecución de este logro académico.

Jairo

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento especial al Ing. Paul Palmay y al Ing. Mario Villacres quienes han sido una pieza fundamental para la culminación para este trabajo de titulación, de manera general a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo a la escuela de ingeniería química, a los docente, quienes han impartido el conocimiento necesario para llevar a cabo este logro académico, de manera especial a la ingeniera Mónica Andrade docente que a semestre a semestre ha impartido sus conocimientos en cada una de las asignaturas impartidas, a mis compañeros quienes se han convertidos en unos verdaderos amigos a todos ellos mil gracias.

Jairo

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN..... xviii

ABSTRACT xix

CAPITULO I

1	DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.1	Identificación del problema.....	1
1.2	Justificación del proyecto.....	2
1.3	Línea base del proyecto.....	2
<i>1.3.1</i>	<i>Reconocimiento del lugar de investigación.....</i>	<i>2</i>
<i>1.3.2</i>	<i>Parte experimental.....</i>	<i>3</i>
<i>1.3.2.1</i>	<i>Metodología.....</i>	<i>3</i>
<i>1.3.2.2</i>	<i>Método de muestreo.....</i>	<i>4</i>
<i>1.3.2.3</i>	<i>Caracterización de la muestra.....</i>	<i>5</i>
<i>1.3.2.4</i>	<i>Datos Experimentales.....</i>	<i>6</i>
<i>1.3.2.5</i>	<i>Datos experimentales de la destilación.....</i>	<i>9</i>
<i>1.3.2.6</i>	<i>Variables y parámetros del proceso para la producción del anisado.....</i>	<i>10</i>
<i>1.3.2.7</i>	<i>Análisis de los grados de libertad para el sistema de destilación.....</i>	<i>11</i>
<i>1.3.2.8</i>	<i>Datos adicionales.....</i>	<i>13</i>
<i>1.3.3</i>	<i>Marco conceptual.....</i>	<i>15</i>
<i>1.3.3.1</i>	<i>Anisado.....</i>	<i>15</i>
<i>1.3.3.2</i>	<i>Descripción del proceso de elaboración de la materia prima.....</i>	<i>15</i>
<i>1.3.3.3</i>	<i>Descripción del proceso de elaboración del licor anisado.....</i>	<i>18</i>
1.4	Beneficiarios directos e indirectos.....	20
<i>1.4.1</i>	<i>Directos.....</i>	<i>20</i>
<i>1.4.2</i>	<i>Indirectos.....</i>	<i>20</i>

CAPÍTULO II

2	OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	21
2.1	Objetivo general.....	21
2.2	Objetivos específicos.....	21

CAPÍTULO III

3	ESTUDIO TÉCNICO	22
3.1	Localización del proyecto.....	22
3.2	Ingeniería del proyecto.....	23
3.2.1	<i>Instalación del sistema de destilación</i>	24
3.2.2	<i>Dimensionamiento del sistema de alimentación</i>	26
3.2.2.1	<i>Dimensionamiento del tanque de alimentación.....</i>	26
3.2.3	<i>Dimensionamiento del sistema de destilación</i>	31
3.2.3.1	<i>Cálculo de la capacidad calorífica media (C_p).....</i>	31
3.2.3.2	<i>Cálculo del calor latente medio (λF).....</i>	32
3.2.3.3	<i>Cálculo del parámetro f de alimentación</i>	32
3.2.3.4	<i>Cálculo de la pendiente m</i>	33
3.2.3.5	<i>Curva de equilibrio.....</i>	33
3.2.3.7	<i>Cálculo de la relación de reflujo total.....</i>	34
3.2.3.8	<i>Cálculo del balance de masa.....</i>	36
3.2.3.9	<i>Cálculo del balance de masa parcial</i>	37
3.2.3.10	<i>Cálculo de la temperatura promedio de la columna</i>	37
3.2.3.11	<i>Cálculo de la volatilidad relativa.....</i>	38
3.2.3.12	<i>Cálculo de la fluidez.....</i>	40
3.2.3.13	<i>Cálculo de la viscosidad.....</i>	40
3.2.3.14	<i>Cálculo de los platos reales.....</i>	41
3.2.3.15	<i>Cálculo del plato de alimentación.....</i>	42
3.2.3.16	<i>Cálculo del diámetro de la columna -Zona de rectificación</i>	42
3.2.3.17	<i>Cálculo del diámetro de columna- Zona de rectificación</i>	53
3.2.3.18	<i>Cálculo del Diseño provisional del plato</i>	61
3.2.3.19	<i>Verificación del punto de lloriqueo</i>	62
3.2.3.20	<i>Cálculo de la caída de presión.....</i>	65
3.2.3.21	<i>Detalles del diseño del plato.....</i>	69
3.2.4	<i>Diseño del condensador</i>	72
3.2.4.1	<i>Cálculo del calor latente de la mezcla</i>	73
3.2.4.2	<i>Cálculo del calor sensible de la mezcla</i>	74
3.2.4.3	<i>Cálculo de la cantidad de agua de refrigeración.....</i>	74
3.2.4.4	<i>Cálculo del área interna del tubo interior de condensación.....</i>	74
3.2.4.5	<i>Cálculo del área externa del tubo interior de condensación.....</i>	75
3.2.4.6	<i>Cálculo de MLTD para la condensación.....</i>	76

3.2.4.7	<i>Cálculo de MLTD para enfriamiento</i>	76
3.2.4.8	<i>Cálculo del coeficiente convectivo</i>	77
3.2.4.9	<i>Cálculo del coeficiente de condensación en película externa (w/m²K)</i>	81
3.2.4.10	<i>Cálculo del coeficiente convectivo.</i>	81
3.2.4.11	<i>Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor por condensación</i>	84
3.2.4.12	<i>Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor por subenfriamiento</i>	85
3.2.4.13	<i>Cálculo del área de transferencia de calor para condensación</i>	85
3.2.4.14	<i>Cálculo del área de transferencia de calor para condensación</i>	86
3.2.4.15	<i>Cálculo del área de total de transferencia de calor</i>	86
3.2.4.16	<i>Cálculo de la longitud del condensador</i>	86
3.2.5	<i>Calderin o re hervidor</i>	87
3.2.5.1	<i>Cálculo del calor del rehervidor</i>	87
3.2.5.2	<i>Cálculo del área del calderin re hervidor</i>	88
3.2.5.3	<i>Cálculo de la altura del rehervidor</i>	88
3.2.6	<i>Resultados</i>	89
3.2.6.1	<i>Resultados de la formulación a nivel de laboratorio</i>	89
3.2.6.2	<i>Resultados de la formulación a nivel industrial</i>	90
3.2.6.3	<i>Resultados de la caracterización del vinillo</i>	90
3.2.6.4	<i>Resultados de la caracterización del licor anisado</i>	91
3.2.6.5	<i>Resultados del dimensionamiento del sistema de alimentación</i>	91
3.2.6.6	<i>Resultados del dimensionamiento del torre de destilación</i>	91
3.2.6.7	<i>Resultados del dimensionamiento del sistema de condensación</i>	93
3.2.6.8	<i>Resultados del dimensionamiento del rehervidor</i>	93
3.3	<i>Proceso de producción</i>	92
3.4	<i>Requerimiento de tecnología y equipos</i>	93
3.5	<i>Análisis del costo beneficio</i>	93
3.5.1	<i>Determinación de la inversión fija</i>	96
3.5.2	<i>Determinación de los egresos</i>	96
3.5.3	<i>Determinación de los costos totales</i>	97
3.5.4	<i>Calculo del VAN</i>	98
3.5.5	<i>Calculo del TIR</i>	99
3.5.6	<i>Situación socioeconómica de los productores de la parroquia Balsapamba</i>	100
	DISCUSIÓN	105
	CONCLUSIONES	106
	RECOMENDACIONES	108

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Determinación de tamaño de muestra para productos a granel	5
Tabla 2-1 Resultados de la caracterización organoléptica	6
Tabla 3-1 Datos experimentales	7
Tabla 4-1 Formulación estándar a nivel de laboratorio.....	7
Tabla 5-1 Formulación estándar a nivel de laboratorio.....	8
Tabla 6-1 Prueba 3 Formulación estándar a nivel de laboratorio.....	9
Tabla 7-1 Datos de destilación a nivel de laboratorio	9
Tabla 8-1 Datos de destilación	10
Tabla 9-1 Fases de operación del proceso de producción	11
Tabla 10-1 Especificaciones de condensador.....	12
Tabla 11-1 Especificaciones de grados de libertad	13
Tabla 12-1 Datos adicionales de las propiedades del agua	13
Tabla 13-1 Propiedades del alcohol	14
Tabla 14-1 Datos adicionales de acero inoxidable	14
Tabla 15-1 Datos adicionales del diésel	15
Tabla 16-3 Coordenadas geográficas	22
Tabla 17-3 Características geográficas de la provincia.....	23
Tabla 18-3 Relación de reflujo.....	34
Tabla 19-3 Datos de temperatura	38
Tabla 20-3 Valores de X a partir de la temperatura promedio	39
Tabla 21-3 Constantes de inundación	50
Tabla 22-3 Longitud del derramadero; rectangulares rectos platos de flujo transversal.....	52
Tabla 23-3 Constantes de inundación	57
Tabla 24-3 Longitud del derramadero platos de flujo transversal.....	59
Tabla 25-3 Datos de torre de destilación.....	73
Tabla 26-3 Resultados de la formulación a nivel de laboratorio.....	89
Tabla 28-3 Caracterización de vinillo	90
Tabla 29-3 Caracterización de anisado	91
Tabla 30-3 Dimensionamiento de la alimentación.....	91
Tabla 31-3 Dimensionamiento torre de destilación	91
Tabla 32-3 Dimensionamiento de sistema de condensación.....	93
Tabla 33-3 Dimensionamiento del re hervidor.....	93
Tabla 34-3 Equipos para controlar el proceso a nivel de planta y laboratorio	95
Tabla 35-3 Inversión fija requeridos para el proyecto	96

Tabla 36-3 Egresos requeridos para el proyecto	97
Tabla 37-3 Costos totales requeridos para el proyecto.....	97
Tabla 38-3 Ingresos requeridos para el proyecto	98
Tabla 39-3 Cálculo del VAN	99
Tabla 40-3 Cálculo del TIR.....	99
Tabla 41-3 Beneficio socio económicos para los productores.	103

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1-1: Corte y transporte de caña de azúcar	16
Fotografía 2-1: Proceso de molienda.....	16
Fotografía 3-1: Proceso de fermentación.....	17
Fotografía 4-1: Proceso de destilación y recolección del vinillo.....	18
Fotografía 5-3: Diagrama del proceso de destilación	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Torre de destilación.....	12
Figura 2-3: Ubicación del terreno para la implementación de la planta	22
Figura 3-3: Diámetro del tanque de precalentamiento.....	31
Figura 4-3: Esquema del funcionamiento del condensador.....	72
Figura 5-3: Media logarítmica de temperatura (MLTD)	76

ÍNDICE DE GRAFICOS

Grafico 1-3: Recta de alimentación	33
Grafico 2-3: Número de platos.....	36
Grafico 3-3: Grafica de O´ CONEL.....	41
Grafico 4-3: Interpolación para obtener la longitud del rebosadero	62
Grafico 5-3: Interpolación para calcular la cresta del rebosadero.....	64
Grafico 6-3: Interpolación para hallar el grosor del plato.....	66
Grafico 7-3: Ángulo subtendido por el borde del plato	70

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

F	Alimentación (mL/ h)
D	Destilado (mL/ h)
W	Residuo (mL / h)
X _D	Fracción destilado
X _F	Fracción de Alimentación
X _W	Fracción de Residuo
C _P	Capacidad Calorífica (Kcal / Kg C)
$\bar{\lambda}$	Calor Latente Medio (Kcal/Kg)
m	Pendiente
T _F	Temperatura de Alimentación (°C)
T _b	Temperatura de ebullición (°C)
R _{D min}	Reflujo mínimo
k	Constante de Krisschbraun
μ	Viscosidad. (cP)
ϕ	Fluidez. (rhe)
E _o	Eficiencia de los Platos (%)
N _T	Número de Platos Teóricos
N _R	Número de Platos Reales
M	Masa Molecular (Kg / Kg mol)
R	Constante de los gases (L at / Kmol K)
D	Diámetro (m)
r	Radio (m)
h	Altura (m)
δ	Densidad (g/ml)
m	Masa (kg)
v	Volumen (ml)
Q _c	Calor sensible (Kcal/Kg)
\dot{m}	Flujo másico (Kg/m ³)
h _{fg}	Entalpía (Kcal/Kg)
Q _T	Calor total (Kcal/Kg)
m _v	Masa de vapor (Kg/h)
m _a	Masa de agua
h _i	Coefficiente convectivo, condensación en película (w/m ² °K)
K _L	Conductividad térmica (W/m°K)

μ_L	Viscosidad dinámica (Ns/m ²)
CPL	Calor específico (Kcal/Kg°K)
ρ_v	Densidad del vapor (Kg/m ³)
L	Longitud (m)
h _e	Coefficiente convectivo por subenfriamiento (w/m ² °K)
Pr	Número de Prandtl
Gr	Número de Grashof
Ra	Número de Rayleigh
Nu	Número Nusselt
L _c	Longitud característica (m)
h _o	Coefficiente convectivo del agua (w/m ² °K)
μ_c	Viscosidad dinámica a temperatura de pared (Ns/m ²)
G	Flujo másico (Kg/)
D _e	Diámetro hidráulico (m)
U _c	Coefficiente global de transferencia de calor por condensación. (W/m ² °C)
U _e	Coefficiente global de transferencia de calor por subenfriamiento. (W/m ² °C)
A _c	Área de transferencia de calor para condensación (m ²)
A _e	Área de transferencia de calor para subenfriamiento (m ²)
AT	Área total (m ²)

RESUMEN

Se realizó el diseño de un sistema de destilación para la producción de licor anisado para la empresa destilería bolívar en el Cantón San Miguel, Provincia Bolívar, para el desarrollo se efectuó el reconocimiento del lugar y la cantidad de producción, se inició por una caracterización del vinillo como materia prima, bajo norma INEN 1837 los cuales incluyen un análisis físico-químico: alcoholes superiores, metanol Furfural y grado alcohólico, se efectuó una simulación de las pruebas piloto en el laboratorio de Química Orgánica de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, se obtuvo una formulación apropiada y se definió el proceso más adecuado, se registró los datos obtenidos en la simulación y las variables de operación, se realizó el diseño de los equipos necesarios para el proceso propuesto como: tanque de alimentación, torre de destilación y el condensador. La validación del producto y del proceso se realizó en base a la NORMA INEN 0370:2015, realizo una caracterización química, la cual los valores generados en el laboratorio estuvieron dentro de los límites establecidos por esta normativa que fueron el siguientes: grado alcohólico 35,95 °GL, los alcoholes superiores están en valores de 140,2 el Furfural con 1,34 y metanol < 2 todos estos parámetros en unidades de mg/100 ml de alcohol anhidro. El proceso propuesto es el adecuado para la elaboración del licor ya que se asegura la calidad del producto obtenido, se recomiendo tener un registro de las temperaturas del proceso y un control minucioso en cada etapa del proceso

Palabras Clave: <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA>, < CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA >, <VARIABLES DE PROCESO>, <DISEÑO DE EQUIPOS>, <VINILLO>, <LICOR ANISADO >, <SISTEMA DE DESTILACION>

ABSTRACT

The design of a distillation system for the production of aniseed liqueur for the Bolivar distillery company performed in San Miguel canton, Bolivar Province. The recognition of the place and quantity of the production for the development took place. A vinillo characterization as a raw material under the IENEN 1837 standard started which includes a physical-chemical analysis as higher alcohols, Furfural methane and alcoholic degree, a simulation of the pilot test did in the Organic Chemistry laboratory in the Faculty of Sciences of the Higher Polytechnic School of Chimborazo. An appropriate formulation got and the most appropriate process defined, the obtained data in the simulation and variables of operation were registered. The design of the necessary equipment was performed for the proposed process as a feeding tank, the distillation tower, and the condenser. The validation of the product and the process carried out on the INEN 0370:2015 standard. A chemical characterization performed, which the generated values were in the laboratory within the established limits by these regulation that were: alcoholic degree 35,95 °GL, the higher alcohols are in values of 140,2, the Furfural with 1,34 and methanol <2, all these parameters in units of mg/100 mg of anhydrous alcohol. These proposed process is suitable for the elaboration of liqueur since it assured the quality of obtained product. The research paper recommends having a record of the process temperature and meticulous control in each stage of the process.

Key words: <ENGINEERING AND CHEMICAL TECHNOLOGY><CHEMICAL PHYSICAL CHARACTERIZATION> <PROCESS VARIABLES> <EQUIPMENT DESIGN> <ANISEED LIQUEUR> <DISTILLATION SYSTEM>.

CAPÍTULO I

1 DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del problema

La producción artesanal de alcohol “etanol” en la provincia Bolívar es de 360.000 litros de alcohol al año, de los cuales aproximadamente 120.000 litros de este, son destinados a la fabricación de gasolina “Ecopais”, el resto del alcohol se lo comercializa de manera ilegal debido a las restricciones en el expendio y comercialización por parte de las autoridades que en ocasiones en el momento de ser transportado este es decomisado y derramado en las alcantarillas motivo por el cual los productores al no tener otra alternativa de venta lo hacen a través de terceras personas.

Por lo expuesto anteriormente el principal afectado es el productor ya que al intentar venderlo por lo general es decomisado, y no hay otra alternativa de uso al alcohol, de esto nace la propuesta de elaboración del licor “anisado” bajo la norma INEN 0370.

Ante esta situación la Empresa “Destilería Bolívar” planea dar una alternativa de solución con el diseño de un sistema de destilación simple para la producción del licor “Anisado”, con la finalidad de lograr un incremento en la producción para su empleo aumentando su calidad dándole un valor comercial con el expendio de un licor “Anisado” que cumpla con los requisitos establecidos en la NORMA INEN.

1.2 Justificación del Proyecto

La caña de azúcar es un cultivo agroindustrial de gran importancia en el Ecuador especialmente en la Provincia Bolívar; por la capacidad de generación de empleo directo. La cañicultura ha generado plazas de empleo muy importantes en el país, pero de la producción nacional de caña de azúcar solo el 20% se destina a la fabricación de panela y licor de manera artesanal.

El cultivo de la caña de azúcar es una de las principales actividades en la Provincia de Bolívar, especialmente en la región del sub-trópico de Bolívar como lo es en los cantones Guaranda, Chimbo y San Miguel, se esperaba que este cultivo se expanda debido a la apertura de mercados en la producción de biocombustibles, pero la realidad no es así.

Se considera importante la realización de este trabajo tipo técnico en la que se elaborará una propuesta para el diseño de un sistema de destilación simple para elaboración de licor “Anisado” que cumpla con los requisitos establecidos en la NORMA INEN 0370, con la ayuda de la Empresa “Destilería Bolívar”, con la cual se busca crear una nueva apertura de mercado para este cultivo.

Con este proyecto se generaría una alternativa de empleo de manera directa e indirecta que el productor tanto lo necesita, al cumplir con las metas de producción se asegurará los mejores resultados de la gestión y dinamización de la economía, lo que conllevaría a elevar el nivel de los ingresos de los trabajadores mejorando su calidad de vida y el desarrollo socio productivo de la comunidad y los alrededores en concordancia con uno de los objetivos del Plan Nacional del Buen Vivir que busca consolidar el sistema económico social y solidario de forma sostenible.

1.3 Línea Base del Proyecto

1.3.1 Reconocimiento del lugar de investigación

En el trabajo de investigación se realizó un recorrido por la microempresa Destilería Bolívar, en el lugar donde se obtiene la materia prima, en la parroquia Balsapamba, para observar en qué estado se encuentra la línea de producción y como está el proceso productivo, realizando muestreo de los productos obtenidos en dicho lugar.

Estado actual de la microempresa Destilería Bolívar

Para la realización de este trabajo de técnico se realizó un recorrido por la microempresa Destilería Bolívar, ubicada en el cantón Guaranda tiene como objetivo principal la producción de licor anisado.

En la inspección realizada se observó que en la actualidad la empresa cuenta con los siguientes materiales y equipos:

- Embotelladora manual.
- Tanque de almacenamiento de 200 litros.

- Marmita
- Selladoras

En el recorrido se observó que la empresa se encuentra funcionando a su menor capacidad, ya que esta empresa perdió los permisos de funcionamiento, la principal actividad comercial de la microempresa es a la compra y venta de alcohol de manera informal, esta no cuenta con un proceso de control en la línea de producción, se debe realizar un levantamiento de información sobre la producción de licor, realizar una estandarización del proceso.

Se realizó varias visitas en el lugar de producción de licor para observar en qué estado se encuentra la producción del licor anisado, de lo observado se evidencia en su totalidad el proceso es artesanal para lo cual sin un proceso de tecnificación y un desconocimiento de las normativa vigente.

1.3.2 Parte experimental

1.3.2.1 Metodología

Métodos

- Método Inductivo

El método inductivo le permitió conocer las condiciones y método actual del para la obtención de licor anisado, ya que se hizo mediante una observación detallada del proceso que se llevan a cabo para la obtención de licor anisado para poder realizar un sistema de destilación adecuado en la obtención de dicho licor, este método se basó en la abstracción de los conocimientos y la generación de hipótesis en donde intervinieron todos los factores que intervienen en el proceso, involucrando variables tales como: temperaturas de destilación, grado alcohólico de la materia prima y del producto terminado; las temperaturas y concentraciones involucran transferencias de masa y energía, se calculan las variables siendo esta la base para realizar el dimensionamiento adecuado para el sistema de destilación.

- Método Deductivo

Una vez conocido el proceso de obtención de licor mediante técnicas de inducción, se lleva a la generalización de los parámetros de diseño del sistema de destilación identificando las variables de diseño, toda esta generalización se logra a través de las inferencias que se tomaron en los métodos deductivos y se apunta a resolver las hipótesis generadas por el pensamiento crítico, para

la resolución de los problemas emplearán técnicas que permitan el diseño del sistema eficiente en el proceso para obtener un producto de calidad.

- Método Experimental.

Partiendo de los procesos realizados se toman las muestras para realizar sus respectivos análisis de laboratorio para caracterizar las condiciones en las cuales se está trabajando con la materia prima y las condiciones del producto, permite controlar equipos y herramientas donde se realizan las mediciones y modificaciones de las variables a las condiciones deseadas para entender la relación entre variables que se produce. El método experimental permite la simulación del proceso para obtener el alcohol, controlando las variables en cada operación.

Técnicas

Las técnicas son indispensables ya que integra la estructura por medio de la cual se organiza la investigación. Las técnicas están relacionadas con la práctica de modo específico de actuar, con formulaciones teóricas generales, las cuales, son propias del método; de aquí que es el procedimiento particular, reflexivo y confiable aplicado al empleo de un instrumento, el uso de material, al manejo de una determinada situación de un método.

1.3.2.2 Método de muestreo

Para obtención de licor anisado se toma muestras del primer destilado llamado “vinillo” el cual es el principal ingrediente para la elaboración del anisado, como segunda parte tenemos a las diferentes frutas para obtener el producto deseado.

Se realizó un muestreo, el cual se tomó una sola muestra representativa al final del proceso con el fin de evaluar las características. El muestreo de licor vinillo debe realizarse de acuerdo con la norma NTE INEN 0339 Primera revisión 1994-10: BEBIDAS ALCOHOLICAS MUESTREO.

Para las frutas y especias tomamos una muestra representativa de los productos establecidos y se lo hace de acuerdo a la norma NTE INEN 1750 específica para banano y manzanas

Tabla 1-1 Determinación de tamaño de muestra para productos a granel

Masa de lote (en kg) o número total de unidades, paquetes o atados al lote.	Masa total de muestras elementales o número total de unidades, paquetes o atados que debe extraerse en kg.
Hasta 200	10
201 – 500	20
501 – 1000	30
1001 – 5000	60
Mayor de 5001	100 (mínimo)

Fuente: (INEN 1750:1994.)

Realizado por: Jairo Erazo, 2017

1.3.2.3 Caracterización de la muestra

Caracterización de las frutas y especies

- **Caracterización organoléptica**

Para la caracterización organoléptica se procede a valorar la muestra que fue obtenida previamente según la norma establecida que fueron 10 oritos (banana baby) y 10 manzanas, con un nivel de rechazo establecido en la norma ICONTEC 4103 que nos permite un máximo de 5%

Tabla 2-1 Resultados de la caracterización organoléptica

PARAMETRO	DESCRIPCION	CUMPLE (%)		NO CUMPLE (%)	
		banana (baby)	manzanas	banana (baby)	Manzanas
OLOR	El olor debe ser característico de la fruta sin la presencia de algún olor extraño.	10	10	0	0
ASPECTO	La fruta debe estar sana, entera, libre de material extraño ajeno a la fruta misma, deben ser consistentes y frescas.	10	10	0	0
COLOR	La coloración de la fruta debe ser igual o mayor al 90% del total de la fruta.	10	10	0	0

Realizado por: **Jairo Erazo, 2017**

- *Caracterización química del vinillo*

Luego de haber tomado la muestra establecida procedemos a realizar los análisis físicos químicos de materia prima “vinillo” se comparó con los parámetros establecidos en la norma NTE INEN 1837:2015 Segunda revisión. Bebidas alcohólicas. Licores. Requisitos cabe destacar que el vinillo no es un producto terminado ya que este parte de pre destilado.

1.3.2.4 Datos Experimentales.

Datos experimentales de la elaboración del anisado

Para establecer una receta para la elaboración del anisado, se realizó recorridos y visitas in situ al productor el cual nos facilitó la información del proceso de elaboración del anisado detallando los ingredientes en la siguiente tabla:

Tabla 3-1 Datos experimentales

Ítem	Producto
1	Vinillo
2	Anís estrellado
3	Hoja de mandarina
4	Oritos
5	Hierba luisa
6	Manzana
7	Linaza
8	Guayaba
9	Patas de res

Realizado por: Jairo Erazo, 2017

Con el objeto de caracterizar en anisado se procedió a realizar ensayos in vitro para la elaboración de dicho licor, para estandarizar una receta del licor anisado se tomó como punto de partida las metodologías usadas por el productor.

Se realiza una maceración con una duración de 1 a 6 horas ya se obtiene el fino fresco y valioso aroma; prolongar la duración sería perjudicial.(Dobislaw 2004)

Para realizar los ensayos de laboratorio se realizó para 500 ml de materia prima vinillo las proporciones de frutas usadas por los productores tomando como referencia, como se explica en la siguiente tabla.

Tabla 4-1 Formulación estándar a nivel de laboratorio

Ítem	Producto	Unidades	Cantidades	Porcentaje
1	Vinillo	g	475	76,37
2	Anís estrellado	g	40	6,43
3	Hoja de mandarina	g	5	0,80
4	Oritos	g	20	3,22
5	Hierba luisa	g	7	1,13
6	Manzana	g	10	1,61
7	Guayaba	g	25	4,02
8	Hueso de res	g	10	1,61
9	Linaza	g	30	4,82
Total		g	622	100

Realizado por: Jairo Erazo 2017

Se obtiene un alcohol de 74 °GL de olor agradable y de aspecto lechoso el cual al diluir hasta los 50 °GL se torna totalmente blanco se debe a la presencia de anetol presente en el alcohol, es la parte característica y razón principal para el enturbiamiento proveniente del anís, este debe estar a concentración de máximo 2gr/l de alcohol los más puro posible, ya que la bajar la concentración del alcohol debajo de los 50 °GL este empieza a dar enturbiamiento(Brun y Dupont 1994), también debido a la presencia de linaza que aporta con el 30-45% en su composición de triglicéridos de ácido linoleico, ácido linoleico y ácido oleico (Fonnegra G. y Jiménez R. 2007), son ácidos insolubles en agua pero en si en etanol(Beyer y Walter 1987) y al superar la concentración de agua al etanol este empieza a romper el equilibrio y al colágeno presente en los patas de res, el anetol presente en el alcohol que es la parte característica y razón principal para el enturbiamiento proveniente del anís, este debe estar a concentración de máximo 2gr/l de alcohol los más puro posible, ya que la bajar la concentración del alcohol debajo de los 50 °GL este empieza a dar enturbiamiento(Brun y Dupont 1994) y la pectina procedente de la guayaba que contiene el 5,4% de pectina y mucilagos la cual la pectina es insoluble en alcohol (Pamplona Roger 2003; Gennaro, Remington y Belluci 2003). Se procede a realizar la segunda prueba quitando la linaza y las patas de res y disminuyendo las cantidades de anís estrellado y guayaba.

Tabla 5-1 Formulación estándar a nivel de laboratorio

Ítem	Producto	Unidades	Cantidades	Porcentaje
1	Vinillo	g	475	84,52
2	Anís estrellado	g	30	5,34
3	Hoja de mandarina	g	5	0,89
4	Oritos	g	20	3,56
5	Hierba luisa	g	7	1,25
6	Manzana	g	10	1,78
7	Guayaba	g	15	2,67
Total		g	562	100

Realizado por: Jairo Erazo 2017

Se obtiene un alcohol de 76 °GL de tonalidad azulada casi imperceptible y de olor agradable pero al diluir hasta los 40 GL toma un aspecto lechoso a la presencia de anetol y un precipitado al fondo de pectina. Se continúa la prueba 3 quitando la guayaba de la formulación y disminuyendo la cantidad de anís

Tabla 6-1 Prueba 3 Formulación estándar a nivel de laboratorio

Ítem	Producto	Unidades	Cantidades	Porcentaje
1	Vinillo	g	475	90,13
2	Anís estrellado	g	10	1,90
3	Hoja de mandarina	g	5	0,95
4	Oritos	g	20	3,80
5	Hierba luisa	g	7	1,33
6	Manzana	g	10	1,90
Total		g	527	100

Realizado por: Jairo Erazo, 2017

Se obtiene un alcohol de 72 °GL de olor agradable y con una tonalidad azulada, al diluir hasta los 35 grados este mantiene sus características iniciales y no sufre alteración alguna.

Se acepta este lote y se procede a realizar las pruebas de campo.

1.3.2.5 Datos experimentales de la destilación.

Tabla 7-1 Datos de destilación a nivel de laboratorio

PRUEBA 1	Carga	ml	°GL
	Inicial	500	36
	Residuo	189	14
	Destilación	303	74
PRUEBA 2	Carga	ml	°GL
	Inicial	500	36
	Residuo	176	12
	Destilación	310	76
PRUEBA 3	Carga	ml	°GL
	Inicial	500	36
	Residuo	184	15
	Destilación	298	76

Realizado por: Jairo Erazo, 2017

Tabla 8-1 Datos de destilación

TEMPERATURA (°C)	% Volumen (mL)	Tiempo (min)
62	0,01	6
65	0,05	10
66	0,1	14
67	0,15	15
68	0,2	17
69	0,25	19
70	0,3	20
70	0,35	20,1
71	0,4	22
74	0,45	25
75	0,5	26
75	0,55	26,2
77	0,6	29
77	0,65	30
78	0,7	30,1
79	0,75	34
80	0,8	36
84	0,85	40
98	0,9	58

Realizado por: Jairo Erazo, 2017

1.3.2.6 Variables y parámetros del proceso para la producción del anisado

Las principales variables y parámetros tomados en cuenta para el desarrollo del proceso planteado que inciden directamente sobre la calidad del producto fueron las siguientes: temperatura, composición, presión, volumen y flujos

En la siguiente tabla se muestran las variables que se controlan en cada fase del proceso.

Fases de Operación del proceso de producción de licor anisado

Tabla 9-1 Fases de operación del proceso de producción

Proceso	Descripción	Variable o Parámetro
Lavado del equipo	Operación de limpieza de todas las partes del equipo para iniciar el proceso de producción	---
Recepción de la materia prima	Recibir el vinillo de los diferentes distribuidores	Concentración
Triturado de materias primas	los ingredientes a ser usados son triturados	
Macerado	Operación mediante el cual el licor absorbe las propiedades químicas de los ingredientes como son al aroma y sabor.	volumen
Destilación	proceso por el cual el licor se separa del mosto obteniendo el licor anisado	Temperatura. presión, Flujos molares
almacenado	Operación de del producto para su posterior comercialización.	---

Realizado por: Jairo Erazo, 2017

1.3.2.7 Análisis de los grados de libertad para el sistema de destilación

Destilación con un alimento, condensador total y rehervidor parcial.

La unidad de la figura contiene dos elementos conformados por (M) y (N – M-1) etapas de equilibrio. (Perry, Green y Maloney 1992) (Destilacion 2010)

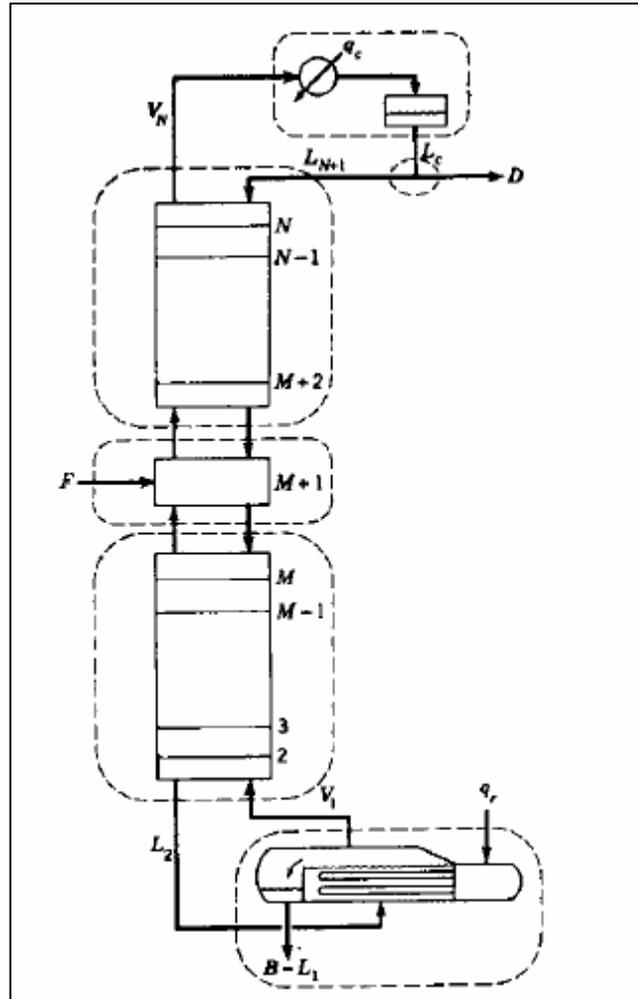


Figura 1-1: Torre de destilación

Fuente: (McCabe, Smith, & Harriott, 1991.)

Tabla 10-1 Especificaciones de condensador

ESPEFICACIONES	Ni
Condensador Total	$C + 4$
Divisor de corrientes	$C + 5$
Sección de rectificación	$2C + 2(N - M - 1) + 5$
Etapas de alimentación	$3C + 8$
Sección de agotamiento	$2C + 2(M - 1) + 5$
Rehervidor	$C + 4$
Total	$10C + 2N + 27$

Realizado por: Jairo Erazo, 2017

Las dos unidades de etapas (M) y $(N - M - 1)$ son tratadas como simples elemento, la combinación de estos elementos crea 9 intercurrentes por consiguiente tenemos:

$$N_c = 9(C + 2) = 9C + 18$$

$$N_i = (10C + 2N + 29) - (9C + 18)$$

$$N_i = C + 2N + 9$$

Para diseñar se podría utilizar estos $C + 2N + 9$ grados de libertad de la siguiente manera:

Tabla 11-1 Especificaciones de grados de libertad

<i>Especificaciones</i>	<i>N_i</i>
Presión en cada etapa de equilibrio	<i>N</i>
Flujo calórico en cada etapa de equilibrio	<i>N</i>
Corriente de alimentación	<i>C + 2</i>
Cantidad de etapas de equilibrio	<i>1</i>
Número de la etapa de alimentación M	<i>1</i>
Temperatura de la columna	<i>1</i>
Caída de presión en el condensador	<i>1</i>
Flujo calórico en el rehedidor	<i>1</i>
Flujo calórico en el condensador	<i>1</i>
Razón de reflujo	<i>1</i>
Total	<i>C + 2N + 9</i>

Realizado por: Jairo Erazo, 2017

1.3.2.8 *Datos adicionales*

Datos adicionales de las propiedades del agua

Tabla 12-1 Datos adicionales de las propiedades del agua

Variable	Unidad	Valor
Capacidad calorífica	kcal/kg°C	1
Capacidad calorífica (vapor)	kcal/kg°C	0.5
Calor latente de fusión	kcal/kg°C	80
Calor latente de vaporización	kcal/kg°C	540

Calor latente de condensación	kcal/kg°C	540
Densidad a 20°C	998.2	Kg/m ³
Densidad a 100°C	958,38	Kg/m ³
Viscosidad a 20 °C	1,005x10 ⁻³	Kg/m.s

Fuente: (McCabe, Smith, & Harriott, 1991.)

Realizado por: Jairo Erazo, 2017

Datos de las propiedades del alcohol.

Tabla 13-1 Propiedades del alcohol

Variable	Unidad	Valor
Temperatura de vaporización	°C	78.4
Calor específico	kcal/kg	0.5875
Calor latente	kcal/kg°C	203.97

Fuente: (Cengel, & Boles, 2009.)

Realizado por: Jairo Erazo 2017

Datos adicionales del material de acero AISI 304

Tabla 14-1 Datos adicionales de acero inoxidable

Variable	Unidad	Valor
Ce	kcal/kg°C	0,1139
Coefficiente de conductividad térmica	Kcal/h m °C	12,89

Fuente: (Ocaña, 2015)

Realizado por: Jairo Erazo 2017

Datos adicionales del diésel

Tabla 15-1 Datos adicionales del diésel

Variable	Unidad	Valor
calor de vaporización	kcal/kg	10986,91

Fuente: (Ocaña, 2015)

Realizado por: Jairo Erazo 2017

1.3.3 Marco conceptual

1.3.3.1 Anisado

El anisado (pájaro azul) es una bebida de color azulado proveniente del jugo fermentado de caña de azúcar cuyos aromas y sabor provienen de la adición de diferentes ingredientes al momento de la cocción donde el alcohol absorbe y al momento de realizar el proceso de destilación se obtiene un producto de tonalidad azulada. (Mantilla, y otros, 2017)

1.3.3.2 Descripción del proceso de elaboración de la materia prima

Una síntesis del proceso de preparación del vinillo a partir del jugo de la caña de azúcar, consiste en el corte de la caña en pedazos pequeños que permitan su transporte, sea en animal o en vehículo, luego viene la molienda en trapiche, tamizado del jugo de caña, fermentación, destilación y almacenamiento. (Núñez, 2015)

- Corte y transporte de la caña de azúcar

El corte de la caña se lo realiza en segmentos dependiendo del largo del tallo de la caña, la caña cortada se acumula en montones para facilitar el transporte hasta la fábrica (lugar donde se preparan productos derivados del azúcar), para el transporte debido a la geografía del terreno se lo realiza utilizando animales: caballos, mulas y asnos; también en lugares más propicios se lo realiza en vehículos, hacia su lugar de procesamiento donde se realiza un lavado para separar las impurezas de la caña.



Fotografía 1-1 Corte y transporte de caña de azúcar

Realizado por: Jairo Erazo, 2017

- Molienda

Para el proceso de molienda se usa una herramienta llamada trapiche, dicha herramienta está compuesto por tres rodillos surcados que presan la caña de azúcar y extraen su jugo. El trapiche por lo general está ubicado en parte más alta de la fábrica para poder transportar el jugo de caña hacia las siguientes etapas del proceso por acción de la gravedad; los trapiches pueden ser movidos por fuerza animal, fuerza hidráulica, motores de combustión interna o motores eléctricos. El jugo de caña obtenido pasa por un tamiz con la finalidad de eliminar impurezas. (Núñez, 2015)



Fotografía 2-1 Proceso de molienda

Realizado por: Jairo Erazo, 2017

- Fermentación

En el proceso de fermentación se lo realiza en cajones hechos de madera previamente se los forra con plástico de color negro, para ayudar al proceso de fermentación se coloca las “madres” que cumplen el papel de fermento orgánico, con la función de desdoblamiento de grandes moléculas como se muestra a continuación:



Este proceso dura unos 3 o 4 días aproximadamente y el fermento habrá alcanzado de 7 a 8 grados °GL, en este proceso artesanalmente se usa un cultivo de fermento que es almacenado entre molienda y molienda es un fermento natural y orgánico, no se basa en levaduras ni otro tipo de fermento químico, los campesinos lo denominan “madre” porque se reproduce rápidamente y es utilizado en todos los recipientes fermentadores.



Fotografía 3-1 **Proceso de fermentación**

Realizado por: Jairo Erazo, 2017

- Destilación

Luego de haber alcanzado la fermentación se procede a cargar el jugo fermentado que se lo llama “guarapo” transportándolo mediante mangueras desde al cajón de fermentación hasta el alambique. La capacidad de este alambique es de 200 litros aproximadamente, la fuente de calor es a base de leños donde el guarapo se calienta hasta alcanzar la temperatura de ebullición del etanol que es 79°C, hasta que sus componentes más volátiles pasen a la fase de vapor y pasan a través de un serpentín de cobre donde el vapor se condensa y se obtiene un condensado en estado

puro, el condensado que se obtiene antes que la temperatura llegue a los 79°C se desecha ya que este contiene otros componentes diferentes al alcohol que tienen punto de ebullición más bajo, luego de esto se continúa con la destilación obteniendo un alcohol de 65°GL, la destilación se para hasta cuando se deja de recolectar destilado, es decir la pureza del alcohol obtenido sigue disminuyendo. A este producto obtenido se llama vinillo (es el primer destilado que parte del guarapo como materia prima), este tiene un grado alcohólico entre 30-35°GL.

Cabe destacar de esta parte del proceso en adelante se toma el vinillo como materia prima para la obtención del licor anisado.



Fotografía 4-1 Proceso de destilación y recolección del vinillo.

Realizado por: Jairo Erazo, 2017

1.3.3.3 Descripción del proceso de elaboración del licor anisado

Recepción de materia prima

La recepción de materia prima es el inicio de todo proceso; se recibe la materia prima que ingresa al procedimiento, se debe llevar un control del lugar de procedencia, cantidad entregada, se lo debe realizar en un registro diario, para obtener la información de cada proveedor.

Selección

El proceso de lavado sirve para eliminar impurezas que son ajenas a la materia prima, disminuir la carga bacteriana; para dicha operación se utiliza agua potable o agua clorada

para asegurar la eliminación de bacterias y asegurar una limpieza efectiva para las siguientes operaciones. Se lo debe realizar sobre mesas de selección estableciendo un lugar específico para la fruta descartada

Trituración de frutas

El proceso de trituración de frutas permite a las trituras las frutas seleccionadas, se los realiza por medio de un licuado o simplemente cortándolas en pequeños trozos se procede para que facilitar el manejo de la fruta.

Cocción

Proceso que consiste en elevar la temperatura del tanque, de modo que modifica las propiedades iniciales de las materias primas dentro del tanque, de modo que sea más fácil para el etanol absorber las propiedades de las frutas.

Destilado

Proceso de separación de sustancias basadas en sus puntos de ebullición, es decir el más volátil se separa del menos volátil, en este el alcohol vinillo y este arrastra el olor y sabor de las especies que fueron introducidas al tanque quedando como fondos la sustancia menos volátil en este el agua. Luego pasa a una posterior condensación donde se obtiene el producto deseado.

Almacenado

El producto envasado debe ser almacenado en un espacio físico donde exista suficiente ventilación a temperatura ambiente, alejado de fuentes de calor.

1.4 Beneficiarios directos e indirectos

1.4.1 Directos

El beneficiario directo del trabajo de titulación planteado, es la microempresa DESTILERIA BOLIVAR, al diseñar este sistema de destilación se procedería a la producción del anisado a nivel industrial.

1.4.2 Indirectos

Principalmente los cañicultores ya que sería una alternativa de venta de su producción ya que esta se encuentra limitada debido a las restricciones de venta que tiene el licor artesanal.

CAPÍTULO II

2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1 Objetivo general

Diseñar un sistema de destilación para la producción del licor Anisado en la Empresa Destilería Bolívar.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar en vinillo utilizado en la elaboración de licor Anisado con base en la norma NTE INEN 1837:2015 Segunda revisión. Bebidas alcohólicas. Licores. Requisitos.
- Determinar las variables de diseño para el proceso de destilación en la obtención licor anisado.
- Dimensionar sistema de destilación para la producción de licor anisado mediante cálculos de ingeniería.
- Validar el diseño propuesto mediante la caracterización física y química del licor anisado en base a la NORMA INEN 0370:2015 Bebidas Alcohólicas. Anisado Requisitos

CAPÍTULO III

3 ESTUDIO TÉCNICO

3.1 Localización del proyecto

La planta procesadora para la obtención de licor Anisado se implementará en la Parroquia Balsapamba, vía el torneado, en el Cantón San Miguel, Provincia Bolívar.

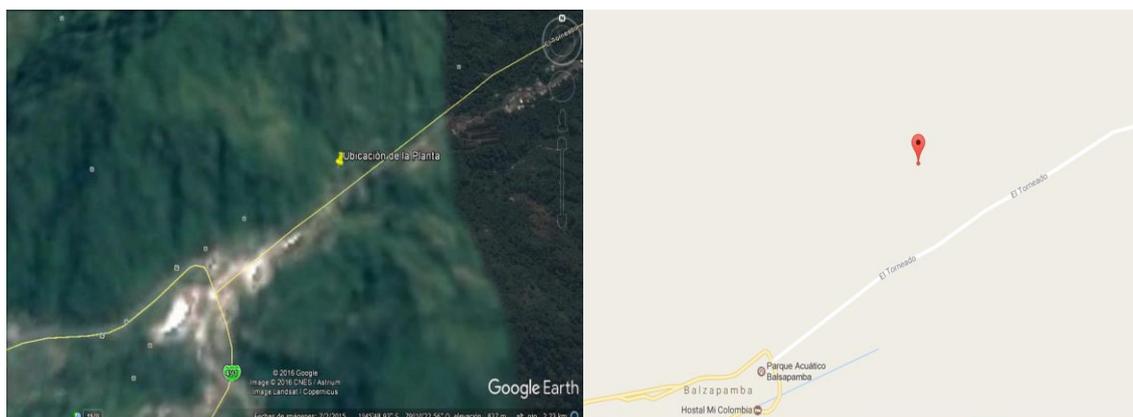


Figura 2-3: Ubicación del terreno para la implementación de la planta

Fuente: GOOGLE Maps (2016)

Tabla 16-3 Coordenadas geográficas

COORDENADAS GEOGRAFICAS	
Provincia	Bolívar
Cantón	San Miguel
Parroquia	Balsapamba
Latitud	1°45'44.56"S
Longitud	79°10'18.19"O

Fuente: GOOGLE Maps (2016)

Realizado por: Jairo Erazo, 2017

Tabla 17-3 Características geográficas de la provincia

LÍMITES	<ul style="list-style-type: none">- Al norte con la provincia de Cotopaxi.- Al sur con la provincia de Guayas.- Al este con las provincias de Chimborazo y Tungurahua.- Al oeste con los cantones: la Provincia de los Rios.
ALTITUD	2.668 (m.s.n.m)
TEMPERATURA PÁRAMOS FRÍOS	4° C a 7° C
TEMPERATURA SUBTROPICAL CÁLIDO	18° C a 24° C
TEMPERATURA PROMEDIO	13° C.
SUPERFICIE	1.897,8 Km ²

Fuente: Dirección de Gestión Ambiental Guaranda (GAD)

Realizado por: Jairo Erazo, 2017

3.2 Ingeniería del proyecto

La parroquia Balsapamba es el sector beneficiario de este proyecto técnico, posee una cantidad considerable de producción de licor, es la principal fuente de ingreso de los pobladores de dicha parroquia, la producción es normal durante todo el año por lo tanto se tendría materia prima para todo el año. El proyecto se desarrolla con un reconocimiento del sector productivo, esto implica lugar, cantidad de materia prima, materiales y herramientas utilizadas, etc.

Como primera etapa se tiene que conocer la cantidad de producción y su variación con respecto al tiempo, esto debido a que la producción en todo el año no es la misma y disminuye de acuerdo a la época del año y la madurez que llega la caña. Se conoció la manera de procesar y transportar para su procesamiento o almacenamiento. Para la transportación se lo realiza en tanques de 20 litros de plástico o se almacena en tanques de 200 litros de plástico no cual no es la manera más adecuada.

Para el desarrollo del sistema de destilación, una vez reconocido el lugar, como segunda etapa se realiza la caracterización de la materia prima tanto del licor como de las especies utilizadas para la producción de licor anisado, que constara de un análisis sensorial de las frutas y análisis físico químico del licor “vinillo” como materia prima antes de su procesamiento, realizando pruebas piloto con la ayuda de los equipos existentes en el Laboratorio de Química Orgánica de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Estos análisis y pruebas se utilizan para la caracterización de materias primas las permitirán un mejor control en el proceso de producción de licor anisado, como análisis sensorial de la fruta tenemos sus cualidades en cuanto a color, olor, sabor, apariencia, ausencia de cuerpo extraños, para el vinillo, en la caracterización físico química del licor tenemos los grados GayLusacc que ingresa al proceso y así asegurar un producto final de calidad.

De la cantidad inicial que paso los análisis organolépticos se muestreo tanto las frutas como el licor de acuerdo a la normativa establecida, para las frutas se realizó un análisis sensorial reportando los resultados en las tablas y del vinillo el análisis físico químico los cuales fueron registrados en tablas los cuales servirán para escoger el material de construcción adecuado, de los equipos para el sistema.

Para las pruebas piloto se lo realiza con la ayuda de los equipos existentes que ayudan a simular el procedimiento y obtener el licor anisado, este procedimiento permite continuar con la segunda etapa que es identificar las variables que involucran el procesamiento de licor a partir de datos experimentales de las pruebas piloto siendo las más importantes, temperatura concentración, presión, flujos, volumen

En la tercera etapa se realizara el diseño de ingeniería del sistema de destilación propuesto, donde se detallara los cálculos del dimensionamiento de los equipos, el tipo de materiales a utilizar, los controles, el presupuesto necesarios para dicho sistema.

En la etapa final se validara el diseño del sistema de destilación en a lo establecido en la norma NTE INEN 0370:2015 Bebidas Alcohólicas. Anisado Requisitos.

3.2.1 Instalación del sistema de destilación

Los equipos para el sistema deben estar construida de material sólido, duradero que garantice la seguridad y protección tanto de los equipos como la del personal a cargo, que no presente daños para minimizar la acumulación de polvo o partículas extraños, fácil limpieza y movilización en caso de ser necesario ante cualquier eventualidad o emergencia.

Tuberías

El sistema de tuberías permite el transporte de fluidos sean sólidos, líquidos o gaseosos. El tipo de material se selecciona de acuerdo a normas de estandarización y de acuerdo al tipo de materia prima que se va a procesar. Pueden ser de diferente material materiales cumpliendo con las normas estandarizadas como: metales y aleaciones madera, vidrio, cerámica y plástico. El tipo de material para la industria de alimentos es el acero inoxidable del tipo AISI 304.

El control de las tuberías en el sector industrial se lo hace definiendo el color de acuerdo al significado y aplicación del fluido que transporte según los establece la norma INEN 440.

Accesorios

Las tuberías en el sector industrial se ajustan a la distribución del espacio y de los equipos. Siendo necesario contar con accesorios que permitan realizar esta distribución. Los accesorios constituyen el método para unir los tubos o tuberías las cuales presentan las mismas propiedades y características.

Los accesorios presentan diferentes tipos de unión como: tipo rosca, mediante collarines (bridas) o por soldaduras. Productos tubulares de pared gruesa utiliza accesorios tipo rosca, collarines o soldadura, productos tubulares de pared delgada se une mediante soldadura, compresión o mediante accesorios flameados y productos frágiles como vidrio, carbono o hierro fundido se conectan por medio de collarines (bridas) o uniones de enchufe y tipo campana.

Válvulas

Las válvulas son dispositivos que tienen como función controlar, retener o regular la velocidad o presión de un fluido entubado. En el sector industrial a las válvulas se les incorpora sensores que permitan controlar la temperatura, presión, nivel del líquido y otras propiedades del fluido

Materiales

La industria alimentaria asegura la inocuidad de sus productos, mediante las buenas prácticas de manufactura durante su proceso, el complemento de esta práctica es el tipo de material con que

están contruidos los equipos de la planta, durante la producción el alimento está en contacto directo, por lo que se busca que no desprendan sustancias nocivas, que sean un riesgo para la salud y que alteren las características organolépticas, de esta manera se garantiza la calidad durante el proceso hasta la etapa de consumo. El material que cumple con las características para preservar la calidad en los alimentos es el acero inoxidable.

El acero inoxidable

El acero inoxidable es una aleación de níquel, cromo y otros elementos, se caracteriza por la cantidad apreciable de cromo en su estructura, este material tiene una presencia vital en la industria de alimentos que es la industria de mayor importancia, por sus características brinda la seguridad en la calidad durante todo el proceso de producción hasta su destino.

Requerimientos básicos del sistema

Servicio de agua

La Industria de alimentos constituye uno de los principales sectores en consumo de agua a nivel mundial, la planta debe tener un abastecimiento de agua que satisfaga la demanda, es un componente fundamental, para el uso en cada una de las operaciones unitarias y para mantener un ambiente sanitario adecuado, el agua mantiene contacto directo con el alimento en ciertas partes del proceso, ya que está ligado a los alimentos, por tanto debe ser apta para su uso y consumo, cumpliendo con los parámetros que dicta la norma NTE –INEN 1108:2011.

Servicio de energía eléctrica

El servicio de energía eléctrica en el sector industrial y de manera específica en la industria de alimentos utiliza un sistema eléctrico de tipo monofásico de 110/220 V o trifásico de 220/440 V. Este sistema será el medio de alimentación de la energía eléctrica de baja o media tensión a las líneas y redes de distribución eléctrica en la planta para el funcionamiento.

3.2.2 *Dimensionamiento del sistema de alimentación*

3.2.2.1 *Dimensionamiento del tanque de alimentación.*

Cálculo del calor necesario para a evaporación

Donde el calor necesario se resume en la siguiente formula:

$$Q_t = Q_s(\text{tanque}) + Q_s(\text{mezcla}) + Q_L(\text{mezcla})$$

Donde:

Q_t = Calor total que se necesita en el proceso

Q_s (tanque evaporador) = Calor sensible del tanque evaporador

Q_s (mezcla) = calor sensible mezcla

Q_L (mezcla) = calor latente de la mezcla

Cálculo del calor sensible del alambique

$$Q_s(\text{tanque evaporador}) = m * C_p * \Delta T$$

Dónde:

Q_s (tanque evaporador) = Calor sensible del tanque evaporador (Kcal/h)

C_e = Calor específico del acero Kcal/(Kg*°C)

M = masa del calderin (Kg/h)

ΔT = variación de temperatura (°C)

$$Q_s(\text{tanque evaporador}) = 0,1139 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg} * ^\circ\text{C}} * 90\text{Kg} * (100 - 20)^\circ\text{C}$$

$$Q_s(\text{tanque evaporador}) = 870 \text{ Kcal}$$

Cálculo del calor sensible de la mezcla

$$Q_s(\text{mezcla}) = m * C_p * \Delta T$$

Dónde:

Q_s (alcohol) = Calor sensible del alcohol (Kcal/h)

C_p = Capacidad calorífica del alcohol Kcal/(Kg*°C)

M = masa del alcohol (Kg/h)

ΔT = variación de temperatura (°C)

$$Q_s(\text{mezcla}) = ((0,68 * 0,36) + (1 * 0,64)) \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg} * ^\circ\text{C}} * 56,74 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * (78,4 - 20)^\circ\text{C}$$

$$Q_s(\text{mezcla}) = 2931,88 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

Cálculo del calor latente de la mezcla

$$Q_L(\text{mezcla}) = \lambda(\text{mezcla}) * m$$

Dónde:

Q_L (mezcla) = Calor sensible del mezcla (Kcal/h)

λ = Calor latente del mezcla (kcal/kg)

M = masa de la mezcla (kg/h)

$$Q_L(\text{mezcla}) = ((0,36 * 200,3) + (0,64 * 539,2)) * 56,74$$

$$Q_L(\text{mezcla}) = 25632,6 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

Cálculo del calor total

$$Q_t = Q_s(\text{tanque}) + Q_s(\text{mezcla}) + Q_L(\text{mezcla})$$

$$Q_t = 2931,88 + 25632,6 + 870$$

$$Qt = 29434,5 \frac{Kcal}{h}$$

La fuente de calor suministrada al será por medio de un quemador a diésel. Sabiendo que el diésel tiene un calor latente de vaporización de 10900 kcal/kg (Energetica. 2016) en un proceso de destilación que dura aproximadamente 4 horas tenemos que se necesita 103280 kcal para el proceso se necesitan 3,29 galones para el sistema de alimentación.

Cálculo del área total del tanque evaporador

Para la construcción del alambique se realiza en acero inoxidable AISI 304, para el aprovechamiento calórico se prevé usar la máxima área de contacto con el abastecimiento de calor.

$$Al = \frac{\pi d^2}{4}$$

Donde

Al= área del alambique (m²)

d = diámetro (122 cm)^a

^aSe utiliza un diámetro de 122 3.cm ya que las planchas de acero vienen en dimensiones de 122 cm x 144cm, se aprovecha el máximo diámetro disponible.

$$Al = \frac{\pi(1,22 \text{ m})^2}{4}$$

$$Al = 1,17 \text{ m}^2$$

Cálculo de la altura del taque evaporador

$$hl = \frac{Vl}{Al}$$

Donde

hl = altura del alambique (m)

Vl = volumen del alambique (m³)

Al = área del alambique (m²)

Para el diseño se utilizó para 600 litros por pedido de parte de los representantes de la empresa-

$$hl = \frac{0,6 \text{ m}^3}{1,17 \text{ m}^2}$$

$$hl = 0,51 \text{ m}$$

Cálculo de área total

$$At = 2Al + Alt$$

Donde

At = Área total (m²)

Al = área del alambique (m²)

Alt = Área lateral del alambique (m²)

Cálculo del área total del alambique

$$Alt = \pi * hl * d$$

Donde:

Alt = Área lateral del alambique m²

hl = altura del alambique (m)

d = diámetro (m)

$$Alt = \pi * 0,51 * 1,22$$

$$Alt = 1,95 \text{ m}^2$$

$$At = 2(1,17)\text{m}^2 + 1,95\text{m}^2$$

$$At = 4,30 \text{ m}^2$$

La plancha de acero tiene 62 Kg de peso y un área de 2,97 m² y se necesitan 4,30 m²

$$n \text{ planchas} = \frac{4,30 \text{ m}^2}{2,97 \text{ m}^2}$$

$$n \text{ planchas} = 1,45 \text{ planchas} \times 62 \text{ kg}$$

$$\text{peso de la plancha para el alambique} = 90 \text{ kg}$$

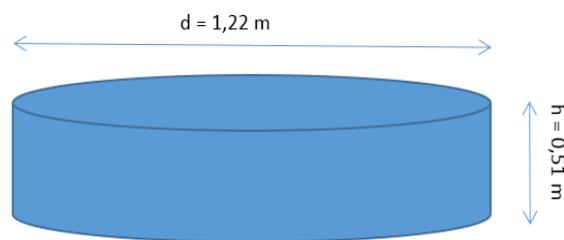


Figura 3-3 Diámetro del tanque de precalentamiento

Realizado por: Jairo Erazo, 2017

3.2.3 Dimensionamiento del sistema de destilación

3.2.3.1 Cálculo de la capacidad calorífica media (C_p)

Es cociente entre la cantidad de energía calorífica transferida a un cuerpo o sistema en un proceso cualquiera y el cambio de temperatura que este experimenta, viene dado por la siguiente ecuación (Medina Carrillo y Sanchez Salinas 2012)

$$\bar{C}_p = \sum X_i C_{p_i}$$

Donde

X_i = Fracción molar

C_{p_i} = Capacidad calorífica (kg/kg.C)

$$\bar{C}_p = \sum (0,68 * 0,36) + (1 * 0,64)$$

$$\bar{C}_p = 0,884 \frac{Kcal}{Kg \text{ } ^\circ C}$$

3.2.3.2 Cálculo del calor latente medio (λF)

Es la energía requerida por una sustancia para cambiar de fase

$$\bar{\lambda F} = \sum X_i \lambda Y_i$$

Donde

X_i = Fracción molar

λY_i = Calor latente (kg/kg)

$$\bar{\lambda F} = \sum (0,36 * 200,3) + (0,64 * 539,2)$$

$$\bar{\lambda F} = 417,9 \frac{Kcal}{Kg}$$

3.2.3.3 Cálculo del parámetro f de alimentación

Se define como el número de moles de vapor que resultan en la sección de rectificación de la introducción de cada mol de alimentación viene dado por (Perry, Green y Maloney 1992)

$$f = -\frac{\bar{C}_p (T_b - T_f)}{\bar{\lambda F}}$$

Donde

T_b = temperatura de ebullición ($^\circ C$)

T_f = temperatura de alimentación ($^\circ C$)

C_p = Capacidad calorífica media (kg/kg.C)

λF = Calor latente media (kg/kg)

$$f = -\frac{0,884 (78,2 - 20)}{417,9}$$

$$f = -0,1233$$

3.2.3.4 Cálculo de la pendiente m

$$m = -\frac{(1-f)}{f}$$

Donde

f = Factor de alimentación

$$m = -\frac{(1 - (-0,1233))}{-0,1233}$$

$$m = 9,11$$

Con el valor hallado se determinará el ángulo ($\theta=83,73$) de la recta de alimentación con relación a la recta de equilibrio

3.2.3.5 Curva de equilibrio

Recta de alimentación

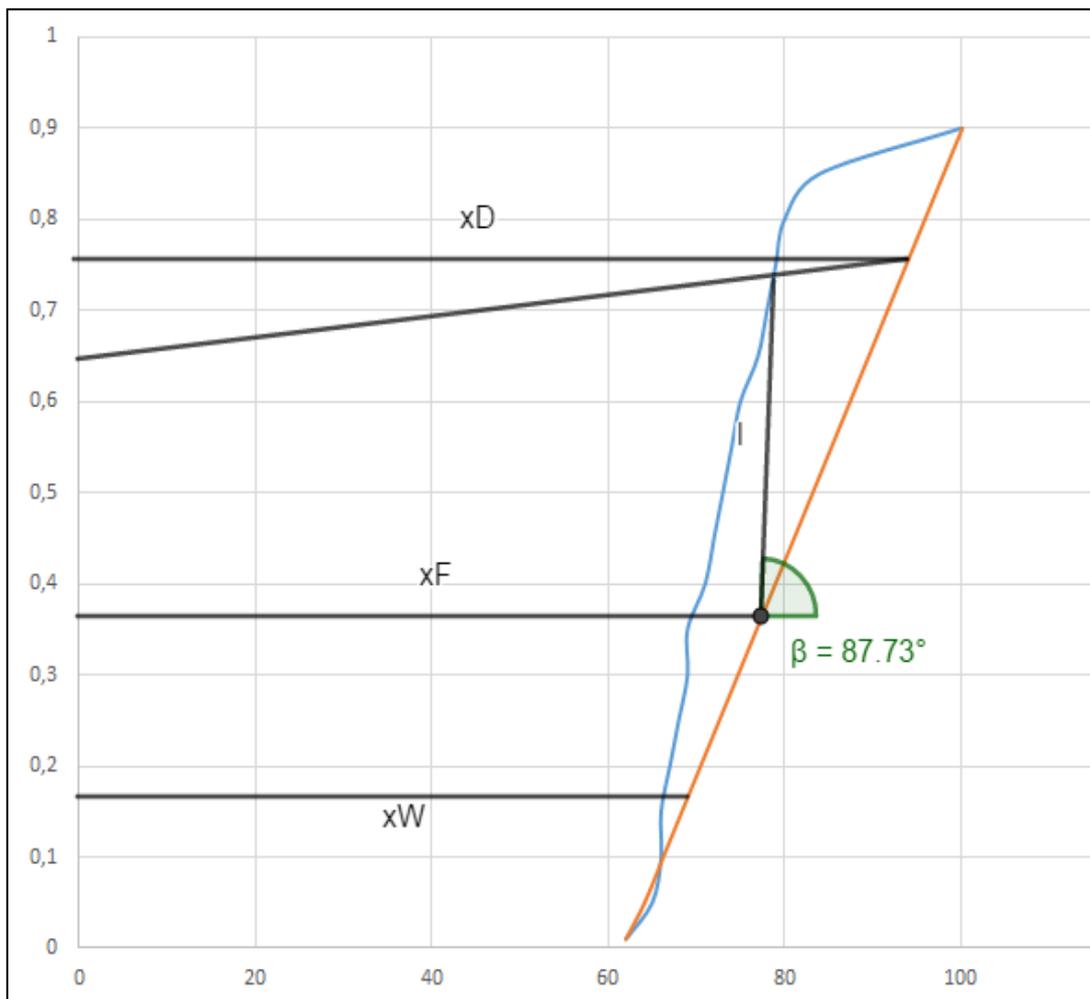


Gráfico 1-3 Recta de alimentación

Realizado por: Jairo Erazo, 2017

3.2.3.6 Cálculo de la relación de reflujo mínimo

De la fracción de destilado se traza una recta por el punto que trace la recta de alimentación de la curva de equilibrio obteniéndose un valor de 0,46 en el eje de las abscisas

$$\frac{XD}{RD_{min} + 1} = \text{Valor de la interpolación}$$

$$\frac{XD}{RD_{min} + 1} = 0,65$$

$$XD = 0,65(RD_{min} + 1)$$

$$0,76 = 0,65RD_{min} + 0,65$$

$$\frac{0,11}{0,76} = RD_{min}$$

$$RD_{min} = 0,14$$

Con el valor hallado trazamos la recta de rectificación partiendo desde el punto XD (Medina Carrillo y Sanchez Salinas 2012).

3.2.3.7 Cálculo de la relación de reflujo total

Es aquel que opera una columna, generalmente es mayor al reflujo mínimo. A continuación se representa algunos valores de k según varios autores para el cálculo del reflujo de trabajo (ARAUJO ULLOA 2017)

Tabla 18-3 Relación de reflujo

Valores de k según diversos autores para varios escenarios de destilación	
AUTORES	k
R. Treybal:	1,2 a 1,5
McCabe-Smith:	1,2 a 2
Prof. E.U. Schlünder:	2 a 3
Coulson And Richardson:	1,4 a 4
Prof. Dr. Ing. Hábil Emil Kirschbaum:	1,3 a 5, generalmente, y en ciertos casos hasta 10. Para destilación de alcoholes: 4

Fuente: Araujo Ulloa, 2017

Realizado por: Jairo Erazo, 2017

$$RD = K * RD_{min}$$

Donde

RD = Reflujo de trabajo

K = Número de veces el reflujo mínimo

RD_{min} = Reflujo mínimo

$$RD = 2 * 0,14$$

$$RD = 0,28$$

Trazar la curva de agotamiento

La recta de agotamiento resulta de la unión de los puntos de X_w con la intersección de las recta de rectificación.

Trazar el número de platos teóricos

Una vez trazadas las curvas de operación se procede a trazar los platos reales y el plato por el cual se realizara la alimentación. (Medina Carrillo y Sanchez Salinas 2012)

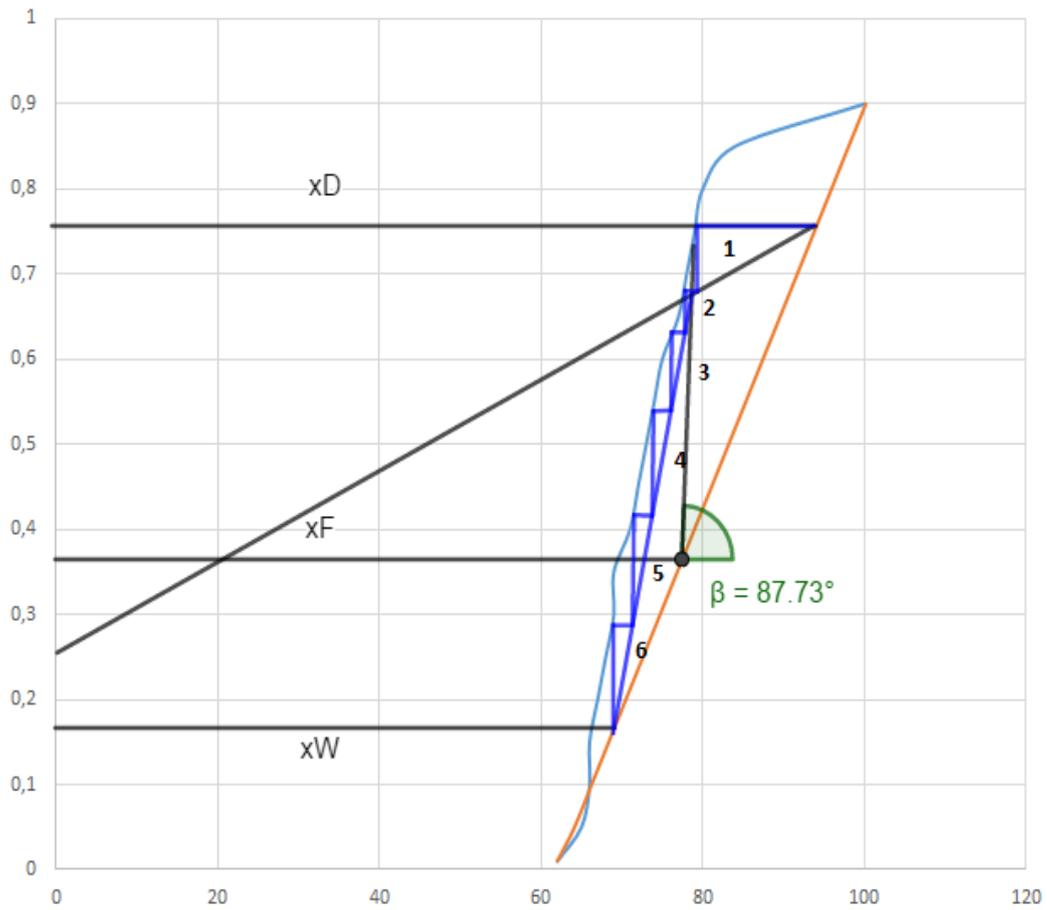


Gráfico 2-3 Número de platos

Realizado por: Jairo Erazo, 2017

El número de platos teóricos necesarios para el diseño como podemos observar tenemos 5 platos.

3.2.3.8 Cálculo del balance de masa

$$F = D + W$$

Donde

F = Alimentación (Kgmol/h)

D = Destilado (Kgmol/h)

R = Residuo (Kgmol/h)

$$2,46 = D + W$$

$$D = 2,46 - W$$

3.2.3.9 Cálculo del balance de masa parcial

$$FXF = DXD + WXW$$

Donde

F = Alimentación (kgmol/ h)

XF = Fracción de alimentación

D = Destilado (kgmol/ h)

XD = Fracción de destilado

W = Residuo (kgmol/ h)

XW = Fracción de residuo

$$2,46 * 0,36 = (2,46 - W)0,76 + W(0,16)$$

$$2,46 * 0,36 = (2,46 - W)0,76 + (W)0,16$$

$$0,885 = 1,869 - 0,76W + 0,16W$$

$$-0,984 = -0,60 W$$

$$W = 1,64 \frac{Kgmol}{h}$$

Reemplazando en la ecuación

$$D = 2,46 - W$$

$$D = 2,46 - 1,64$$

$$D = 0,82 \frac{Kg mol}{h}$$

3.2.3.10 Cálculo de la temperatura promedio de la columna

Está relacionada con la energía interno de un sistema termodinámico, definida por el principio cero de la termodinámica.

$$\bar{T} = \sum \frac{T_i}{4}$$

Donde:

\bar{T} = Temperatura promedio (°C)

Para realizar los cálculos de temperatura promedio de la torre se lo realizo con los rangos subsiguientes debido a la mínima diferencia entre ellos (Medina Carrillo y Sanchez Salinas 2012)

Tabla 19-3 Datos de temperatura

X	Media	Temperatura (°C)
5-15	Aritmética	66
15-45	Logarítmica	69,69
45-74	Aritmética	75,85
75-98	Logarítmica	84,49

Realizado por: Jairo Erazo, 2017

$$\bar{T} = \sum \frac{(66 + 70 + 76 + 85)C}{4}$$

$$\bar{T} = 74,00 C$$

3.2.3.11 Cálculo de la volatilidad relativa

Se denomina al cociente entre las volatilidades del componente más volátil y menos volátil, en funciones de las presiones y concentraciones de cada componente de cada fase (líquido y vapor).

Viene dado por la ecuación

$$\alpha = \frac{y(1-x)}{x(1-y)}$$

Donde

α = volatilidad relativa

x = concentración de x

y = concentración de y

De la tabla obtenemos el valor de la temperatura promedio interpolamos y tenemos el valor de X :

Tabla 20-3 Valores de X a partir de la temperatura promedio.

TEMPERATURA (°C)	% Volumen (mL)	Tiempo (min)
62	0,01	6
65	0,05	10
66	0,1	14
67	0,15	15
68	0,2	17
69	0,25	19
70	0,3	20
70	0,35	20,1
71	0,4	22
74	0,45	25
75	0,5	26
75	0,55	26,2
77	0,6	29
77	0,65	30
78	0,7	30,1
79	0,75	34
80	0,8	36
84	0,85	40
98	0,9	58

Realizado por: Jairo Erazo, 2017

$$x = 0,45$$

Calculamos y mediante la fórmula:

$$y = \frac{1}{RD + 1} XD + \frac{RD}{RD + 1} x$$

$$y = \frac{1}{0,11 + 1} 0,76 + \frac{0,11}{0,11 + 1} 0,45$$

$$y = 0,69$$

Reemplazando en la ecuación

$$\alpha = \frac{0,69(1 - 0,45)}{0,45(1 - 0,69)}$$

$$\alpha = 2,72$$

3.2.3.12 Cálculo de la fluidez

La fluidez es una característica de los líquidos o gases que les confiere la habilidad de poder pasar por cualquier orificio o agujero.

$$\varphi = \frac{1}{\mu_{\text{agua}}}y + \frac{1}{\mu_{\text{etanol}}}x$$

Donde

φ = fluidez

μ_{agua} = viscosidad del agua. (cP)

μ_{etanol} = viscosidad del etanol. (cP)

$$\varphi = \frac{1}{1,002}0,72 + \frac{1}{1,8}0,45$$

$$\varphi = 0,97$$

3.2.3.13 Cálculo de la viscosidad

$$\mu = \frac{1}{\varphi}$$

$$\mu = \frac{1}{0,97}$$

$$\mu = 1,03$$

$$\varphi * \mu = 2,72 * 1,03$$

$$\varphi * \mu = 2,80$$

Este valor nos sirve para obtener la eficiencia en la gráfica de O'CONNEL (Bernal Barón et al. 2011)

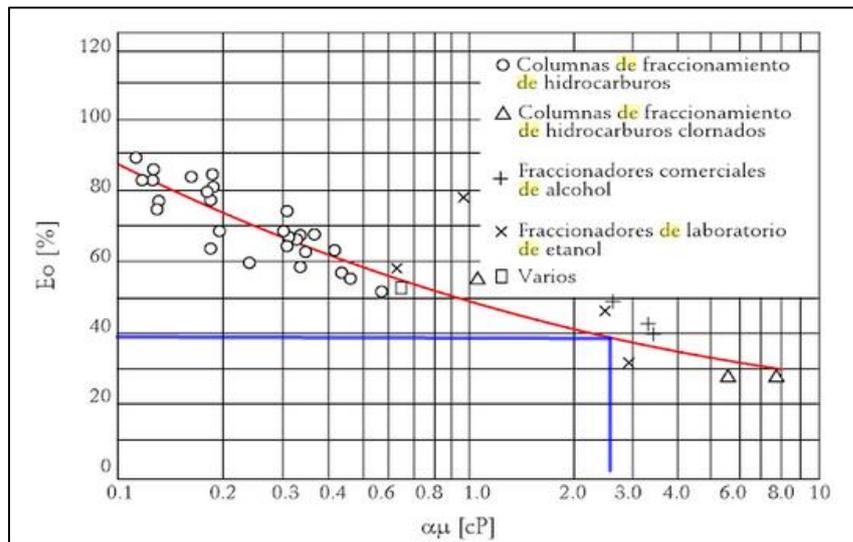


Gráfico 3-3 Gráfica de O'CONNEL

Realizado por: Jairo Erazo, 2017

El valor obtenido de la gráfica de O'CONNEL es del 40%

3.2.3.14 Cálculo de los platos reales

Para el cálculo del número de platos reales, nos basamos en los conceptos del rendimiento de separación, que es el cociente entre el número de platos reales y el número de platos teóricos (Almenglo Cordero 2007)

Viene dado por:

$$\epsilon = \frac{NT}{NR}$$

Donde

ϵ = Rendimiento de separación

NT = número de platos teóricos

NR = número de platos reales

$$NR = \frac{NT}{\epsilon}$$

$$NR = \frac{6}{0,40}$$

$$NR = 15$$

El número de platos reales es 15, como en el diseño tenemos un condensador total y un rehervidor parcial, en tenemos 13 platos

3.2.3.15 Cálculo del plato de alimentación

Para el cálculo del plato de alimentación tenemos la siguiente formula

$$P \text{ alimentación} = \frac{P \text{ alimentación teórica}}{\epsilon}$$

$$P \text{ alimentación} = \frac{1}{0,40}$$

$$P \text{ alimentación} = 2,5 = 3$$

3.2.3.16 Cálculo del diámetro de la columna -Zona de rectificación

Cálculo de la masa molar media

La ecuación para el cálculo de la masa molecular media viene dado por (Medina Carrillo y Sanchez Salinas 2012):

$$\bar{M} = \sum X_i M_i$$

Donde:

\bar{M} = masa molecular media (Kg/ Kgmol)

X_i = Fracción molar de x

M_i = Masa Molecular (Kg/ Kgmol)

$$\bar{M} = (X_{\text{etanol}} * PM_{\text{etanol}}) + (X_{\text{agua}} * PM_{\text{agua}})$$

$$\bar{M} = (0,76 * 46,07) + (0,24 * 18,01)$$

$$\bar{M} = 39,81 \frac{Kg}{Kgmol}$$

Cálculo del caudal de vapor

$$V = L + D$$

Donde:

V = Volumen de vapor en la zona de rectificación (Kgmol/h)

L = Líquido en la zona de rectificación (Kgmol/h)

D = Destilado (Kgmol/h)

Para el cálculo del vapor tenemos que (Perry, Green y Maloney 1992):

$$RD = \frac{L}{D}$$

Donde:

RD = la relación de flujo de trabajo.

$$L = RD * D$$

$$L = 0,28 * 0,82$$

$$L = 0,23 \frac{Kgmol}{h}$$

$$V = (RD * D) + D$$

$$V = D(RD + 1)$$

$$V = 0,82 (0,28 + 1)$$

$$V = 1,05 \frac{Kgmol}{h}$$

Cálculo de la densidad de vapor

Para el cálculo de la densidad se asume al vapor como un gas ideal y se usa la ley de los ideales gases (Medina Carrillo y Sanchez Salinas 2012)

$$\rho v = \frac{\bar{M} * P}{R * T}$$

Donde:

P = presión (atm)

V = volumen de vapor (kgmol/h)

\bar{M} = Masa molecular media (kg/kgmol)

R = constante de los gases (atm*m³/K*Kgmol)

T = temperatura (K)

ρv = densidad del líquido (kg/ m³)

$$\rho v = \frac{39,81 * 1}{0,082 * 373}$$

$$\rho v = 1,30 \frac{Kg}{m^3}$$

Cálculo de la densidad del líquido

Para el cálculo de la densidad del líquido se emplea la ley de Amagat que nos da la siguiente formula(Ones et al. 2010)

$$\rho l = \frac{46,069 (x) + 18,01(1 - x)}{\frac{46,069 (x)}{\rho \text{ etanol}} + \frac{18,01(1 - x)}{\rho \text{ agua}}}$$

Donde

ρl = densidad del líquido (kg/ m³)

x = fracción del etanol

$$\rho l = \frac{46,069 (0,76) + 18,01(1 - 0,76)}{\frac{46,069 (0,76)}{789} + \frac{18,01(1 - 0,76)}{1000}}$$

$$\rho l = 807,73 \frac{Kg}{m^3}$$

Cálculo de la tensión superficial

La tensión superficial se puede estimar a partir del paracoco de Sugden dado por (Wauquier 2000)

$$\sigma = \left(\frac{Pch(\rho_l - \rho_v)}{M} \right)^4 * 10^{-12}$$

Donde:

σ = Tensión superficial (dinas/ cm)

Pch = paracoco Sugden

M = peso molecular

Tensión superficial para el etanol

$$\sigma = \left(\frac{Pch(\rho_l - \rho_v)}{M} \right)^4 * 10^{-12}$$

$$\sigma = \left(\frac{126,4(807,73 - 1,65)}{46,069} \right)^4 * 10^{-12}$$

$$\sigma = 23,96 \frac{dinas}{cm} = 0,02392 \frac{N}{m}$$

De la bibliografía obtenemos que la tensión superficial del agua es 0,0728 N/m (Treybal, García Rodríguez y Lozano 1988)

La tensión superficial para mezclas raramente es una función de composición sencilla, para calcular tensión superficial de la mezcla agua etanol aplicamos el método de Tamakura, Kurata y Odani (Kandlikar, Shōji y Dhir 1999) que es el siguiente:

$$\sigma_m^{1/4} = \Psi_w \sigma_w^{1/4} + \Psi_o \sigma_o^{1/4}$$

Donde el subíndice w se refiere al agua, y el subíndice o se refiere al etanol

El parámetro Ψ_w está dado por la siguiente ecuación.

$$\log_{10} \left(\frac{\Psi_w^q}{1 - \Psi_w} \right) = \log_{10} \left(\frac{(x_w v_w)^q}{x_o v_o} * (x_w v_w + x_o v_o)^{1-q} \right) + \frac{441}{T} \left(\sigma_o v_o^{2/3} - q \sigma_w v_w^{2/3} \right)$$

Donde:

X = fracción molar del componente

V = volumen molar de componente puro igual a la inversa de la densidad (m³/kg)

T= temperatura (K)

q = contante, depende del tamaño y tipo de compuesto orgánico para el etanol q = 2

Para el cálculo de la densidad se realizara mediante el método de Rackett, modificado por Spencer y Danner (Spencer y Danner 1972).

$$\frac{1}{\rho} = \left(\frac{RT_c}{P_c} \right) * Z_{RA}^n$$

Donde

$\frac{1}{\rho}$ = volumen molar (m³/kg)

R = constante de los gases (8,314 (m³ Pa/mol K)

T_c = temperatura critica (K)

P_c = presión critica (Pa)

Z_{RA} = Parámetro de Rackett

Para calcular n tenemos

$$n = 1 + (1 - Tr)^{2/7}$$

Donde

T_r= temperatura reducida (K)

n = factor de ajuste

Para el cálculo de T_r sabemos que es igual(Coronas Ceresuela 2013):

$$Tr = \frac{T}{T_c}$$

Donde

T = temperatura Real

T_r= temperatura reducida (K)

- Etanol

$$Tr = \frac{351}{513,92}$$

$$Tr = 0,68$$

- Agua

$$Tr = \frac{373}{646,98}$$

$$Tr = 0,57$$

Cálculo del parámetro de ajuste

$$n = 1 + (1 - Tr)^{2/7}$$

- Etanol

$$n = 1 + (1 - 0,68)^{2/7}$$

$$n = 1,722$$

- Agua

$$n = 1 + (1 - 0,57)^{2/7}$$

$$n = 1,785$$

Para el cálculo del Parámetro de Rackett.

Para realizar el cálculo del parámetro de Rackett tenemos que (Almenglo Cordero 2007)

$$Z_{RA} = \frac{Vc * Pc}{R * Tc}$$

- Etanol

$$Z_{RA} = \frac{4,52 * 6137255}{8,314 * 513,92}$$

$$Z_{RA} = 6492$$

- Etanol

$$Z_{RA} = \frac{3,83 * 22056426}{8314 * 646,98}$$

$$Z_{RA} = 15704$$

Cálculo de la densidad (Almenglo Cordero 2007)

$$\frac{1}{\rho} = \left(\frac{RT_c}{P_c} \right) * Z_{RA}^n$$

- Etanol

$$\frac{1}{\rho} = \left(\frac{8,314 * 513,92}{6137255} \right) * (6492)^{1,722}$$

$$\frac{1}{\rho} = 2256,4 \frac{kmol}{m^3}$$

$$v_o = 4,432 \times 10^{-4} \frac{m^3}{kmol}$$

- Agua

$$\frac{1}{\rho} = \left(\frac{8,314 * 646,98}{22056426} \right) * (15704)^{1,785}$$

$$\frac{1}{\rho} = 7534,32 \frac{kmol}{m^3}$$

$$v_o = 1,327 \times 10^{-4} \frac{m^3}{kmol}$$

Reemplazamos en la ecuación

$$\begin{aligned} \log_{10} \left(\frac{\Psi_w^2}{1 - \Psi_w} \right) &= \log_{10} \left(\frac{(0,24 * 1,327x10^{-4})^2}{0,76 * 4,432x10^{-4}} \right) \\ & * ((0,24 * 1,327x10^{-4}) + (0,76 * 4,432x10^{-4}))^{1-2} \Big) \\ & + \frac{441}{88} \left(\frac{23,92 *}{(4,432x10^{-4})^{2/3}} - 2 * 78,2 * (1,327x10^{-4})^{2/3} \right) \end{aligned}$$

$$\log_{10} \left(\frac{\Psi_w^2}{1 - \Psi_w} \right) = -2,947$$

Despejando Ψ_w tenemos que:

$$\Psi_w = 0,033$$

Reemplazando en la ecuación

$$\sigma_m^{1/4} = \Psi_w \sigma_w^{1/4} + \Psi_o \sigma_o^{1/4}$$

Y sabiendo que:

$$\Psi_o = 1 - \Psi_w$$

$$\Psi_o = 1 - 0,033$$

$$\Psi_o = 0,967$$

$$\sigma_m^{1/4} = \left((0,033 * 72,8^{\frac{1}{4}}) + (0,967 * 23,92^{\frac{1}{4}}) \right)$$

$$\sigma_m^{1/4} = 2,235$$

$$\sigma = 24,72 \frac{mN}{m} = 0,02472 \frac{N}{m}$$

Cálculo de la velocidad de inundación del vapor

El diámetro de la torre y en consecuencia su área de transferencia debe ser lo suficientemente grande para manejar el flujo de gas y de líquido dentro de la región de la región de operación.

La velocidad superficial del gas V_F está relacionado con las densidades del fluido mediante la ecuación (Treybal, García Rodríguez y Lozano 1988)

Se asume una separación entre platos de 0,15 m

$$V_F = C_F \left(\frac{\rho_L * \rho v}{\rho v} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

V_F = Velocidad de flujo del gas

C_F = constante empírica

Cálculo de la contante empírica C_F

C_F depende tanto de las unidades utilizadas en el sistema como el diseño del plato. Se calcula mediante la ecuación.

$$C_F = \left[\alpha \log \left(\frac{1}{(L G)(\rho_L * \rho v)^{0,5}} \right) + \beta \right] \left(\frac{\sigma}{0,020} \right)^{0,2}$$

Para el cálculo de α y β obtenemos de la siguiente tabla

Dimensiones recomendadas para tres de platos perforados

Tabla 20-3 Constantes de inundación

1. Constantes de inundación C_F [Eqs. (6.29) and (6.30)], $d_o < 6 \text{ mm } (\frac{1}{4} \text{ in})$					
Rango de $\frac{A_o}{A_a}$	Rango de $\frac{L'}{G'} \left(\frac{\rho_G}{\rho_L} \right)^{0,5}$	Unidades de t	Unidades de o	Unidades α, β de V_F	
> 0.1	0.01-0.1, utilizar valores en 0.1	m	N/m	m/s	$\alpha = 0.0744t + 0.01173$ $\beta = 0.0304t + 0.015$
			en	dinas/cm X 10^{-3}	ft/s
< 0.1 Multiplicara α y β por $5A_o/A_a + 0.5$					

Fuente: (Treybal, García Rodríguez y Lozano 1988)

Realizado por: Jairo Erazo 2017

Tenemos que: $\frac{A_o}{A_a} = 0,12$; $\frac{L}{G} \left(\frac{\rho v}{\rho L} \right)^{\frac{1}{2}} = 0,0039$

Por lo asumimos que CF tiene un valor de 0,1

Y para: α y β respectivamente tenemos

$$\alpha = 0,0744 t + 0,01173$$

$$\beta = 0,0304 t + 0,015$$

Y un valor para que es la distancia entre platos asumimos un valor de 0,15 m entonces tenemos:

$$\alpha = 0,0744(0,15) + 0,01173 = 0,02289$$

$$\beta = 0,0304 (0,15) + 0,015 = 0,01956$$

Reemplazando en la ecuación

$$C_F = \left[0,02289 \log\left(\frac{1}{0,1}\right) + 0,01956 \right] \left(\frac{0,02472}{0,020}\right)^{0,2}$$

$$C_F = 0,044$$

$$V_F = 0,044 \left(\frac{807,73 * 1,30}{1,30}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$V_F = 1,25 \text{ m/s}$$

Cálculo de la velocidad real del gas basada en el área neta

Se asume una velocidad de inundación del 85% (Sinnott y Towler 2012)

$$V_n = 1,25 * 0,85$$

$$V_n = 1,06 \text{ m/s}$$

Cálculo del caudal volumétrico máximo (tope)

$$V_{max} = \frac{V * PM}{\rho v * 3600}$$

Donde:

Vmax = caudal volumétrico máximo (m³/s)

V = Caudal del vapor (kmol/h)

PM = peso molecular medio (kg/kmol)

ρ_v = densidad del vapor (kg/ m³)

$$V_{max} = \frac{1,05 * 39,81}{1,30 * 3600}$$

$$V_{max} = 0,00839 \frac{m^3}{s}$$

Cálculo del área neta requerida

$$An = \frac{V_{max}}{V_n}$$

Donde:

An = área neta requerida (m²)

Vmax = caudal volumétrico máximo (m³/s)

Vn = velocidad real del gas basada en el área neta (m²/s)

$$An = \frac{0,00839}{1,06}$$

$$An = 0,0079 m^2$$

En forma tentativa se escoge una longitud del derramadero de $W = 0,7T$ donde T es el diámetro del plato como se puede observar en la tabla. (Treybal, García Rodríguez y Lozano 1988)

Tabla 21-3 Longitud del derramadero; rectangulares rectos platos de flujo transversal

Longitud del derramadero W	Distancia desde centro de la torre	Porcentaje del brea de la torre utilizada por un vertedero %
0.55 T	0.4181 T	3.877
0.60 T	0.3993 T	5.257
0.65 T	0.25167	6.899
0.70 T	0.3562 T	8.808
0.75 T	0.32% T	11.255
0.80 T	0.1991 T	14.145

Fuente: (Treybal, García Rodríguez y Lozano 1988)

Realizado por: Jairo Erazo 2017

Cálculo del área neta requerida

$$AT = \frac{An}{1 - 0,088}$$

Donde:

AT = área total

$$AT = \frac{0,0079}{1 - 0,088}$$

$$AT = 0,0086 \text{ m}^2$$

Cálculo del diámetro de la columna

$$\phi 1 = \left(\frac{4 * AT}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

AT = área total de la columna (m)

$$\phi 1 = \left(\frac{4 * 0,0086}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\phi 1 = 0,10 \text{ m}$$

3.2.3.17 Cálculo del diámetro de columna- Zona de agotamiento

La ecuación para el cálculo de la masa molecular media viene dado por:

$$\bar{M} = \sum XiMi$$

Donde:

\bar{M} = masa molecular media (Kg/ Kgmol)

Xi = Fracción molar de x

Mi = Masa Molecular (Kg/ Kgmol)

$$\bar{M} = (X_{etanol} * PM_{etanol}) + (X_{agua} * PM_{agua})$$

$$\bar{M} = (0,16 * 46,07) + (0,84 * 18,01)$$

$$\bar{M} = 17,70 \frac{Kg}{Kgmol}$$

Cálculo del líquido debajo de la alimentación

$$L' = RD * D + F$$

Donde:

L' = Líquido en la zona de agotamiento (kmol/h)

D = Destilado (kmol/h)

RD = Reflujo (kmol/h)

F = Alimentación (kmol/h)

$$L' = 0,28 * 0,82 + 2,46$$

$$L' = 2,69 \frac{Kgmol}{h}$$

Cálculo de la densidad de vapor

$$\rho v = \frac{\bar{M} * P}{R * T}$$

Donde:

P = presión (atm)

V = volumen de vapor (kg/h)

\bar{M} = Masa molecular media (kg/kgmol)

R = constante de los gases (atm*m³/K*Kgmol)

T = temperatura (K)

ρv = densidad del líquido (kg/ m³)

$$\rho v = \frac{17,70 * 1}{0,082 * 347}$$

$$\rho v = 0,57 \frac{Kg}{m^3}$$

Cálculo de la densidad del líquido

$$\rho_l = \frac{46,069 (0,76) + 18,01(1 - 0,76)}{\frac{46,069 (0,76)}{789} + \frac{18,01(1 - 0,76)}{1000}}$$
$$\rho_l = 919,44 \frac{Kg}{m^3}$$

La tensión superficial del etanol es:

$$\sigma_{etanol} = 0,02392 \frac{N}{m}$$

$$\sigma_{agua} = 0,0728 \frac{N}{m}$$

Calculamos la tensión superficial de la mezcla agua etanol aplicamos el método de Tamakura, Kurata y Odani que es el siguiente:

$$\sigma_m^{1/4} = \Psi_w \sigma_w^{1/4} + \Psi_o \sigma_o^{1/4}$$

Donde el subíndice w se refiere al agua, y el subíndice o se refiere al etanol

El parámetro Ψ_w está dado por la siguiente ecuación.

$$\log_{10} \left(\frac{\Psi_w^q}{1 - \Psi_w} \right) = \log_{10} \left(\frac{(x_w v_w)^q}{x_o v_o} * (x_w v_w + x_o v_o)^{1-q} \right) + \frac{441}{T} (\sigma_o v_o^{2/3} - q \sigma_w v_w^{2/3})$$

- Etanol

$$v_o = 4,432 \times 10^{-4} \frac{m^3}{kmol}$$

- Agua

$$v_w = 1,327 \times 10^{-4} \frac{m^3}{kmol}$$

Reemplazamos en la ecuación

$$\begin{aligned} \log_{10} \left(\frac{\Psi_w^2}{1 - \Psi_w} \right) &= \log_{10} \left(\frac{(0,84 * 1,327x10^{-4})^2}{0,16 * 4,432x10^{-4}} \right) \\ & * ((0,84 * 1,327x10^{-4}) + (0,16 * 4,432x10^{-4}))^{1-2} \Big) \\ & + \frac{441}{361} \left(\frac{23,92 *}{(4,432x10^{-4})^{2/3}} - 2 * 78,2 * (1,327x10^{-4})^{2/3} \right) \end{aligned}$$

$$\log_{10} \left(\frac{\Psi_w^2}{1 - \Psi_w} \right) = -0,877$$

Despejando Ψ_w tenemos que:

$$\Psi_w = 0,305$$

$$\sigma_m^{1/4} = \Psi_w \sigma_w^{1/4} + \Psi_o \sigma_o^{1/4}$$

$$\Psi_o = 1 - \Psi_w$$

$$\Psi_o = 1 - 0,305$$

$$\Psi_o = 0,695$$

$$\sigma_m^{1/4} = \left((0,305 * 72,8^{\frac{1}{4}}) + (0,695 * 23,92^{\frac{1}{4}}) \right)$$

$$\sigma_m^{1/4} = 2,428$$

$$\sigma = 34,76 \frac{mN}{m} = 0,03476 \frac{N}{m}$$

Cálculo de la velocidad de inundación del vapor

$$V_F = C_F \left(\frac{\rho L * \rho v}{\rho v} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

V_F = Velocidad de flujo del gas

C_F = constante empírica

Cálculo de C_F

C_F depende tanto de las unidades utilizadas en el sistema como el diseño del plato. Se calcula mediante la ecuación

$$C_F = \left[\alpha \log \left(\frac{1}{(L G)(\rho L * \rho v)^{0,5}} \right) + \beta \right] \left(\frac{\sigma}{0,020} \right)^{0,2}$$

Tabla 22-3 Constantes de inundación

1. Constantes de inundación C_F [Eqs. (6.29) and (6.30)], $d_o < 6 \text{ mm } (\frac{1}{4} \text{ in})$					
Rango de $\frac{A_o}{A_a}$	Rango de $\frac{L'}{G'} \left(\frac{\rho_G}{\rho_L} \right)^{0,5}$	Unidades de t	Unidades de o	Unidades α, β de V_F	
> 0.1	0.01–0.1, utilizar valores en 0.1	m	N/m	m/s	$\alpha = 0.0744t + 0.01173$ $\beta = 0.0304t + 0.015$
		en	dinas/cm $\times 10^{-3}$	ft/s	$\alpha = 0.0062t + 0.0385$ $\beta = 0.00253t + 0.050$
< 0.1 Multiplicara α y β por $5A_o/A_a + 0.5$					

Fuente: (Treybal, García Rodríguez y Lozano 1988)

Realizado por: Jairo Erazo 2017

Se asume una distancia entre p platos de 0,15 m, interpolamos en el diagrama de

Tenemos que: $\frac{A_o}{A_a} = 0,12$; $\frac{L}{G} \left(\frac{\rho v}{\rho L} \right)^{\frac{1}{2}} = 0,070$

Por lo asumimos que C_F tiene un valor de 0,1

Y para: α y β respectivamente tenemos

$$\alpha = 0,0744 t + 0,01173$$

$$\beta = 0,0304 t + 0,015$$

Y un valor pares la distancia entre platos asumimos un valor de 0,15 m entonces tenemos:

$$\alpha = 0,0744(0,15) + 0,01173 = 0,02289$$

$$\beta = 0,0304 (0,15) + 0,015 = 0,01956$$

Reemplazando en la ecuación

$$C_F = \left[0,02289 \log\left(\frac{1}{0,1}\right) + 0,01956 \right] \left(\frac{0,03476}{0,020} \right)^{0,2}$$

$$C_F = 0,047$$

Reemplazando en la ecuación

$$V_F = 0,047 \left(\frac{919,44 * 0,57}{0,57} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$V_F = 1,43 \text{ m/s}$$

Cálculo de la velocidad real del gas basada en el área neta

Se asume una velocidad de inundación del 85%

$$V_n = 1,25 * 0,85$$

$$V_n = 1,22 \text{ m/s}$$

Cálculo del caudal volumétrico máximo (base)

$$V_{max} = \frac{V * PM}{\rho v * 3600}$$

Donde:

V_{max} = caudal volumétrico máximo (m^3/s)

V = Caudal del vapor (kmol/h)

PM = peso molecular medio (kg/kmol)

ρv = densidad del vapor (kg/ m^3)

$$V_{max} = \frac{1,05 * 17,70}{0,57 * 3600}$$

$$V_{max} = 0,00905 \frac{m^3}{s}$$

Cálculo del área neta requerida

$$An = \frac{V_{max}}{V_n}$$

Donde:

An = área neta requerida (m²)

Vmax = caudal volumétrico máximo (m³/s)

Vn = velocidad real del gas basada en el área neta (m²/s)

$$Ar = \frac{0,00905}{1,22}$$

$$Ar = 0,00741 m^2$$

En forma tentativa se escoge una longitud del derramadero de $W = 0,7T$ donde T es el diámetro del plato como se puede observar en la tabla.

Tabla 24-3 Longitud del derramadero platos de flujo transversal

4. Longitud del derramadero para derramaderos rectangulares rectos, platos de flujo transversal, 0.6T a 0.8T, 0.7T típica			
Longitud del derramadero <i>W</i>	Distancia desde centro de la torre	Porcentaje del brea de la torre utilizada por un vertedero	%
0.55 <i>T</i>	0.4181T	3.877	
0.60T	0.3993 <i>T</i>	5.257	
0.65T	0.25167	6.899	
0.70T	0.3562 <i>T</i>	8.808	
0.75 <i>T</i>	0.32% <i>T</i>	11.255	
0.80T	0.1991 <i>T</i>	14.145	

Fuente: (Treybal, García Rodríguez y Lozano 1988)

Realizado por: Jairo Erazo 2017

Cálculo del área neta total

$$AT = \frac{An}{1 - 0,088}$$

Donde:

AT = área total

$$AT = \frac{0,0074}{1 - 0,088}$$

$$AT = 0,0081 \text{ m}^2$$

Cálculo del diámetro de la columna

$$\phi 2 = \left(\frac{4 * AT}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

AT = área total de la columna (m)

$$\phi 2 = \left(\frac{4 * 0,0081}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\phi 2 = 0,101 \text{ m}$$

El costo hace impráctico variar el diámetro de la torre de un lado a otro. Para ajustar las variaciones de flujo de gas o líquido, se utilizan cantidades máximas de flujo para fijar un diámetro uniforme, cuando las variaciones de flujos son tales que si indican un 20% de diferencia entre del diámetro e la zona de rectificación y la zona de agotamiento, un diámetro resulta antieconómico. (Almenglo Cordero 2007)

$$\phi = \frac{0,10}{0,101} \text{ m}$$

$$\phi = 0,99$$

Al tener una diferencia de diámetro de 0,1 % se adopta un mismo diámetro para la torre de 0,101 m

Cálculo del diámetro de la altura de columna

Para el cálculo de la altura de torre utilizaremos la siguiente formula (Medina Carrillo y Sanchez Salinas 2012)

$$L = (N - 1)d + 1,5(d) + 2(d)$$

Donde

N = número de platos reales

D = diámetro.

$$L = (15 - 1)0,101 + 1,5(0,101) + 2(0,101)$$

$$L = 1,56 \text{ m}$$

3.2.3.18 Cálculo del Diseño provisional del plato

Diámetro de la columna = 0,101m (Dc)

Área de columna = 0,0081 m² (Ac)

Cálculo del área del bajante

$$Ad = AT * 0,088$$

$$Ad = 0,0081 * 0,088$$

$$Ad = 0,00071 \text{ m}^2 \text{ al } 8,88\%$$

Cálculo del área neta

$$An = Ac - Ad$$

$$An = 0,0081 - 0,00071$$

$$An = 0,00739 \text{ m}^2$$

Cálculo del área activa

$$Aa = Ac - 2Ad$$

$$Aa = 0,0081 - 2(0,00071)$$

$$Aa = 0,00668 \text{ m}^2$$

Cálculo del área del orificio

Para el cálculo del área del orificio (Ah) se recomienda tomar el 10% de Aa como inicialización (Sinnott, Coulson y Richardson 1947)

$$Ah = 0,00668 * 0,1$$

$$Ah = 0,000668 \text{ m}^2$$

Cálculo de la longitud del rebosadero

A partir de la gráfica de se obtiene la longitud del rebosadero (Sinnott y Towler 2012)

Relaciona $\frac{A4}{Ac} * 100$; 8,81%

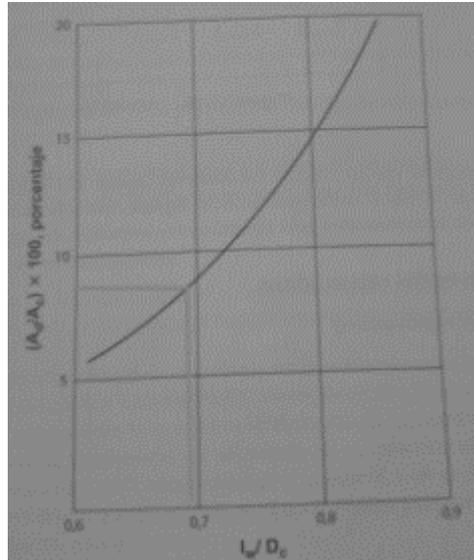


Gráfico 4-3 Interpolación para obtener la longitud del rebosadero

Realizado por: Jairo Erazo 2017

De la interpolación tenemos que $l_w/D_c = 0,69$

$$\frac{l_w}{D_c} = 0,69$$

Despejando la longitud del rebosadero tenemos que:

$$l_w = 0,72 * 0,101$$

$$l_w = 0,069 \text{ m}$$

Para asegurar una buena formación de espuma, se toma una altura del rebosadero de 50 mm

Diámetro del orificio de 5 mm grosor de plato de 5 mm

3.2.3.19 Verificación del punto de lloriqueo

Cálculo del caudal máximo del líquido

$$L_{max} = \frac{L' * \bar{M}}{3600}$$

Donde:

L' = Líquido en la zona de agotamiento (kmol/h)

\bar{M} = Peso molecular (kg/kmol)

$$L_{max} = \frac{2,69 * 17,70}{3600}$$

$$L_{max} = 0,013 \frac{kg}{s}$$

Caudal máximo del líquido 70% de rendimiento de retorno tenemos

$$L_{max} = 0,013 * 0,70 = 0,0091 \frac{kg}{s}$$

Cálculo de la cresta del rebosadero how

Se puede estimar a cresta del líquido sobre el rebosadero usando la fórmula:

$$h_{ow} = \left(\frac{L_{max}}{\rho l * l_w} \right)^{2/3}$$

Donde:

L_{max} = Caudal del líquido (kg/s)

ρl = densidad del líquido (kg/m³)

L_w = altura del rebosadero (m)

$$\text{máximo } h_{ow} = \left(\frac{0,013}{919,44 * 0,069} \right)^{2/3}$$

$$\text{máximo } h_{ow} = 0,0034 \text{ mm líquido}$$

$$\text{mínimo } h_{ow} = \left(\frac{0,0091}{919,44 * 0,069} \right)^{2/3}$$

$$\text{mínimo } h_{ow} = 0,0027 \text{ mm líquido}$$

A caudal mínimo $h_w + h_{ow} = 50 + 0,0027 = 50,003$ mm a partir de la figura

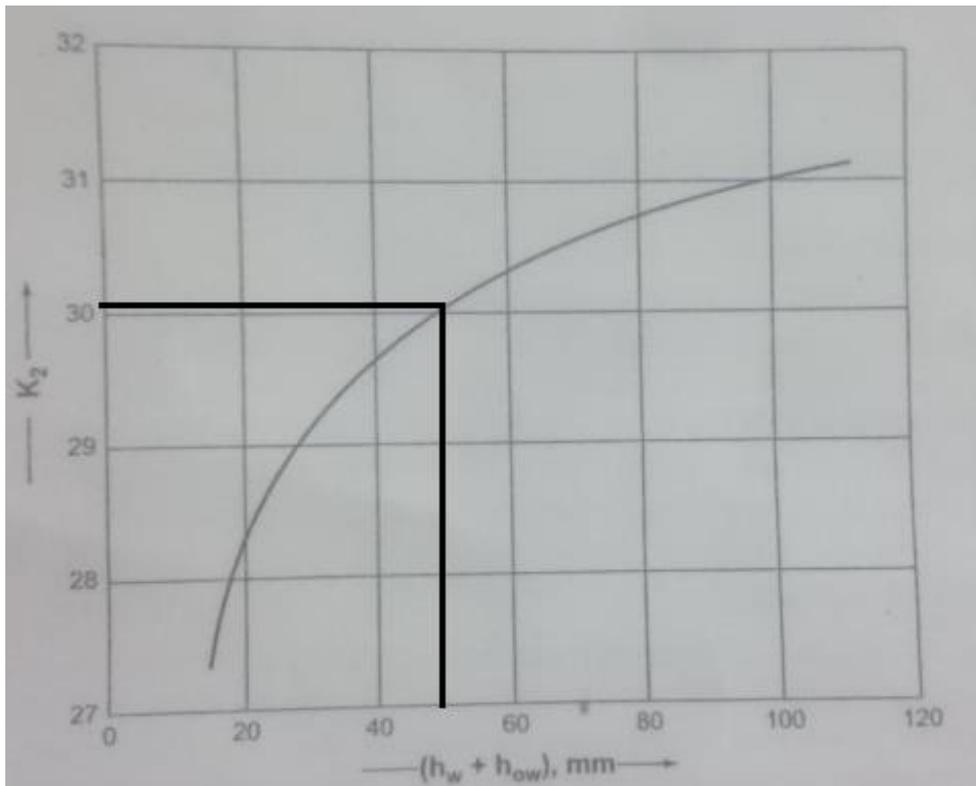


Gráfico 5-3 Interpolación para calcular la cresta del rebosadero

Realizado por: Jairo Erazo 2017

De la interpolación tenemos que $k_2 = 30,1$

Cálculo de la velocidad mínima del vapor para el diseño

$$uh = \frac{(k_2 - 0,90(25,4 - d_o))}{\rho v^{0.5}}$$

Donde:

uh = velocidad mínimo del vapor a través de loa agujeros

d_o = diámetro del agujero

K_2 = constante dependiente de la profundidad del líquido suspendido en el plato.

$$uh = \frac{(30,1 - 0,90(25,4 - 5))}{(0,57)^{0.5}}$$

$$uh = 15,59 \text{ m/s}$$

Cálculo de la velocidad del vapor mínima real

$$velocidad\ de\ vapor\ mínima = \frac{caudal\ volumetrico\ maximo}{Ah}$$

$$velocidad\ de\ vapor\ mínima = \frac{0,70 * 0,00905}{0,000668}$$

$$velocidad\ de\ vapor\ mínima = 9,48\text{m/s}$$

Por ello el caudal de operación mínimo conducirá a un lloriqueo en el fondo de la columna.

Reducir el área del orificio al 6% del área activa = 0,000401 m²

$$velocidad\ de\ vapor\ mínima = \frac{0,70 * 0,00905}{0,00668 * 0,05}$$

$$velocidad\ de\ vapor\ mínima = 15,80\ m/s$$

Ahora está por encima del punto de lloriqueo.

3.2.3.20 Cálculo de la caída de presión.

La caída de presión total del plato viene dada por (Sinnott y Towler 2012; Moñino Jiménez 2008):

$$ht = hd + (how + how) + hr$$

donde :

ht = caída total , en mm de líquido

hd = caída de presión en el plato seco, en mm de líquido

hr = caída de presión en la carga residual , en mm de líquido

hw = cresta del rebosadero máximo, en mm de líquido

how = cresta del rebosadero mínimo, en mm de líquido

Cálculo de la caída de presión en el plato seco.

Se puede estimar la caída de presión en el plato usando la expresión (Sinnott y Towler 2012)

$$hd = 51 \left[\frac{Uh}{Co} \right]^2 \frac{\rho v}{\rho l}$$

Donde:

h_d = caída de presión

U_h = velocidad de vapor máxima a través de los orificios

C_o = coeficiente de orificio

Cálculo de la velocidad de vapor máxima a través de los orificios.

$$u_h \max = \frac{V \max}{A_h}$$

Donde

$U_h \max$ = velocidad de vapor máxima a través de los fluidos (m/s)

$V \max$ = caudal de vapor máximo en la base (m³/s)

A_h = área del orificio (m²)

$$u_h \max = \frac{0,00905}{0,000401}$$

$$u_h \max = 22,56 \text{ m/s}$$

A partir de la gráfica que relaciona Área del orificio/ área activa ($A_h/A_a \cdot 100$) = 0,06 y una relación del grosor del plato sobre el diámetro del orificio = 1

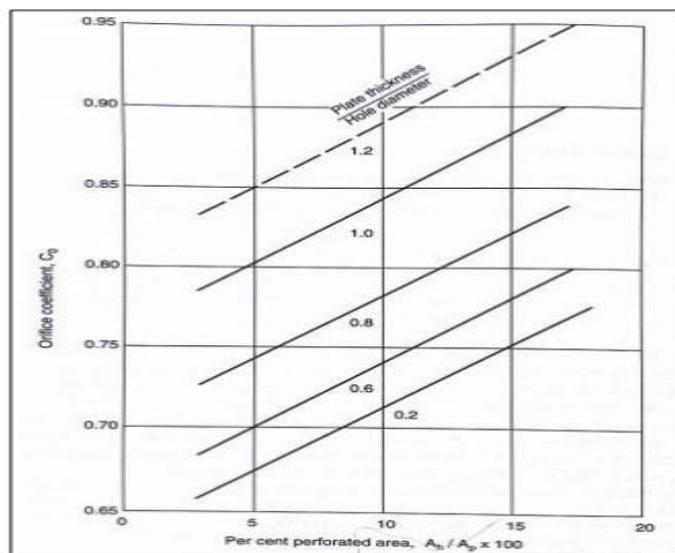


Gráfico 6-3 Interpolación para hallar el grosor del plato

Realizado por: Jairo Erazo 2017

Obtenemos un valor de Co de 0,81.

Reemplazando en la ecuación

$$hd = 51 \left[\frac{22,56}{0,81} \right]^2 \frac{0,53}{919,44}$$

$$hd = 22,80 \text{ mm líquido}$$

Cálculo de la caída de presión en la carga residual.

$$hr = \frac{12,5 \times 10^{-3}}{\rho l}$$

Se toma un valor fijo 12,5 mm de agua

$$hr = \frac{12,5 \times 10^3}{919,44}$$

$$hr = 13,59 \text{ mm de líquido}$$

Reemplazando los valores en la ecuación tenemos

$$ht = 22,80 + (50 + 0,0034) + 13,59$$

$$ht = 86,39 \text{ mm líquido}$$

Cálculo de la pérdida de presión en los bajantes.

El área de los bajantes y el espaciado entre los platos debe ser tal que el nivel de líquido y la espuma en el bajante estén bien por debajo de la parte superior del rebosadero de salida del plato adyacente superior. (Sinnott y Towler 2012)

En términos de líquido suspendido, retroceso ascendente del bajante viene dado por:

$$hb = (how \ min + howmax)ht + hdc$$

Donde:

hb = retroceso ascendente en el bajante, en mm de líquido

ht = caída total , en mm de líquido

hdc = pérdida de carga en el bajante, en mm de líquido

how max = cresta del rebosadero máximo, en mm de líquido

how min = cresta del rebosadero mínimo, en mm de líquido

Cálculo de la pérdida de carga en el bajante

La resistencia principal a fluir se producirá por la constricción a la salida del bajante, y la pérdida de carga en el bajante se puede estimar usando la ecuación dada por (Sinnott, Coulson y Richardson 1947):

$$hd = 166 \left[\frac{Lwd}{\rho l * Am} \right]^2$$

Donde

Lwd = caudal de líquido en el bajante (kg/s)

Am = área menor entre el área del bajante o el área de calma bajo el bajante. (m²)

ρl = densidad del líquido.

El área de calma bajo el bajante viene dado por:

$$Aap = hap * lw$$

Donde:

hap = altura del borde inferior (m)

lw = longitud del rebosadero (m)

La altura del borde inferior del delantal por encima del plato normalmente se establece de 5 a 10 mm por debajo de la altura del rebosadero de salida (Sinnott y Towler 2012)

$$hap = hw - 5$$

Donde

hap = altura del borde inferior (mm)

hw = altura del rebosadero (mm)

$$hap = 50 - 5$$

$$hap = 45 \text{ mm}$$

Reemplazando en la ecuación

$$Aap = 0,045 * 0,069$$

68

$$Aap = 0,0031 \text{ m}^2$$

Comparamos esta área con el área del bajante que es $0,00071 \text{ m}^2$

Como el área del bajante es menor utilizamos esta área en la ecuación.

$$hd = 166 \left[\frac{0,013}{919,42 * 0,00071} \right]^2$$

$$hd = 0,066 \text{ mm es decir } 1 \text{ mm}$$

Reemplazamos valores en la ecuación anterior.

$$hb = 50 + 0,0034 + 86,39 + 1$$

$$hb = 137 \text{ mm}$$

$137 \text{ mm} < 0,15 \text{ m}$ (espaciado entre platos + altura del rebosadero), por ello el espesor entre platos es aceptable.

Cálculo del tiempo de residencia

Se debe permitir un tiempo de residencia suficiente en el bajante para que el vapor arrastrado se separe de la corriente del líquido, se recomienda un tiempo de por lo menos 3 segundos. (Sinnott y Towler 2012)

$$tr = \frac{Ad * hb * \rho l}{lwd}$$

$$tr = \frac{0,0067 * 124 \times 10^{-3} * 912,44}{0,013}$$

$$tr = 6,82 \text{ s}$$

El tiempo de retención es mayor a 3 segundos se considera aceptable.

3.2.3.21 Detalles del diseño del plato

Cálculo del área perforada

Para el cálculo del área perforada se utiliza la siguiente expresión (Sinnott y Towler 2012)

$$Ap = \text{Área activa (Aa)} - \text{Extremos no perforados} - \text{Área de calmado}$$

El área activa ya se ha calculado es de 0,00668 m² para el cálculo de los extremos no perforados hace falta calcular el ángulo subtendido por el borde de la placa.

Cálculo ángulo subtendido por el borde del plato

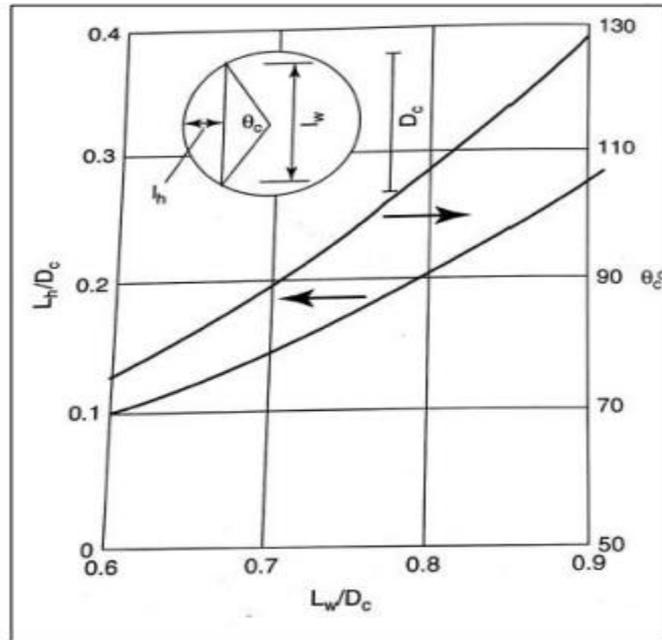


Gráfico 7-3 Ángulo subtendido por el borde del plato

Realizado por: Jairo Erazo 2017

De la relación entre la longitud del rebosadero sobre el diámetro de la columna se obtiene que el ángulo subtendido por los bordes del plato es de 85° y el ángulo subtendido por el borde de placa es de 180 la diferencia entre estos dos es igual 95° (Mireia 2017)

Cálculo de la longitud de las tiras de los bordes del plato.

Para el calcular la longitud de las tiras del borde del plato se calcula mediante la ecuación

$$Ls = (dc - 50 \times 10^{-3}) * \pi * \frac{85}{180}$$

Donde:

Dc = diámetro de la columna

Ls = longitud de las tiras

$$Ls = (0,101 - 50 \times 10^{-3}) * \pi * \frac{91}{180}$$

$$Ls = 0,1351 \text{ m}$$

Cálculo del área de los extremos no perforados

El cálculo de los extremos no perforados se lo realiza haciendo uso de la siguiente ecuación

$$Anp = Ls * 10x10^{-3}$$

$$Anp = 0,00135 m^2$$

Cálculo del área de calmado

Para el cálculo del área de calmado se tiene de la siguiente manera (Mireia 2017)

$$\text{Área de calmado} = 2(wt * \text{anchura de las zonas de calmado})$$

$$\text{Área de calmado} = 2(0,079 * 10x10^{-3})$$

$$\text{Área de calmado} = 0,00158 m^2$$

Reemplazamos los valores en la ecuación

$$Ap = 0,00668 - 0,00135 - 0,00158$$

$$Ap = 0,00375 m^2$$

La distancia entre el centro de los agujeros se puede calcular mediante la ecuación

$$\frac{A_h}{A_p} = 0,9 \left(\frac{d_0}{p'} \right)^2$$

Donde:

A_h = área total de los agujeros (m^2)

A_p = área perforada (m^2)

d_0 = diámetro de oficio (m)

p' = distancias entre los centros del orificio (m)

$$\frac{0,00626}{0,0091} = 0,9 \left(\frac{0,005}{p''} \right)^2$$

$$p'' = 0,0057 m = 6 mm$$

Los orificios se colocarán sobre una distribución en forma de triángulo equilátero con distancias (p') de 6 mm entre los centros del orificio. La relación entre el área del orificio (Almenglo Cordero 2007)

Cálculo del número de orificios

$$\text{número de agujeros} = \frac{Ap}{\text{Area de un orificio}}$$

$$\text{número de agujeros} = \frac{0,00375}{1,964 \times 10^{-5}}$$

$$\text{número de agujeros} = 190$$

3.2.4 Diseño del condensador

Para el cálculo del diseño del condensador se ha escogido uno de doble tubo, de fluido en contracorriente y usando agua como refrigerante.

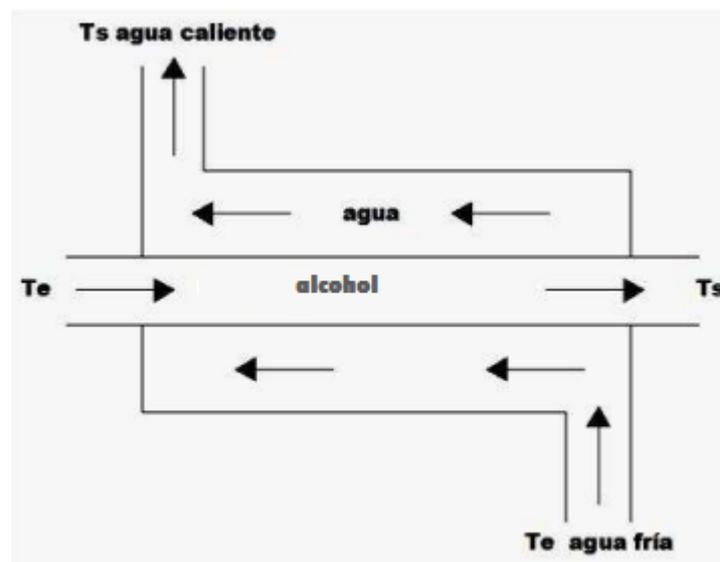


Figura 4-3: Esquema del funcionamiento del condensador
Fuente: (VILLASANA 2010)

Tabla 25-3 Datos de torre de destilación

PARÁMETRO	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD
Flujo de alimentación	F	56,75	Kg/h
Corriente de destilado	D	27,70	Kg/h
Fracción de etanol en D	XD	0,76	-
Fracción de etanol en F	XF	0,36	-
Densidad del vapor	Pv	1,30	Kg/m ³
Densidad del líquido	ρL	807,73	Kg/m ³

Fuente: Jairo Erazo, 2017

Datos del agua de refrigeración

T (entrada) = 14 C

T (salida) = 20 C

Datos del vapor

T (entrada) = 82 C

T (salida) = 20 C

Como la altura donde se desarrollara el proyecto queda a una altura similar a la de nivel del mar se asume una temperatura de saturación del etanol de 78,4 C

3.2.4.1 Cálculo del calor latente de la mezcla

$$QL = V * \lambda m$$

Donde

λ = Calor latente de vaporización hfg (kcal/kg)

V = caudal de vapor (kg/h)

$$QL = 27,70 * 59,74$$

$$QL = 1655 \text{ Kcal/h}$$

3.2.4.2 Cálculo del calor sensible de la mezcla

$$Q_s = m * \bar{C}_p * \Delta T$$

Donde:

ΔT = variación de temperatura (°C)

m = masa de alimentación (kg/h)

C_p = Capacidad calorífica (kg/kg.C)

$$Q_s = 27,70 * (0,68 * 0,76) + (1 * 0,24) * (82 - 20)$$

$$Q_s = 475,4 \frac{Kcal}{h}$$

$$Q_T = Q_L + Q_s$$

$$Q_T = 1655 + 475,5$$

$$Q_T = 2130 \frac{Kcal}{h} = 2477,19 w$$

Entonces el calor que se deberá quitar al vapor para condensarlo será de 2130 kcal/h.

3.2.4.3 Cálculo de la cantidad de agua de refrigeración

$$Q_{pierde}(\text{vapor mezcla agua etanol}) = Q_{gana}(\text{agua de refrigeración})$$

$$Q_{pierde}(\text{vapor mezcla agua etanol}) = 2130 \frac{Kcal}{h}$$

$$Q_{gana}(\text{agua de refrigeración}) = m_{agua} * \bar{C}_p * \Delta T$$

$$m_{agua} = \frac{Q_{gana}(\text{agua de refrigeración})}{C_p * \Delta T}$$

$$m_{agua} = \frac{2130}{1 * (20 - 14)}$$

$$m_{agua} = 355 \frac{Kg}{h} = 356 \frac{L}{h} = 0,098 \frac{L}{s}$$

3.2.4.4 Cálculo del área interna del tubo interior de condensación

Para el condensador se recomienda utilizar un tubo interior de 0,05 m de diámetro, y una longitud de 1 metro.

$$A_i = \frac{\pi \phi_i^2}{4}$$

$$A_i = \frac{\pi * 0,050^2}{4}$$

$$A_i = 0,00196$$

3.2.4.5 Cálculo del área externa del tubo interior de condensación

$$A_e = \frac{\pi \phi_e^2}{4}$$

$$A_e = \frac{\pi * 0,0504^2}{4}$$

$$A_e = 0,0020m$$

Cálculo del área interna del tubo interior de condensación

Para el cálculo de la temperatura de ebullición para el agua de extracción se realiza mediante la constante de Sídney Young.

$$\Delta T_{eb} = K_{sy}(760 - P_x)(273,15 + T_{ebpx})$$

Donde tenemos:

K_{sy} = constante de Sídney Young para líquidos polares es 0,00012

P_x = 650 mmHg

T_{eb} = temperatura de ebullición a 760 mmHg

$$\Delta T_{ebx} = \frac{\Delta T_{eb} - 273,15 K_{sy}(760 - P_x)}{1 + K_{sy}(760 - P_x)}$$

$$\Delta T_{ebx} = \frac{78,6 - 273,15(0,00012(760 - 650))}{1 + K_{sy}(760 - 650)}$$

$$\Delta T_{ebx} = 74 \text{ C}$$

3.2.4.6 Cálculo de MLTD para la condensación

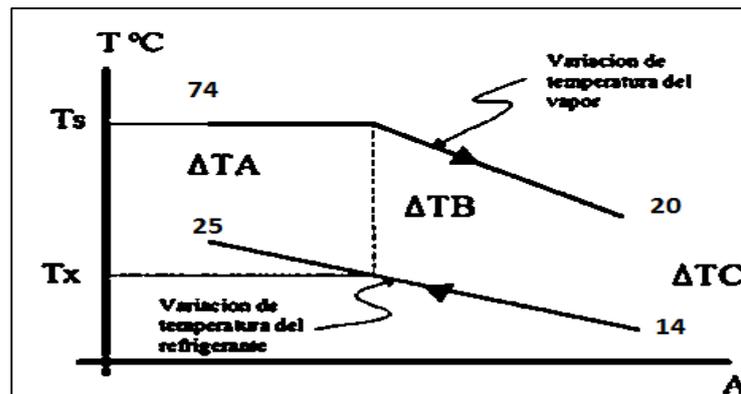


Figura 5-3 Media logarítmica de temperatura (MLTD)

Fuente: (Acan Asitimbay;2017)

De la figura 5-3 se obtienen los siguientes datos.

Datos

$$TA1 = 35$$

$$TA2 = 78,4$$

$$TB1 = 18$$

$$TB2 = 74$$

$$\Delta TA = (TA2 - TA1)$$

$$\Delta TB = (TB2 - TB1)$$

$$MLDT = \frac{\Delta TB - \Delta TA}{\ln \frac{\Delta TB}{\Delta TA}}$$

$$MLDT = \frac{(74 - 18) - (78.4 - 35)}{\ln \frac{(74 - 18)}{(78.4 - 35)}}$$

$$MLDT = 62,20$$

3.2.4.7 Cálculo de MLTD para enfriamiento

Datos

$$TB1 = 18$$

$$TB2 = 74$$

$$TC1 = 14$$

$$TC2 = 20$$

$$\Delta TA = (TA2 - TA1)$$

$$\Delta TB = (TB2 - TB1)$$

$$MLDT = \frac{\Delta TC - \Delta TB}{\ln \frac{\Delta TC}{\Delta TB}}$$

$$MLDT = \frac{(20 - 14) - (74 - 18)}{\ln \frac{(20 - 14)}{(74 - 18)}}$$

$$MLDT = 22,38$$

3.2.4.8 Cálculo del coeficiente convectivo

Calcula el coeficiente de transferencia de calor en la película, depende de la temperatura de los fluidos que ingresan al intercambiador. (Acán Asitimbay y Pilataxi Chuqui 2015)

$$hi = 0,555 \left[\frac{g\rho L(\rho v - \rho L)Kl^3 hfg}{\mu(Tsat - Ts)\phi} \right]^{1/4}$$

Donde:

g = gravedad (m/s^2)

ρL = densidad del líquido (kg/m^3)

ρv = densidad del vapor (kg/m^3)

Kl = constante conductividad térmica (W/mK)

μL = viscosidad dinámica del líquido

hfg = entalpia de vaporización (KJ/KG)

$h'fg$ = entalpia de vaporización corregida (KJ/KG)

ϕ = diámetro de la tubería interna

Cálculo de la temperatura fílmica

$$Tf = \frac{Ts_{at} + Tw}{2}$$

Asumiendo un $t_s = 61$ C

Calculando la temperatura fílmica

$$Tf = \frac{74 + 61}{2}$$

$$Tf = 67,5$$

Propiedades del alcohol al 69 C = 340 (Gualavisi Robalino 2016)

g = gravedad (m/s^2) = 9,81

ρ_L = densidad del líquido (kg/m^3) = 775,80

ρ_v = densidad del vapor (kg/m^3) = 1,30

K_l = constante conductividad térmica (W/mK) = 0,4871

μ_L = viscosidad dinámica del líquido (Pa) = 0,000719

h_{fg} = entalpia de vaporización (KJ/KG) = 250,06

h'_{fg} = entalpia de vaporización corregida (KJ/KG)

ϕ = diámetro de la tubería interna = 0,050

Recalculando la entalpia

$$f'gh = h_{fg} + \frac{3}{8}CpL(Ts_{at} - Tw)$$

$$f'gh = 25060 + \frac{3}{8}3,16(74 - 63)$$

$$f'gh = 25073,11 \frac{J}{kg}$$

Reemplazando

$$hi = 0,555 \left[\frac{9,81 * 775,80(775,80 - 1,30) * (0,4871)^3 * 25073,11}{0,000719(74 - 63) * 0,05} \right]^{\frac{1}{4}}$$

$$hi = 1364,4 \text{ w/m}^2\text{k}$$

Cálculo de la temperatura real de la pared del condensador

$$qT = hi * \phi * L * \pi * \left(Tw - \frac{Te - Ts}{2} \right)$$

$$2477 = 1364,4 * 0,05 * 1 * \pi * \left(Tw - \frac{74 - 25}{2} \right)$$

Despejando Tw tenemos

$$Tw = 61,059 \text{ C}$$

Observamos que Tw es igual a T asumido ($61,059 \approx 61$)

Temperatura promedio del fluido de enfriamiento

$$Tb = \frac{T1 + T2}{2} = \frac{74 + 20}{2} = 47$$

$$Tf = \frac{Tb + Tw}{2}$$

$$Tf = \frac{47 + 61,059}{2}$$

$$Tf = 54,03$$

Con Tf = 54,03 encontramos las propiedades del fluido a temperatura fílmica (Gualavisi Robalino 2016)

$$\rho L = 787,80 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

$$Kl = 0,4422 \text{ (W/mK)}$$

$$\mu L = 0,00089 \text{ (N/m)}$$

$$Pr = 3,18$$

Cálculo del número de Grashof

Es el coeficiente entre las fuerzas de flotación y las fuerzas viscosas que actúan en un fluido (Incropera, DeWitt y Cruz 1999)

$$Gr = \frac{\rho L^2 g \beta}{\mu^2} (T_w - T_b) \phi e^3$$

Donde

β = constante equivalente a $595,4 \times 10^{-6}$ $595,4 \times 10^{-6}$

g = gravedad (m/s^2)

ρL = densidad del líquido (kg/m^3)

μL = viscosidad dinámica del líquido (Pa)

ϕ = diámetro de la tubería interna

T_w = temperatura de la pared del condensador

T_b = temperatura del fluido de enfriamiento

$$Gr = \frac{787,8^2 * 9,81 * 595,4 \times 10^{-6}}{0,00089^2} (61,059 - 47)(0,0508)^3$$

$$Gr = 8237128$$

Cálculo del número de Rayleigh

$$Ra = Gr * Pr$$

Donde

Ra = Número de Rayleigh

Gr = Número de Grashof

Pr = Número de Prant

$$Ra = 26194067$$

Cálculo del número de Nusselt

(Incropera, DeWitt y Cruz 1999)

$$Nu = 0,36 + \frac{0,518 Ra^{1/4}}{\left[1 + \left(\frac{0,559}{Pr}\right)^{9/16}\right]^{4/9}}$$
$$Nu = 0,36 + \frac{0,518 (26194067)^{1/4}}{\left[1 + \left(\frac{0,559}{26194067}\right)^{9/16}\right]^{4/9}}$$
$$Nu = 37,48$$

3.2.4.9 Cálculo del coeficiente de condensación en película externa (w/m²K)

$$he = \frac{Nu * K}{\phi e}$$

Donde

he = coeficiente de condensación en película externa (w/m²K)

Nu = número de Nusselt

K = conductividad térmica del líquido (W/mK)

Φe = diámetro externo (m)

$$he = \frac{37,48 * 0,4422}{0,0504}$$

$$he = 328,84 W/m^2K$$

3.2.4.10 Cálculo del coeficiente convectivo.

Calculo del coeficiente convectivo de transferencia de calor del refrigerante en convección forzada en superficies interiores.

$$Tb = \frac{T1 + T2}{2} = \frac{14 + 35}{2} = 24,5$$

$$Tf = \frac{Tb + Tw}{2}$$

$$Tf = \frac{24,5 + 61,059}{2}$$

$$Tf = 42,78$$

Con $Tf = 42,78$ encontramos las propiedades del fluido a temperatura fílmica

Etanol

$$\rho_L = 798,27(\text{kg/m}^3)$$

$$Kl = 0,508 (\text{W/mK})$$

$$\mu_L = 0,00116(\text{N/m})$$

$$Pr = 1,68$$

Asumimos un diámetro de tubería externa de 4 pulgadas, es decir 0,1016 m por donde va a circular el refrigerante con un espesor de 4 mm

$$A_{ext} = \frac{\pi \phi_{ext}^2}{4}$$

$$A_{ext} = \frac{\pi * 0,1056^2}{4}$$

$$A_{ext} = 0,00875 \text{ m}^2$$

Área de circulación del líquido refrigerante

$$A_{cir} = A_{lr} - A_{evap}$$

$$A_{cir} = 0,00875 - 0,0020$$

$$A_{cir} = 0,00675 \text{ m}^2$$

Cálculo de la velocidad del fluido en el interior del condensador

$$m = A * \rho * V$$

Donde

V = velocidad de flujo (m/s)

m = flujo másico (kg/s)

A = área de la tubería (m²)

ρL = densidad del líquido (kg/m³)

Despejando V

$$V = \frac{m}{A * \rho}$$

$$V = \frac{355}{0,00675 * 798,27}$$

$$V = 39,00 \frac{m}{h} = 0,0108 \frac{m}{s}$$

Pero como hacer recircular el agua utilizaremos una bomba para mejorar el fluido de agua. La velocidad será:

$$V = \frac{2400}{0,00675 * 798,27}$$

$$V = 445,4 \frac{m}{h} = 0,12 \frac{m}{s}$$

Debido a que el refrigerante circula a través de fluidos concéntricos, se utilizara la siguiente expresión (Paredes Punina y Quinatoa Chicaiza 2010)

$$\frac{ho}{Cp G} * \left(\frac{Cp \mu}{K}\right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{\mu s}{\mu}\right)^{0,14} = \frac{0,023}{\left(\frac{Dh * G}{\mu}\right)^{0,2}}$$

Donde

h = Coeficiente convectivo de transferencia de calor (w/m²K)

Cp = Calor específico (J/Kg C)

μ = Viscosidad dinámica (Ns/m²)

G = Flujo másico (Kg/h)

K = Conductividad térmica (w/mK)

Dh = Diámetro hidráulico (m)

Cálculo del diámetro hidráulico

$$Dh = D2 - D1$$

$$Dh = 0,1016 - 0,05$$

$$Dh = 0,0516 \text{ m}$$

Cálculo del flujo másico

$$G = \rho * V$$

$$G = 798,27 * 0,12$$

$$G = 95,79 \text{ kg/m}^2\text{s}$$

Con tw tenemos que $\mu = 7,97 \times 10^{-4} \text{ Ns/m}$, reemplazando en la ecuación tenemos,

$$\frac{ho}{Cp G} * \left(\frac{Cp \mu}{K}\right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{\mu S}{\mu}\right)^{0,14} = \frac{0,023}{\left(\frac{Dh * G}{\mu}\right)^{0,2}}$$

$$\frac{ho}{Cp G} * \left(\frac{Cp \mu}{K}\right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{\mu S}{\mu}\right)^{0,14} = \frac{0,023}{\left(\frac{0,00516 * 95,75}{0,00116}\right)^{0,2}}$$

$$\frac{ho}{Cp G} * \left(\frac{Cp \mu}{K}\right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{\mu S}{\mu}\right)^{0,14} = 0,0068$$

$$ho = \frac{0,0065 * Cp * G}{\left(\frac{Cp \mu}{K}\right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{\mu S}{\mu}\right)^{0,14}}$$

$$ho = \frac{0,0065 * 3167,8 * 95,79}{\left(\frac{3167,8 * 0,00116}{0,508}\right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{0,000797}{0,00116}\right)^{0,14}}$$

$$ho = 555,78 \text{ W/m}^2\text{K}$$

3.2.4.11 Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor por condensación (Kern 1987)

$$Uc = \frac{hc * ho}{hc + ho}$$

Donde

Uc = coeficiente global de transferencia de calor por condensación ($\text{W/m}^2 \text{ C}$)

hc = coeficiente de condensación de película (W/m² C)

ho = coeficiente convectivo de transferencia de calor (W/m² C)

$$Uc = \frac{1364,4 * 555,78}{1364,4 + 555,78}$$

$$Uc = 394,79 \frac{W}{m^2C} = 1421,27 \frac{KJ}{m^2hC} = 339,54 \frac{Kcal}{m^2hC}$$

3.2.4.12 Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor por subenfriamiento

$$Ue = \frac{he * ho}{he + ho}$$

Uc = coeficiente global de transferencia de calor por enfriamiento (W/m² C)

he = coeficiente de transferencia de calor por convección para enfriamiento (W/m² C)

ho = coeficiente convectivo de transferencia de calor (W/m² C)

$$Ue = \frac{he * ho}{he + ho}$$

$$Ue = \frac{328,84 * 555,78}{328,84 + 555,78}$$

$$Ue = 206,60 \frac{W}{m^2C} = 743,76 \frac{KJ}{m^2hC} = 177,68 \frac{Kcal}{m^2hC}$$

3.2.4.13 Cálculo del área de transferencia de calor para condensación

(Paredes Punina y Quinatoa Chicaiza 2010)

$$Ac = \frac{ql}{Uc * MLDT * F}$$

Donde:

Ac = Área de transferencia de calor para condensación (m²)

Uc = Coeficiente global de transferencia de calor por condensación (Kcal/m²°C)

Ql = Calor latente del vapor (Kcal)

MLDT = Media logarítmica de Temperatura para la condensación (°C)

$$Ac = \frac{1655}{339,54 * 61,20 * 1}$$

$$Ac = 0,079 \text{ m}^2$$

3.2.4.14 Cálculo del área de transferencia de calor para condensación

$$Ae = \frac{ql}{Uc * MLDT * F}$$

Donde:

Ae = Área de transferencia de calor para enfriamiento (m²)

Ue = Coeficiente global de transferencia de calor por enfriamiento (Kcal/m²°C)

Ql = Calor sensible del fluido (Kcal)

MLDT = Media logarítmica de Temperatura para la condensación (°C)

$$Ac = \frac{475,4}{177,68 * 22,38 * 1}$$

$$Ac = 0,12 \text{ m}^2$$

3.2.4.15 Cálculo del área de total de transferencia de calor

$$AT = Ac + Ae$$

Dónde:

AT = Área total del condensador (m²)

Ac: = Área para condensación (m²)

Ae = Área para enfriamiento (m²)

$$AT = 0,079 + 0,12$$

$$AT = 0,19 \text{ m}^2$$

3.2.4.16 Cálculo de la longitud del condensador

$$AT = \pi * Dext * L$$

Donde

L = Longitud del condensador (m)

AT = Área total del condensador (m²)

Ø ext: Diámetro externo del condensador (m)

$$L = \frac{AT}{\pi * \varnothing \text{ ext}}$$

$$L = \frac{0,26}{\pi * 0,127}$$

$$L = \frac{0,26}{\pi * 0,1016}$$

$$L = 0,47 * 1,10 = 0,52 \text{ m}$$

3.2.5 Calderin o re hervidor

El rehervidor o calderin es un intercambiador de calor conectado a la base de la columna de destilación, proporciona el calor necesario para devolver el vapor al fondo de la columna permitir así que se lleve a cabo la destilación (VENEGAS VENEGAS 2018)

3.2.5.1 Cálculo del calor del rehervidor

Balance de energía global de la columna,

$$\text{entrada} = \text{salida}$$

$$F * H_F + Q_r = D * H_D + W * H_W + Q_c + Q_{per}$$

Donde:

Q_R = Calor del rehervidor.

Q_C = Calor del condensador (Kcal/ h)

H_C = Entalpía de Alimentación (Kcal/ h)

H_D = Entalpía de destilado (Kcal/ h)

H_W = Entalpía de residuo (Kcal/ h)

Normalmente las pérdidas de calor son despreciables, excepto para equipos de rectificación que no dispongan de aislamiento térmico. El balance de energía viene determinado por (Cifre Herrando 2017)

$$Qr = (RD * D + F)\lambda m$$

Donde:

D = Destilado (kmol/h)

RD = Reflujo (kmol/h)

F = Alimentación (kmol/h)

λ = calor de vaporización de la mezcla.

$$Qr = (0,28 * 0,82 + 2,46) * 572,08$$

$$Qr = (2,69 * 17,7) * 572,08$$

$$Qr = 27234 \frac{kcal}{h} = 30,02 \text{ KW}$$

3.2.5.2 Cálculo del área del calderín re hervidor

Para el diámetro del calderín se asume un diámetro de 0,5.

$$A = \pi * r^2$$

$$A = \pi * 0,25^2$$

$$A = 0,19 \text{ m}^2$$

3.2.5.3 Cálculo de la altura del rehervidor

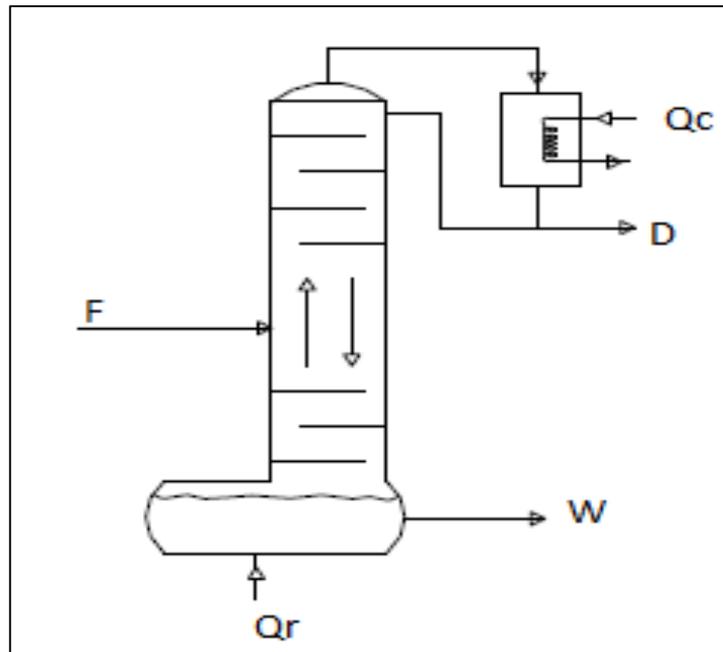
$$h = \frac{V}{A}$$

$$h = \frac{0,051}{0,19}$$

$$h = 0,268 * 1.1 = 0.29 \text{ m}$$

La fuente de calor suministrada al será por medio de un quemador a diésel. Sabiendo que el diésel tiene un calor latente de vaporización de 10900 kcal/kg en un proceso de destilación que dura

aproximadamente 4 horas tenemos que se necesita 108936 kcal para el proceso se necesitan 9,99 galones de diésel para el rehervidor.



Fotografía 6-3 Diagrama del proceso de destilación
Realizado por: Jairo Erazo, 2017

3.2.6 Resultados

3.2.6.1 Resultados de la formulación a nivel de laboratorio

Tabla 26-3 Resultados de la formulación a nivel de laboratorio

Ítem	Producto	Unidades	Cantidades	Porcentaje
1	Vinillo	ml	400	90,13
2	Anís estrellado	g	10	1,90
3	Hoja de mandarina	g	5	0,95
4	Oritos	g	20	3,80
5	Hierba luisa	g	7	1,33
6	Manzana	g	10	1,90

Realizado por: Jairo Erazo, 2017

3.2.6.2 Resultados de la formulación a nivel industrial

Tabla 8-3 Resultados a nivel de industria

Ítem	Producto	Unidades	Cantidades	Porcentaje
1	Vinillo	litros	250	90,13
2	Anís estrellado	kg	1	1,90
3	Hoja de mandarina	kg	0,5	0,95
4	Oritos	kg	20	3,80
5	Hierba luisa	kg	7	1,33
6	Manzana	kg	10	1,90

Realizado por: Jairo Erazo, 2017

3.2.6.3 Resultados de la caracterización del vinillo

Tabla 28-3 Caracterización de vinillo

RESULTADO DE LOS COGÉNERES en mg/100ml DE ALCOHOL ABSOLUTO		
Cogénere	Resultado	Método de análisis
Grado alcohólico (*GL):	35,8	NTE INEN 340
Metanol	1,48	NTE INEN 2014
Isopropanol*	8,16	
Propanol*	97,22	
Isobutanol*	7,84	
Isoamilico*	25,44	
Amilico *	5,16	
Furfural	1,28	

* comprende los alcoholes superiores

Realizado por: Jairo Erazo, 2017

3.2.6.4 Resultados de la caracterización del licor anisado

Tabla 29-3 Caracterización de anisado

PARÁMETRO:	RESULTADO	MÉTODO
Grado alcohólico (°GL):	35.95	NTE INEN 340
Alcoholes superiores (mg/100 ml alcohol anhidro)	140.2	NTE INEN 2014
Furfural (mg/100 ml alcohol anhidro)	1.34	NTE INEN 2014
Metanol (mg/100 ml alcohol anhidro)	< 2.00	NTE INEN 2014

Realizado por: Jairo Erazo, 2017

3.2.6.5 Resultados del dimensionamiento del sistema de alimentación

Tabla 309-3 Dimensionamiento de la alimentación

TANQUE EVAPORADOR		
Descripción	Unidad	Valor
Volumen	m ³	0,4
Altura	M	0,51
Diámetro	M	1,22
Área total	m ²	4,30
ACERO INOXIDABLE AISI 304		

Realizado por: Jairo Erazo, 2017

3.2.6.6 Resultados del dimensionamiento del torre de destilación

Tabla 31-3 Dimensionamiento torre de destilación

Torre de destilación		
Descripción	Unidad	Unidad
Flujo de alimentación	kgmol/h	2,46
Flujo de destilado	kgmol/h	0,81
Flujo de residuo	kgmol/h	1,64

Diámetro de la columna	m	0,10
Longitud de la columna	m	1,56
Distancia entre platos	m	0,10
Numero de platos		13
Palto de alimentación		3
Temperatura promedio de la columna	C	74
Zona de rectificación		
Área	m ²	0,0081
velocidad del gas	m/s	1,25
Caudal de volumétrico máximo	m ³ /s	0,0081
Zona de agotamiento		
Área	m ²	0,007
velocidad real del gas	m/s	1,43
Caudal de volumétrico máximo	m ³ /s	0,0081
Especificaciones para el plato		
Diámetro del plato	M	0,10
diámetro del agujero	mm	5
distancia entre agujeros	mm	6
Rendimiento del retorno	%	85
Espesor del plato	mm	5
Longitud del rebosadero	m	0,069
numero de agujeros		190
perdida de presión en los platos	mm líquido	86,39
tiempo de residencia en el plato	s	6,82
ACERO INOXIDABLE AISI 304		

Realizado por: Jairo Erazo, 2017

3.2.6.7 Resultados del dimensionamiento del sistema de condensación

Tabla 32-3 Dimensionamiento de sistema de condensación

Condensador		
Descripción	Unidad	Valor
Área interna del tubo interior	m ²	0,0019
Área externa del tubo interior	m ²	0,002
velocidad del flujo de agua	m/2	0,12
longitud	m	0,52
área para la condensación	m ²	0,12
área para el enfriamiento	m ²	0,14
ACERO INOXIDABLE AISI 304		

Realizado por: Jairo Erazo, 2017

3.2.6.8 Resultados del dimensionamiento del rehervidor

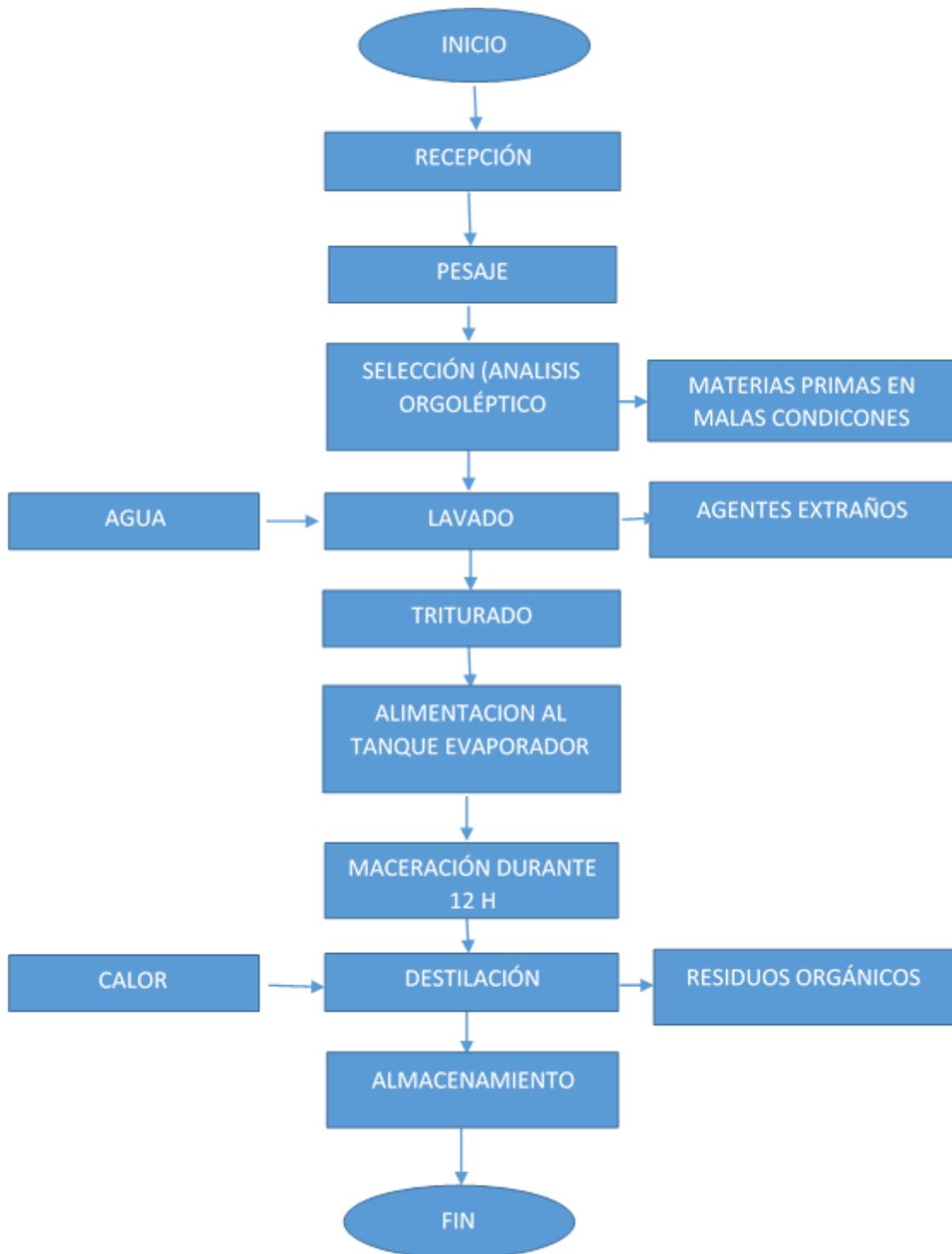
Tabla 33-3 Dimensionamiento del re hervidor

rehervidor		
Descripción	Unidad	Valor
Área	m ²	0,19
Díámetro	m	0,25
caudal	L	51
altura	m	0,29
ACERO INOXIDABLE AISI 304		

Realizado por: Jairo Erazo, 2017

3.3 Proceso de producción

Diagrama de flujo del proceso



3.4 Requerimientos de tecnología y equipos

Requerimiento de tecnología equipo y maquinaria

Tabla 34-3 Equipos para controlar el proceso a nivel de planta y laboratorio

1	Pizeta	El agua destilada es utilizada a nivel de laboratorio para ello se utiliza estos materiales.
1	Picnómetro	Este material permite determinar la densidad del producto, usado en laboratorio.
2	Cronometro	Permite tener el control de tiempos exactos en cada etapa, especialmente en etapas térmicas.
2	Probeta	Material utilizado para medición de volúmenes de producción
1	Termómetro de alcohol 360 °C	Este material es utilizado en el área de alimentos ya que no es toxico, muy necesario en el control de temperatura en destilación.
1	Viscosímetro	Este equipo permite tener un control de la viscosidad del producto en toda la línea de producción.
1	Refractómetro	Este equipo permite tener un control de solidos solubles en forma de grados brix en la línea de producción.
1	pH-metro	Este equipo permite controlar el pH de la pulpa en la línea de producción.
1	Balanza	Este equipo permite pesar la cantidad exacta que ingresa al proceso.
1	Reverbero	Este equipo permite tener una fuente de calor para diversas actividades cuando sea necesario

Realizado por: Jairo Erazo, 2017

3.5 Análisis costo beneficio del proyecto

Para el análisis económico del proyecto determinaremos la inversión inicial, los costos totales y los ingresos que recibirá la planta de producción en un año, luego mediante las herramientas económicas determinar si es viable que el proyecto se realice utilizando el VAN y el TIR.

3.5.1 Determinación de la inversión fija

Tabla 35-3 Inversión fija requeridos para el proyecto

INVERSIÓN FIJA			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR UNIDAD	TOTAL \$
1	terreno	10000	5000
1	obra civil	15000	14800
subtotal			19800
EQUIPOS PRINCIPALES DE PROCESO			
1	tanque de alimentación	4000	4000
1	torre de destilación	15000	14650
1	condensador	8000	5000
1	rehervidor	2000	2000
subtotal			25650
EQUIPOS SECUNDARIOS DEL PROCESO			
1	bomba	750	750
2	quemadores industriales	1750	3500
subtotal			4250
total			49700

Realizado por: Jairo Erazo, 2017

3.5.2 Determinación de los egresos

Tabla 36-3 Egresos requeridos para el proyecto

EGRESOS			
RECURSOS HUMANOS			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR UNIDAD	TOTAL \$
1	jefe de planta	700	8400
4	Operarios	386	4632
1	Analista de control de calidad	600	7200
1	técnico de mantenimiento	500	6000
subtotal			26232
OTROS GASTOS			
DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO	VALOR ANUAL \$	
servicios básicos	80	960	
diésel combustible	1,98	4579	
análisis de laboratorio	354	708	
subtotal			5539

Realizado por: Jairo Erazo, 2017

3.5.3 *Determinación de los costos totales***Tabla 37-3** Costos totales requeridos para el proyecto

Costo Total	
DESCRIPCIÓN	VALOR \$
inversión fija	49700
recursos humanos	26232
otros gastos	5539
subtotal	81471
imprevistos 10%	8147,1
total \$	89618,1

Realizado por: Jairo Erazo, 2017

COSTOS DE PRODUCCION POR LOTE			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR UNIDAD	TOTAL \$
250	Vinillo (L)	0,75	187,5
2	Anís estrellado (kg)	5	10
0,5	Hoja de mandarina (kg)	0,25	0,125
20	Oritos (kg)	0,5	10
7	Hierba luisa (kg)	0,5	3,5
10	Manzana(kg)	1,5	15
total			226,125
OTROS GASTOS			
6,36	combustible (gal)	1,98	12,5928
102,34	botella de vidrio	0,85	86,989
102,34	etiqueta	0,25	25,585
102,34	tapas	0,13	13,3042
subtotal			138,471
total			364,60

Realizado por: Jairo Erazo, 2017

La cantidad de etanol obtenida es de 76 °GL es de 40,4 litros en una hora, como esta cantidad hay que diluir al 40 °GL obtenemos un volumen final de 76,70 litros presentadas en botellas de vidrio de 750 ml se obtiene un total de 102 botellas de alcohol a un precio de 4,07 \$ según el margen generando una entrada de 418,23 \$ por cada hora de producción se calcula la producción estimada al año

Tabla 38-3 Ingresos requeridos para el proyecto

INGRESOS		
ASPECTO	VALOR UNITARIO	VALOR ANUAL \$
botella de licor anisado al 40w/w	4,07	99633

Realizado por: Jairo Erazo, 2017

3.5.4 *Calculo del VAN*

Tabla 39-3 Cálculo del VAN

NUMERO DE PERIODO INICIAL	INGRESO \$	EGRESO \$	INVERSIÓN INICIAL \$
0	-	49700	-49700
NUMERO DE PERIODO AÑO	INGRESO	EGRESO	FLUJO DE CAJA
1	273.992,40	89618,1	184.734,30
tasa de descuento (K)			8 %
$VAN = -A + \frac{Q_1}{(1 + K)^N} \dots$			VAN = \$ 121.016,94
VAN > 0 SE ACEPTA EL PROYECTO.			

Realizado por: Jairo Erazo, 2017

3.5.5 *Calculo del TIR*

Tabla 4010-3 Cálculo del TIR

NUMERO DE PERIODO	INGRESO\$	EGRESO \$	FLUJO DE CAJA \$
0	-	49700	-49700
NUMERO DE PERIODO AÑO	INGRESO	EGRESO	FLUJO DE CAJA
1	273.992,40	89618,1	184.734,30
tasa de descuento (K)			8%
$TIR = -A + \frac{Q_1}{(1 + K)^N} \dots$			TIR = 270.98 %
TIR > k SE ACEPTA EL PROYECTO.			

Realizado por: Jairo Erazo, 2017

3.5.6 Situación socioeconómica de los productores de la parroquia Balsapamba.

Costos de producción.

Los costos de producción de caña de azúcar en la provincia de Bolívar se lograron determinar por versión del personal del programa del buen vivir rural conjuntamente con la unidad de enlace territorial Bolívar-Tungurahua y de acuerdo a experiencias en territorio, lo siguiente:

Costo de producción por hectárea para dos años.

- Valor del jornal de trabajo diario 15,00 dólares.
- Costo por cada planta sembrada 80 centavos, en una hectárea se siembran 3.000 plantas con un costo de 2.400,00 dólares.

Labores de Siembra.

- Preparación de terreno 315,00 dólares.
- Semilla 2.400,00 dólares.
- Deshierbas (3 deshierbas por año por 2 años) 1.575,00 dólares.
- Cosecha: 1.300,00 dólares.

Total por hectárea 5.590,00 dólares.

La productividad por hectárea de caña de azúcar cultivada varía entre 40 a 50 o 60 toneladas de caña por hectárea.

Por cada tonelada de caña de azúcar se producen 100 litros de aguardiente de 62 grados.

El costo de producción por tonelada dependiendo de la productividad por hectárea es:

Primera cosecha:

- Con 40 Tonelada/Hectárea 139,75
- Con 50 Tonelada /Hectárea 111,80
- Con 60 Tonelada /Hectárea 93,17 48

Es decir el costo de producción de cada litro de aguardiente sería de:

Primera cosecha:

- Con 40 Tonelada /Hectárea 1,40
- Con 50 Tonelada /Hectárea 1,12
- Con 60 Tonelada /Hectárea 0,93

A partir de la segunda cosecha:

- Con 40 Tonelada /Hectárea 0,80
- Con 50 Tonelada /Hectárea 0,64
- Con 60 T Tonelada /Hectárea 0,53

La sostenibilidad de la producción de caña de azúcar, en general para el sub trópico Bolivareño, está fundamentado en que el costo de la mano de obra generalmente es asumido por el trabajo familiar, el cambia mano o la minga.

Esto evita el egreso monetario y son estas acciones las que permiten ahorrar este costo y obtener una mínima rentabilidad a partir de del primer corte como lo señala el ingeniero Armando Romero Palacios del programa del buen vivir rural en conjunto con la unidad de enlace territorial Bolívar-Tungurahua departamento en el que labora.

Situación socioeconómica de los productores

En una encuestas realizadas (Calderón A, 2017) a los cañicultores de zona, dio como resultado que el 83,33% manifestó hacerlo con el intermediario quien reconoce precios menores a los que se consiguen cuando se vende de manera directa, tal es el caso que mientras un intermediario informal paga entre 0,70 y 0,75 centavos por el litro de etanol y quienes entregan el producto a los ingenios azucareros quienes pagan entre 0,90 centavos y 1,00 dólar por cada litro de etanol.

Debido a la escasa organización asociativa de la gente no se puede contar con un grupo fuerte de comercialización para acceder al mercado y ofertar el producto en mejores condiciones y a precios mayores. Esta situación a veces obligada a vender la producción a bajos precios.

El 6,67% lo hace en el mercado directo al igual que con productores locales básicamente en el cantón San Miguel, en el mejor de los casos acceden a la ciudad de Guaranda donde igualmente entregan la producción obtenida a comercializadores locales a precios que oscilan entre 1,20 y 1,30 dólares por litro de etanol.

El 3,33% de productores consultados señalaron a las entidades comunitarias como los lugares en los que vende la producción en referencia a organizaciones esporádicas que de vez en cuando llegan por estos sectores de la provincia y compran la producción del campesino.

Los precios recibidos por los productores por la caña de azúcar que no son los adecuados pero debe seguir en la actividad obligado por las circunstancias y sobre todo por la falta de acción comunitaria y entendimiento entre los mismos productores. Estos mismos que no logran acuerdos y consensos que mejore la situación económica con la obtención de mejores precios por los productos.

Una de las razones es que muchos de ellos se sienten conformes con el nivel de producción que le permite cubrir las necesidades básicas de manera incompleta, pero en todo caso, han caído en el conformismo de no realizar mayores esfuerzos a fin de mejorar la producción.

Los productores de la zona manifiestan que los ingresos que obtiene con este cultivo no permiten cubrir las necesidades en totalidad, ya que, inclusive, no alcanza ni para la adquisición de la canasta básica del 2018 cerró en 720,53 dólares. INEC (2018).

Durante los años anteriores tampoco les permitió cubrir dicha canasta básica con ingresos provenientes de esta actividad. La falta de ingresos en la mayoría de los casos se los suple con otras actividades tales como:

- Crianza de aves que proporciona carne, huevos y algún ingreso adicional por la comercialización de estos.
- Crianza de cerdos que proporciona carne y manteca.
- Tenencia de ganado vacuno que actividad, si les permite cubrir las necesidades básicas, fundamentalmente por la cantidad de productos que generan en el año. proporciona leche, queso, mantequilla, yogurt artesanal.
- Siembra de productos como yuca, plátano, naranja, limón, papa china, hierbas aromáticas, etc. los ingresos, fruto de esta de esta actividad, si les permite cubrir las necesidades básicas, fundamentalmente por la cantidad de productos que generan en el año.

Los valores del beneficio para los productores se ven reflejado en la siguiente tabla:

Tabla 41-3 Beneficio socio económicos para los productores.

Consumo Diario	Cantidad de Vinillo (L)	Precio por Litro (\$)	Costo Total (\$)
	250	0,5	125
Consumo Mensual	Cantidad de Vinillo (L)	Precio por Litro (\$)	Costo Total (\$)
	5000	0,5	2500
Consumo Anual	Cantidad de Vinillo (L)	Precio por Litro (\$)	Costo Total (\$)
	55000	0,5	27500

Realizado por: Jairo Erazo, 2017

TIEMPO ACTIVIDADES	MES																											
	1°				2°				3°				4°				5°				6°							
	SEMANAS																											
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Revisión bibliográfica	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Recopilación de información	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
Caracterización organoléptica, fisicoquímica y contaminante					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
Realización de las pruebas de factibilidad					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
Dimensionamiento del sistema de destilación para la obtención de licor anisado													■	■	■	■	■	■	■	■								
Factibilidad técnica y económica del diseño																	■	■	■	■	■	■	■	■				
Validación del diseño (caracterización final física y química)																	■	■	■	■	■	■	■	■				
Elaboración y corrección de borradores																	■	■	■	■	■	■	■	■				
Redacción del trabajo final					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Empastado y presentación del trabajo final																					■	■	■	■				
Auditoría Académica																									■	■	■	■
Defensa del trabajo																												■

DISCUSIÓN

Realizada la caracterización inicial del licor vinillo que al ser un producto de la primera destilación del jugo de caña fermentado no tiene norma INEN razón por la cual se adapta la norma INEN 1837:2015 la cual es para aguardiente rectificado. Se realizó una adaptación de un termómetro para controlar la temperatura así poder reducir el la cantidad alcoholes superiores, luego de esto realizamos un análisis el cual arrojo los siguientes resultados: alcoholes superiores 143,82 en mg/100 ml de alcohol anhidro, metanol 1,48 mg/100 ml de alcohol anhidro, Furfural 1,28 mg/100 ml de alcohol anhidro y un grado alcohólico 35,8 °GL el cual cumple con lo establecido en la normativa vigente, se propone que en el proceso más adecuado para la elaboración del pájaro azul se debe realizar con los siguientes ingredientes: vinillo, anís estrellado, hoja de mandarina, oritos, hierba luisa, manzana los cuales se obtiene un producto aceptable el cual se realiza las pruebas a nivel a nivel industrial que luego de haber realizado los análisis pertinentes, el pájaro azul no tiene normativa INEN específica pero se adopta la norma INEN 0370:2015 que es lo más parecida y se analiza bajo estos parámetros que nos da los siguientes resultados: alcoholes superiores 140,2 en mg/100 ml de alcohol anhidro, metanol < 2 mg/100 ml de alcohol anhidro, Furfural 1,38 mg/100 ml de alcohol anhidro y un grado alcohólico 35,95 °GL. Estos resultados son comparados con la tesis “CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO ARTESANAL DE LA BEBIDA ALCOHÓLICA TRADICIONAL DENOMINADA PÁJARO AZUL EN EL CANTÓN ECHEANDÍA - PROVINCIA BOLÍVAR” (Fátima Cecilia y Rea Irma 2017) la cual arroja los análisis químicos similares a los obtenidos en este trabajo de titulación con excepción de los alcoholes superiores que hay una diferencia de 115, puntos diferencia que se debe principalmente al lugar de procedencia de la caña ya que el cantón Echandia que posee unas condiciones climatológicas diferentes a las de Balsapamba, estos ensayos se realizaron en la planta de destiladora que cuenta con un sistema de destilación con rectificación, con el diseño propuesto se espera bajar el contenido de alcoholes superiores y presentar un producto de calidad agradable al consumidor.

CONCLUSIONES

Se realizó el diseño de un sistema de destilación para la empresa destilería bolívar, ubicada en la provincia bolívar, donde se realizaron los muestreos según la normativa vigente, para posterior simular el proceso a escala de laboratorio para obtener el licor anisado, obteniendo las variables para realizar el diseño de cada uno de los elementos que componen el sistema de destilación, la validación del sistema se realizó a través de la validación de acuerdo a la norma INEN 0370:2015 para licor anisado específicamente.

Se caracterizó física y química el vinillo recolectado como materia prima en base a la Norma NTE INEN 1837:2015 Segunda revisión. Bebidas alcohólicas. Licores. Obteniendo los siguientes resultados: alcoholes superiores 143,82 en mg/100 ml de alcohol anhidro, metanol 1,48 mg/100 ml de alcohol anhidro, Furfural 1,28 mg/100 ml de alcohol anhidro y un grado alcohólico 35,8 °GL el cual cumple con lo establecido en la normativa vigente.

Se identificó las variables del proceso más importantes que involucran el procesamiento del vinillo en las pruebas piloto realizadas a nivel de laboratorio y las pruebas de campo, as variables determinadas son: temperatura, composición, presión, volumen y flujos.

Se realizó el dimensionamiento del sistema de destilación para la producción una producción de 0,81 kmol/h, el cual cuenta con un sistema de alimentación capacidad de 400 litros cuyas dimensiones son altura de 0,51 m y un diámetro de 1,22 m con un consumo energético de 29434,5 Kcal/h, este alimenta vapor a una torre de 13 platos cuyo plato de alimentación es el plato número 3 con un diámetro de 0,10 m, con una altura de 1,58 m para un volumen de 2,46 kmol/h, el cual lleva un volumen de vapor de 0,81kmol/h a un condensador de tubo y coraza que necesita sacar 2130 Kcal/h con un flujo de 356 L/h de agua como refrigerante el cual nos da un anisado a una temperatura de 20 grados las características de este son; una longitud de 0,52 m con una área para la condensación de 0,079 m² y un área para el enfriamiento de 0,14 m², como fondo de la columna se tiene un flujo de 2,69 kmol/h para el cual se diseñó un tanque rehervidor parcial que entrega vapor al proceso nuevamente para el proceso de destilación el cual necesita un flujo calórico de 29134 Kcal/h, cuyas dimensiones un diámetro de 0,25 m una altura de 0,29 m que cubren una área de 0,019m² y un volumen de 54 litros.

Se verifico que el producto mediante la caracterización química según la norma INEN 0370:2015 Bebidas Alcohólicas. Anisado en la cual los valores generados en el laboratorio estuvieron dentro de los límites establecidos por esta normativa los valores fueron el siguientes: grado alcohólico

35,95 °GL, los alcoholes superiores están en valores de 140,2 el Furfural con 1,34 y metanol < 2 todos estos parámetros en unidades de mg/100 ml de alcohol anhidro.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda un estricto control de temperatura ya la mayoría de contaminantes proceden de una subida drástica de temperatura.
- Se recomienda usar levaduras que sean propiamente para alcohólicas así no generar otros componentes en el proceso de fermentado, además la fermentación se debe llevar a cabo de manera anaerobia.
- Se recomienda realizar un proceso de filtrado a la carga de alimentación antes de la destilación para evitar la decantación de levaduras en el calderín y la formación de cepas de las mismas.
- Se recomienda incursionar en una composición etanólica límpida que contenga anetol o un compuesto del mismo tipo, constituida por lo menos por un medio hidroetanólico que contiene de 10 a 30% de etanol v/v y 1 a 3 g/l de anetol.

BIBLIOGRAFÍA

- Acán Asitimbay, Y Pilataxi Chuqui,.,** 2015. Diseño y Construcción de un equipo extractor de Aceites Esenciales por arrastre de vapor para Berro, Espinaca, Zanahoria. *Facultad de Ciencias* [en línea], vol. Bachelor, pp. 156. Disponible en: [http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/3874/1/96T00279 UDCTFC.pdf](http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/3874/1/96T00279%20UDCTFC.pdf).
- Almenglo Cordero, F,** 2007. *Diseño de una unidad de separación de la corriente dimetil éter, metanol y agua proveniente de una planta productora de dme mediante la deshidratación catalítica de metanol* [en línea]. S.l.: Universidad De dádiz. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/188354109/33267601>.
- Araujo Ulloa, F.A.,** 2017. *Mejoramiento del proceso de destilacio para la obtencion de agavecea andina en una torre de destilacion* [en línea]. S.l.: uce. [Consulta: 19 junio 2018]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/10460/1/T-UCE-0017-0014-2017.pdf>.
- Bernal Barn, D.G.** 1983. *Anlisis y diseo de platos y columnas de platos*. Primera edicion. Bogota: s.n. ISBN 9789587199239.
- Beyer, H. y Walter, W.,** 1987. *Manual de química orgánica*. S.l.: Reverté. ISBN 9788429170665.
- Brun, B. Y Dupont, P.,** 1994. Nuevas composiciones etanólicas que comprenden anetol. [en línea]. ES2057165. [Consulta: 2 julio 2018]. ES2057165. Disponible en: http://www.oepm.es/pdf/ES/0000/000/02/05/71/ES-2057165_T3.pdf.
- Cifre Herrando, M.,** 2017. Diseño de una instalación de destilación de coclohexanona a partir de mezcla ciclohesanol-diclohexanona. [en línea], [Consulta: 24 junio 2018]. Disponible en: <http://repositori.uji.es/xmlui/handle/10234/173941>.
- Coronas Ceresuela, J.,** 2013. *Química básica para ingenieros*. S.l.: Prensas de la Universidad de Zaragoza. ISBN 9788415770688.
- Dobislaw, E.,** 2004. *Formulario de licorería métodos industriales para la fabricación de bebidas alcohólicas*. S.l.: Ed. Reverté. ISBN 9788429179002.
- Energetica A.C. de E.,** 2016. Capacidades calorificas de distintos combustibles y factores de conversio. [en línea], [Consulta: 22 junio 2018]. Disponible en: <http://www.drtoro.cl/ACHEE/documentos/recursos/direccianexo2.pdf>.

- Fátima Cecilia, M.C. y Rea Irma, Y.R.**, 2017. *caracterización del proceso artesanal de la bebida alcohólica tradicional denominada pájaro azul en el Cantón Echeandía - Provincia Bolívar*. Universidad Estatal De Bolívar.
- Fonnegra G., R.** *Plantas medicinales aprobadas en Colombia*. S.l.: Editorial Universidad de Antioquia. ISBN 9789586559997.
- Gennaro, A.R., Remington, J.P.** (Joseph P. Y BELLUCI, S., 2003. *Remington farmacia*. S.l.: Editorial Médica Panamericana. ISBN 9789500618670.
- Gualavisi Robalino, H.O.**, 2016. *Caracterización De Hidrocarbros Y Alcoholes Para Un Ciclo Rankine Organico Mediante Calorimetría Diferencial De Barrido*. S.l.: UCE.
- Incropera, Dewitt, y Cruz**, 1999. *Fundamentos de transferencia de calor*. S.l.: Prentice-Hall. ISBN 9789701701706.
- Kandlikar, S.G**, 1999. *Handbook of phase change : boiling and condensation*. S.l.: Taylor & Francis. ISBN 9781560326342.
- Kern, D.Q.**, 1987. *Procesos de transferencia de calor* [en línea]. S.l.: Compañía editorial continental. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?Id=tuzbsweacaaj>.
- Medina Carrillo, V.V. y Sanchez Salinas, M.A.**, 2012. *diseño y construcción de un equipo de destilación para la purificación del aceite usado procedente de vehículos*. [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 19 junio 2018]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2509/1/96T00190.pdf>.
- Mireia, C.H.**, 2017. *Diseño de una instalación de destilación de ciclohexanona a partir de mezcla ciclohexanol-ciclohexanona* [en línea]. S.l.: UNIVERSIDAD JAUME I. [Consulta: 22 junio 2018]. Disponible en: http://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/173941/TFG_2017_cifreherrandomireia.pdf?Sequence=1&isallowed=y.
- Moñino Jiménez, M.**, 2008. *Diseño de una columna de destilación de DME*. [en línea], [Consulta: 21 junio 2018]. Disponible en: <http://repositorio.upct.es/handle/10317/137>.
- Ones, , Rodríguez, y Zumalacárregui, I.**, 2010. *Evaluación de propiedades físicas de mezclas etanol-agua (II)*. *Revista Facultad de Ingeniería*, no. 52, pp. 62-74. ISSN 01206230.
- Pamplona Roger, J.D.**, 2003. *Salud por los alimentos*. S.l.: Editorial Safeliz. ISBN 9788472081499.

- Paredes Punina, D.O. y Quinatoa Chicaiza, F. Danilo**, 2010. *Desarrollo de un sistema de extracción de aceites esenciales* [en línea]. S.l.: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. [Consulta: 9 julio 2018]. Disponible en:
<http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/1710/1/15T00453.pdf>.
- Perry, R.H., Green, D.W. y Maloney, J.O.**, 1992. *Perry : manual del ingeniero químico* [en línea]. S.l.: mcgraw-Hill. [Consulta: 19 junio 2018]. ISBN 9701000137. Disponible en:
https://books.google.com.ec/books?Id=6w20pwaacaaj&dq=manual+del+ingeniero+quimico+perry&hl=es&sa=X&ved=0ahukewjk2767w9_bahuizlkkhzbzako6aeiljab.
- Sinnott, R.K., Coulson, J.M.**, 1947. *Coulson & Richardson's chemical engineering. Vol. 6, Chemical engineering design*. S.l.: s.n. ISBN 9781483294704.
- Sinnott, R.K. y Towler, G.P.**, 2012. *Diseño en ingeniería química* [en línea]. S.l.: Reverté. [Consulta: 19 junio 2018]. ISBN 9788429171990. Disponible en:
<https://www.casadellibro.com/libro-diseno-en-ingenieria-quimica/9788429171990/2003454>.
- Spencer, C.F. y Danner, R.P.**, 1972. Improved equation for prediction of saturated liquid density. *Journal of Chemical & Engineering Data* [en línea], vol. 17, no. 2, pp. 236-241. [Consulta: 19 junio 2018]. ISSN 0021-9568. DOI 10.1021/je60053a012. Disponible en:
<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/je60053a012>.
- Treybal, R.E., García Rodríguez, A. y Lozano, F.J.**, 1988. *Operaciones de transferencia de masa* [en línea]. S.l.: mcgraw-Hill. [Consulta: 19 junio 2018]. ISBN 9686046348. Disponible en:
https://books.google.com.ec/books?Id=vcljaqaacaaj&dq=TREYBAL&hl=es&sa=X&ved=0ahukewjm1b-Xyt_bahuqrkvkxvbanwq6aeiltab.
- Venegas Venegas, E.A.**, 2018. *Escuela Politécnica Nacional* [en línea]. S.l.: ESCUELA POLITECNICA NACIONAL. Disponible en:
<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8103/4/CD-2254.pdf>.
- Villasana, O.D.**, 2010. Diseño De Un Condensador De Coraza Y Tubos. , pp. 1-110.
- Wauquier, J.P.**, 2000. *El refinado del petróleo : petróleo crudo, productos petrolíferos, esquemas de fabricación*. S.l.: Ediciones Díaz de Santos. ISBN 9788479786236.

ANEXOS

Anexo A. Norma técnica Ecuatoriana para muestreo de licores

CDU: 603.5 CBI: 3131				AL 04.02-201
Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria	BEBIDAS ALCOHOLICAS MUESTREO		INEN 339 Primera revisión 1994-10	
1. OBJETO				
<p>1.1 Esta norma establece el método de muestreo de bebidas-alcohólicas, para determinar la calidad de un lote.</p>				
2. ALCANCE				
<p>2.1 Esta norma se aplica a bebidas alcohólicas fermentadas y/o destiladas, que forman un lote homogéneo y que está destinado al consumo final.</p>				
3. DEFINICIONES				
<p>3.1 Lote. Es una cantidad de producto de características homogéneas, proveniente de una fuente común, que se somete a inspección como un conjunto unitario.</p>				
<p>3.2 Unidad de muestreo. Es una porción de producto o un envase individual extraído al azar de un lote.</p>				
<p>3.3 Muestra. Es una o más unidades de muestreo, representativas de un lote, que permita asegurar la calidad del lote.</p>				
<p>3.4 Muestra de ensayo. Es la parte representativa de la muestra destinada a un análisis o ensayo.</p>				
<p>3.5 Sacamuestras. Recipiente de vidrio u otro material inatacable, de diámetro entre 30 y 50 milímetros, con capacidad de por lo menos 300 cm³, provisto de un elemento de sujeción que permita sumergirlo atado a una cuerda en el recipiente que contiene el producto, (ver figura 1).</p>				
<p>DESCRIPTORES: Bebidas espirituosas, alcoholes, aguardientes, licores, fermentación, destilación, infusión, percolación, maceración, muestreo.</p>				
(Continúa)				

Anexo B. Norma técnica ecuatoriana. Bebidas alcohólicas. Licores requisitos



**NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA**

NTE INEN 1837
Segunda revisión
2016-09

BEBIDAS ALCOHÓLICAS. LICORES. REQUISITOS

ALCOHOLIC BEVERAGES. LIQUORS. REQUIREMENTS

DESCRIPTORES: Bebidas alcohólicas, licores, licores de frutas, requisitos
ICS: 67.180.10

6
Páginas

Anexo C. Norma técnica ecuatoriana. Bebidas alcohólicas. Anisado requisitos



**NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA**

NTE INEN 370
Cuarta revisión
2017-11

BEBIDAS ALCOHÓLICAS. ANISADO. REQUISITOS

ALCOHOLIC BEVERAGES. ANISE (ANISSETTE). REQUIREMENTS

Anexo D. Proforma de equipos industriales



Dirección: Orozco y Pichincha.
Telf. (032) 946578
e-mail: camiprocessos@yahoo.com

PROFORMA 1698

Riobamba 01 de Julio del 2018

Señor: JAIRO ERAZO

Dirección: BALSAPAMBA

Estimado Cliente, atendiendo a vuestra solicitud nos agrada cotizar lo siguiente:

EQUIPO PARA DESTILACIÓN ALCOHÓLICA .

ITEM	DETALLES		
	Descripción	Unidad	Valor
Tanque Evaporador	Volumen	m ³	0,4
	Altura	M	0,51
	Diámetro	M	1,22
	Área total	m ²	4,3
	ACERO INOXIDABLE AISI 304		
	PRECIO	USD\$	3 571.43
IVA 12%	USD\$	3 571.43	
Imp. IVA	USD\$	428.57	
TOTAL	USD\$	4 000.00	

NOTAS TANQUE DE ALIMENTACION	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> PARA INFORMACION	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA REALIZADO POR: JAIRO ERAZO	PROFORMA DE EQUIPOS INDUSTRIALES		
			ESCALA 1:1	FECHA 2018/07/01	LAMINA 1

ITEM	DETALLES		
TORRE DE DESTILACIÓN	Descripción	Unidad	Unidad
	Flujo de alimentación	kgmol/h	2,46
	Flujo de destilado	kgmol/h	0,81
	Flujo de residuo	kgmol/h	1,64
	Diámetro de la columna	m	0,1
	Longitud de la columna	m	1,56
	Distancia entre platos	m	0,1
	Numero de platos		13
	Palto de alimentación		3
	Temperatura promedio de la columna	C	74
	Zona de rectificación		
	Área	m ²	0,0081
	velocidad del gas	m/s	1,25
	Caudal de volumétrico máximo	m ³ /s	0,0081
	Zona de agotamiento		
	Área	m ²	0,007
	velocidad real del gas	m/s	1,43
	Caudal de volumétrico máximo	m ³ /s	0,0081
	Especificaciones para el plato		
	Diámetro del plato	M	0,1
diámetro del agujero	mm	5	
distancia entre agujeros	mm	6	
Rendimiento del retorno	%	85	

NOTAS TORRE DE PLATOS PARA DESTILACION	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> PARA INFORMACION	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA REALIZADO POR: JAIRO ERAZO	PROFORMA DE EQUIPOS INDUSTRIALES		
			ESCALA	FECHA	LAMINA
			1:1	2018/07/01	2

Espeor del plato	mm	5
Longitud del rebosadero	m	0,069
numero de agujeros		190
perdida de presión en los platos	mm liquido	86,39
tiempo de residencia en el plato	s	6,82
ACERO INOXIDABLE AISI 304		
PRECIO	USD\$	13 080.36
IVA 12%	USD\$	13 080.36
Imp. IVA	USD\$	1 569.64
TOTAL	USD\$	14 650.00

NOTAS TORRE DE PLATOS PARA DESTILACION	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> PARA INFORMACION	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA REALIZADO POR: JAIRO ERAZO	PROFORMA DE EQUIPOS INDUSTRIALES				
			ESCALA	FECHA	LAMINA		
			1:1	2018/07/01	3		

ITEM	DETALLES		
CONDENSADOR	Descripción	Unidad	Valor
	Área interna del tubo interior	m ²	0,0019
	Área externa del tubo interior	m ²	0,002
	velocidad del flujo de agua	m/2	0,12
	longitud	m	0,81
	área para la condensación	m ²	0,12
	área para el enfriamiento	m ²	0,14
	ACERO INOXIDABLE AISI 304		
PRECIO	USD\$	4 464.29	
IVA 12%	USD\$	4 464.29	
Imp. IVA	USD\$	535.71	
TOTAL	USD\$	5 000.00	

NOTAS CONDENSADOR	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> PARA INFORMACION	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA REALIZADO POR: JAIRO ERAZO	PROFORMA DE EQUIPOS INDUSTRIALES		
			ESCALA	FECHA	LAMINA
			1:1	2018/07/01	4

ITEM	DETALLES		
REERVADOR	Descripción	Unidad	Valor
	Área	m ²	0,19
	Diámetro	m	0,25
	caudal	L	51
	altura	m	0,29
	ACERO INOXIDABLE AISI 304		
PRECIO		USD\$	1 785.71
IVA 12%		USD\$	1 785.71
Imp. IVA		USD\$	214.29
TOTAL		USD\$	2 000.00

NOTAS REHERVIDOR	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> PARA INFORMACION	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA REALIZADO POR: JAIRO ERAZO	PROFORMA DE EQUIPOS INDUSTRIALES		
			ESCALA	FECHA	LAMINA
			1:1	2018/07/01	5

ITEM	DETALLES	
REERVIDOR	1 Bomba 1 HP, Inox, tanque presurizado	
	2 Quemadores industriales 4 galones / hora	
PRECIO	USD\$	3 794.64
IVA 12%	USD\$	3 794.64
Imp. IVA	USD\$	455.36
TOTAL	USD\$	4 250.00

FORMA DE PAGO CONTADO

TIEMPO DE ENTREGA 90 DIAS A PARTIR DE LA TRANSFERENCIA
 VALIDEZ DE LA OFERTA 30 DIAS
 LUGAR DE LA ENTREGA Riobamba

Esperando SERVIRLE:
 Atentamente.


 TITO F. CALVA BERMELO Ms.C.
 Gerente



NOTAS BOMBA QUEMADORES	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> PARA INFORMACION	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA REALIZADO POR: JAIRO ERAZO	PROFORMA DE EQUIPOS INDUSTRIALES		
			ESCALA 1:1	FECHA 2018/07/01	LAMINA 6

Anexo E. Resultados caracterización del anisado



ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES
INFORME DE RESULTADOS

Orden de trabajo Nº 173393
Hoja 1 de 1

NOMBRE: Jairo Erazo

DIRECCIÓN: Balsapamba

FECHA DE RECEPCIÓN: 22 de agosto de 2017

MUESTRA: Licor Anisado

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: Líquido incoloro

ENVASE: Botella de vidrio S-BOLT CREAM de silicato sodocalcico con tapa rosa de polipropileno libre de PVC ELVAX 9755

CONTENIDO DECLARADO: 750 ml

CONTENIDO ENCONTRADO: 750 ml

FECHA DE ELABORACIÓN: 1 de agosto del 2017

FECHA DE VENCIMIENTO: 1 de agosto de 2019

LOTE: MTG01256

FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO: 23 de agosto – 01 de septiembre de

REFERENCIA: 163398

MUESTREO: Por cliente

CONDICIONES AMBIENTALES: 25°C 45%HR

ANÁLISIS QUÍMICO:

PARÁMETRO:	RESULTADO	MÉTODO
Grado alcohólico (°GL):	35.95	NTE INEN 340
Alcoholes superiores (mg/100 ml alcohol anhidro)	140.2	NTE INEN 2014
Furfural (mg/100 ml alcohol anhidro)	1.34	NTE INEN 2014
Metanol (mg/100 ml alcohol anhidro)	< 2.00	NTE INEN 2014


 Dra. Cecilia Luzzi
 GERENTE GENERAL

 ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES

El presente informe es válido solo para la muestra realizada.
Este informe no puede reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB

INFORME TÉCNICO, FICHA DE ESTABILIDAD, INFORMACIÓN NUTRICIONAL PARA NOTIFICACIÓN SANITARIA
 Análisis físico, químico, microbiológico, entomológico de: alimentos, aguas, bebidas, materias primas, balanceadores, cosméticos, pesticidas, suelos, metales pesados y otros
 Av. Pérez guerrero Oe 21-11 y Versailles-Of. 12 B – 2da piso - Telfs: 2563-225 / 2235-404 / 3214-333 / 3214-353 Cel. 0999590-412

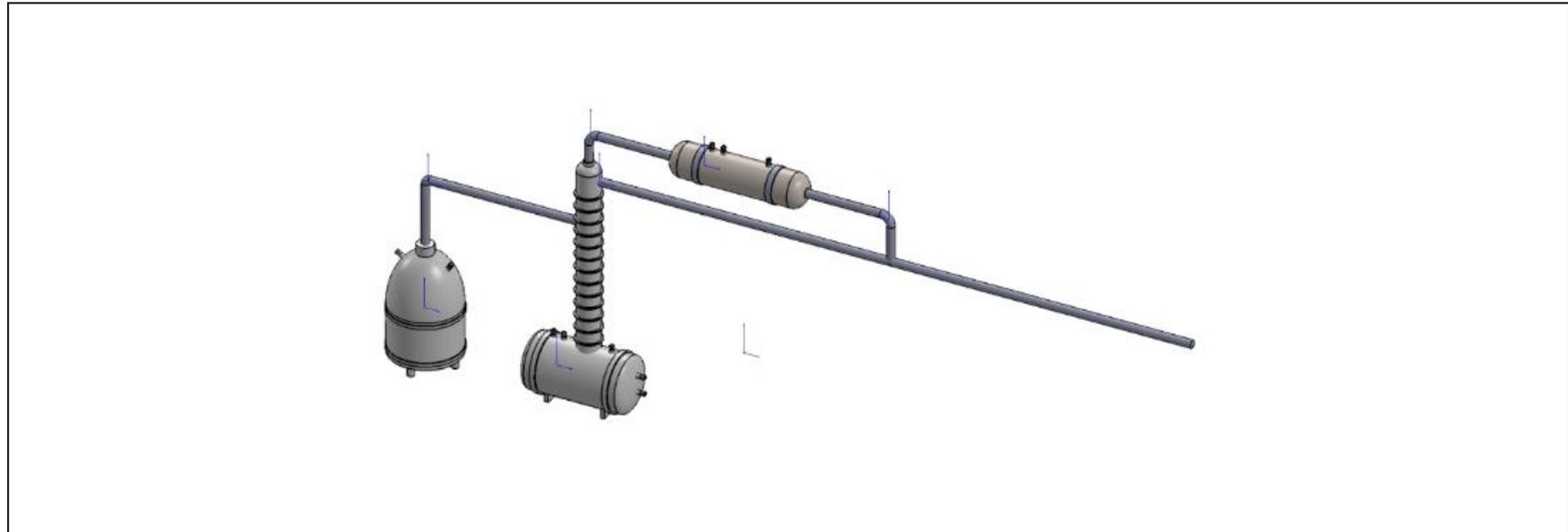
NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA REALIZADO POR: JAIRO ERAZO	RESULTADO CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL ANISADO PÁJARO AZUL.				
			<input type="checkbox"/> CERTIFICADO	<input type="checkbox"/> POR ELIMINAR	<input type="checkbox"/> POR APROBAR	<input type="checkbox"/> POR CALIFICAR	<input type="checkbox"/> PARA INFORMACION
			<input checked="" type="checkbox"/> APROBADO				
			ESCALA	FECHA	LAMINA		
			1:1	2018/07/01	6		

Anexo F. Resultados caracterización del vinillo

 UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO LABORATORIO DE INSTRUMENTAL		
FECHA DE INGRESO:	14/07/2017	
SOLICITANTE:	Jairo Erazo	
MUESTRA:	Vinillo	
PROCEDENCIA:	Balsapamba	
MUESTREADOR:	Jairo Erazo	
FECHA DE SALIDA:	04/08/2017	
RESULTADO DE LOS COGÉNERES en mg/100ml DE ALCOHOL ABSOLUTO		
Cogéneres	Resultado	Método de análisis
Grado alcohólico (°GL):	35,8	NTE INEN 340
Metanol	1,48	NTE INEN 2014
Isopropanol*	8,16	
Propanol*	97,22	
Isobutanol*	7,84	
Isoamilico*	25,44	
Amilico *	5,16	
Furfural	1,28	
* comprende los alcoholes superiores		
 Ing. Marcelo Vilcazando, MSc DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACION		
 Bja. Isabel Paredes TÉCNICA DE LABORATORIO		

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> PARA INFORMACION	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA REALIZADO POR: JAIRO ERAZO	RESULTADO CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL VINILLO.		
			ESCALA	FECHA	LAMINA
			1:1	2018/07/01	6

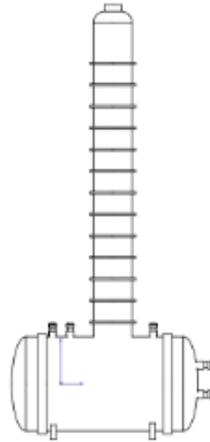
Anexo G. Diseño del sistema destilación



<p>NOTAS</p> <p>diseño del sistema de destilación vista general.</p>	<p>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</p> <p><input type="checkbox"/> CERTIFICADO</p> <p><input type="checkbox"/> POR ELIMINAR</p> <p><input type="checkbox"/> POR APROBAR</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> APROBADO</p> <p><input type="checkbox"/> POR CALIFICAR</p> <p><input type="checkbox"/> PARA INFORMACION</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS</p> <p>ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</p> <p>REALIZADO POR:</p> <p>JAIRO ERAZO</p>	<p>DISEÑO DEL SISTEMA DE DESTILACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL LICOR ANISADO EN LA EMPRESA DESTILERÍA BOLÍVAR</p>		
			<p>ESCALA</p>	<p>FECHA</p>	<p>LAMINA</p>
			<p>1:1</p>	<p>2018/07/01</p>	<p>1</p>



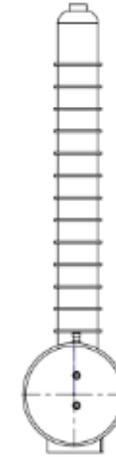
a.



b.



c.



d.

NOTAS

- a. diseño de la torre y el rehervidor vista 3D
- b. diseño de la torre y el rehervidor vista 2D
- c. diseño del rehervidor
- d. diseño de la torre y el rehervidor vista lateral.

CATEGORIA DEL DIAGRAMA

- CERTIFICADO
- POR ELIMINAR
- POR APROBAR
- APROBADO
- POR CALIFICAR
- PARA INFORMACION

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

REALIZADO POR:

JAIRO ERAZO

DISEÑO DEL SISTEMA DE DESTILACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL LICOR ANISADO EN LA EMPRESA DESTILERÍA BOLÍVAR

ESCALA

1:1

FECHA

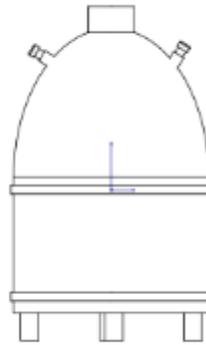
2018/07/01

LAMINA

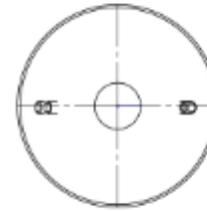
2



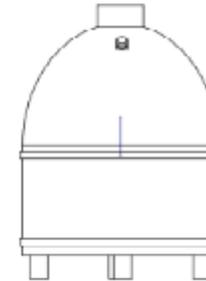
a



b



c



d

NOTAS

- a. diseño del tanque de alimentación vista 3D
- b. diseño del tanque de alimentación vista frontal 2D
- c. diseño del tanque de alimentación vista superior 2D
- d. diseño del tanque de alimentación vista posterior 2D

CATEGORIA DEL DIAGRAMA

- CERTIFICADO
- POR ELIMINAR
- POR APROBAR
- APROBADO
- POR CALIFICAR
- PARA INFORMACION

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

REALIZADO POR:

JAIRO ERAZO

DISEÑO DEL SISTEMA DE DESTILACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL LICOR ANISADO EN LA EMPRESA DESTILERÍA BOLÍVAR

ESCALA

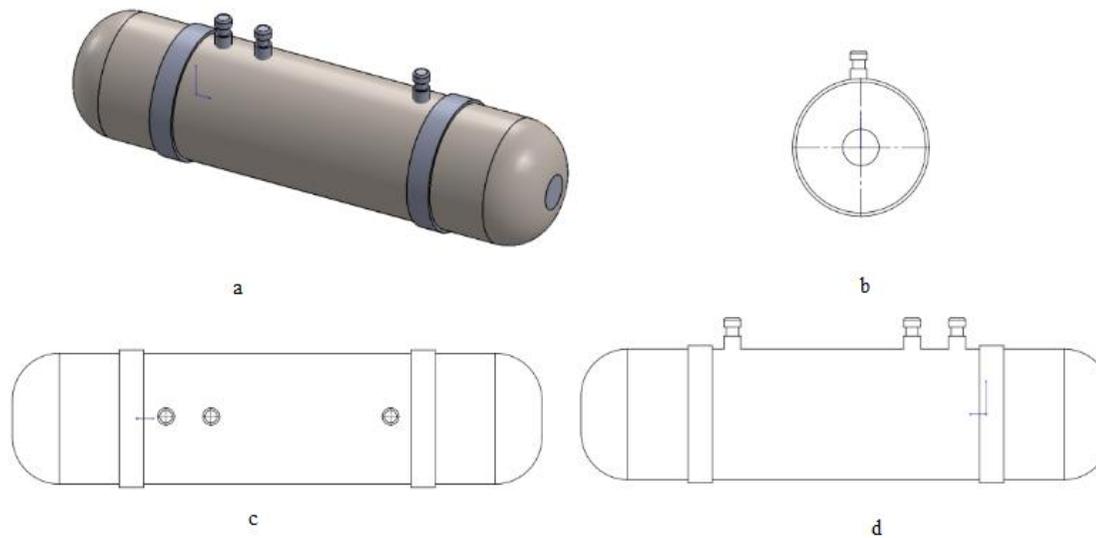
1:1

FECHA

2018/07/01

LAMINA

3



NOTAS

- a. diseño del condensador vista 3D
- b diseño del condensador vista lateral 2D
- c. diseño del condensador vista frontal 2D
- d. diseño del condensador vista posterior 2D

CATEGORIA DEL DIAGRAMA

- CERTIFICADO
- POR ELIMINAR
- POR APROBAR
- APROBADO
- POR CALIFICAR
- PARA INFORMACION

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

REALIZADO POR:

JAIRO ERAZO

DISEÑO DEL SISTEMA DE DESTILACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL LICOR ANISADO EN LA EMPRESA DESTILERÍA BOLÍVAR

ESCALA	FECHA	LAMINA
1:1	2018/07/01	4

ANEXO H. Simulación de las pruebas piloto



a



b



c



d

<p>NOTAS</p> <p>a. medición del grado alcohólico del vinillo.</p> <p>b. preparación de la formulación para la preparación del anisado.</p> <p>c. maceración de los ingredientes con el licor.</p> <p>d. destilación del anisado.</p>	<p>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</p> <p><input type="checkbox"/> CERTIFICADO</p> <p><input type="checkbox"/> POR ELIMINAR</p> <p><input type="checkbox"/> POR APROBAR</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> APROBADO</p> <p><input type="checkbox"/> POR CALIFICAR</p> <p><input type="checkbox"/> PARA INFORMACION</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS</p> <p>ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</p> <p>REALIZADO POR:</p> <p>JAIRO ERAZO</p>	<p>PRUEBAS PILOTO PARA REALIZAR EL LICOR ANISADO A NIVEL DE LABORTORIO.</p>		
			ESCALA	FECHA	LAMINA
			1:1	2018/07/01	1



a



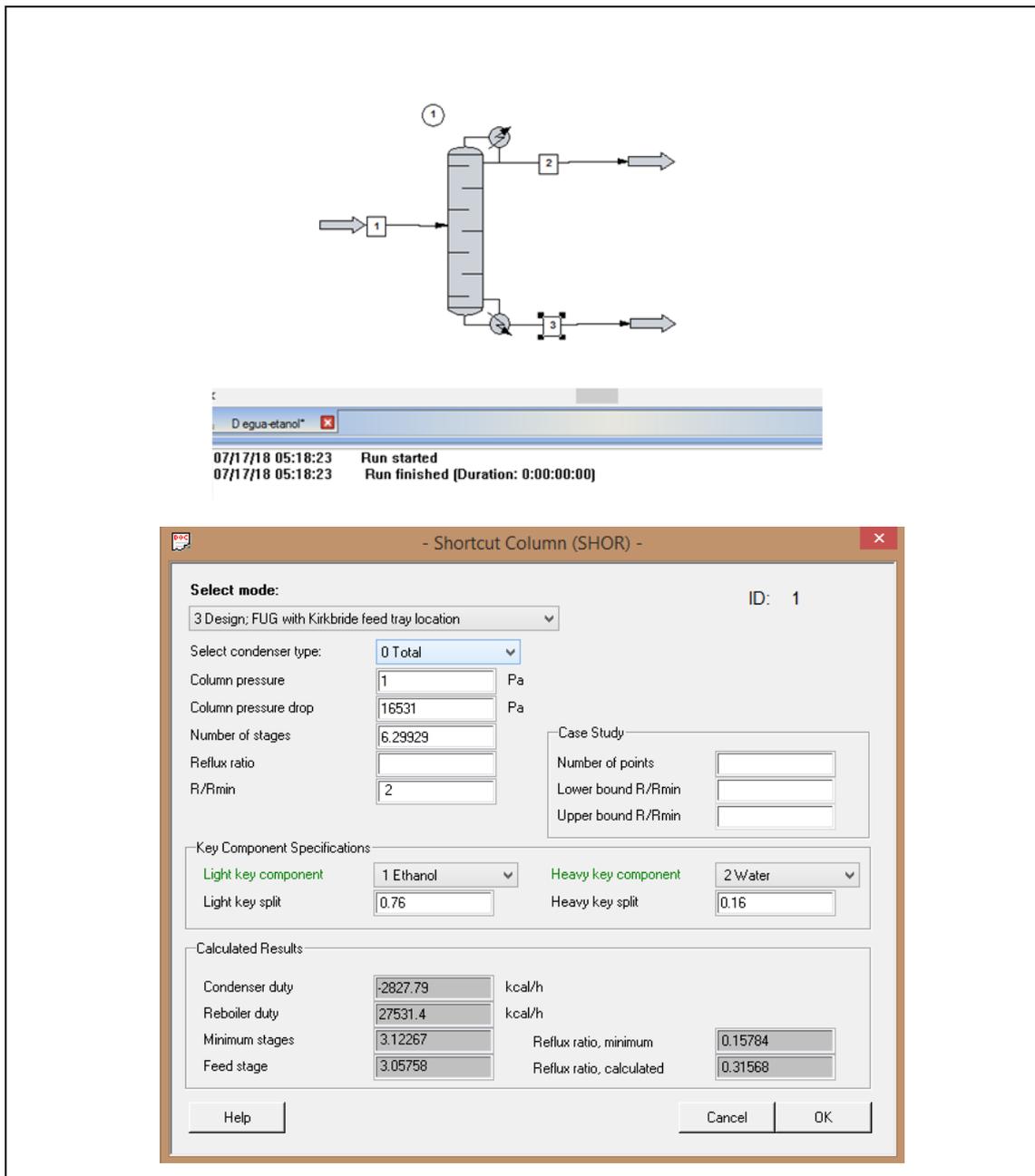
b



c

<p>NOTAS</p> <p>a. Pruebas de destilación con las 3 formulaciones establecidas en el proyecto.</p> <p>b. pruebas de destilación para establecer la formula estándar.</p> <p>c. resultado de las pruebas luego de la destilación y la dilución del anisado en agua.</p>	<p>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</p> <p><input type="checkbox"/> CERTIFICADO</p> <p><input type="checkbox"/> POR ELIMINAR</p> <p><input type="checkbox"/> POR APROBAR</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> APROBADO</p> <p><input type="checkbox"/> POR CALIFICAR</p> <p><input type="checkbox"/> PARA INFORMACION</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS</p> <p>ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</p> <p>REALIZADO POR:</p> <p>JAIRO ERAZO</p>	<p>PRUEBAS PILOTO PARA REALIZAR EL LICOR ANISADO A NIVEL DE LABORTORIO.</p>		
			ESCALA	FECHA	LAMINA
			1:1	2018/07/01	2

ANEXO I. Simulación del proceso de destilación



<p>NOTAS</p> <p>A. INTERFAZ DEL USUARIO Y EL PROGRAMA SE DESARROLLA CON NORMALIDAD</p> <p>B. RESULTADOS DEL PROCESO DE SIMULACIÓN.</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</p> <p><input type="checkbox"/> CERTIFICADO</p> <p><input type="checkbox"/> POR ELIMINAR</p> <p><input type="checkbox"/> POR APROBAR</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> APROBADO</p> <p><input type="checkbox"/> POR CALIFICAR</p> <p><input type="checkbox"/> PARA INFORMACION</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS</p> <p>ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</p> <p>REALIZADO POR:</p> <p>JAIRO ERAZO</p>	<p>SIMULACIÓN DEL PROCESO DE DESTILACIÓN EN EL PROGRAMA CHEMCAD.</p>				
			escala	fecha	lamina		
			1:1	2018/07/01	1		

Edit Streams	
Stream No.	1
Stream Name	
Temp K	351
Pres Pa	1
Vapor Fraction	1
Enthalpy kcal/h	-139261.6
Total flow	2.46
Total flow unit	kmol/h
Comp unit	kmol/h
Ethanol	0.8856
Water	1.5744

Edit Streams	
Stream No.	2
Stream Name	
Temp K	200.8139
Pres Pa	1
Vapor Fraction	1
Enthalpy kcal/h	-46268.68
Total flow	0.804959
Total flow unit	kmol/h
Comp unit	kmol/h
Ethanol	0.611769
Water	0.19319

Edit Streams	
Stream No.	3
Stream Name	
Temp K	317.1566
Pres Pa	16532
Vapor Fraction	0
Enthalpy kcal/h	-112015.1
Total flow	1.65504
Total flow unit	kmol/h
Comp unit	kmol/h
Ethanol	0.26480
Water	1.39024

<p>NOTAS</p> <p>A. DATOS DE ENTRADA EN LA ALIMENTACIÓN.</p> <p>B. DATOS ARROJADOS LUEGO DE LA SIMULACIÓN EN LA CORRIENTE DE DESTILADO.</p> <p>C. DATOS ARROJADOS LUEGO DE LA SIMULACIÓN EN LA CORRIENTE DE RESIDUO</p>	<p>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</p> <p><input type="checkbox"/> CERTIFICADO</p> <p><input type="checkbox"/> POR ELIMINAR</p> <p><input type="checkbox"/> POR APROBAR</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> APROBADO</p> <p><input type="checkbox"/> POR CALIFICAR</p> <p><input type="checkbox"/> PARA INFORMACION</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS</p> <p>ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</p> <p>REALIZADO POR:</p> <p>JAIRO ERAZO</p>	<p>SIMULACIÓN DEL PROCESO DE DESTILACIÓN EN EL PROGRAMA CHEMCAD..</p>		
			<p>escala</p> <p>1:1</p>	<p>fecha</p> <p>2018/07/01</p>	<p>lamina</p> <p>2</p>

CHEMCAD	6.1.3	Page	1	
Job name:	D egua-etanol	Date:		Time: 6:02:19
STREAM PROPERTIES				
Stream No.	1	2	3	
Name				
-- Overall --				
Molar flow kmol/h	2,46	0,8	1,66	
Mass flow kg/h	69,16	27,7	37,2	
Temp K	351	200,81	317,16	
Pres Pa	1	1	16532	
Vapor mole fraction	1	1	0,1566	
Enth kcal/h	-1,39E+05	-46269	-1,09E+05	
Tc K	567,73	528,22	602,82	
Pc Pa	9424280,12	7182747,53	13941731,6	
Std. sp gr. wtr = 1	0,869	0,815	0,923	
Std. sp gr. air = 1	0,971	1,358	0,777	
Degree API	31,35	42,22	21,86	
Average mol wt	28,11	39,34	22,5	
Actual dens kg/m3	0	0	0,9	
Actual vol m3/h	7178151,62	1343809,6	41,24	
Std liq m3/h	0,08	0,04	0,04	
Std vap 0 C m3/h	55,14	18,04	37,1	
-- Vapor only --				
Molar flow kmol/h	2,46	0,8	0,26	
Mass flow kg/h	69,16	27,7	37,2	
Average mol wt	28,11	39,34	31,65	
Actual dens kg/m3	0	0	0,2	
Actual vol m3/h	7178151,62	1343809,6	41,21	
Std liq m3/h	0,08	0,04	0,01	
Std vap 0 C m3/h	55,14	18,04	5,81	
Cp kcal/kmol-C	11,53	11,41	12,06	
Z factor	1	1	0,9967	
Visc Pa-sec	1,11E-05	6,05E-06	9,83E-06	
Th cond W/m-K	0,0214	0,0093	0,0182	
-- Liquid only --				
Molar flow kmol/h			1,4	
Mass flow kg/h			27,7	
Average mol wt			20,8	
Actual dens kg/m3			931,2	
Actual vol m3/h			0,03	
Std liq m3/h			0,03	
Std vap 0 C m3/h			31,29	
Cp kcal/kmol-C			19,04	
Z factor			0,0002	
Visc Pa-sec			0,0006409	
Th cond W/m-K			0,4519	
Surf. tens. N/m			0,05	

NOTAS resultados de simulación arrojados a tablas Excel	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> POR ELIMINAR <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> PARA INFORMACION	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA REALIZADO POR: JAIRO ERAZO	SIMULACIÓN DEL PROCESO DE DESTILACIÓN EN EL PROGRAMA CHEMCAD.		
			ESCALA	FECHA	LAMINA
			1:1	2018/07/01	3

FLOW SUMMARIES			
Stream No.	1	2	3
Stream Name			
Temp K	351	200,8139	317,1566
Pres Pa	1	1	16532,0005
Enth kcal/h	-1,39E+05	-46269	-1,09E+05
Vapor mole fraction	1	1	0,15662
Total kmol/h	2,46	0,8	1,66
Flowrates in kmol/h			
Ethanol	0,89	0,66	0,22
Water	1,57	0,28	1,29

<p>NOTAS</p> <p>resultados de simulación arrojados a tablas Excel</p>	<p>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</p> <p><input type="checkbox"/> CERTIFICADO</p> <p><input type="checkbox"/> POR ELIMINAR</p> <p><input type="checkbox"/> POR APROBAR</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> APROBADO</p> <p><input type="checkbox"/> POR CALIFICAR</p> <p><input type="checkbox"/> PARA INFORMACION</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS</p> <p>ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</p> <p>REALIZADO POR:</p> <p>JAIRO ERAZO</p>	SIMULACIÓN DEL PROCESO DE DESTILACIÓN EN EL PROGRAMA CHEMCAD.		
			ESCALA	FECHA	LAMINA

ANEXO J. Notificación sanitaria para el producto

NOTIFICACIÓN SANITARIA POR INSCRIPCIÓN DE ALIMENTOS NACIONALES

NOTIFICACIÓN SANITARIA: 801063-ALN1799

NUT: 1063

PRODUCTO DENOMINADO: MONTAGNA LICOR ANISADO

MARCA: MONTAGNA LICOR ANISADO

ELABORADO POR: ERAZO SANCHEZ JAIRO JOEL

TITULAR: JAIRO JOEL ERAZO SANCHEZ

A SOLICITUD DE: ERAZO SANCHEZ JAIRO JOEL

TIPO DE ALIMENTO: ALIMENTO NACIONAL

ENVASE EXTERNO: N/A

ENVASE INTERNO: BOTELLA DE VIDRIO DE SILICATO SODOCALCICO
TAPA ROSCA DE POLIPROPILENO

CONTENIDO: 375 ml 750 ml

FORMA DE CONSERVACIÓN: AMBIENTE FRESCO Y SECO

FORMULA DE COMPOSICIÓN / LISTA DE INGREDIENTES (EN ORDEN DECRECIENTE):
 AGUA DESMINERALIZADA 36%
 ALCOHOL ETILICO RECTIFICADO 37%
 FRUTAS 23%
 HIERBAS AROMATICAS 2.65%
 ANIS 1.35%

CÓDIGO DE BPM O PERMISO: ARCSA-2016-14.1.17.4-0000180

PERIODO DE VIDA ÚTIL: 1095 **VENTA:** LIBRE

SOLICITUD NO.: 12017030001056P **CIUDAD DE EMISIÓN:** MILAGRO

FECHA DE EMISIÓN: 2017-03-31 **FECHA DE VIGENCIA:** 2022-03-31

Fecha de Emisión del documento: 2017-03-31 13:36:33

<p>NOTAS</p> <p>notificación sanitaria</p>	<p>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</p> <p><input type="checkbox"/> CERTIFICADO</p> <p><input type="checkbox"/> POR ELIMINAR</p> <p><input type="checkbox"/> POR APROBAR</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> APROBADO</p> <p><input type="checkbox"/> POR CALIFICAR</p> <p><input type="checkbox"/> PARA INFORMACION</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS</p> <p>ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</p> <p>REALIZADO POR:</p> <p>JAIRO ERAZO</p>	VALIDACIÓN DEL PROYECTO.		
			ESCALA	FECHA	LAMINA

ANEXO K. Logo de la marca y la empresa



<p>NOTAS</p> <p>logos y marca del anisado producido</p>	<p>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</p> <p><input type="checkbox"/> CERTIFICADO</p> <p><input type="checkbox"/> POR ELIMINAR</p> <p><input type="checkbox"/> POR APROBAR</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> APROBADO</p> <p><input type="checkbox"/> POR CALIFICAR</p> <p><input type="checkbox"/> PARA INFORMACION</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS</p> <p>ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</p> <p>REALIZADO POR:</p> <p>JAIRO ERAZO</p>	<p>VALIDACIÓN DEL PROYECTO.</p>		
			<p>ESCALA</p> <p>1:1</p>	<p>FECHA</p> <p>2018/07/01</p>	<p>LAMINA</p> <p>1</p>

