



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

**“DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN  
DE ALCOHOL POTABLE A PARTIR DE LA FRUTILLA (*Fragaria*)  
PARA LA CERVECERÍA NEFER”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO QUÍMICO**

**AUTOR: ÁNGEL EDUARDO CÁCERES NOVILLO**

**TUTOR: Ing. CESAR ARTURO PUENTE GUIJARRO**

Riobamba - Ecuador

2022

**©2022, Ángel Eduardo Cáceres Novillo**

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.

Yo, Ángel Eduardo Cáceres Novillo, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular, el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 18 de noviembre del 2022






**Ángel Eduardo Cáceres Novillo**

**C.I. 060485379-6**

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

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **“DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN DE ALCOHOL POTABLE A PARTIR DE LA FRUTILLA (*Fragaria*) PARA LA CERVECERÍA NEFER”**, realizado por el señor: **ÁNGEL EDUARDO CÁCERES NOVILLO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Mabel Mariela Parada Rivera <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2022-11-18
PhD. César Arturo Punte Guijarro <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURICULAR</b>		2022-11-18
Ing. Katherine Gissel Tixi Gallegos <b>ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURICULAR</b>		2022-11-18

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación está dedicado a mi abuelita quien cuidó mis primeros pasos, me inculcó valores, su amor desbordante, sus oraciones y bendiciones cada día han permitido que el Todopoderoso me siga bendiciendo y protegiendo. A mi madre mi ejemplo de fortaleza, amor y comprensión sin su guía y apoyo no hubiese concluido con éxito este trabajo, por este trabajo entrego como ofrenda a mi abuelita y mi madre porque este logro los debo a ustedes bendiciones.

Ángel

## AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento al forjador de mi camino Dios Todopoderoso por la sabiduría el conocimiento el Don de la Vida y la Virgen Santísima de los Dolores quienes me han acompañado en mi caminar me han bendecido y han levantado cuántas veces he caído.

A mi abuelita y mi madre por ser mis pilares en mi formación, por su paciencia, su apoyo incondicional y su amor que han hecho todo por lograr mi sueño. A mis tíos por el apoyo que me brindaron.

*“Queda prohibido no sonreír a los problemas, no luchar por lo que quieres, abandonarlo todo por miedo, no convertir en realidad tus sueños.” (Pablo Neruda)*

Ángel

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT .....	xviii
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1.	Identificación del Problema .....	2
1.2.	Justificación del proyecto .....	2
1.2.1.	<i>Estado actual de la empresa</i> .....	3
1.3.	Beneficiarios directos e indirectos .....	3
1.3.1.	<i>Directos</i> .....	3
1.3.2.	<i>Indirectos</i> .....	3
1.4.	Objetivos .....	4
1.4.1.	<i>Objetivo General</i> .....	4
1.4.2.	<i>Objetivos Específicos</i> .....	4
1.5.	Localización del proyecto .....	4
1.5.1.	<i>Macro-localización</i> .....	4
1.5.2.	<i>Micro-localización</i> .....	5

### CAPÍTULO II

2.	FUNDAMENTOS TEÓRICOS .....	6
2.1.	Frutilla.....	6
2.1.1.	<i>Clasificación</i> .....	6
2.1.2.	<i>Composición</i> .....	6
2.1.3.	<i>Producción</i> .....	7
2.2.	Alcohol.....	7
2.2.1.	<i>Tipos de alcohol</i> .....	7
2.2.1.1.	<i>Por el contenido de agua de composición</i> .....	7

2.2.1.2.	<i>Por su aplicación</i> .....	7
2.2.1.3.	<i>Por su graduación</i> .....	8
2.2.2.	<b>Propiedades</b> .....	9
2.2.3.	<b>Cantidad de fructosa en diversas frutas/100 g</b> .....	9
2.2.4.	<b>Operaciones Unitarias</b> .....	9
2.2.4.1.	<i>Fermentación</i> .....	9
2.2.4.1.1.	<i>Factores que influyen en la fermentación alcohólica</i> .....	10
2.2.4.2.	<i>Destilación</i> .....	11
2.2.4.2.1.	<i>Métodos de destilación</i> .....	11

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	12
3.1.	<b>Criterios metodológicos</b> .....	12
3.1.1.	<i>Técnica</i> .....	12
3.1.2.	<i>Muestreo</i> .....	12
3.1.3.	<i>Métodos</i> .....	12
3.1.3.1.	<i>Método inductivo</i> .....	12
3.1.3.2.	<i>Método deductivo</i> .....	13
3.1.3.3.	<i>Método experimental</i> .....	13
3.2.	<b>Parte experimental</b> .....	13
3.3.1.	<b>Obtención de jugo de frutilla</b> .....	13
3.3.1.1.	<i>Pretratamiento de la frutilla</i> .....	13
3.3.1.2.	<i>Extracción del jugo de frutilla</i> .....	14
3.3.2.	<b>Caracterización del jugo de frutilla</b> .....	14
3.3.2.	<b>Obtención del etanol</b> .....	18
3.3.2.1.	<i>Fermentación del jugo de frutilla</i> .....	18
3.3.2.2.	<i>Destilación del jugo fermentado</i> .....	19
3.3.2.3.	<i>Rectificación del etanol</i> .....	19
3.3.2.4.	<i>Caracterización del etanol obtenido</i> .....	20
3.3.2.5.	<i>Diagrama del proceso de obtención de alcohol desinfectante a partir de la frutilla</i> .....	21
3.3.	<b>Variables de proceso</b> .....	22
3.4.	<b>Datos experimentales</b> .....	24
3.4.1.	<i>Lavado</i> .....	24
3.4.2.	<i>Filtración</i> .....	24
3.4.2.1.	<i>Cálculo del porcentaje de sólidos retenidos</i> .....	24



3.4.3.	<i>Fermentación</i> .....	24
3.4.4.	<i>Cálculos de variables en el proceso</i> .....	26
3.5.	<b>Balance de materia y energía</b> .....	27
3.5.1.	<b>Balance de materia</b> .....	27
3.5.1.1.	<i>Lavado</i> .....	27
3.5.1.2.	<i>Despulpado</i> .....	28
3.5.1.3.	<i>Filtración</i> .....	28
3.5.1.4.	<i>Fermentación</i> .....	29
3.5.1.5.	<i>Destilación</i> .....	29
3.5.1.6.	<i>Rectificación</i> .....	30
3.5.1.7.	<i>Rendimiento total del azúcar al transformarse en etanol</i> .....	31
3.5.2.	<b>Balance de energía</b> .....	31
3.5.2.1.	<i>Datos necesarios para el balance de energía</i> .....	31
3.5.2.2.	<i>Balance de energía en la destilación</i> .....	33
3.5.2.3.	<i>Balance de energía en la rectificación</i> .....	33
3.6.	<b>Dimensionamiento de los equipos</b> .....	34
3.6.1.	<b>Diseño del recipiente de recepción y lavado de la frutilla</b> .....	34
3.6.1.1.	<i>Cantidad de frutilla a utilizar para la producción</i> .....	34
3.6.1.2.	<i>Volumen necesario</i> .....	34
3.6.1.3.	<i>Volumen total de carga</i> .....	34
3.6.1.4.	<i>Volumen total del recipiente</i> .....	35
3.6.1.5.	<i>Altura de la mesa de recepción y lavado</i> .....	35
3.6.1.6.	<i>Área de la superficie de la mesa</i> .....	35
3.6.1.7.	<i>Cantidad de frutilla después del lavador</i> .....	36
3.6.2.	<b>Diseño de la despulpadora</b> .....	36
3.6.2.1.	<i>Determinación de extracto de frutilla después del despulpado</i> .....	37
3.6.3.	<b>Diseño del equipo filtrador</b> .....	37
3.6.3.1.	<i>Determinación de extracto de frutilla después del filtrado</i> .....	37
3.6.4.	<b>Determinación de dimensiones del fermentador</b> .....	37
3.6.4.1.	<i>Volumen total del fermentador</i> .....	38
3.6.4.2.	<i>Diámetro del fermentador</i> .....	38
3.6.4.3.	<i>Diámetro total del fermentador</i> .....	38
3.6.4.4.	<i>Altura del fermentador</i> .....	38
3.6.4.5.	<i>Altura total del fermentador</i> .....	38
3.6.4.6.	<i>Volumen máximo del reactor</i> .....	39
3.6.4.7.	<i>Dimensiones del sistema de mezclado</i> .....	39
3.6.4.8.	<i>Cámara de calefacción</i> .....	40

<b>3.6.5.</b>	<b>Columna de destilación .....</b>	<b>44</b>
3.6.5.1.	Cálculos y datos necesarios para el diseño de la columna de destilación .....	44
3.6.5.2.	Condiciones de operación de la destilación .....	46
3.6.5.3.	Equilibrio etanol-agua.....	47
3.6.5.4.	Cálculo de puntos de intersección .....	48
3.6.5.5.	Cálculo para la recta operativa de enriquecimiento .....	48
3.6.5.6.	Cálculo para la recta de alimentación.....	49
3.6.5.7.	Cálculo de la recta operativa de agotamiento.....	49
3.6.5.8.	Número de platos .....	50
3.6.5.9.	Eficiencia global del proceso.....	52
3.6.5.10.	Número de platos .....	53
3.6.5.11.	Densidad de vapor .....	53
3.6.5.12.	Cálculo del coeficiente $k$ .....	53
3.6.5.13.	Velocidad de los vapores .....	54
3.6.5.14.	Diámetro de la columna de destilación .....	54
3.6.5.15.	Altura de la columna.....	54
3.6.5.16.	Altura total de la columna .....	54
3.6.5.17.	Diseño de los intercambiadores de calor.....	55
3.6.5.18.	Cantidad de etanol estimada después de la destilación es de 44%.....	58
<b>3.6.6.</b>	<b>Diseño de la columna de rectificación.....</b>	<b>58</b>
3.6.6.1.	Cálculos y datos necesarios para el diseño de la columna de rectificación.....	58
3.6.6.2.	Condiciones de operación de la rectificación.....	60
3.6.6.3.	Cálculo de los puntos de intersección.....	61
3.6.6.4.	Cálculo para la recta operativa de enriquecimiento .....	61
3.6.6.5.	Cálculo para la recta de alimentación.....	62
3.6.6.6.	Cálculo de la recta operativa de agotamiento.....	62
3.6.6.7.	Número de platos .....	63
3.6.6.8.	Eficiencia global del proceso.....	64
3.6.6.9.	Número real de platos.....	65
3.6.6.10.	Densidad del vapor .....	65
3.6.6.11.	Cálculo del coeficiente $k$ .....	66
3.6.6.12.	Velocidad de los vapores .....	66
3.6.6.13.	Diámetro de la columna.....	67
3.6.6.14.	Altura de la columna.....	67
3.6.6.15.	Altura total de la columna .....	67
3.6.6.16.	Diseño de los intercambiadores de calor.....	67
<b>3.7.</b>	<b>Análisis costo – beneficio .....</b>	<b>70</b>

3.7.1.	<i>Costos variables</i> .....	70
3.7.2.	<i>Costos fijos</i> .....	71
3.7.3.	<i>Precio de la producción de alcohol desinfectante</i> .....	71
3.7.4.	<i>Precio de venta del alcohol desinfectante</i> .....	71
3.7.5.	<i>Punto de equilibrio</i> .....	72
3.7.6.	<i>Maquinarias y equipos</i> .....	72
3.7.7.	<i>Proyección de demanda y ventas</i> .....	72
3.7.8.	<i>Proyección de costo y presupuesto</i> .....	73

## CAPÍTULO IV

4.	<b>RESULTADOS</b> .....	76
4.1.	<b>Resultados del proyecto</b> .....	76
4.1.1.	<i>Caracterización de la materia prima</i> .....	76
4.1.2.	<i>Caracterización del alcohol desinfectante</i> .....	76
4.1.3.	<i>Rendimiento de los procesos a nivel de laboratorio</i> .....	77
4.1.4.	<i>Dimensionamiento de los equipos</i> .....	77
4.2.	<b>Resultados estadísticos de los parámetros establecidos con la norma ISO 758...</b>	80
4.2.1.	<i>Densidad</i> .....	80
4.2.2.	<i>Contenido de etanol</i> .....	81
4.2.3.	<i>Aldehídos</i> .....	81
4.2.4.	<i>Metanol</i> .....	82
4.2.5.	<i>Acidez</i> .....	82
4.2.5.	<i>Color</i> .....	83
4.2.6.	<i>Residuo</i> .....	83
4.3.	<b>Análisis costo-beneficio</b> .....	84
4.4.	<b>Análisis y discusión de resultados</b> .....	84

	<b>CONCLUSIONES</b> .....	86
--	---------------------------	----

	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	87
--	------------------------------	----

## GLOSARIO

## BIBLIOGRAFIA

## ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Micro-localización Cervecería Artesanal Nefer .....	5
<b>Tabla 1-2:</b>	Clasificación de la frutilla .....	6
<b>Tabla 2-2:</b>	Composición de la frutilla por cada 100 gramos .....	6
<b>Tabla 3-2:</b>	Graduación del alcohol.....	8
<b>Tabla 4-2:</b>	Cantidad de fructosa en diversas frutas/100 g .....	9
<b>Tabla 1-3:</b>	Proceso del pretratamiento de la frutilla.....	13
<b>Tabla 2-3:</b>	Proceso de extracción del jugo de frutilla .....	14
<b>Tabla 3-3:</b>	Determinación de sólidos totales del jugo de frutilla .....	14
<b>Tabla 4-3:</b>	Determinación del pH del jugo de frutilla .....	15
<b>Tabla 5-3:</b>	Determinación de cenizas totales del jugo de frutilla.....	16
<b>Tabla 6-3:</b>	Determinación de la acidez del jugo de frutilla.....	16
<b>Tabla 7-3:</b>	Determinación de la densidad del jugo de frutilla.....	17
<b>Tabla 8-3:</b>	Proceso de fermentación del jugo de frutilla .....	18
<b>Tabla 9-3:</b>	Proceso de destilación del fermentado .....	19
<b>Tabla 10-3:</b>	Proceso de rectificación del destilado .....	20
<b>Tabla 11-3:</b>	Requisitos físicos y químicos para el etanol (alcohol etílico) en solución .....	20
<b>Tabla 12-3:</b>	Variables del proceso de obtención a partir de la frutilla .....	22
<b>Tabla 13-3:</b>	Datos experimentales de la frutilla antes y después del lavado.....	24
<b>Tabla 14-3:</b>	Datos experimentales de la filtración del jugo de frutilla.....	24
<b>Tabla 15-3:</b>	Datos experimentales de ceniza.....	24
<b>Tabla 16-3:</b>	Datos recolectados en el proceso de fermentación .....	24
<b>Tabla 17-3:</b>	Datos experimentales de la acidez.....	25
<b>Tabla 18-3:</b>	Datos recolectados durante el período de fermentación .....	25
<b>Tabla 19-3:</b>	Datos recolectados durante el periodo de fermentación de la proteína .....	25
<b>Tabla 20-3:</b>	Entalpías para las corrientes de trabajo en función del etanol.....	31
<b>Tabla 21-3:</b>	Entalpia para el calor residual del condensador .....	32
<b>Tabla 22-3:</b>	Características del equipo filtrador.....	37
<b>Tabla 23-3:</b>	Placas deflectoras .....	39
<b>Tabla 24-3:</b>	Corrientes de alimentación y descarga del fermentador.....	42
<b>Tabla 25-3:</b>	Datos adicionales para el diseño de la columna de destilación .....	45
<b>Tabla 26-3:</b>	Datos de operación de la destilación .....	46
<b>Tabla 27-3:</b>	Datos de equilibrio etanol-agua.....	47
<b>Tabla 28-3:</b>	Datos para la recta operativa de enriquecimiento.....	49
<b>Tabla 29-3:</b>	Datos para la recta operativa de alimentación .....	49

<b>Tabla 30-3:</b>	Datos para la recta operativa de agotamiento .....	50
<b>Tabla 31-3:</b>	Datos de la interpolación de la destilación .....	51
<b>Tabla 32-3:</b>	Eficiencia global del proceso.....	52
<b>Tabla 33-3:</b>	Datos adicionales para el diseño del condensador.....	55
<b>Tabla 34-3:</b>	Datos de operación de la rectificación.....	60
<b>Tabla 35-3:</b>	Datos para la recta operativa de enriquecimiento.....	62
<b>Tabla 36-3:</b>	Datos para la recta operativa de alimentación .....	62
<b>Tabla 37-3:</b>	Datos para la recta operativa de agotamiento .....	62
<b>Tabla 38-3:</b>	Datos de la interpolación para la rectificación .....	63
<b>Tabla 39-3:</b>	Costos de materia prima, aditivos e insumos para producir etanol al 70% .....	70
<b>Tabla 40-3:</b>	Costos variables de producción mensual.....	71
<b>Tabla 41-3:</b>	Otros costos variables mensuales .....	71
<b>Tabla 42-3:</b>	Costos fijos de producción mensual .....	71
<b>Tabla 43-3:</b>	Punto de equilibrio .....	72
<b>Tabla 44-3:</b>	Costos, depreciación, mantenimiento y seguro de maquinarias y equipos.....	72
<b>Tabla 45-3:</b>	Proyección de demanda y ventas.....	72
<b>Tabla 46-3:</b>	Proyección de costo.....	73
<b>Tabla 47-3:</b>	Flujo de caja .....	74
<b>Tabla 1-4:</b>	Resultados de la caracterización de la materia prima.....	76
<b>Tabla 2-4:</b>	Resultados de la caracterización del alcohol .....	76
<b>Tabla 3-4:</b>	Resultados del proceso en el laboratorio .....	77
<b>Tabla 4-4:</b>	Resultados del dimensionamiento de equipos .....	77
<b>Tabla 5-4:</b>	Dimensión del destilador .....	79
<b>Tabla 6-4:</b>	Dimensión del destilador .....	80
<b>Tabla 5-4:</b>	Resultados del análisis costo-beneficio .....	84

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3:</b>	Curva de equilibrio etanol-agua .....	48
<b>Gráfico 2-3:</b>	Curva de equilibrio etanol-agua con las diferentes rectas calculadas.....	50
<b>Gráfico 3-3:</b>	Platos de la torre de destilación .....	51
<b>Gráfico 4-3:</b>	Curva de equilibrio etanol-agua con las rectas calculadas en la rectificación....	63
<b>Gráfico 5-3:</b>	Platos de la torre de rectificación .....	64
<b>Gráfico 1-4:</b>	Densidad.....	80
<b>Gráfico 2-4:</b>	Contenido de etanol.....	81
<b>Gráfico 3-4:</b>	Aldehídos .....	81
<b>Gráfico 4-4:</b>	Metanol.....	82
<b>Gráfico 5-4:</b>	Acidez.....	82
<b>Gráfico 6-4:</b>	Color .....	83
<b>Gráfico 7-4:</b>	Residuo.....	83

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b>	Límites geográficos.....	4
<b>Figura 2-1:</b>	Micro-localización Cervecería Artesanal Nefer.....	5
<b>Figura 1-2:</b>	Propiedades Físicas y Químicas del Etanol 70% .....	9
<b>Figura 1-3:</b>	Diagrama del proceso de pretratamiento del jugo de frutilla .....	13
<b>Figura 2-3:</b>	Diagrama del proceso de pretratamiento del jugo de frutilla .....	14
<b>Figura 3-3:</b>	Diagrama del proceso de fermentación del jugo de frutilla .....	18
<b>Figura 4-3:</b>	Diagrama del proceso de destilación del jugo de frutilla.....	19
<b>Figura 5-3:</b>	Diagrama del proceso de fermentación del jugo de frutilla .....	20
<b>Figura 6-3:</b>	Diagrama del proceso de obtención de etanol a partir de la frutilla.....	21
<b>Figura 7-3:</b>	Entalpías de las corrientes.....	32
<b>Figura 8-3:</b>	Entalpías del calor residual .....	32
<b>Figura 9-3:</b>	Altura de la mesa según la ergonomía correcta .....	35
<b>Figura 10-3:</b>	Diseño de un fermentador con sus componentes .....	41
<b>Figura 11-3:</b>	Numero de Reynols vs Número de potencia para tipos de agitadores tipo turbina .....	42
<b>Figura 12-3:</b>	Eficiencia global según su volatilidad relativa y la viscosidad de destilación...	52
<b>Figura 13-3:</b>	Determinación del coeficiente k por McCabe para columna de destilación .....	53
<b>Figura 14-3:</b>	Eficiencia global según su volatilidad relativa y la viscosidad de la destilación .....	65
<b>Figura 15-3:</b>	Determinación del coeficiente k por McCabe para la columna de rectificación	66

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL ALCOHOL OBTENIDO

**ANEXO B:** FICHA TÉCNICA DE LA DESPULPADORA



## RESUMEN

El objetivo de la investigación fue diseñar un proceso industrial para obtener alcohol potable a partir de la frutilla (fragaria). El criterio metodológico utilizado fue la caracterización física – química y microbiológica, establecidas en las normas y técnicas que se encuentran instituidas en el manual de procedimientos Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias, fundamentados en la norma Técnica NTE INEN 3194 Alcohol desinfectante, conjunto a los métodos deductivo, inductivo y experimental. De esta manera se diseñó el Proceso Industrial para la Obtención de Etanol a partir de la Frutilla (*fragaria*) para la cervecería Nefer por procesos de desinfección, lavado, molienda, filtrado, fermentación, destilación y rectificación. Dando como resultado que la Formulación “F3” fue la más rentable a nivel de producción industrial en la obtención de alcohol potable de 83° GL, por lo que cada kilogramo de pulpa fresca de fruta, el 75% de azúcar y agua potable se obtuvieron grados brix y el pH dentro del rango establecido o apto para fermentación con base la Norma NTE INEN 3194. Se pudo concluir que el proyecto fue viable, con una recuperación de inversión de 2 años y 8 meses. Se recomienda que, los residuos sean deshidratados y usados en pastelería o simplemente para su posterior uso como abono.

**Palabras clave:** <ALCOHOL>, <FERMENTACIÓN>, <FRUTILLA>, <COMPOSICIÓN QUÍMICA>, <LEVADURA>.

0027-DBRA-UPT-2023

  
D.B.R.A.  
Ing. Christian Castillo



## ABSTRACT

The research objective was to design an industrial process to obtain potable alcohol from strawberry (fragaria). The methodological criterion used was the physical-chemical and microbiological characterization, established in the norms and techniques that are instituted in the manual of procedures of the Technical Analysis Laboratory of the Faculty of Sciences, based on the Technical Norm NTE INEN 3.194 Disinfectant Alcohol, together with the deductive, inductive and experimental methods. Thus, the Process Industry1 was designed to obtain ethanol from strawberry (fragaria) for the Nefer brewery through the processes of disinfection, washing, grinding, filtering, fermentation, distillation and rectification. As a result, Formulation "F3" was the most suitable for industrial production in obtaining potable alcohol of 83° GL, so that each kilogram of fresh fruit pulp, 750/o of sugar and potable water obtained brix degrees and pH within the established range or suitable for fermentation based on the NTE INEN 3194 Standard. It was concluded that the project was viable, with a return on investment of 2 years and 8 months. It is recommended that the residues be dehydrated and used in baking or simply for later use as fertilizer.

**Key words:** <ALCOHOL>, <FERMENTATION>, <FRUIT>, <CHEMICAL COMPOSITION>, <LEVAGE>.



Dra. Nanci Margarita Inca Chunata Mgs.  
0602926719

## INTRODUCCIÓN

La empresa Nefer inicio como un emprendimiento en el año 2020, ha obtenido su reconocimiento a Nivel Nacional y se puede mencionar a nivel internacional poniendo muy en alto el nombre de la Provincia de Chimborazo a base de la producción de Cerveza Artesanal.

Cabe mencionar que esta empresa esta direccionada en la elaboración de licores, pero esto no le impide incursionar en la elaboración de alcohol desinfectante, puesto que sus directivos se han propuesto la integración de nuevos productos que partan del mismo principio de fermentación y destilación, con el que se ha venido desarrollando la empresa, replanteándose la creación de alcohol antiséptico.

Cada una de las operaciones que conlleva este proceso son delicadas y a su vez largas como el fermentar, siendo este un proceso largo que con llevaría días hacerlo, pero con la maquinaria adecuada este proceso de fermentación se logra en horas, después de destilar se ha planteado rectificarlo y deshidratar con tamices moleculares para que este proceso sea óptimo y el producto alcance los estándares que solicita la normativa y sea aceptado en un mercado tan competitivo como lo es hoy en día.

En consecuencia, luego de recabar todos los datos de laboratorio durante el proceso de fermentación, se realizaron tres formulaciones para determinar cuál de estas es la más optima en el proceso de obtención de alcohol potable. Por lo que al final de este proceso dos de estas formulaciones F1 y F2 resultaron erróneas al presentar valores de pH y grados Brix distantes al rango aceptado en el proceso de fermentación. Los cuales tienen concordancia con reseñas bibliográficas similares a estas formulaciones. Además, se puede observar que estas formulaciones al presentar valores de pH es necesario añadirles ácido para regular el pH conllevando a un gasto extra a nivel de producción. Por otra parte, la Formulación "F3" es la más rentable a nivel industrial en la obtención de alcohol potable, por lo que cada kilogramo de pulpa fresca de fruta, el 75% de azúcar y agua potable se obtuvieron grados brix y el pH dentro del rango establecido o apto para fermentación.

En diversas citas bibliográficas se ha evidenciado que el rango de grados Brix y pH apto para una fermentación adecuada de vinos debe ser superior a 21 grados Brix y pH entre 4,1 a 4,3. Por lo que el alcohol obtenido se encuentra dentro de estos parámetros y no es necesario realizar ajustes con ácidos (málico o cítrico) para elevar su pH o grados Brix. Además, el costo de no añadir otros ingredientes hace que este proceso sea rentable, como se determina en la presente investigación.

## CAPÍTULO I

### 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Identificación del Problema

El brote del Coronavirus COVID 19 fue declarado por la Organización Mundial de la Salud como Pandemia Mundial a partir del mes de marzo del 2020, enfermedad que se extendió en varios países del mundo afectando a la humanidad en varios aspectos como social y económico. Entre una de las medidas de bioseguridad se adoptó el uso del alcohol antiséptico como insumo básico de prevención, medida que se ha ido familiarizando en la población en su gran mayoría. Es así como surgió la necesidad de realizar esta investigación enmarcada en la OBTENCIÓN DE ALCOHOL POTABLE A PARTIR DEL FERMENTADO DE FRUTILLA (Fragaria), con la finalidad de satisfacer la demanda local de alcohol potable, producto que se convirtió en parte de nuestra vida cotidiana.

Dado que la frutilla posee 4,9 gramos de azúcar por cada 100 gramos de la fruta, muy bajo en relación a frutas como manzanas, uvas o naranjas que superan los 10g por cada 100g del peso total, factor importante en la fermentación alcohólica donde las levaduras consumen el azúcar de la muestra para formar alcohol y CO<sub>2</sub>, el punto central por el cual se escogió esta fruta es debido a su disponibilidad y precio en relación a otras frutas con mayor cantidad de azúcares, pero que solo se puede encontrar en ciertas temporadas como es el caso del mango o para el caso de las naranjas, fruta muy comercial pero que no se produce en la provincia de Chimborazo, situación por la que se elevaría el costo de producción del alcohol potable objeto de investigación (Castejón, 2017)

#### 1.2. Justificación del proyecto

En el año 2020 la población del mundo entero fue acechada por el enemigo silencioso desembocando en una Pandemia Mundial a causa del COVID19 en donde el uso del alcohol potable tomó auge y se convirtió en uno de los elementos indispensables para prevenir esta terrible enfermedad acompañado de otras medidas de bioseguridad. Debido a la alta demanda de este producto varias industrias dedicadas a la producción de cerveza y alcohol etílico se dedicaron total o parcialmente a la producción de alcohol potable ya sea por innovación o inversión (Olivera et al., 2020).

En el periodo enero 2018- junio 2020 la venta de etanol considerado como desinfectante, ascendió a 17,2 millones de dólares causando así un impacto positivo en empresas dedicadas a la producción, comercialización y distribución de alcohol de uso tópico para prevención del

COVID- 19 y sus mutaciones que con el paso del tiempo se fueron conociendo (Asuero et al., 2021, p. 35).

Con estos antecedentes y por las experiencias vividas a nivel familiar y social, nace la necesidad de proyectar esta investigación enmarcada en la OBTENCIÓN DE ALCOHOL POTABLE A PARTIR DEL FERMENTADO DE FRUTILLA (*Fragaria*). Para la realización de este proyecto se ha considerado la utilización de la frutilla por ser una fruta que se encuentran en nuestro hábitat, en el diario vivir y en varios sectores de la Provincia de Chimborazo

Para el cumplimiento de este proyecto se utilizarán todos los conocimientos adquiridos en las Asignaturas de Operaciones Unitarias, Control de Calidad y de Producción; y gracias a las experiencias obtenidas en la consecución de esta investigación se considera la posibilidad de convertirlo en un emprendimiento. Para el cumplimiento de este objetivo se cuenta con el aval otorgado por la Empresa “Cervecería Nefer, empresa que ha obtenido su reconocimiento a nivel nacional y se puede mencionar a nivel internacional poniendo muy en alto el nombre de la Provincia de Chimborazo a base de la producción de Cerveza Artesanal1.3 Línea Base del Proyecto.

#### ***1.2.1. Estado actual de la empresa***

La empresa “Cervecería Nefer, es una empresa riobambeña creada alrededor del año 2020 que ha obtenido su reconocimiento a Nivel Nacional y se puede mencionar a nivel internacional poniendo muy en alto el nombre de la Provincia de Chimborazo a base de la producción de Cerveza Artesanal, cabe mencionar que esta empresa esta direccionada en la elaboración de licores, pero esto no le impide incursionar en la elaboración de alcohol desinfectante.

### **1.3. Beneficiarios directos e indirectos**

#### ***1.3.1. Directos***

El beneficiario de este proyecto de tesis es directamente la empresa Cervecería Nefer.

#### ***1.3.2. Indirectos***

Los beneficiarios indirectos de este proyecto son los consumidores de la cervecería Nefer y la ciudadanía en general debido a la oportunidad de crecimiento de la empresa y los posibles puestos de trabajo debido al nuevo producto de la empresa.

## 1.4. Objetivos

### 1.4.1. Objetivo General

- Diseñar un proceso industrial para obtener alcohol potable a partir de la frutilla (*fragaria*).

### 1.4.2. Objetivos Específicos

- Obtener Alcohol Potable al 70% a partir de la Frutilla.
- Establecer las variables de proceso para la obtención de alcohol potable a partir de la frutilla.
- Validar el proceso de obtención de alcohol potable con el cumplimiento de la norma NTE INEN 3194 para obtener un producto que cumpla con los estándares de calidad.
- Realizar un Análisis Costo Beneficio del producto

## 1.5. Localización del proyecto

### 1.5.1. Macro-localización

El presente proyecto se llevará a cabo en Ecuador en la provincia de Chimborazo en la ciudad de Riobamba en las calles Bolívar y Av. Lizarzaburu, dentro del conjunto “La Castellana”, tras la concesionaria de autos JAC GAMAMOTORS.

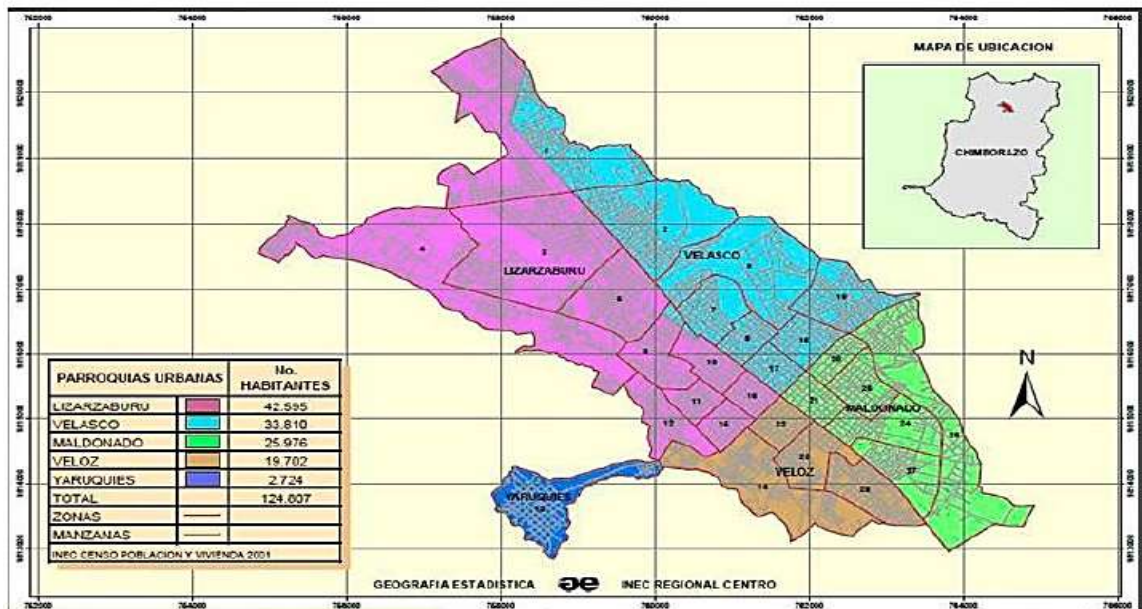


Figura 1-1: Límites geográficos

Fuente: Google Maps, 2016

a) Límites

Riobamba se encuentra limitada de la siguiente manera:

AL NORTE: Cantón Guano.

AL SUR: Cantón Cañar de la provincia de Azuay.

AL ESTE: Provincia de Bolívar.

AL OESTE: Provincia Morona Santiago.

1.5.2. *Micro-localización*

La Micro-localización geográfica de la empresa Nefer corresponde a:



**Figura 2-1:** Micro-localización Cervecería Artesanal Nefer

**Fuente:** Google Earth, 2020.

**Tabla 1-1:** Micro-localización Cervecería Artesanal Nefer

LATITUD	1°41'00.0''S
LONGITUD	78°38'36''W
ALTITUD	2742 m.s.n.m
CLIMA	Temperatura Promedio 11°C

**Fuente:** (Google Earth, 2020)

**Realizado por:** Cáceres, Ángel, 2022.

## CAPÍTULO II

### 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 2.1. Frutilla

La Fresa o Frutilla es una fruta muy común en el sector interandino del Ecuador. Se considera una planta perenne estolonifera, de pequeña altura y es muy apetecida por sus consumidores por lo que se ve acogida en productos asociados a la industria alimentaria todo lo que ello conlleva y últimamente se la ha acogido en el mundo de los procesos industriales en especial en la industria alimenticia, farmacéutica y la de bebidas alcohólicas (Sepúlveda, Delano, Correa, 2015).

##### 2.1.1. Clasificación

**Tabla 1-2:** Clasificación de la frutilla

<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	<i>Magnoliophyta</i>
<b>Clase</b>	<i>Magnoliopsida</i>
<b>Orden</b>	<i>Rosales</i>
<b>Familia</b>	<i>Rosaceae</i>
<b>Genero</b>	<i>Fragaria</i>
<b>Especie</b>	<i>vesca</i>
<b>Nombre Científico</b>	<i>Fragaria vesca</i>

Fuente: (Muñoz, 2011)

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

##### 2.1.2. Composición

**Tabla 2-2:** Composición de la frutilla por cada 100 gramos

Componente	Contenido en 100g	Componente	Contenido en 100g
Kilocalorías	32	Magnesio	12 mg
Agua	89,9%	Vitamina A	5 ucg
Proteínas	0,7 mg	Vitamina C	60 mg
Grasa	0,5 mg	Vitamina E	0,23 mg
Carbohidratos	6,9 %	Fósforo	27 mg
Fibra	1,4 g	Fenoles totales	58 – 210 mg
Potasio	190 mg	Antocianinas totales	55 – 145 mg

Fuente: (Cadena, 2017)

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022



### **2.1.3. Producción**

La producción de frutilla es bien acogida en el callejón interandino del Ecuador cabe mencionar que la producción de esta fruta se ve opacada por 2 provincias como lo son Pichincha y Tungurahua, como ejes principales mientras que en provincias como la nuestra se reduce a pequeños cultivos providentes de parroquias donde han acogido este producto como sustento del diario vivir (Alvarado, 2013).

## **2.2. Alcohol**

Se denomina alcohol al etanol o alcohol etílico, destinado al uso alimenticio, obtenido de la destilación, rectificación de líquidos obtenidos de materias vegetales amiláceas o azucaradas autorizadas que han sufrido fermentación alcohólica. (Benavent & Tude, 2011)

### **2.2.1. Tipos de alcohol**

#### *2.2.1.1. Por el contenido de agua de composición*

El alcohol etílico o etanol se puede clasificar debido a su porcentaje de agua de composición:

- **Anhidro:** Se considera un biocombustible con alto impacto en la actualidad y pertenece al grupo de energía renovables y combustible para un futuro. A nivel industrial se produce por hidratación catalítica del eteno o debido a una fermentación biológica con material lignocelulósico y cuya graduación alcohólica mínima es de 99.3 °. (Sánchez 2021, p.1)
- **Hidratado:** Es el alcohol cuya graduación mínima es de 92,6 ° y como su nombre lo denota es una mezcla hidroalcohólica (alcohol y agua). Se produce como cualquier alcohol únicamente omitiendo una deshidratación. Tiene una amplia funcionalidad especialmente en el mundo de las bebidas alcohólicas, química farmacéutica y menor grado para vehículos por sus limitaciones al motor. (Sánchez 2021, p.1)

#### *2.2.1.2. Por su aplicación*

El alcohol que se emplea como antiséptico y se guarda en el botiquín casero es el denominado etílico o etanol, pero no es el único, existen otras 3 clases de alcohol más habituales y son:

- **Alcohol Etílico:** También llamado etanol, es el que se encuentra en las bebidas alcohólicas como la cerveza o el vino, también se usa en el sector farmacéutico (antiséptico y desinfectante) y en el de la cosmética (perfumes).
- **Alcohol metílico:** También se conoce como metanol y se utiliza principalmente como disolvente.

- Alcohol Isopropílico: Conocido como isopropanol o propanol. Se utiliza comúnmente para la limpieza de aparatos eléctricos y lentes ópticos. También funciona como desinfectante. (Sánchez 2021)

### 2.2.1.3. Por su graduación

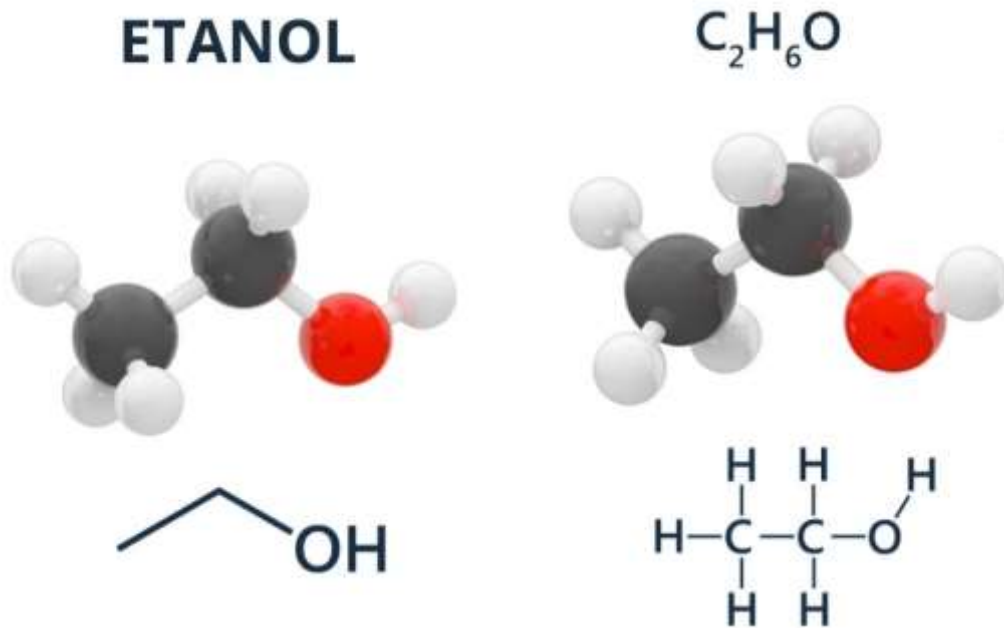
**Tabla 3-2:** Graduación del alcohol

<b>Tipo</b>	<b>Definición</b>	<b>Ejemplo</b>
Aguardientes Simples	Son los líquidos alcohólicos procedentes de la destilación de materiales vegetales previamente fermentadas a las cuales se deben sus características peculiares de aroma y sabor. Su graduación alcohólica puede estar comprendida entre 30 ° y 80 °.	Pueden ser de varios tipos: Holandas, Flemas, Aguardientes de caña, Aguardientes de Frutas, Aguardientes de Sidra y Aguardientes de Cereales
Alcoholes Destilados Alcoholes Rectificados	Su graduación alcohólica estará comprendida entre 80° y 96° Su graduación alcohólica será superior a 96 °. Se Obtienen por destilación y rectificadas de aguardientes y de alcoholes destilados.	Pueden ser: Vino, Orujo y Cereales. Pueden ser alcoholes rectificadas de: Vinos, Orujo, Frutas, Cereales, Melazas.
Bebidas Espirituosas	Son todos los líquidos aptos para el consumo humano, elaborados con alcohol de uso alimenticio, y con una graduación alcohólica específica en cada caso.	Aguardientes Compuestos, Licores, Anís y Aperitivos no Vínicos.

**Fuente:** (Benavent & Tude, 2011)

**Realizado por:** Cáceres, Ángel, 2022

### 2.2.2. Propiedades



**Figura 1-2:** Propiedades Físicas y Químicas del Etanol 70%

Fuente: (CABA, n.d.)

### 2.2.3. Cantidad de fructosa en diversas frutas/100 g

**Tabla 4-2:** Cantidad de fructosa en diversas frutas/100 g

Dátil	63,95 g
Higo	16,26 g
Uva	16,25 g
Mango	13,66 g
Cereza	12,82 g
Plátano	12,13 g
Mandarina	10,58 g
Frutilla o Fresa	4,89 g

Fuente: (Castejón, 2017)

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

### 2.2.4. Operaciones Unitarias

#### 2.2.4.1. Fermentación

La fermentación alcohólica es un bioproceso cuya finalidad es transformar una materia prima que por lo general son materiales azucarados provenientes de frutas con alto contenido de azúcares y

por presencia de microorganismos degradan los carbohidratos en una mezcla de alcohol etílico o etanol y CO<sub>2</sub>. (Guzmán, 2013)

El componente primordial para la fermentación alcohólica es la levadura por lo general se utiliza la *Saccharomyces cerevisiae*, pero con el avance de las investigaciones científicas y mejora de la calidad se ha utilizado la *Zymomonas mobilis*. (Espinoza, 2015)

#### 2.2.4.1.1. Factores que influyen en la fermentación alcohólica

Entre los factores que influyen en el proceso bioquímico de fermentación se encuentran:

Temperatura:

El factor más importante para el éxito de una fermentación es la temperatura dado que la temperatura con la que se trabaja modifica en ciertas condiciones de esta manera entre mayor temperatura menor pureza por lo tanto existe muchos compuestos inservibles que se pueden considerar como contaminantes. Por indagaciones previas la temperatura óptima de trabajo es 30°C y entorno a los 45 °C padecen. (Espinoza, 2015)

Nutrientes

Están las sustancias nitrogenadas, las sales y los factores de crecimiento(vitaminas) que normalmente se hallan en el mosto en concentración suficiente para el desarrollo de las levaduras. Sin embargo, en casos de vendimias atacadas de podredumbre en las que los mohos han consumido parte de estos nutrientes, puede ser necesario adicionar al mosto complejos vitamínicos y sales de amonio. (Espinoza, 2015)

Compuestos químicos de acción negativa

Por un lado, la acumulación de los propios productos de la fermentación alcohólica pueden ralentizarla. Por otro lado, esos mismos compuestos junto a otros presentes en el mosto de forma natural (taninos) o artificial (pesticidas, SO<sub>2</sub>, etc.), pueden actuar como inhibidores del crecimiento de las levaduras. (Espinoza, 2015)

Grados Brix

El mosto para fermentación alcohólica debe tener un Brix entre 16 y 20, pues si el Brix es muy bajo el grado alcohólico obtenido será pobre, por lo contrario, si el Brix es muy alto la fermentación no se efectúa, pues la presión osmótica que se ejerce sobre los microorganismos es grande y no permite que actúen sobre los azúcares. (Guzmán, 2013)

#### 2.2.4.2. Destilación

Se denomina destilación a la separación de los componentes de una solución por diferencia de temperatura, es decir, los componentes más volátiles serán los que se separarán primero y se denominarán destilado, los componentes menos volátiles serán los que quedan en el residuo. El proceso de separación denominado destilación utiliza fases de vapor y líquido, esencialmente a la misma temperatura y presión, para las zonas coexistentes. Se utilizan varios tipos de dispositivos, como, por ejemplo, los empaques vaciados u ordenados y las bandejas o platos, para que las dos fases entren en contacto íntimo. Los platos se colocan uno sobre otro y se encierran con una cubierta cilíndrica para formar una columna. Los empaques también están contenidos dentro de una cubierta cilíndrica entre los platos de apoyo y soporte. (Brito, 2001)

##### 2.2.4.2.1. Métodos de destilación

###### Destilación simple

Consiste en una vaporización parcial de la mezcla con producción de vapor rico en componentes volátiles que la mezcla inicial, quedando en el residuo los componentes menos volátiles. Este método se lo puede efectuar de dos maneras diferentes: la de equilibrio o cerrada y la diferencial o abierta. (Brito, 2001)

###### Destilación con Rectificación

La operación de rectificación es una operación en contracorriente y etapas múltiples, consiste en hacer circular en el vapor de una mezcla con el condensado procedente del mismo vapor, en un equipo llamado columna de rectificación, mediante este procedimiento se pueden tener los componentes con la pureza que se desee. (Brito, 2001)

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Criterios metodológicos

##### 3.1.1. *Técnica*

La caracterización física – química y microbiológicas, se establecen en las normas y técnicas que se encuentran instituidas en el manual de procedimientos Laboratorio de Análisis Técnico de la Facultad de Ciencias, fundamentados en la norma Técnica NTE INEN 3194 Alcohol desinfectante.

##### 3.1.2. *Muestreo*

El proceso de muestreo se realizó en dos veces por semana, la muestra se envasa en un recipiente limpio, hermético, resistente y seco, rotulando correctamente, estos puntos se los hacen tal y como se menciona en la normativa NTE INEN 3194 teniendo en cuenta el evitar contaminar con alguna otra sustancia.

##### 3.1.3. *Métodos*

La metodología que se usó para el desarrollo de la obtención de alcohol a partir de frutilla ha sido considerada con la finalidad de que las operaciones sucesivas y desarrolladas en orden lógico presten la atención debida a los elementos y valores permisibles de la norma Técnica INEN 3194 Alcohol desinfectante donde se establecen los requisitos que debe alcanzar el etanol en solución para su uso como desinfectante, efectuándose en sí varios métodos de tratabilidad en base a métodos de inducción, deducción y experimental para identificar las variables necesarias para el proceder al dimensionamiento de la posible planta de producción

##### 3.1.3.1. *Método inductivo*

El producto se basó en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 3194 en la cual se encuentran los requisitos del alcohol desinfectante, de esta manera se realizó pruebas fisicoquímicas que permitieron saber si el producto está dentro del límite de la normativa.

### 3.1.3.2. Método deductivo

Al realizar una revisión de las fuentes bibliográficas sobre el tema de estudio, se obtiene una visión general, para crear y diseñar un proceso industrial que logre la mayor eficiencia en cuanto a producto, servicio, producto final y su costo, obteniendo los resultados específicos para la elaboración del alcohol.

### 3.1.3.3. Método experimental

Este método fue el apropiado para poder obtener el alcohol desinfectante a nivel de laboratorio y así poder dimensionar los equipos para el proceso a nivel industrial. Además, realizar la caracterización de la materia prima y el producto elaborado para obtener los resultados deseados.

## 3.2. Parte experimental

### 3.3.1. Obtención de jugo de frutilla

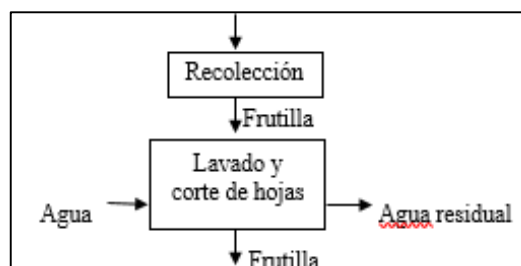
#### 3.3.1.1. Pretratamiento de la frutilla

El pretratamiento que se le dio a la frutilla para eliminar las impurezas provenientes del suelo al momento de su recolección.

**Tabla 1-3:** Proceso del pretratamiento de la frutilla

Proceso	Descripción
Recolección	Los pequeños productores de frutillas de Cacha luego de realizar la recolección, la cual se obtuvo 50 kg de frutillas.
Lavado	Se lavó las frutillas con abundante agua para poder retirar todos los residuos provenientes del suelo.
Corte	Se cortó las hojas de las frutillas para no alterar el proceso de obtención del jugo de frutilla.

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022



**Figura 1-3:** Diagrama del proceso de pretratamiento del jugo de frutilla

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

### 3.3.1.2. Extracción del jugo de frutilla

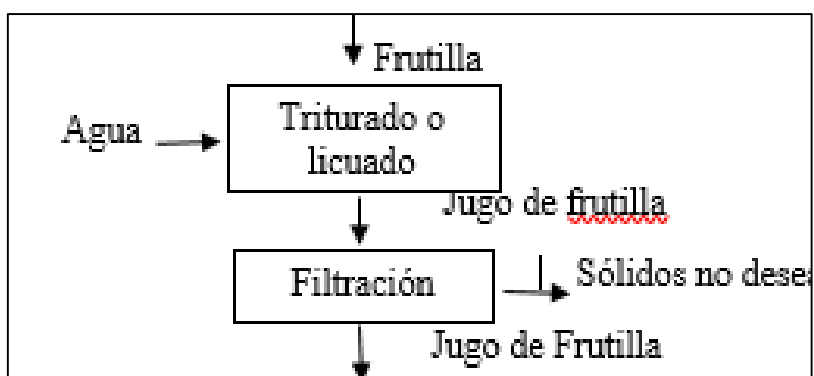
Se utilizó una licuadora industrial para poder obtener el jugo de la frutilla, el cual se obtuvo 47,59 kg de jugo y 1,75 kg de bagazo.

**Tabla 2-3:** Proceso de extracción del jugo de frutilla

Proceso	Descripción
Triturado	Las frutillas fueron llevadas a una licuadora para poder procesarlas y obtener su jugo.
Filtración	El jugo de frutilla se filtró para eliminar todas las impurezas y bagazo que quedo del proceso de triturado.

Fuente: Laboratorio de Bromatología, F.C, ESPOCH

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022



**Figura 2-3:** Diagrama del proceso de pretratamiento del jugo de frutilla

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

### 3.3.2. Caracterización del jugo de frutilla

El jugo de frutilla no tiene una norma para poder caracterizarlo por lo que se siguió el procedimiento de las técnicas del laboratorio de investigación y bromatología de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH. Por lo cual se realizaron las pruebas de sólidos totales, pH, cenizas totales, acidez, densidad y grados BRIX.

**Tabla 3-3:** Determinación de sólidos totales del jugo de frutilla

<b>Fundamento</b>	Determina la materia que permanece como residuo después de la evaporación y secado a 103-105°C. El aumento de peso de la cápsula representa los sólidos totales.	
<b>Equipo</b>	-Estufa. -Equipo para Baño María.	-Balanza analítica.



<b>Materiales</b>	-Caja Petri. -Vaso de precipitación.	-Desecador. -Pinza.
<b>Reactivos</b>	-Muestra.	
<b>Técnica</b>	-Colocar la caja Petri en la estufa durante 1 hora. -Terminado el tiempo, llevar al desecador y dejar 1 hora. -Pesar y registrar el peso 1. -Homogenizar la muestra y añadir 25 ml en la caja. -Situarse la caja en el equipo para secado a baño maría. -Retirar del equipo una vez que se haya secado totalmente. -Llevar nuevamente a la estufa y dejar 1 hora. -Colocar después en el desecador durante otra hora más. -Finalizado el tiempo, pesar y registrar el peso 2. -Realizar los cálculos correspondientes con ambos pesos y obtener el resultado.	

**Fuente:** Laboratorio de Bromatología, F.C, ESPOCH

**Realizado por:** Cáceres, Ángel, 2022

**Tabla 4-3:** Determinación del pH del jugo de frutilla

<b>Fundamento</b>	Es la determinación de la actividad de los iones de hidrógeno por medición potenciométrica utilizando un electrodo de hidrógeno estándar y otro de referencia. El pH es un indicador de la acidez o alcalinidad del agua, varía en un rango de 1 a 14. Si el agua presenta: pH <7 ácida; pH >7 básica; pH =7 neutra.	
<b>Equipo</b>	pH-metro.	
<b>Materiales</b>	Vasos de precipitación.	
<b>Reactivos</b>	-Agua destilada.	-Muestra
<b>Técnica</b>	-Calibrar el equipo. -Lavar el electrodo del pH-metro con agua destilada. -Introducir el electrodo en un vaso de precipitación que contiene la muestra y presionar READ. -Dejar estabilizar la lectura y anotar el valor que se registra en la pantalla.	

**Fuente:** Laboratorio de Bromatología, F.C, ESPOCH

**Realizado por:** Cáceres, Ángel, 2022

**Tabla 5-3:** Determinación de cenizas totales del jugo de frutilla

<b>Fundamento</b>	Es la determinación del residuo obtenido por calcinación de una muestra en crisol abierto a 800°C
<b>Equipo</b>	-Mufla -Desecador con desecante -Reverbero -Balanza Analítica
<b>Materiales</b>	-Crisol Pizas de crisol
<b>Reactivos</b>	-Muestra
<b>Técnica</b>	- Se pesa el crisol vacío previamente tratado (4 horas en la estufa a 105°C) y desecado, hasta obtener peso constante. - Se pesa 5ml de muestra en el crisol. - Se lleva el crisol hasta el reverbero, que se encontraba en el extractor de gases hasta carbonizar (que la muestra se torne de color negro y que no exista visualización de humo). - Se coloca el crisol en la mufla a una temperatura de 500°C durante 2 horas. - Se saca el crisol y se lo puso en el desecador. - Se deja enfriar hasta que alcance a temperatura ambiente (30 minutos aproximadamente). - Se pesa el crisol. - Se coloca de nuevo en la estufa, repitiendo el proceso hasta obtener un peso constante.

**Fuente:** Laboratorio de Bromatología, F.C, ESPOCH

**Realizado por:** Cáceres, Ángel, 2022

**Tabla 6-3:** Determinación de la acidez del jugo de frutilla

<b>Fundamento</b>	Es la determinación por métodos volumétricos mediante titulación la cual implica el titulante, el titulado o analito y el indicador.
<b>Materiales</b>	-Matraz Erlenmeyer de 500ml -Bureta de 25ml
<b>Reactivos</b>	-Muestra

---

<b>Técnica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Se prepara una solución de 0,1M de hidróxido de sodio, debidamente valorado con ftalato ácido de sodio.</li> <li>- Se colocó 250ml de agua destilada en un matraz Erlenmeyer de 500ml.</li> <li>- Se añade 25ml de muestra y 5 gotas de fenolftaleína.</li> <li>- Se titula utilizando la bureta y la solución de NaOH preparada con anterioridad</li> </ul>
----------------	--

---

**Fuente:** Laboratorio de Bromatología, F.C, ESPOCH

**Realizado por:** Cáceres, Ángel, 2022

**Tabla 7-3:** Determinación de la densidad del jugo de frutilla

---

<b>Fundamento</b>	Es la determinación del coeficiente total de sacarosa disuelta en la muestra
<b>Equipo</b>	-Refractómetro
<b>Materiales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Pipeta Pasteur</li> <li>-Vaso de precipitación de 50ml</li> <li>Varilla de agitación</li> </ul>
<b>Reactivos</b>	-Muestra
<b>Técnica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se enciende el equipo y se abrió la tapa del equipo.</li> <li>- Se calibra el equipo (se limpia la superficie con una toalla adsorbente y se agrega una gota de agua destilada, se cierra la tapa hasta que se calibre y, por último, se abre la tapa y se limpia de nuevo la superficie).</li> <li>- En el vaso de precipitación de 50ml se coloca la muestra.</li> <li>- Se agita suavemente para homogeneizar la muestra.</li> <li>- Se introduce una gota de la muestra en la superficie del equipo.</li> <li>- Se presiona empezar y se espera hasta que visualiza los números sin cambio alguno en la pantalla.</li> <li>- Se lleva el índice de refracción, ° Brix y temperatura, registrando los respectivos valores.</li> </ul>

---

**Fuente:** Laboratorio de Investigación, F.C, ESPOCH

**Realizado por:** Cáceres, Ángel, 2022

### 3.3.2. Obtención del etanol

#### 3.3.2.1. Fermentación del jugo de frutilla

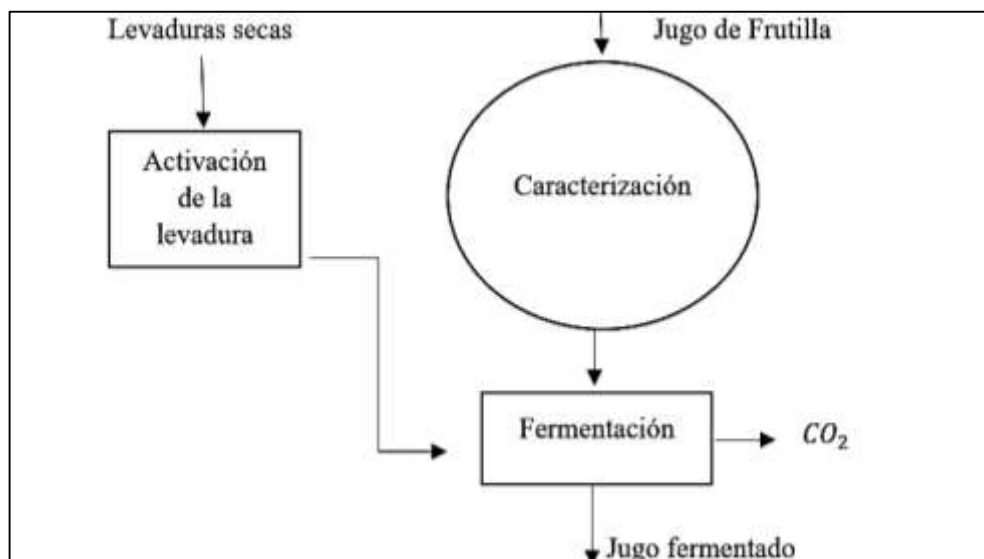
Para la fermentación del jugo de frutilla se utilizó levadura *Saccharomyces cerevisiae* siendo esta una levadura seca, por lo cual se debe realizar una activación. Posteriormente se agregó el jugo de frutilla y se dejó en reposo para completar su proceso. A la fermentación se fue realizando la determinación del pH, índice de refracción, grados Brix y grado alcohólico.

**Tabla 8-3:** Proceso de fermentación del jugo de frutilla

<b>Fundamento</b>	Es la activación de la levadura para el proceso de la fermentación.
<b>Materiales</b>	-Varilla de agitación -Balanza analítica -Termómetro
<b>Reactivos</b>	-Levadura seca
<b>Técnica</b>	- Se debe agregar 65ml/hL por lo mismo se pesó un total de 55g por cada 55L del extracto de frutilla o jugo -Pesado el valor a trabajar de levadura se adiciona a unos 350 ml del zumo o jugo manteniendo una temperatura de 30°C. -Agitar suavemente aproximadamente durante media hora, pasado este tiempo se agrega al resto del zumo o jugo.

**Fuente:** Laboratorio de Investigación, F.C, ESPOCH

**Realizado por:** Cáceres, Ángel, 2022



**Figura 3-3:** Diagrama del proceso de fermentación del jugo de frutilla

**Realizado por:** Cáceres, Ángel, 2022

### 3.3.2.2. Destilación del jugo fermentado

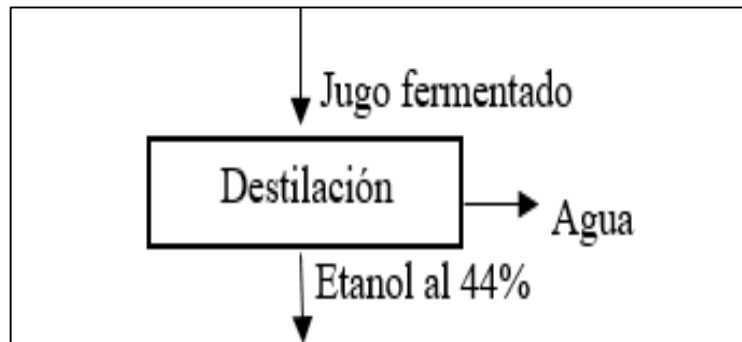
La destilación se realizó en el laboratorio de procesos industriales, el cual nos permitió la obtención del etanol al 44% a partir del jugo de frutilla.

**Tabla 9-3:** Proceso de destilación del fermentado

<b>Fundamento</b>	Es obtención de un alcohol destilado de mayor grado alcohólico a la inicial por ende más purificado
<b>Equipo</b>	Destilador
<b>Materiales</b>	-Alcoholímetro -Probeta de 100ml -Probeta de 1000ml
<b>Técnica</b>	- Se desinfecta el equipo de destilación, luego se verifica las conexiones eléctricas y de gas que se van a utilizar. -Se coloca la cantidad de alcohol a destilar. -Controlar la temperatura de destilación siendo esta 78,4°C -Recolectar el destilado obtenido cada hora, siempre comprobando su volumen y grado de alcohol.

**Fuente:** Laboratorio de Procesos Industriales, F.C, ESPOCH

**Realizado por:** Cáceres, Ángel, 2022



**Figura 4-3:** Diagrama del proceso de destilación del jugo de frutilla

**Realizado por:** Cáceres, Ángel, 2022

### 3.3.2.3. Rectificación del etanol

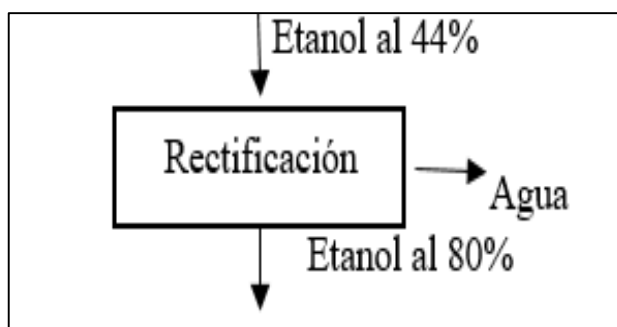
Luego de obtener un etanol destilado al 44° de alcohol, se realizó la rectificación mediante una destilación fraccionada en el laboratorio de procesos industriales para obtener un etanol al 80% de alcohol.

**Tabla 10-3:** Proceso de rectificación del destilado

<b>Fundamento</b>	Es obtención de un alcohol rectificado del destilado con un mayor grado alcohólico a la inicial por ende más purificado
<b>Equipo</b>	Destilador
<b>Materiales</b>	-Alcoholímetro -Probeta de 100ml -Probeta de 1000ml
<b>Técnica</b>	- Se desinfecta el equipo de destilación, luego se verifica las conexiones eléctricas y de gas que se van a utilizar. -Se pone en funcionamiento el sistema de refrigeración para lograr un buen reflujo del destilado -Controlar la temperatura de destilación siendo esta 78,4°C -Recolectar el destilado obtenido cada hora, siempre comprobando su volumen y grado de alcohol.

**Fuente:** Laboratorio de Procesos Industriales, F.C, ESPOCH

**Realizado por:** Cáceres, Ángel, 2022



**Figura 5-3:** Diagrama del proceso de fermentación del jugo de frutilla

**Realizado por:** Cáceres, Ángel, 2022

#### 3.3.2.4. Caracterización del etanol obtenido

La caracterización del producto obtenido se basará en la presente norma técnica ecuatoriana NTE INEN 3194 generada en junio del 2020 en la cual presenta los requisitos que debe tener el producto.

**Tabla 11-3:** Requisitos físicos y químicos para el etanol (alcohol etílico) en solución

<b>Requisito</b>	<b>Unidad</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Método de ensayo</b>
Contenido de etanol a 20°C (porcentaje en volumen)	-	68,0	72,0	NTE INEN 340

Color, en unidades Hazen (escala platino-cobalto)	-	-	10	ISO 2211
Densidad a 20°C	g/mL	0,8805	0,8905	ISO 758
Residuo seco por evaporización	mg/100 mL	-	3,0	ISO 759
Acidez como ácido acético en porcentaje en masa, %	.	-	0,003	NTE INEN- ISO 1388-2
Acidez como acetaldehído en porcentaje en masa, %	.	-	0,001	NTE INEN- ISO 1388-5
Metanol, en porcentaje en volumen %	.	-	0,02	NTE INEN- ISO 1388-7

Fuente: (NTE INEN 3194, 2020)

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

### 3.3.2.5. Diagrama del proceso de obtención de alcohol desinfectante a partir de la frutilla

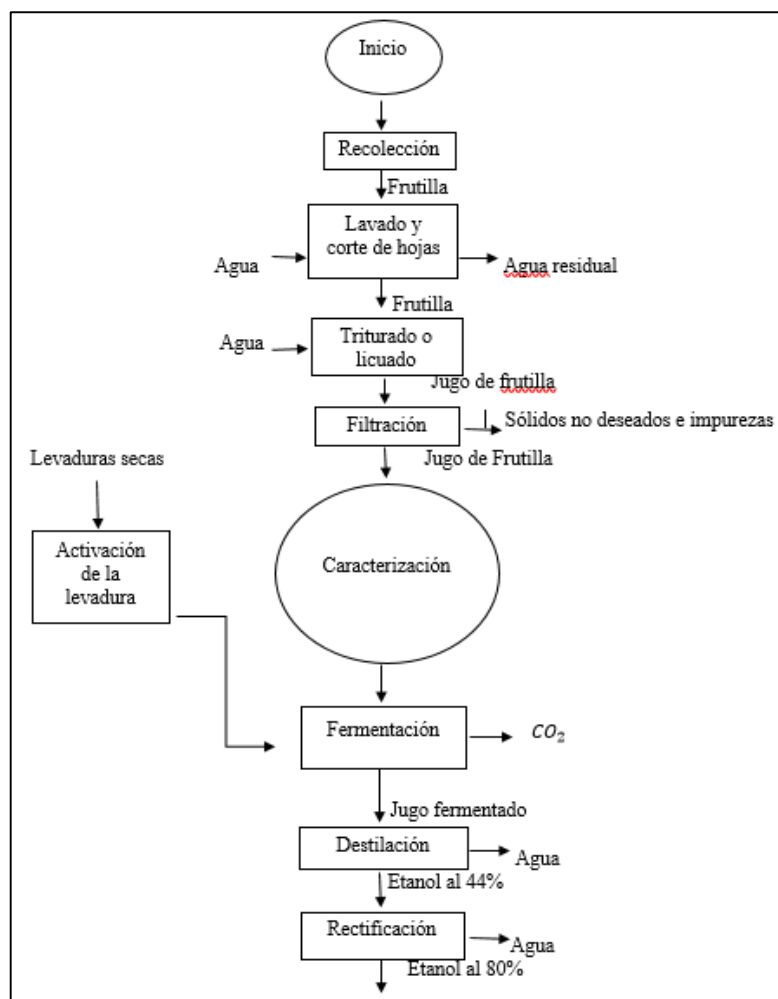


Figura 6-3: Diagrama del proceso de obtención de etanol a partir de la frutilla

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

### 3.3. Variables de proceso

**Tabla 12-3:** Variables del proceso de obtención a partir de la frutilla

<b>Variables</b>	<b>Tipo de variable</b>	<b>Concepto</b>	<b>Equipo de medición</b>	<b>Parámetros</b>
Frutilla	Dependiente	Grado de maduración	Tiempo necesario para que la frutilla sea cosechada	Visual 5 a 6 meses
Lavado	Independiente	Cantidad de frutilla	Masa inicial de frutilla	Balanza 50 kg
Triturado	Dependiente	Tiempo	Magnitud de duración del triturado	Cronómetro 2 min
	Independiente	Cantidad de frutilla a triturar	Cantidad de masa para extraer el jugo de frutilla	Balanza 47,6 kg
Activación de la levadura	Dependiente	Tiempo	Duración de la activación de la levadura	Cronómetro 30 min



		Temperatura	Calor existente en la activación de la levadura	Termómetro	30°C
	Independiente	Cantidad de levadura utilizada	Cantidad de levadura a utilizar para disolución	Balanza	50 g
Fermentación	Dependiente	Tiempo	Duración de la fermentación	Cronómetro	78 h
		Temperatura	Calor necesario en el proceso	Termómetro	28°C
Destilación y rectificación	Dependiente	Tiempo	Duración de la destilación y rectificación	Cronómetro	16 h
		Temperatura	Calor necesario para el proceso	Termómetro	78°C

---

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

### 3.4. Datos experimentales

#### 3.4.1. Lavado

**Tabla 13-3:** Datos experimentales de la frutilla antes y después del lavado

Muestra	Masa inicial	Masa final
1	50kg	49,33kg
2	50kg	49,34kg
3	50kg	49,34 kg

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

#### 3.4.2. Filtración

**Tabla 14-3:** Datos experimentales de la filtración del jugo de frutilla

Medio filtrante	P <sub>N</sub> (g)	P <sub>NS+M</sub>
Nylon	17,19	17,76

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

##### 3.4.2.1. Cálculo del porcentaje de sólidos retenidos

$$\%Retenido = \frac{P_{NS*M} - P_N}{J} * 100\%$$

Donde

P<sub>N</sub>: Peso de la media nylon (g)

P<sub>NS\*M</sub>: Peso de la media nylon seco con la muestra

J: Peso de la muestra que se filtró (g)

$$\%Retenido = \frac{17,76g - 17,19g}{49,50g} * 100\%$$

$$\%Retenido = 1,15\%$$

#### 3.4.3. Fermentación

**Tabla 15-3:** Datos experimentales de ceniza

Cenizas			
N°	Capsula Vacía	Capsula + masa humedad	Capsula + Cenizas
1	27,819	28,8260	28,1660
2	37,746	38,8000	38,3540
3	32,365	33,3630	33,4110

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

**Tabla 16-3:** Datos recolectados en el proceso de fermentación

Sólidos Totales
-----------------

	<b>Cápsula Vacía (g)</b>	<b>Capsula + masa humedad (g)</b>	<b>Cápsula + Sólidos Secos</b>	<b>%</b>
1	35,42	43,1916	36,1744	9,70
2	52,5	57,2886	53,1567	13,71
3	63,194	63,6792	63,6236	13,16

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

**Tabla 17-3:** Datos experimentales de la acidez

<b>Acidez Titulable</b>					
	<b>ml NaOH Titulación</b>	<b>Normalidad de NaOH</b>	<b>Peso Equivalente expresado en mg de ácido málico</b>	<b>Volumen de la alícuota</b>	<b>Resultado</b>
1	36,7	0,937	0,067	25	0,92159572
2	33,5	0,937	0,067	25	0,8412386
3	35	0,937	0,067	25	0,878906

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

**Tabla 18-3:** Datos recolectados durante el período de fermentación

<b>Fecha</b>	<b>Grados brix</b>	<b>pH</b>	<b>Grado alcohólico</b>	<b>Índice de refracción</b>
13/5/2022	23,87	4,07	0,00	1,3704
18/5/2022	16,08	3,78	0,00	1,3575
23/5/2022	14,25	3,41	2,03	1,3545
28/5/2022	12,54	3,31	5,10	1,3517
01/6/2022	8,26	3,25	9,83	1,3452
06/6/2022	5,54	3,17	12,92	1,3517
10/6/2022	3,26	3,02	15	1,2252

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

**Tabla 19-3:** Datos recolectados durante el periodo de fermentación de la proteína

<b>Proteína</b>									
<b>Muestra</b>	<b>masa seca</b>	<b>Sulfato Cúprico</b>	<b>Sulfato de Sodio</b>	<b>Ácido Sulfúrico</b>	<b>Ácido Bórico</b>	<b>Ácido Clorhídrico</b>	<b>Factor</b>	<b>Normalidad ad NaOH</b>	<b>Cálculo</b>
1	0,50	0,199	1,805	20	50	30,5	6,2	0,1	53,16
2							5		23506

2	0,50	0,212	1,801	20	50	30,6	6,2	0,1	53,12
	4						5		5
3	0,40	0,2	1,806	20	50	26,7	6,2	0,1	57,68
	5						5		51852

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

#### 3.4.4. Cálculos de variables en el proceso

- **Densidad:** Relación de masa y el volumen de una sustancia o muestra

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Donde

m: masa

v: volumen

$$\rho = \frac{12,95}{10}$$

$$\rho = 1,29 \text{ g/ml}$$

- **Sólidos totales:** Sólidos totales presentes en una muestra.

$$ST = \left( \frac{M_2 - M_C}{V_m} \right) * 100$$

Donde

V<sub>m</sub>: volumen de la muestra

M<sub>2</sub>: Masa de la capsula con la muestra seca (g)

M<sub>C</sub>: Masa de la cápsula (g)

V<sub>m</sub>: Volumen de la muestra (ml)

$$ST = \left( \frac{M_2 - M_C}{V_m} \right) * 100$$

- **Cálculo de cenizas totales:** Datos disponibles en la Tabla 8-3

$$\% \text{ Cen} = \left( \frac{M_2 - M_C}{M_1 - M_C} \right) * 100$$

Donde

M<sub>2</sub>: Masa del crisol con la ceniza (g)

M<sub>1</sub>: Masa del crisol con la muestra de ensayo (g)

M<sub>C</sub>: Masa del crisol vacío (g)

$$\% \text{ Cen} = \left( \frac{28,16 - 27,81}{28,82 - 27,81} \right) * 100$$

$$\% \text{ Cen} = 34,35$$

- **Acidez:** Ácido predominante en la muestra puede ser el ácido Cítrico, ácido tartárico o ácido málico. Datos para encontrar la acidez están disponibles en la Tabla 19-3

$$A = \frac{(N_1 * V_1 * M) * 10}{V_2}$$

Donde

$V_1$ :  $cm^3$  de NaOH usados para la titulación de la alícuota

$N_1$ : Normalidad de la solución de NaOH

$M$ : peso molecular del ácido considerado como referencia

$V_2$ : Volumen de la alícuota tomada para el análisis (ml)

$$A = \frac{36,7ml * 0,937N * 134,088g}{25ml * 1000}$$

$$A = 1,84 g/cm^3$$

### 3.5. Balance de materia y energía

#### 3.5.1. Balance de materia

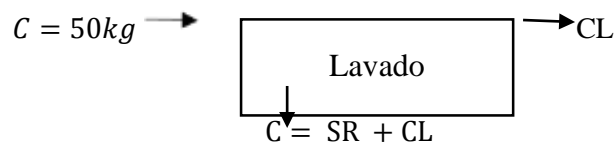
Para el balance de materia se rige en la Ley de la Conservación de la materia, la cual nos dice que “la materia ni se crea ni se destruye solo se transforma”. Por eso se ha realizado el balance de materia como el jugo de frutilla se transformó en etanol a nivel de laboratorio.

La ecuación del balance de materia es el siguiente:

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

##### 3.5.1.1. Lavado

En este punto se elimina las impurezas y hojas de la frutilla sienta este valor 1,33%.



$$CL = C - SR$$

$$CL = 50Kg - \frac{1,33}{100} * 50Kg$$

$$CL = 50Kg - 0,66$$

$$CL = 49,34 kg$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Materia que sale}}{\text{Materia que entra}} * 100\%$$

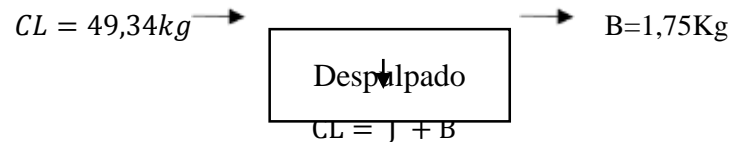
$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{49,34 Kg}{50Kg} * 100\%$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 98,68\%$$

En el proceso de lavado tiene un rendimiento de 98,68% y 1,33% de impurezas provenientes de la cosecha por lo que son removidas en este proceso.

### 3.5.1.2. Despulpado

La materia de entrada en el despulpado es de 49,34 kg de frutilla lavada.



$$J = CL - B$$

$$J = 49,34\text{Kg} - 1,75\text{Kg}$$

$$J = 47,59\text{Kg}$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Materia que sale}}{\text{Materia que entra}} * 100\%$$

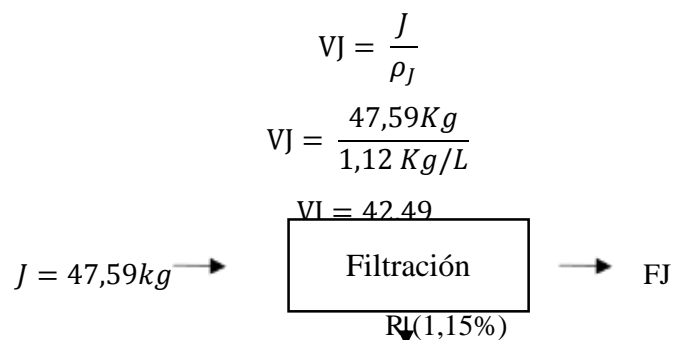
$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{47,59 \text{ Kg}}{49,34\text{Kg}} * 100\%$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 96,45\%$$

En el proceso de despulpado tiene un rendimiento de 96,45% para obtener del jugo de frutilla y un rendimiento en el bagazo de 3,55%.

### 3.5.1.3. Filtración

En las pruebas de laboratorio se filtró la muestra dando un porcentaje de 1,15% de residuos. Con la densidad calculada podemos determinar el volumen de jugo obtenido para la entrada al proceso de filtración.



$$VJ = \frac{J}{\rho_J}$$

$$VJ = \frac{47,59\text{Kg}}{1,12 \text{ Kg/L}}$$

$$VI = 42,49$$

$$J = FJ + R$$

$$FJ = J - R$$

$$FJ = 42,49\text{L} - \frac{1,15}{100} * 42,49\text{L}$$

$$FJ = 42,49\text{L} - 0,49\text{L}$$

$$FJ = 42L$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Materia que sale}}{\text{Materia que entra}} * 100\%$$

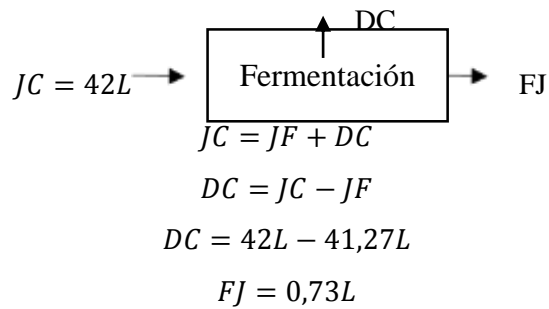
$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{42L}{42,49L} * 100\%$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 98,85\%$$

En la filtración se obtiene un rendimiento de 98,85% de jugo de frutilla y un rendimiento en los residuos de 1,15% de sólidos totales.

#### 3.5.1.4. Fermentación

En las pruebas de fermentación el azúcar presente en el mosto se transformó en etanol y dióxido de carbono.



$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Materia que sale}}{\text{Materia que entra}} * 100\%$$

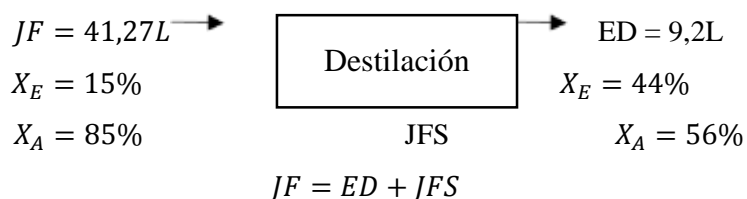
$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{41,27L}{42L} * 100\%$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 98,26\%$$

El rendimiento mostró un valor de 98,26%, transformando el azúcar en etanol un 15% y formando un 1,74% en gas, este proceso se logra observar a través del airlock en él se visualizó burbujas formadas por el proceso.

#### 3.5.1.5. Destilación

En las pruebas de destilación se utiliza el alcoholímetro para tener datos de contenido de alcohol inicial y final teniendo en cuenta que el resto es agua.



$$JFS = JF - ED$$

$$JFS = 41,27L - 9,2L$$

$$JFS = 32,07L$$

- Balance del etanol

$$X_E * JF = X_{E2} * ED + X_{E3} * JFS$$

$$X_{E3} = \frac{X_E * JF - X_{E2} * ED}{JFS}$$

$$X_{E3} = \frac{0,15 * 41,27L - 0,44 * 9,2L}{32,07L}$$

$$X_{E3} = 0,0668$$

$$X_{E3} = 6,68\%$$

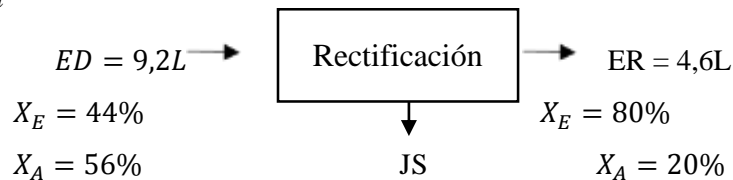
$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Materia que sale}}{\text{Materia que entra}} * 100\%$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{9,2L}{41,27L} * 100\%$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 22,29\%$$

El rendimiento de la destilación es de 22,29%, esto se debe a que solo se logró obtener solo 15% alcohol de la fermentación, además también el producto es afectado por el equipo y su eficiencia que dando del mismo una fracción de 6,68% de jugo fermentado que se destiló.

### 3.5.1.6. Rectificación



$$ED = ER + JS$$

$$JS = ED - ER$$

$$JS = 9,2L - 4,6L$$

$$JS = 4,6L$$

- Balance del etanol

$$X_E * ED = X_{E2} * ER + X_{E3} * JS$$

$$X_{E3} = \frac{X_E * ED - X_{E2} * ER}{JS}$$

$$X_{E3} = \frac{0,44 * 9,2L - 0,8 * 4,6L}{4,6L}$$

$$X_{E3} = 0,08$$

$$X_{E3} = 8\%$$



$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Materia que sale}}{\text{Materia que entra}} * 100\%$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{4,6L}{9,2L} * 100\%$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 50\%$$

La destilación presentó un rendimiento del 50% esto se debe a causas propias del equipo y a su eficiencia y al punto azeotrópico que se presenta entre el agua y el etanol.

### 3.5.1.7. Rendimiento total del azúcar al transformarse en etanol

$$\%R_{total} = \frac{\text{Materia que sale}}{\text{materia que entra}} * 100$$

$$\%R_{total} = \frac{4,4L}{50} * 100\%$$

$$\%R_{total} = 8,8\%$$

El rendimiento total del proceso es bajo por la cuestión que la frutilla

### 3.5.2. Balance de energía

En operaciones unitarias como Destilación ocurre fenómenos de transferencia de calor es por ello que es fundamental un balance energético, para medir el calor que se suministra y elimina en el proceso industrial optimizando el proceso

#### 3.5.2.1. Datos necesarios para el balance de energía

Para el balance energético las entalpías no se pueden directamente es por ello que se requiere datos experimentales en función de simulación de procesos con paquetes termodinámicos de mezclas multicomponentes

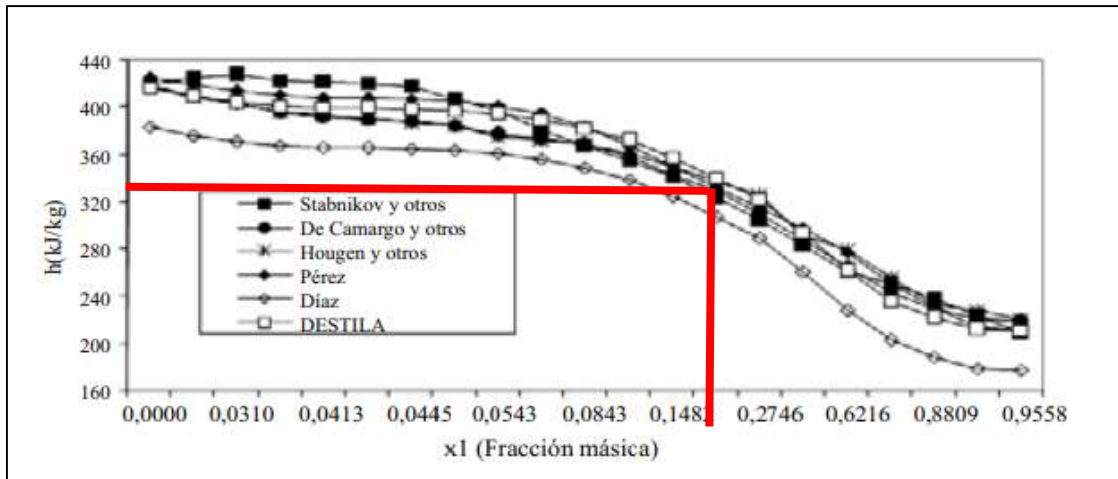
Existen investigaciones como (Pérez Ones; Osney et al., 2010) para obtener datos experimentales por interpolación de datos

**Tabla 20-3:** Entalpías para las corrientes de trabajo en función del etanol

<b>CORRIENTE</b>	<b>Volumen (l)</b>	<b><math>\dot{m}</math>(kg/h)</b>	<b>X1 (%)</b>	<b>H (KJ/Kg)</b>
JUGO FERMENTADO (JF)	41,27	6,68	0,1500	350
ETANOL DESTILADO (ED)	9,2	0,90	0,4400	270
JUGO FERMENTADO	32,07	5,19	0,0680	390
SOBRANTE (JFS)				

ETANOL RECTIFICADO (ER)	4,6	0,45	0,8000	235
SOLUCION TANINA (FONDO RECTIFICACION) JS	4,6	0,45	0,0800	380

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022.



**Figura 7-3:** Entalpías de las corrientes

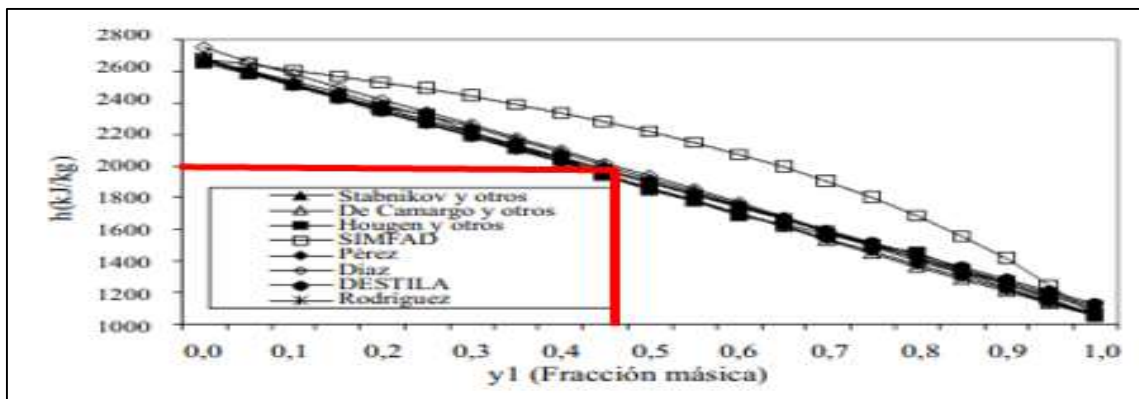
Fuente: Sataloff, et al., 1995

**Tabla 21-3:** Entalpía para el calor residual del condensador

CORRIENTE	Y1 (%)	H (KJ/Kg)
DESTILADO	0,4400	2000
RECTIFICADO	0,8000	1300

Fuente: Sataloff, et al., 1995

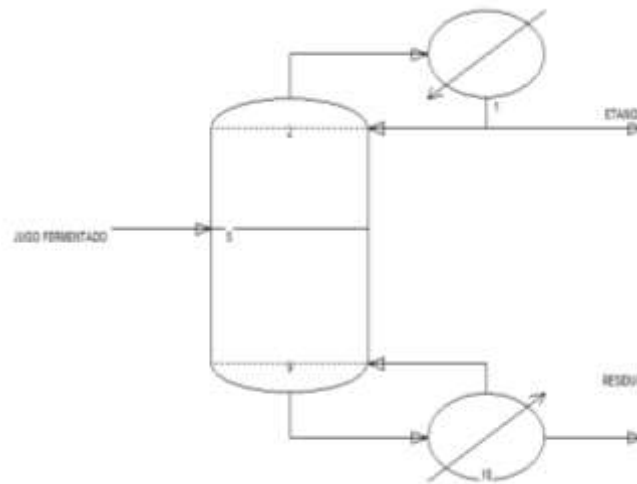
Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022



**Figura 8-3:** Entalpías del calor residual

Fuente: Sataloff, et al., 1995

### 3.5.2.2. Balance de energía en la destilación



$$\dot{Q}_{c1} = \dot{m} * H_{c1}$$

$$\dot{Q}_{c1} = 0,90 \frac{kg}{h} * 2000 \frac{KJ}{Kg}$$

$$\dot{Q}_{c1} = 1800 \frac{KJ}{h}$$

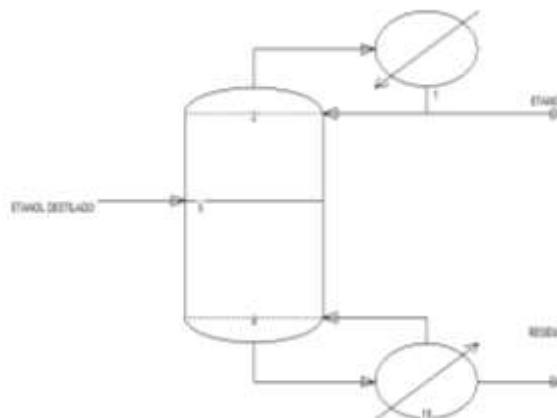
#### Balance General

$$JF * h_{JF} + \dot{Q}_r = ED * H_{ED} + JFS * h_{JFS} + \dot{Q}_c$$

$$6,68 \frac{Kg}{h} * 350 \frac{KJ}{Kg} + \dot{Q}_r = 0,90 \frac{Kg}{h} * 270 \frac{KJ}{Kg} + 5,19 \frac{Kg}{h} * 390 \frac{KJ}{Kg} + 1800 \frac{KJ}{h}$$

$$\dot{Q}_r = 1729,1 \frac{KJ}{h}$$

### 3.5.2.3. Balance de energía en la rectificación



$$\dot{Q}_{c2} = \dot{m} * H_{c2}$$

$$\dot{Q}_{c2} = 0,90 \frac{kg}{h} * 1300 \frac{KJ}{Kg}$$

$$\dot{Q}_{c2} = 1170 \frac{KJ}{h}$$

*Balance General*

$$ED * h_{ED} + \dot{Q}_r = ER * H_{ER} + JS * h_{JS} + \dot{Q}_c$$

$$0,90 \frac{Kg}{h} * 270 \frac{KJ}{Kg} + \dot{Q}_r = 0,45 \frac{Kg}{h} * 235 \frac{KJ}{Kg} + 0,45 \frac{Kg}{h} * 380 \frac{KJ}{Kg} + 1170 \frac{KJ}{h}$$

$$\dot{Q}_r = 1215,5 \frac{KJ}{h}$$

### 3.6. Dimensionamiento de los equipos

#### 3.6.1. Diseño del recipiente de recepción y lavado de la frutilla

##### 3.6.1.1. Cantidad de frutilla a utilizar para la producción

La producción de alcohol desinfectante se obtendrá a partir de los datos encontrados anteriormente.

$$C_{Frutilla} = \frac{C_{Etanol}}{\% R_{Total}} * 100\%$$

Donde

$C_{Frutilla}$ : cantidad de frutilla

$C_{Etanol}$ : Cantidad de etanol

$\% R_{Total}$ : Porcentaje de rendimiento global

$$C_{Frutilla} = \frac{50L}{8,8} * 100\%$$

$$C_{Frutilla} = 568,18 Kg$$

Se utilizará 568,18 Kg de fresa para una producción deseada de 50 L de etanol.

##### 3.6.1.2. Volumen necesario

$$V_{frutilla} = \frac{V_{aguaexp} * C_{frutilla}}{C}$$

$$V_{frutilla} = \frac{500L * 568,18kg/lote}{50kg}$$

$$V_{frutilla} = 5681,8 L/lote$$

##### 3.6.1.3. Volumen total de carga

$$V_{TC} = V_{frutilla} + \frac{C_{frutilla}}{\rho_{frutilla}}$$

$$V_{TC} = 5681,8 L/lote + \frac{568,18Kg/lote}{1,12 Kg/L}$$

$$V_{TC} = 6189,10L/lote$$

### 3.6.1.4. Volumen total del recipiente

Para poder calcular el volumen total del recipiente se debe considerar un factor de seguridad del 15%.

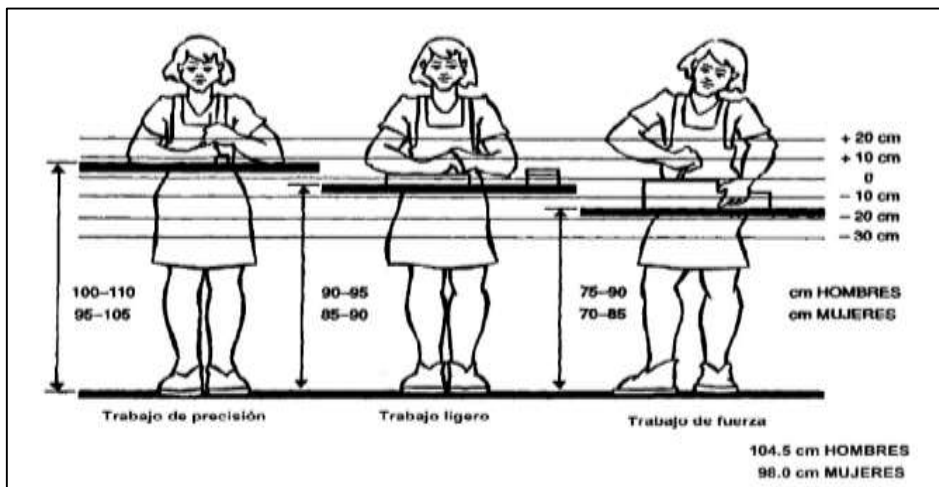
$$V_{\text{Recipiente}} = V_{TC} * 1,15\%$$

$$V_{\text{Recipiente}} = 6189,10L/\text{lote} * 1,15\%$$

$$V_{\text{Recipiente}} = 7117,47L$$

$$V_{\text{Recipiente}} = 7,11m^3$$

### 3.6.1.5. Altura de la mesa de recepción y lavado



**Figura 9-3:** Altura de la mesa según la ergonomía correcta

Fuente: Sataloff, et al., 1995

Al generar un trabajo sobre una superficie se toma en cuenta que se realizará corte y lavado normal sobre la misma, en base a Sataloff se ha estimado que es un trabajo de fuerza y el mismo recomienda que para este tipo de trabajo se use una mesa de altura entre 70 a 90cm y una profundidad de 30 cm.

### 3.6.1.6. Área de la superficie de la mesa

$$A_{sup} = \frac{V \text{ recipiente}}{h \text{ profundidad}}$$

$$A_{sup} = \frac{7,11m^3}{0,3m}$$

$$A_{sup} = 23,7m^2$$

El área superficial se tomará como la de un rectángulo

$$A_{sup} = x * y$$

Donde

x = ancho de la superficie (m)

y = largo de la superficie (m)

$$x = A_{sup}/y$$

$$x = \frac{23,7m^2}{y}$$

Para el uso de un área adecuada y óptima esta debe ser mínima, por ende, su perímetro deber ser mínimo también, entonces tenemos:

$$P_{sup} = 2x + 2y$$

$$P_{sup} = 2 * \left( \frac{23,7m^2}{y} \right) + 2y$$

$$P_{sup} = \left( \frac{47,4m^2}{y} \right) + 2y$$

$$P_{sup}' = - \left( \frac{47,4m^2}{y^2} \right) + 2$$

$$0 = - \left( \frac{47,4 m^2}{y^2} \right) + 2$$

$$-47,4 + 2y^2 = 0$$

$$y = 4,87 \text{ m}$$

$$x = \frac{23,7m^2}{4,87 \text{ m}}$$

$$x = 4,86 \text{ m}$$

Se estima que el recipiente será de 4,87m de lado y de ancho 4,87m.

#### 3.6.1.7. Cantidad de frutilla después del lavador

$$CL_{pro} = \frac{\% \text{ Rendimiento} * C_{frutilla}}{100}$$

$$CL_{pro} = \frac{98,68 * 568,18kg/lote}{100}$$

$$CL_{pro} = 560,68kg/lote$$

En base al rendimiento obtenido en el lavado realizado en la experimentación de 98,68% siendo 560,68 kg/lote de frutilla necesaria.

#### 3.6.2. Diseño de la despulpadora

El diseño de este equipo no posee ecuaciones en si, por ende, se ha buscado una elección económica y efectiva para el trabajo dentro de la empresa; se expone esta búsqueda en el Anexo B.

### 3.6.2.1. Determinación de extracto de frutilla después del despulpado

$$J_{\text{pro}} = \frac{\% \text{Rendimiento} * CL_{\text{pro}}}{100}$$
$$J_{\text{pro}} = \frac{96.45\% * 560,68 \text{Kg/lote}}{100}$$
$$J_{\text{pro}} = 540,77 \text{ Kg/lote}$$
$$J_{\text{pro}} = \frac{540,77 \text{ Kg/lote}}{1,290 \text{Kg/L}}$$
$$J_{\text{pro}} = 419,20 \text{ L/lote}$$

### 3.6.3. Diseño del equipo filtrador

El diseño de este equipo no posee ecuaciones en si, por ende, se ha buscado una elección económica y efectiva para el trabajo dentro de la empresa.

**Tabla 22-3:** Características del equipo filtrador

Detalles	Equipo
Fabricante	STY
Modelo	SY-1500
Precio	1500
Poder	0,25 – 3
Diámetro de la pantalla (mm)	400 - 2000
Material	Acero al carbono
Cubiertas	1 -5

**Fuente:** Focus Technology Co., 2021

**Realizado por:** Cáceres, Ángel, 2022

### 3.6.3.1. Determinación de extracto de frutilla después del filtrado

$$FJ_{\text{Pro}} = \frac{\% \text{Rendimiento} * J_{\text{Pro}}}{100}$$
$$FJ_{\text{Pro}} = \frac{98.85\% * 419,20 \text{L/lote}}{100}$$
$$FJ_{\text{Pro}} = 414,37 \text{L/lote}$$

### 3.6.4. Determinación de dimensiones del fermentador

Equipo donde se lleva a cabo la fermentación alcohólica, siendo un bioproceso cuya finalidad es transformar una materia prima que por lo general son materiales azucarados provenientes de frutas

con alto contenido de azúcares y por presencia de microorganismos degradan los carbohidratos en una mezcla de alcohol etílico o etanol y CO<sub>2</sub>. (Guzmán, 2013)

#### 3.6.4.1. Volumen total del fermentador

$$V_{ferm} = J C_{prop} * f_s$$

$$V_{ferm} = 0,0434 * 1,15$$

$$V_{ferm} = 0,05 m^3$$

#### 3.6.4.2. Diámetro del fermentador

$$D = \sqrt[3]{\frac{12 * V_{ferm}}{\pi * 4,6}}$$

Donde

V= volumen (m<sup>3</sup>)

$$D = \sqrt[3]{\frac{12 * 0,05}{\pi * 4,6}}$$

$$D = 0,35 m$$

#### 3.6.4.3. Diámetro total del fermentador

Para encontrar el diámetro total del fermentador se debe multiplicar por el factor de seguridad.

$$D_r = D * F_s$$

$$D_r = 0,35 * 1,15$$

$$D_r = 0,40 m$$

#### 3.6.4.4. Altura del fermentador

$$h_{ferm} = \frac{V_{ferm}}{\pi * r^2}$$

Donde

V<sub>ferm</sub>= Volumen del fermentador (m<sup>3</sup>)

r = radio del fermentador

$$h_{ferm} = \frac{0,05 m^3}{\pi * (0,20)^2}$$

$$h_{ferm} = 0,40 m$$

#### 3.6.4.5. Altura total del fermentador

$$h_{fs} = 50\% (h_{ferm})$$

Donde

H<sub>fs</sub> = factor de seguridad

h<sub>r</sub>= Altura final del reactor

$$h_{fs} = 50\% (0,40 m)$$

$$h_{fs} = 0,50 (0,40 m)$$



$$hfs = 0,20$$

$$hr = h_{ferm} + hfs$$

$$hr = 0,40m + 0,20m$$

$$hr = 0,60m$$

### 3.6.4.6. Volumen máximo del reactor

$$V_{m\acute{a}x} = \pi \left( \frac{Dr}{2} \right)^2 * hr$$

$$V_{m\acute{a}x} = \pi \left( \frac{0,40}{2} \right)^2 * 0,60m$$

$$V_{m\acute{a}x} = 0,075 \text{ m}^3$$

### 3.6.4.7. Dimensiones del sistema de mezclado

$$Da = \frac{Dr}{3}$$

$$Da = \frac{0,40m}{3}$$

$$Da = 0,13 \text{ m}$$

- a. Altura de las paletas desde el fondo del reactor hasta la mitad de las láminas

$$H = Da$$

$$H = 0,13 \text{ m}$$

- b. Ancho de las paletas

$$W = \frac{Da}{5}$$

$$W = \frac{0,13m}{5}$$

$$W = 0,026m$$

- c. Largo de las paletas

$$L = \frac{Da}{4}$$

$$L = \frac{0,13 \text{ m}}{4}$$

$$L = 0,032 \text{ m}$$

- d. Ancho de las placas deflectoras

**Tabla 23-3:** Placas deflectoras

$\frac{Da}{Dr} = \frac{1}{3}$	$\frac{H}{Da} = 1$	$\frac{J}{Dr} = \frac{1}{12}$
$\frac{ht}{Da} = 1$	$\frac{W}{Da} = \frac{1}{5}$	$\frac{L}{Da} = \frac{1}{4}$

Fuente: (Mc CABE & SMITH, 1998)

$$\frac{J}{Dr} = \frac{1}{12}$$

$$J = \frac{0,40m}{12}$$

$$J = 0,033 \text{ m}$$

#### 3.6.4.8. Cámara de calefacción

- a. Diámetro de la chaqueta de calentamiento

$$Dc = Dr + 0,3 * Dr$$

$$Dc = 0,40 + (0,3 * 0,40)$$

$$Dc = 0,52 \text{ m}$$

- b. Espesor de la cámara de calentamiento

$$Ec = \frac{Dc - Dr}{2}$$

$$Ec = \frac{0,52\text{m} - 0,40\text{m}}{2}$$

$$Ec = 0,06\text{m}$$

- c. Altura de la cámara de calentamiento

$$hc = hr + Ec$$

$$hc = 0,60\text{m} + 0,06\text{m}$$

$$hc = 0,66 \text{ m}$$

- d. Cálculo del volumen total del reactor

$$Vt = \pi * \left(\frac{Dc}{2}\right)^2 * hc$$

$$Vt = \pi * \left(\frac{0,52}{2}\right)^2 * 0,66$$

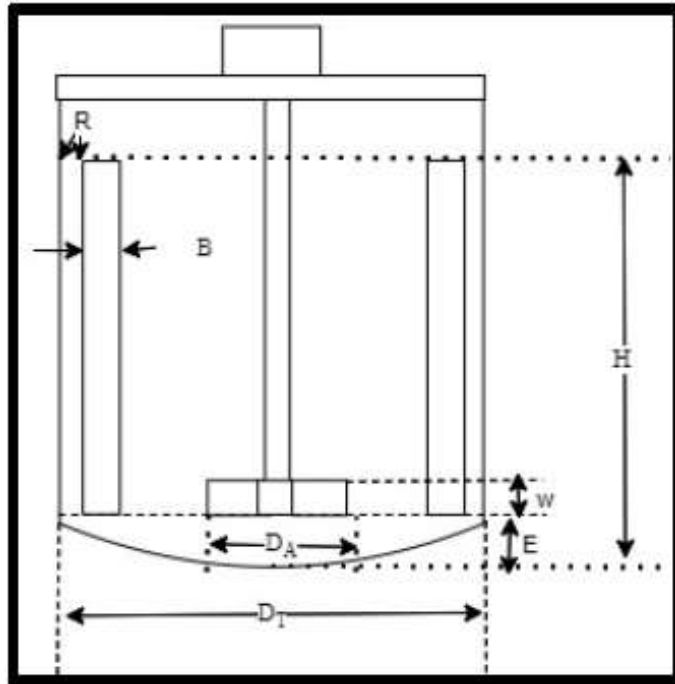
$$Vt = 0,14 \text{ m}^3$$

- e. Cálculo del volumen de la cámara de calentamiento

$$Vc = Vt - Vmáx$$

$$Vc = 0,14\text{m}^3 - 0,075 \text{ m}^3$$

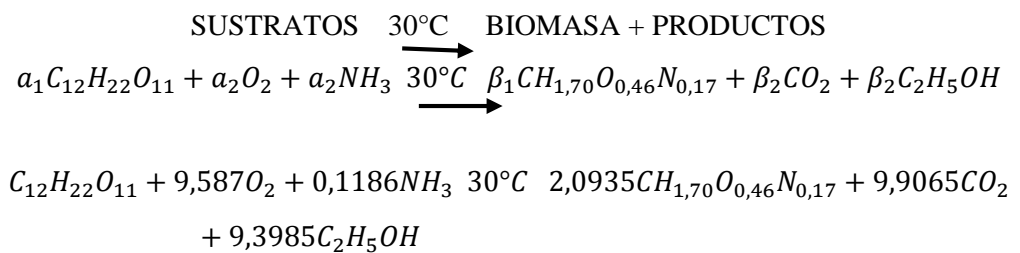
$$Vc = 0,22 \text{ m}^3$$



**Figura 10-3:** Diseño de un fermentador con sus componentes

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

### Balance de materia



$$f_{C_{12}H_{22}O_{11}} = V * r_f$$

$$f_{C_{12}H_{22}O_{11}} = 100L * 0,001 \frac{\text{mol}}{L * h}$$

$$f_{C_{12}H_{22}O_{11}} = 1 \frac{\text{mol}}{h} * \frac{342,01gC_{12}H_{22}O_{11}}{1\text{mol } C_{12}H_{22}O_{11}}$$

$$f_{C_{12}H_{22}O_{11}} = 342,01 \text{ g/h}$$

$$f_{O_2} = 306,59 \text{ g/h}$$

$$f_{NH_3} = 2,016 \text{ g/h}$$

$$f_{CH_{1,70}O_{0,46}N_{0,17}} = 49,061 \text{ g/h}$$

$$f_{CO_2} = 435,67 \text{ g/h}$$

$$f_{C_2H_5OH} = 169,08 \text{ g/h}$$

**Tabla 24-3:** Corrientes de alimentación y descarga del fermentador

Tipo de corriente	Componente	Flujo (g/h)	Flujo (Kg/h)
Alimentación	$C_{12}H_{22}O_{11}$	342,01	0,34
	$O_2$	306,59	0,30
	$NH_3$	2,02	0,00
Descarga	$CH_{1,70}O_{0,46}N_{0,17}$	49,06	0,05
	$CO_2$	435,67	0,44
	$C_2H_5OH$	169,08	0,17

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

### Balance de energía

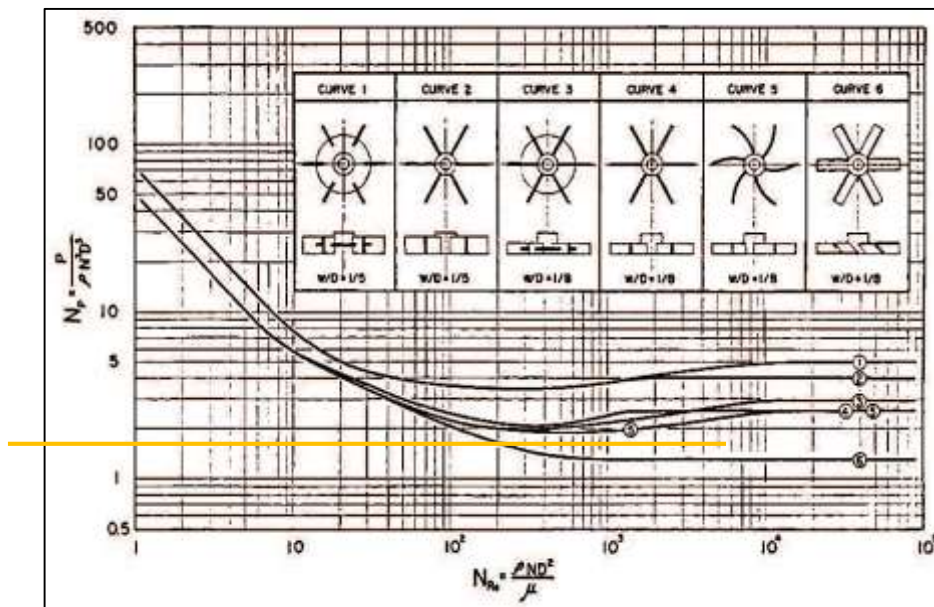
a. Determinación del régimen de flujo

$$N_{RE} = \frac{\rho N D_A^2}{\mu}$$

$$N_{RE} = \frac{1290 \frac{kg}{m^3} * 1 \frac{rev}{s} * (0,13)^2}{2,0736 * 10^{-3} \frac{kg}{m*s}}$$

$$N_{RE} = 10513,59$$

El número de Reynolds es superior a 4000 por ende se determina que es un flujo turbulento durante la fermentación.



**Figura 11-3:** Numero de Reynolds vs Número de potencia para tipos de agitadores tipo turbina

Fuente: Walas, 1990; citado en Ricaurte, 2016

El número de potencia se ha determinado a la elección de una turbina Curve Blade para el fermentador, dando un valor en la tabla de 2,6.

$$P = k\rho N^3 d^5$$

$$P = 2,6 * 1290 * \left(1 \frac{rev}{s}\right)^3 * (0,16m)^5$$

$$P = 0,351 \text{ W}$$

$$\varepsilon = \frac{P}{P_c} * 100$$

$$P_c = \frac{P}{\varepsilon} * 100$$

$$P_c = \frac{0,351}{98,26} * 100$$

$$P_c = 0,35 \text{ W}$$

b. Determinación del calor perdido

$$Q_{ca} = Q_{pe}$$

$$Q_E = 2\pi kH \frac{(T_i - T_e)}{\ln(r_e/r_i)}$$

$$Q_{PE} = 2 * \pi * 15.1 \frac{W}{K * m} * 0,60m * \frac{(286k - 303k)}{\ln\left(\frac{0,40m}{0,39m}\right)}$$

$$Q_{PE} = Q_{ca} = 38223,5 \text{ W}$$

c. Cálculo de la energía total suministrada al equipo

$$E = Q_{PE} + P_c$$

$$E = 38223,5 \text{ W} + 0,35 \text{ W}$$

$$E = 38223,85 \text{ W}$$

$$E = 38.22 \text{ KW}$$

### Balance energético del caldero

a. Cálculo del flujo del calor suministrado

$$Q_m = K * A * (T_p - T_F)$$

$$Q_m = 16,30 * 0,164 * (70 - 20)$$

$$Q_m = 133,66 \text{ W} * \frac{1KW}{1000W} * \frac{1kca}{0,001163KW} = 114,92 \text{ kcal/h}$$

b. Flujos de calor total que sale de la caldera

$$Q = Q_{H_2O} + Q_m$$

$$Q = 23,90 + 114,92$$

$$Q = 138,82 \frac{kcal}{h}$$

c. Coeficiente global de transferencia de calor

$$Q = A * U * \Delta T$$

$$U = \frac{Q}{A * (T_P - T_F)}$$

$$U = \frac{138,82}{(0,163) * (70 - 20)} = 17,03 \frac{J}{m^2 * s * ^\circ C}$$

### 3.6.5. Columna de destilación

#### 3.6.5.1. Cálculos y datos necesarios para el diseño de la columna de destilación

#### Fracción molar de la alimentación

La fermentación brindo un producto de 15°GL (15ml/100ml)

$$m_{eta\ 15} = \frac{0,15\ ml\ C_2H_5OH * 0,789g\ C_2H_5OH * 1ml\ mezcla}{1ml\ mezcla * 1ml\ C_2H_5OH * 1,290g\ mezcla} = 0,092 \frac{g\ C_2H_5OH}{g\ mezcla}$$

$$m_{agua} = \frac{0,85\ ml\ H_2O * 1g\ H_2O * 1ml\ mezcla}{1ml\ mezcla * 1ml\ H_2O * 1,290g\ mezcla} = 0,659 \frac{g\ H_2O}{g\ mezcla}$$

$$x_F = \frac{\frac{m_{eta15}}{PM_{Etanol}}}{\frac{m_{eta15}}{PM_{Etanol}} + \frac{m_{agua}}{PM_{Agua}}}$$

$$x_F = \frac{\frac{0,092g}{46,07g}}{\frac{0,092g}{46,07g} + \frac{0,659g}{18,02g}}$$

$$x_F = 0,0518$$

#### Fracción molar del destilado

El producto brindado después de destilarlo fue de 44°GL (44ml/100ml)

$$m_{eta\ 44} = \frac{0,44\ ml\ C_2H_5OH * 0,789g\ C_2H_5OH * 1ml\ mezcla}{1ml\ mezcla * 1ml\ C_2H_5OH * 1,290g\ mezcla} = 0,269 \frac{g\ C_2H_5OH}{g\ mezcla}$$

$$m_{agua} = \frac{0,56\ ml\ H_2O * 1g\ H_2O * 1ml\ mezcla}{1ml\ mezcla * 1ml\ H_2O * 1,290g\ mezcla} = 0,434 \frac{g\ H_2O}{g\ mezcla}$$

$$x_w = \frac{\frac{m_{eta44}}{PM_{Etanol}}}{\frac{m_{eta44}}{PM_{Etanol}} + \frac{m_{agua}}{PM_{Agua}}}$$

$$x_w = \frac{\frac{0,269g}{46,07g}}{\frac{0,269g}{46,07g} + \frac{0,434g}{18,02g}}$$

$$x_w = 0,195$$

#### Fracción molar del residuo

Residuo o fondo se ha verificado un valor de grado alcohólico de 4°GL (4ml/100ml).

$$m_{\text{eta 4}} = \frac{0,04 \text{ ml } C_2H_5OH * 0,789g \text{ } C_2H_5OH * 1\text{ml mezcla}}{1\text{ml mezcla} \quad 1\text{ml } C_2H_5OH \quad 1,290g \text{ mezcla}} = 0,0244 \frac{g \text{ } C_2H_5OH}{g \text{ mezcla}}$$

$$m_{\text{agua}} = \frac{0,96 \text{ ml } H_2O * 1g \text{ } H_2O * 1\text{ml mezcla}}{1\text{ml mezcla} \quad 1\text{ml } H_2O \quad 1,290g \text{ mezcla}} = 0,744 \frac{g \text{ } H_2O}{g \text{ mezcla}}$$

$$x_w = \frac{\frac{m_{\text{eta4}}}{PM_{\text{Etanol}}}}{\frac{m_{\text{eta4}}}{PM_{\text{Etanol}}} + \frac{m_{\text{agua}}}{PM_{\text{Agua}}}}$$

$$x_w = \frac{\frac{0,0244g}{46,07g}}{\frac{0,0244g}{46,07g} + \frac{0,744g}{18,02g}}$$

$$x_w = 0,0127$$

**Tabla 25-3:** Datos adicionales para el diseño de la columna de destilación

$\rho_{\text{Etanol}} \left(\frac{g}{ml}\right)$	$PM_{\text{Etanol}} \left(\frac{kg}{mol}\right)$	$PM_{\text{Agua}} \left(\frac{kg}{mol}\right)$	$\sigma_{\text{Etanol}} \left(\frac{N}{m}\right)$	$T_{mV} (^{\circ}C)$	$P(\text{mmHg})$
0,789	46,07	18,02	20,6	95	760

Fuente: Chuquin vasco,2013 y Bonilla Bermeo & Alvares Macias, 2011.

Donde:

$\rho_{\text{Etanol}}$  = Densidad del etanol (g/ml)

$PM_{\text{Etanol}}$  = peso molecular del etanol (kg/mol)

$PM_{\text{Agua}}$  = Peso molecular del agua (kg/mol)

$\sigma_{\text{Etanol}}$  = Tensión superficial del etanol (N/m)

$T_{mV}$  = Temperatura media de vapores ( $^{\circ}C$ )

P = presión absoluta media (mmHg)

### Peso molecular del líquido fermentado

$$PM_{JF} = x_F * PM_{\text{Etanol}} + (1 - X_F) * PM_{\text{Agua}}$$

$$PM_{JF} = 0,0518 * 46,07 \frac{kg}{mol} + (1 - 0,0518) * 18,02 \frac{kg}{mol}$$

$$PM_{JF} = 19,47 \frac{kg}{mol}$$

### Flujo molar del líquido fermentado por hora

$$JF = \frac{414,37 \frac{L}{lote} * 1,29 \frac{kg}{L}}{5,5 \text{ h}}$$

$$JF = 100 \frac{kg}{h} * \frac{1 \text{ mol}}{19,47 \text{ kg}}$$

$$JF = 5,136 \text{ mol/h}$$

### Flujo molar del destilado por hora

$$ED = \frac{JF * (x_F - x_R)}{(x_D - x_R)}$$

$$ED = \frac{5,136 \text{ mol/h} * (0,0518 - 0,0127)}{(0,195 - 0,0127)}$$

$$ED = 1,102 \text{ mol/h}$$

$$JF = ED + JFS$$

$$JFS = 5,136 \frac{\text{mol}}{\text{h}} - 1,102 \frac{\text{mol}}{\text{h}}$$

$$JFS = 4,034 \frac{\text{mol}}{\text{h}}$$

### Flujo molar del reflujo por hora

$$R = \frac{LR}{ED}$$

$$LR = 3,45 * 1,102 \text{ mol/h}$$

$$LR = 3,80 \frac{\text{mol}}{\text{h}}$$

### Flujo molar del vapor por hora

$$V = LR + ED$$

$$V = 3,80 \frac{\text{mol}}{\text{h}} + 1,102 \frac{\text{mol}}{\text{h}}$$

$$V = 4,90 \frac{\text{mol}}{\text{h}}$$

### 3.6.5.2. Condiciones de operación de la destilación

Al destilar se obtuvo un destilado de 44 GL, el cual es un valor aceptable en la bibliografía analizada.

**Tabla 26-3:** Datos de operación de la destilación

$x_F$	$x_D$	$x_W$	$q$	$R_{min}$	$R$
0,0518	0,195	0,0127	0,5	2,30	3,45

**Realizado por:** Cáceres, Ángel, 2022

Donde:

$x_F$  = Fracción molar de etanol presente en el jugo de frutilla fermentado.

$x_D$  = Fracción molar de etanol obtenido después de la destilación.

$x_W$  = Fracción molar de etanol presente en el residuo en el fondo de la columna de destilación.

$Q$  = Alimentación líquido – vapor.

$R_{min}$  = Reflujo mínimo.

$R$  = Reflujo total.



### 3.6.5.3. Equilibrio etanol-agua

**Tabla 27-3:** Datos de equilibrio etanol-agua

<b>x</b>	<b>y</b>
0	0
0,05263200	0,33230700
0,10526300	0,45332600
0,15789500	0,51410900
0,21052600	0,55074500
0,26315800	0,57626900
0,31578900	0,59649900
0,36842100	0,61449400
0,42105300	0,63204000
0,47368400	0,65027900
0,52631600	0,67001100
0,57894700	0,69184100
0,63157900	0,71627400
0,68421100	0,74376400
0,73684200	0,77475200
0,78947400	0,80969200
0,84210500	0,84908100
0,89473700	0,89347600
0,94736800	0,94352600
1	1

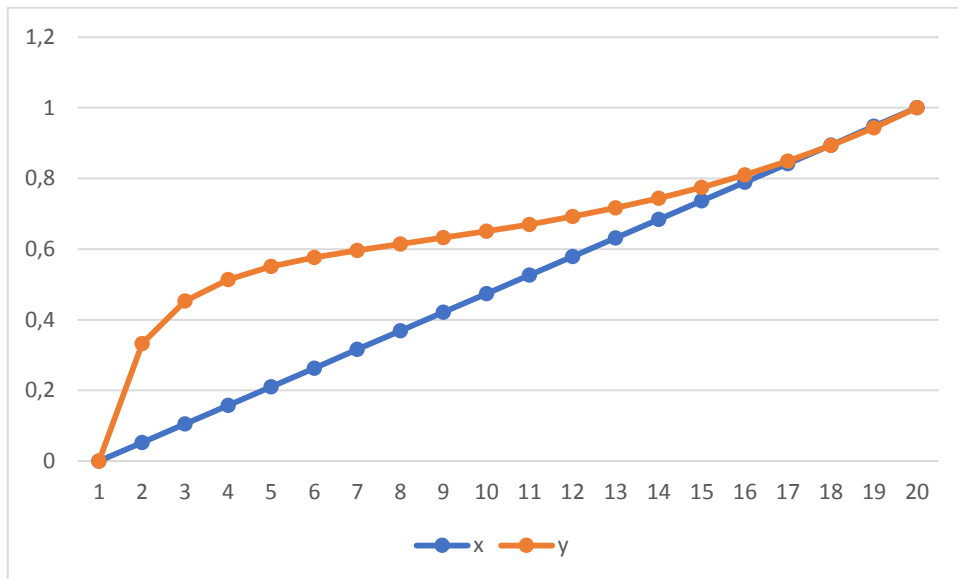
**Fuente:** Hernández Aguirre y Hernández Rodríguez, 2020

Donde:

x = Fracción molar de etanol líquido

y = Fracción molar de etanol vapor

Curva equilibrio etanol -agua



**Gráfico 1-3:** Curva de equilibrio etanol-agua

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

3.6.5.4. Cálculo de puntos de intersección

$$y_{int} = \frac{R}{R+1} x_{int} + \frac{x_D}{R+1}$$

$$y_{int} = \frac{q}{q-1} x_{int} - \frac{x_F}{q-1}$$

Igualando

$$x_{int} = \frac{x_F * (R+1) + x_D * (q-1)}{q * (R+1) - R * (q-1)}$$

$$x_{int} = \frac{0,0518 * (3,45 + 1) + 0,195 * (0,5 - 1)}{0,5 * (3,45 + 1) - 3,45 * (0,5 - 1)}$$

$$x_{int} = 0,0542$$

Calculando y de la intersección

$$y_{int} = \frac{R}{R+1} x_{int} + \frac{x_D}{R+1}$$

$$y_{int} = \frac{3,45}{3,45 + 1} * 0,0542 + \frac{0,195}{3,45 + 1}$$

$$y_{int} = 0,0980$$

3.6.5.5. Cálculo para la recta operativa de enriquecimiento

Se considera que x es  $x_D$  debido a que es el dato al que se debe llegar.

$$y_{enr} = \frac{R}{R+1} x_{enr} + \frac{x_D}{R+1}$$

$$y_{enr} = \frac{3,45}{3,45+1} * 0,195 + \frac{0,195}{3,45+1}$$

$$y_{enr} = 0,195$$

**Tabla 28-3:** Datos para la recta operativa de enriquecimiento

$x_{enr}$	$y_{enr}$
0,195	0,195
0,0980	0,0542

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

### 3.6.5.6. Cálculo para la recta de alimentación

Se considera como  $x$  a  $x_F$ , debido a que es la fracción molar de la alimentación la otra variable es la intersección antes calculada.

**Tabla 29-3:** Datos para la recta operativa de alimentación

$x_{alim}$	$y_{alim}$
0,0518	0,0518
0,0542	0,0980

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

### 3.6.5.7. Cálculo de la recta operativa de agotamiento

$$y_{int} = \frac{B}{B-1} * x_{int} - \frac{x_W}{B-1}$$

$$B = \frac{y_{int} - x_W}{y_{int} - x_{int}}$$

$$B = \frac{0,0980 - 0,0127}{0,0980 - 0,0542}$$

$$B = 1,947$$

$$y_{ago} = \frac{B}{B-1} * x_{ago} - \frac{x_W}{B-1}$$

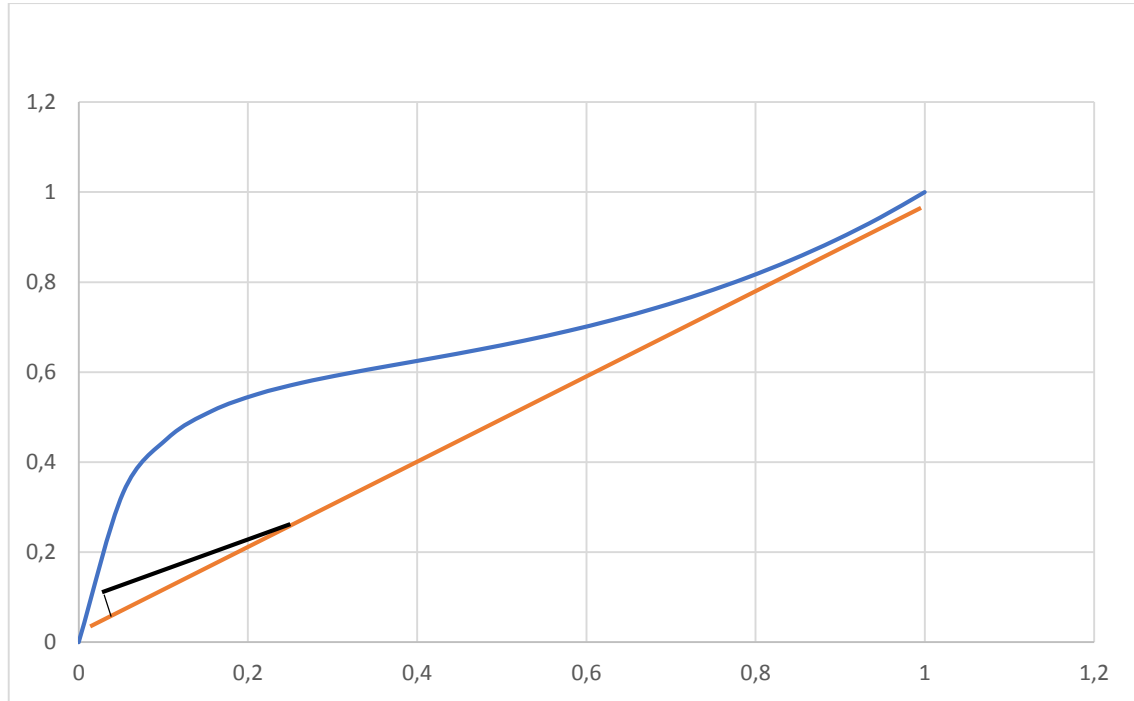
$$y_{ago} = \frac{1,947}{1,947-1} * 0,0127 - \frac{0,0127}{1,947-1}$$

$$y_{ago} = 0,0127$$

**Tabla 30-3:** Datos para la recta operativa de agotamiento

$x_{ago}$	$y_{ago}$
0,0542	0,0980
0,0127	0,0127

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022



**Gráfico 2-3:** Curva de equilibrio etanol-agua con las diferentes rectas calculadas

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

### 3.6.5.8. Número de platos

Se encuentra este valor con los valores máximos y mínimos en la tabla de datos de equilibrio, su primer valor es 0,5 y a continuación se procede a interpolar.

$$x_{interpolación} = \frac{(y - y_{min}) * x_{max} + (y_{max} - y)x_{min}}{y_{max} - y_{min}}$$

$$x_{interpolación} = \frac{(0,195 - 0) * 0,0526 + (0,3323 - 0,195) * 0}{0,3323 - 0}$$

$$x_{interpolación} = 0,0373$$

$$y_{interpolación} = \frac{R}{R + 1} x_{interpolación} + \frac{x_D}{R + 1}$$

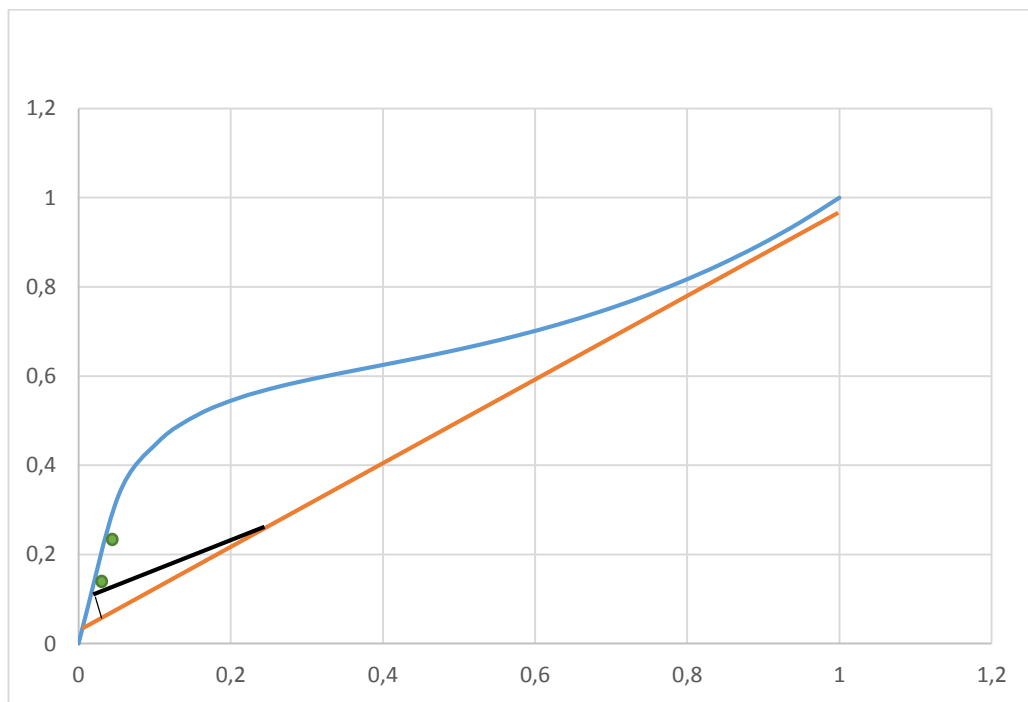
$$y_{interpolación} = \frac{3,45}{3,45 + 1} 0,0373 + \frac{0,195}{3,45 + 1}$$

$$y_{interpolación} = 0,0727$$

**Tabla 31-3:** Datos de la interpolación de la destilación

$y_{deseada}$	$x_{min}$	$y_{min}$	$x_{max}$	$y_{max}$	$x_{interpolación}$	$y_{interpolación}$
0,00	0,195	0,3323	0,00	0,0373	0,0526	0,0727
0,00	0,0127	0,3323	0,00	0,129	0,0526	0,0127
0,00	0,0127	0,3323	0,00	0,0046	0,0526	0,0127
0,00	0,0127	0,3323	0,00	0,0046	0,0526	0,0127
0,00	0,0127	0,3323	0,00	0,0046	0,0526	0,0127
0,00	0,0127	0,3323	0,00	0,0046	0,0526	0,0127
0,00	0,0127	0,3323	0,00	0,0046	0,0526	0,0127
0,00	0,0127	0,3323	0,00	0,0046	0,0526	0,0127
0,00	0,0127	0,3323	0,00	0,0046	0,0526	0,0127
0,00	0,0127	0,3323	0,00	0,0046	0,0526	0,0127

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022



**Gráfico 3-3:** Platos de la torre de destilación

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

Dado el análisis se estima que son necesarios 2 platos para la columna, y comprobando en Excel con la función coincidir es 2.

### 3.6.5.9. Eficiencia global del proceso

**Tabla 32-3:** Eficiencia global del proceso

$P^{\circ}C_2H_5OH(mmHg)$	$P^{\circ}H_2O(mmHg)$	$\mu C_2H_5OH(cP)$	$\mu H_2O(cP)$
677,8	298,1	0,49	0,4

Fuente: Perry,1992; citado en Bonilla Bermeo & Álvarez Macias,2011.

Donde:

$P^{\circ}C_2H_5OH$  = Presión de vapor del etanol a 78°C(mmHg)

$P^{\circ}H_2O$  = Presión de vapor del agua a 78°C(mmHg)

$\mu C_2H_5OH$  = Viscosidad del etanol (cP)

$\mu H_2O$  = Viscosidad del agua (cP)

#### Volatilidad relativa del alcohol

$$\alpha = \frac{P^{\circ}C_2H_5OH}{P^{\circ}H_2O}$$

$$\alpha = \frac{677,8 \text{ mmHg}}{289,1 \text{ mmHg}}$$

$$\alpha = 2,34$$

#### Viscosidad media del fermentado de frutilla

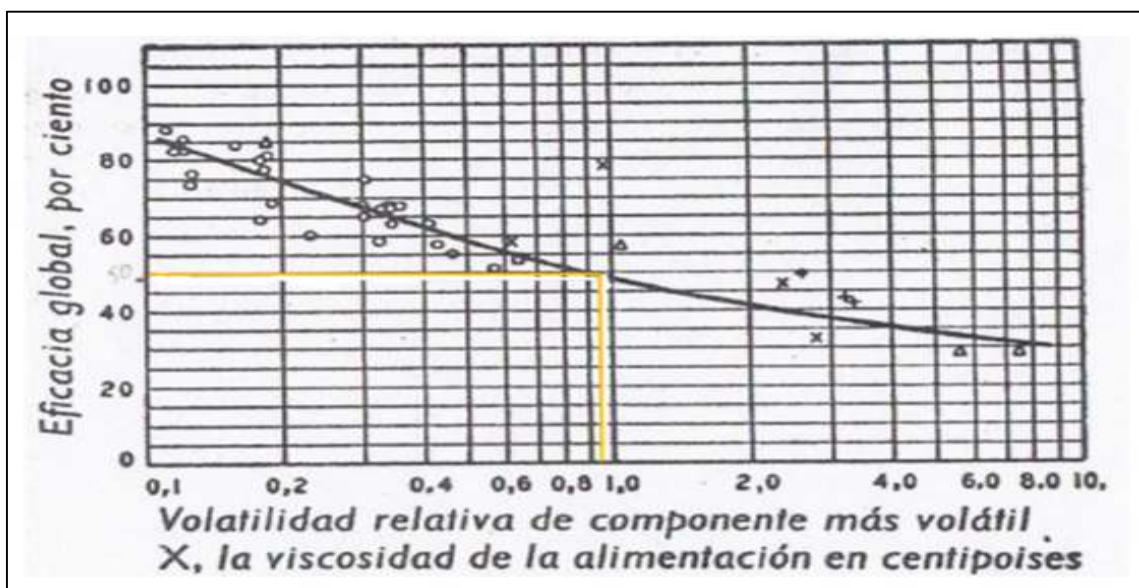
$$\mu_F = \mu C_2H_5OH * x_F + \mu H_2O * (1 - x_F)$$

$$\mu_F = 0,49 * 0,0518 + 0,4 * (1 - 0,0518)$$

$$\mu_F = 0,404$$

$$\alpha * \mu_F = 2,34 * 0,404$$

$$\alpha * \mu_F = 0,137$$



**Figura 12-3:** Eficiencia global según su volatilidad relativa y la viscosidad de destilación

Fuente: Bonilla Bermeo & Álvarez Macias,2011.

Al trabajar en los laboratorios de la ESPOCH se alcanzó un rendimiento de 22.29% al momento de destilar, esto se debe a que era un diseño diferente de columna además de daños a la infraestructura que presenta el equipo, se espera al tomar en cuenta el grafico que su eficiencia sea del 50%.

### 3.6.5.10. Número de platos

$$\#Platos_{real} = \frac{\#platos_{teóricos}}{Eficiencia}$$

$$\#Platos_{real} = \frac{2}{0,50}$$

$$\#Platos_{real} = 4$$

### 3.6.5.11. Densidad de vapor

$$Pv = \frac{PM_{etanol} * 273}{22,4 * (273 + T_{ebullición\ de\ etanol})}$$

$$Pv = \frac{46,07 * 273}{22,4 * (273 + 78,4)}$$

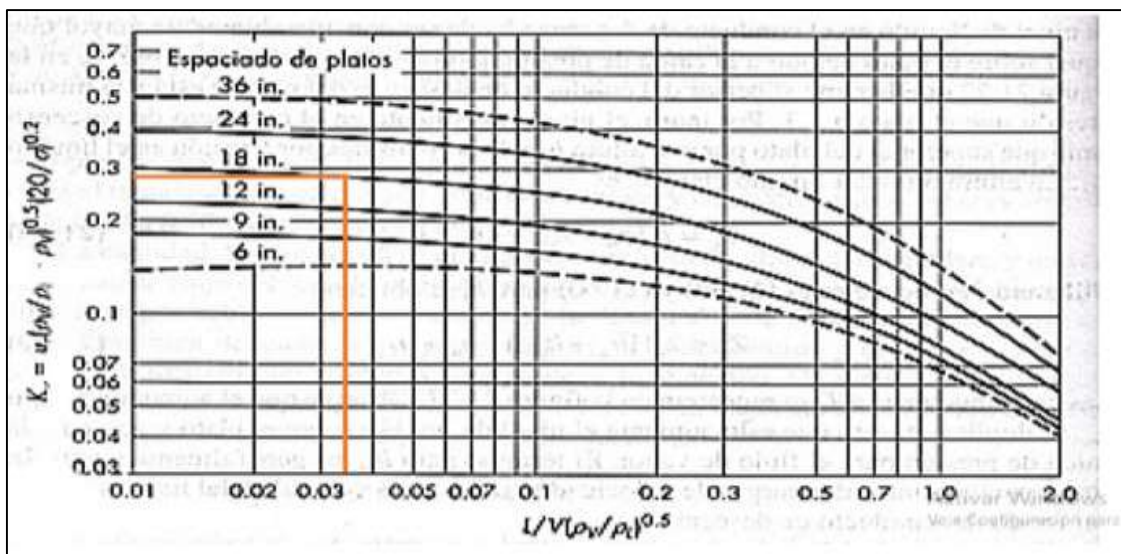
$$Pv = 1,598 \frac{kg}{m^3}$$

### 3.6.5.12. Cálculo del coeficiente k

$$k = \frac{LR}{V} * \left(\frac{\rho_v}{\rho_L}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$k = \frac{3,80\text{mol/h}}{4,90 \frac{\text{mol}}{\text{h}}} * \left(\frac{1,5978}{789}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$k = 0,0349$$



**Figura 13-3:** Determinación del coeficiente k por McCabe para columna de destilación

Fuente: Bonilla Bermeo & Álvarez Macías, 2011.

Se ha determinado 18 pulgadas entre los platos para lograr una mejor eficiencia del equipo, brindando así un valor de 0,28 para k.

### 3.6.5.13. Velocidad de los vapores

$$\mu = k * \sqrt{\frac{\rho_L - \rho_V}{\rho_V} * \frac{\sigma}{20}}$$

Donde:

$\mu$  = Velocidad de los vapores (m/s)

$\rho_L$  = Densidad del líquido (kg/m<sup>3</sup>)

$\rho_V$  = Densidad del vapor (kg/m<sup>3</sup>)

k = Coeficiente

$\sigma$  = Tensión superficial del etanol a 20°C

$$\mu = 0,28 * \sqrt{\frac{789 - 1,598}{1,598} * \frac{20,6}{20}}$$

$$\mu = 6,308 \frac{m}{s}$$

### 3.6.5.14. Diámetro de la columna de destilación

$$D_{(columna\ 1)} = \sqrt{\frac{4 * V * (273 + T_{mV}) * 760}{\pi * \mu * 3600 * P}}$$

D = Diámetro de la columna

$T_{mV}$  = Temperatura media de los vapores

P = Presión absoluta media (mm Hg)

$\mu$  = velocidad de los vapores (m/s)

V = Caudal del vapor (kmol/h)

$$D_{(columna\ 1)} = \sqrt{\frac{4 * 4,90 * (273 + 95) * 760}{\pi * 6,308 * 3600 * 760}}$$

$$D_{columna\ 1} = 0,317\ m$$

### 3.6.5.15. Altura de la columna

$$h_{Columna\ 1} = \#Platos_{real} * distancia\ entre\ platos$$

$$h_{Columna\ 1} = 4 * 18in * \frac{0,0254m}{1in}$$

$$h_{Columna\ 1} = 1,829m$$

### 3.6.5.16. Altura total de la columna

$$h_{T\ columna1} = h_{columna\ 1} + distancia\ entre\ el\ último\ plato\ y\ el\ final\ de\ la\ columna$$



$$h_{T \text{ columna1}} = 1,829m + 0,4572$$

$$h_{T \text{ columna1}} = 2,286 m$$

### 3.6.5.17. Diseño de los intercambiadores de calor

En este proceso se acopla un equipo de producción de vapor o más conocido como reboiler, provocando el aumento de calor de temperatura en el evaporador haciendo que sea necesario la presencia de un condensador para transformar el vapor creado nuevamente en líquido.

#### Diseño del serpentín

Se ha decidido seguir la recomendación de Bonilla Bermeo & Álvarez Macias (2011) que es de 3/8 in, para optar por un diseño tanto para el evaporador y el reboiler tengan un diseño de intercambiador de calor con serpentín.

$$Ds = \frac{3}{8} \text{ in} \frac{0,0254}{1 \text{ in}}$$

$$Ds = 0,00953m$$

#### Longitud de la circunferencia que forma el serpentín

$$Lcs = \pi * D$$

$$Lcs = \pi * 0,00953m$$

$$Lcs = 0,0299m$$

#### Condensador

**Tabla 33-3:** Datos adicionales para el diseño del condensador

$Cp_{\text{Agua}} \left( \frac{KJ}{Kg^{\circ}C} \right)$	$Cp_v \left( \frac{KJ}{Kg^{\circ}C} \right)$
4,186	2,0857

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

a. Calor requerido para la condensación en la destilación

$$q_c = m_v * Cp_v * (T_{VE} - T_{VS}) + m_v * h_v$$

Donde

$m_v$  = Flujo másico de etanol vapor (kg/h)

$Cp_v$  = Calor específico del vapor (Kj/Kg°C)

$T_{VE}$  = Temperatura de entrada del etanol (vapor al condensador) (°C)

$T_{VS}$  = Temperatura de salida del etanol (vapor al condensador) (°C)

$h_v$  = Entalpía de vapor (KJ/kg)

$$q_c = 414,37 \frac{kg}{h} * 2,0857 \frac{KJ}{kg^{\circ}C} * (78,4 - 22)^{\circ}C + 414,37 \frac{Kg}{h} * 1950 \frac{KJ}{kg}$$

$$q_c = 856765,28 \frac{KJ}{h}$$

b. Flujo másico de agua requerido

$$m_v = \frac{q_c}{Cp_{Agua} * \Delta T}$$

$$m_v = \frac{856765,28 \text{ kJ/h}}{4,186 \frac{KJ}{kg^{\circ}C} * (22 - 18)^{\circ}C}$$

$$m_v = 51168,49 \frac{kg}{h}$$

c. Cálculo en la condensación de la distancia media logarítmica de la temperatura (LMTD)

$$LMTD_c = \frac{\Delta TA - \Delta TB}{\ln\left(\frac{\Delta TA}{\Delta TB}\right)}$$

$$LMTD_c = \frac{(78,4 - 22)^{\circ}C - (78,4 - 18)^{\circ}C}{\ln\left(\frac{(78,4 - 22)^{\circ}C}{(78,4 - 18)^{\circ}C}\right)}$$

$$LMTD_c = 58,38^{\circ}C$$

d. Cálculo de la distancia media logarítmica de temperatura para enfriamiento (LMTD)

$$LMTD_c = \frac{\Delta TB - \Delta TC}{\ln\left(\frac{\Delta TB}{\Delta TC}\right)}$$

$$LMTD_c = \frac{(78,4 - 18)^{\circ}C - (22 - 18)^{\circ}C}{\ln\left(\frac{78,4 - 18}{22 - 18}\right)^{\circ}C}$$

$$LMTD_c = 20,78^{\circ}C$$

e. Longitud del serpentín

Se considera la relación  $\frac{E}{D_T} = \frac{1}{4}$ , para el serpentín y su separación del fondo; esperando que el tamaño del condensador sea de 0,75m de alto y 0,60m de ancho.

$$E = \frac{D_T}{4}$$

$$E = \frac{0,60m}{4}$$

$$E = 0,15m$$

$$L_s = L_c - E$$

$$L_s = 0,60m - 0,15m$$

$$L_s = 0,45m$$

Se ha calculado un espacio que ocupará el condensador de 0,45m

f. Número de vueltas

$$\#vueltas = \frac{Ls}{Ds}$$
$$\#vueltas = \frac{0,45m}{0,00953m}$$
$$\#vueltas = 47$$

g. Longitud total del serpentín del condensador

$$Lcs_T = Lcs * \#vueltas$$
$$Lcs_T = 0,0299m * 47$$
$$Lcs_T = 1,405 m$$

### Cámara de ebullición

a. Calor requerido para la evaporación en la destilación

$$Q = m_F * Cp_{JF} * \Delta T$$

Donde

$m_F$  = Flujo másico del zumo de frutilla fermentado (kg/h)

$Cp_{JF}$  = Calor específico del zumo de frutilla fermentado (kJ/kg°C)

$T_{JFE}$  = Temperatura de entrada del zumo fermentado a la cámara de calentamiento

$T_{JFS}$  = Temperatura de salida del zumo fermentado a la cámara de calentamiento

$$Q = 414,37 \frac{kg}{h} * 3,6851 \frac{kJ}{Kg^\circ C} * (78,4 - 14,72)$$
$$Q = 97239,03 \frac{kJ}{h}$$

b. Longitud del serpentín

Se considera la relación  $\frac{E}{D_T} = \frac{1}{4}$ , para el serpentín y su separación del fondo; esperando que el tamaño del condensador sea de 0,75m de alto y 0,60m de ancho.

$$E = \frac{D_T}{4}$$
$$E = \frac{0,60m}{4}$$
$$E = 0,15m$$
$$Ls = Lc - E$$
$$Ls = 0,60m - 0,15 m$$
$$Ls = 0,45m$$

Se ha calculado un espacio que ocupará el condensador de 0,45m

c. Número de vueltas

$$\#vueltas = \frac{Ls}{Ds}$$

$$\#vueltas = \frac{0,45m}{0,00953m}$$

$$\#vueltas = 47$$

d. Longitud total del serpentín del condensador

$$Lcs_T = Lcs * \#vueltas$$

$$Lcs_T = 0,0299m * 47$$

$$Lcs_T = 1,405 m$$

3.6.5.18. Cantidad de etanol estimada después de la destilación es de 44%

$$ED_{prop} = \frac{\% \text{ rendimiento} * JF}{100}$$

$$ED_{prop} = \frac{22,29\% * 414,37L/lote}{100}$$

$$ED_{prop} = 92,36 \frac{L}{lote}$$

Se estima que a un nivel teórico es de 44% el etanol obtenido con un rendimiento de 22,29% del proceso de destilación en la parte experimental la cantidad a rectificar es de  $92,36 \frac{L}{lote}$ .

### 3.6.6. Diseño de la columna de rectificación

Es una segunda columna que se ingresa que facilita la destilación fraccionada que se diferenciará de la anterior columna en las condiciones de operación. Se estima que el tiempo estimado de operación es de 2 horas.

#### 3.6.6.1. Cálculos y datos necesarios para el diseño de la columna de rectificación

##### Fracción molar de la alimentación

$$m_{eta44} = \frac{0,44 \text{ ml } C_2H_5OH * 0,789g \text{ } C_2H_5OH * 1 \text{ ml mezcla}}{1 \text{ ml mezcla} * 1 \text{ ml } C_2H_5OH * 1,290g \text{ mezcla}} = 0,269 \frac{g \text{ } C_2H_5OH}{g \text{ mezcla}}$$

$$m_{agua} = \frac{0,56 \text{ ml } H_2O * 1g \text{ } H_2O * 1 \text{ ml mezcla}}{1 \text{ ml mezcla} * 1 \text{ ml } H_2O * 1,290g \text{ mezcla}} = 0,434 \frac{g \text{ } H_2O}{g \text{ mezcla}}$$

$$x_F = \frac{\frac{m_{eta44}}{PM_{Etanol}}}{\frac{m_{eta44}}{PM_{Etanol}} + \frac{m_{agua}}{PM_{Agua}}}$$

$$x_F = \frac{\frac{0,269g}{46,07g}}{\frac{0,269g}{46,07g} + \frac{0,434g}{18,02g}}$$

$$x_F = 0,195$$

### Fracción molar del rectificado

El producto obtenido fue de 80°GL (80ml/100ml)

$$m_{eta\ 80} = \frac{0,80\text{ml } C_2H_5OH * 0,789\text{g } C_2H_5OH * 1\text{ml mezcla}}{1\text{ml mezcla} * 1\text{ml } C_2H_5OH * 1,290\text{g mezcla}} = 0,489 \frac{\text{g } C_2H_5OH}{\text{g mezcla}}$$

$$m_{agua} = \frac{0,20\text{ ml } H_2O * 1\text{g } H_2O * 1\text{ml mezcla}}{1\text{ml mezcla} * 1\text{ml } H_2O * 1,290\text{g mezcla}} = 0,155 \frac{\text{g } H_2O}{\text{g mezcla}}$$

$$x_w = \frac{\frac{m_{eta80}}{PM_{Etanol}}}{\frac{m_{eta80}}{PM_{Etanol}} + \frac{m_{agua}}{PM_{Agua}}}$$

$$x_w = \frac{\frac{0,489\text{g}}{46,07\text{g}}}{\frac{0,489\text{g}}{46,07\text{g}} + \frac{0,155\text{g}}{18,02\text{g}}}$$

$$x_w = 0,552$$

### Fracción molar de residuo

Residuo o fondo se ha verificado un valor de grado alcohólico de 4°GL (4ml/100ml).

$$m_{eta\ 4} = \frac{0,04\text{ ml } C_2H_5OH * 0,789\text{g } C_2H_5OH * 1\text{ml mezcla}}{1\text{ml mezcla} * 1\text{ml } C_2H_5OH * 1,290\text{g mezcla}} = 0,0244 \frac{\text{g } C_2H_5OH}{\text{g mezcla}}$$

$$m_{agua} = \frac{0,96\text{ ml } H_2O * 1\text{g } H_2O * 1\text{ml mezcla}}{1\text{ml mezcla} * 1\text{ml } H_2O * 1,290\text{g mezcla}} = 0,744 \frac{\text{g } H_2O}{\text{g mezcla}}$$

$$x_w = \frac{\frac{m_{eta4}}{PM_{Etanol}}}{\frac{m_{eta4}}{PM_{Etanol}} + \frac{m_{agua}}{PM_{Agua}}}$$

$$x_w = \frac{\frac{0,0244\text{g}}{46,07\text{g}}}{\frac{0,0244\text{g}}{46,07\text{g}} + \frac{0,744\text{g}}{18,02\text{g}}}$$

$$x_w = 0,0127$$

### Peso molecular del etanol al 44%

$$PM_{E44} = x_F * PM_{Etanol} + (1 - x_F) * PM_{Agua}$$

$$PM_{E44} = 0,195 * 46,07 \frac{\text{kg}}{\text{mol}} + (1 - 0,195) * 18,02 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}$$

$$PM_{E44} = 23,49 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}$$

### Flujo molar del etanol por hora

$$ED = \frac{92,36 \frac{\text{L}}{\text{lote}} * 1,290 \frac{\text{kg}}{\text{L}}}{2\text{h}}$$

$$ED = 59,57 \frac{kg}{h} * \frac{1mol}{23,49kg}$$

$$ED = 2,53 \frac{mol}{h}$$

**Flujo molar del destilado por hora**

$$ER = \frac{ED * (x_F - x_R)}{(x_D - x_R)}$$

$$ER = \frac{2,53 \frac{mol}{h} * (0,195 - 0,0127)}{(0,552 - 0,0127)}$$

$$ER = 0,855$$

$$ED = ER + JS$$

$$JS = 2,53 \frac{mol}{h} - 0,855 \frac{mol}{h}$$

$$JS = 1,675 \frac{mol}{h}$$

**Flujo molar del vapor por hora**

$$R = \frac{LR}{ER}$$

$$LR = 2,30 * 0,855$$

$$LR = 1,966 \frac{mol}{h}$$

**Flujo molar del vapor por hora**

$$V = LR + ER$$

$$V = 1,966 \frac{mol}{h} + 0,855 \frac{mol}{h}$$

$$V = 2,82 \text{ mol/h}$$

### 3.6.6.2. Condiciones de operación de la rectificación

El alcohol rectificado alcanzo el 80 % etanol, bibliográficamente es un poco bajo, pero entra dentro de lo requerido en un inicio dentro del proyecto

**Tabla 34-3:** Datos de operación de la rectificación

$x_F$	$x_D$	$x_W$	$q$	$R_{min}$	$R$
0,195	0,552	0,0127	0,5	2,30	3,45

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

Donde:

$x_F$  = Fracción molar de etanol presente en el jugo de frutilla fermentado.

$x_D$  = Fracción molar de etanol obtenido después de la destilación.

$x_W$  = Fracción molar de etanol presente en el residuo en el fondo de la columna de destilación.

Q = Alimentación líquido – vapor.

$R_{min}$  = Reflujo mínimo.

R = Reflujo total.

### 3.6.6.3. Cálculo de los puntos de intersección

$$y_{int} = \frac{R}{R+1} x_{int} + \frac{x_D}{R+1}$$
$$y_{int} = \frac{q}{q-1} x_{int} - \frac{x_F}{q-1}$$

Iguando,

$$x_{int} = \frac{x_F * (R+1) + x_D * (q-1)}{q * (R+1) - R * (q-1)}$$
$$x_{int} = \frac{0,195 * (3,45 + 1) + 0,552 * (0,5 - 1)}{0,5 * (3,45 + 1) - 3,45 * (0,5 - 1)}$$
$$x_{int} = 0,1498$$

Calculando y de la intersección

$$y_{int} = \frac{R}{R+1} x_{int} + \frac{x_D}{R+1}$$
$$y_{int} = \frac{3,45}{3,45 + 1} * 0,1498 + \frac{0,552}{3,45 + 1}$$
$$y_{int} = 0,240$$

### 3.6.6.4. Cálculo para la recta operativa de enriquecimiento

Se considera que x es  $x_D$  debido a que es el dato al que se debe llegar.

$$y_{enr} = \frac{R}{R+1} x_{enr} + \frac{x_D}{R+1}$$
$$y_{enr} = \frac{3,45}{3,45 + 1} * 0,552 + \frac{0,552}{3,45 + 1}$$
$$y_{enr} = 0,552$$

**Tabla 35-3:** Datos para la recta operativa de enriquecimiento

$x_{enr}$	$y_{enr}$
0,552	0,552
0,1498	0,240

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

### 3.6.6.5. Cálculo para la recta de alimentación

Se considera como  $x$  a  $x_F$ , debido a que es la fracción molar de la alimentación la otra variable es la intersección antes calculada.

**Tabla 36-3:** Datos para la recta operativa de alimentación

$x_{alim}$	$y_{alim}$
0,195	0,195
0,1498	0,240

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

### 3.6.6.6. Cálculo de la recta operativa de agotamiento

$$y_{int} = \frac{B}{B-1} * x_{int} - \frac{x_W}{B-1}$$

$$B = \frac{y_{int} - x_W}{y_{int} - x_{int}}$$

$$B = \frac{0,240 - 0,0127}{0,240 - 0,1498}$$

$$B = 2,52$$

$$y_{ago} = \frac{B}{B-1} * x_{ago} - \frac{x_W}{B-1}$$

$$y_{ago} = \frac{2,52}{2,52-1} * 0,0127 - \frac{0,0127}{2,52-1}$$

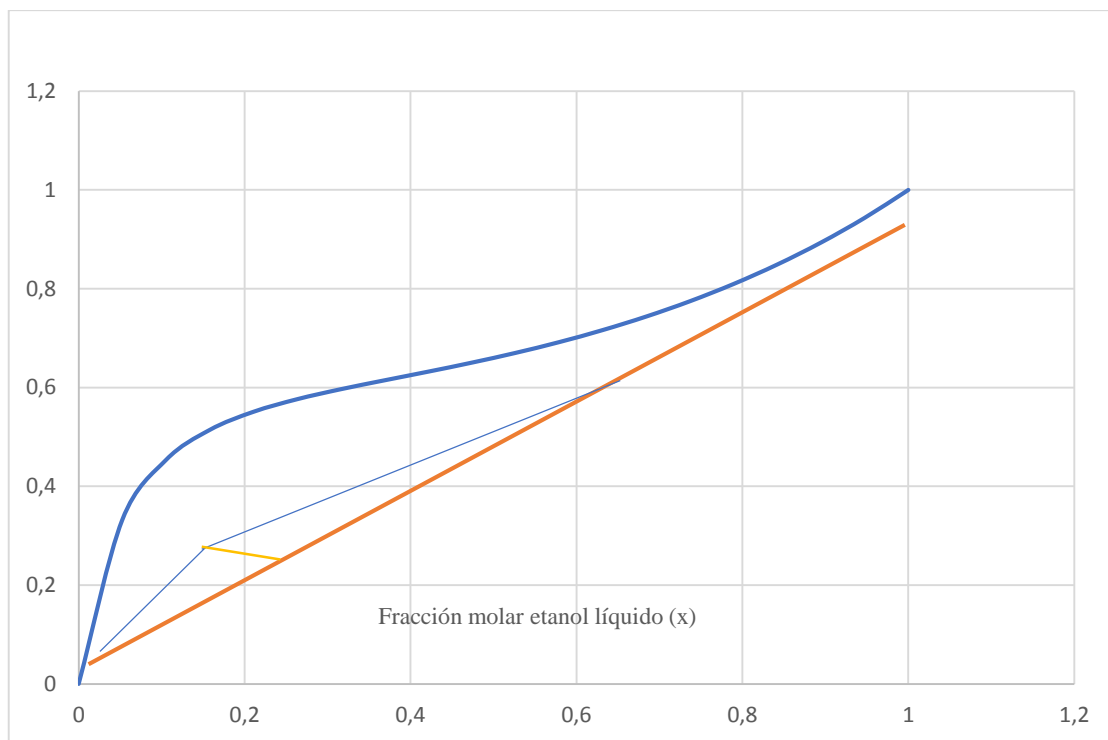
$$y_{ago} = 0,0127$$

**Tabla 37-3:** Datos para la recta operativa de agotamiento

$x_{ago}$	$y_{ago}$
0,1498	0,240
0,0127	0,0127

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022





**Gráfico 4-3:** Curva de equilibrio etanol-agua con las rectas calculadas en la rectificación

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

### 3.6.6.7. Número de platos

Se encuentra este valor con los valores máximos y mínimos en la tabla de datos de equilibrio, su primer valor es 0,5 y a continuación se procede a interpolar.

$$x_{interpolación} = \frac{(y - y_{min}) * x_{max} + (y_{max} - y) * x_{min}}{y_{max} - y_{min}}$$

$$x_{interpolación} = \frac{(0,195 - 0) * 0,0526 + (0,3323 - 0,195) * 0}{0,3323 - 0}$$

$$x_{interpolación} = 0,0309$$

$$y_{interpolación} = \frac{R}{R + 1} x_{interpolación} + \frac{x_D}{R + 1}$$

$$y_{interpolación} = \frac{3,45}{3,45 + 1} 0,0309 + \frac{0,195}{3,45 + 1}$$

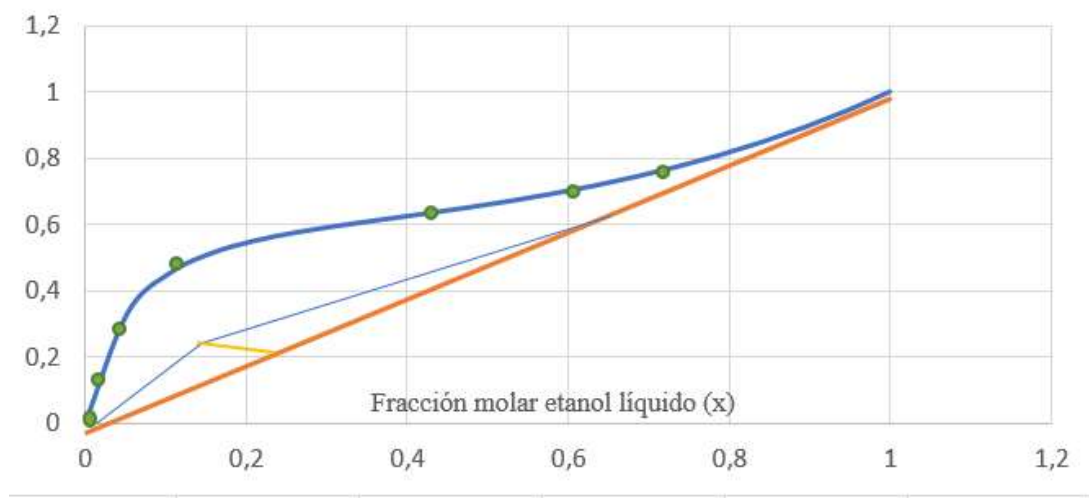
$$y_{interpolación} = 0,0678$$

**Tabla 38-3:** Datos de la interpolación para la rectificación

$y_{deseada}$	$x_{min}$	$y_{min}$	$x_{max}$	$y_{max}$	$x_{interpolación}$	$y_{interpolación}$
0,7163	0,526	0,7438	0,6316	0,6680	0,6842	0,5742
0,6700	0,5742	0,6884	0,5263	0,5706	0,5789	0,4926

0,6145	0,4926	0,6206	0,3684	0,3867	0,4211	0,3703
0,4533	0,3703	0,4925	0,1053	0,1392	0,1579	0,1662
0,00	0,1662	0,3323	0,00	0,0488	0,0526	0,0846
0,00	0,0846	0,3323	0,00	0,0151	0,0526	0,0136
0,00	0,0136	0,3323	0,00	0,0025	0,0526	0,0127
0,00	0,0127	0,3323	0,00	0,0023	0,0526	0,0127
0,00	0,0127	0,3323	0,00	0,0023	0,0526	0,0127
0,00	0,0127	0,3323	0,00	0,0023	0,0526	0,0127

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022



**Gráfico 5-3:** Platos de la torre de rectificación

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

Dado el análisis se estima que son necesarios 7 platos para la columna, y comprobando en Excel con la función coincidir es 2.

### 3.6.6.8. Eficiencia global del proceso

#### Volatilidad relativa del alcohol

$$\alpha = \frac{P^{\circ}C_2H_5OH}{P^{\circ}H_2O}$$

$$\alpha = \frac{677,8 \text{ mmHg}}{289,1 \text{ mmHg}}$$

$$\alpha = 2,34$$

### Viscosidad media del fermentado de frutilla

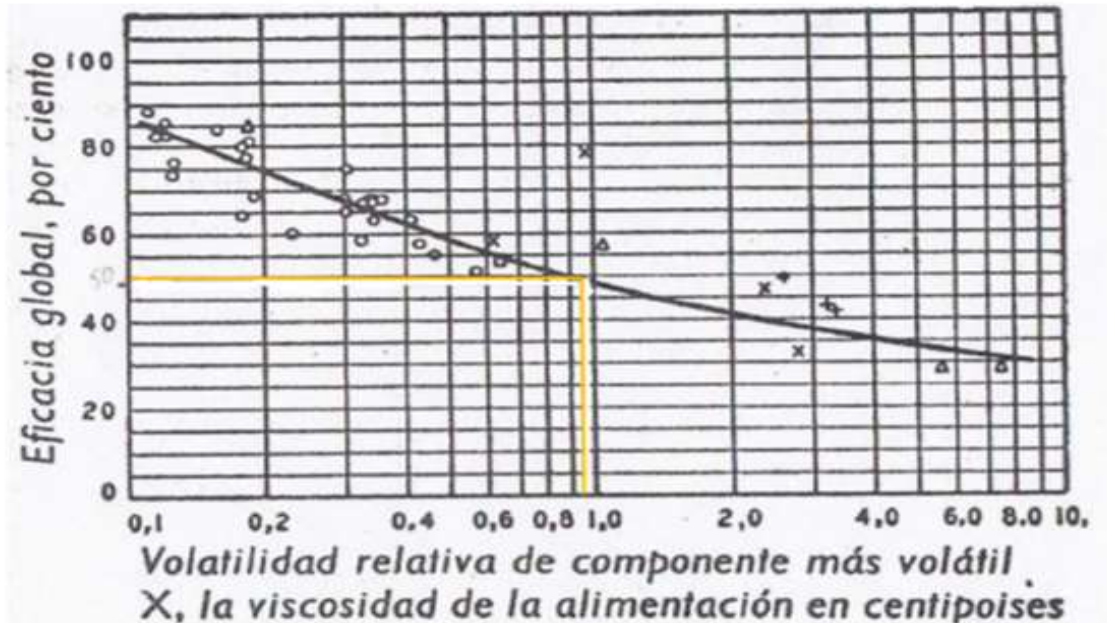
$$\mu_F = \mu_{C_2H_5OH} * x_F + \mu_{H_2O} * (1 - x_F)$$

$$\mu_F = 0,49 * 0,0518 + 0,4 * (1 - 0,0518)$$

$$\mu_F = 0,404$$

$$\alpha * \mu_F = 2,34 * 0,404$$

$$\alpha * \mu_F = 0,137$$



**Figura 14-3:** Eficiencia global según su volatilibilidad relativa y la viscosidad de la destilación

Fuente: Bonilla Bermeo & Álvarez Macias, 2011.

Al trabajar en los laboratorios de la ESPOCH se alcanzó un rendimiento de 22.29% al momento de destilar, esto se debe a que era un diseño diferente de columna además de daños a la infraestructura que presenta el equipo, se espera al tomar en cuenta el gráfico que su eficiencia sea del 50%.

#### 3.6.6.9. Número real de platos

$$\#Platos_{real} = \frac{\#platos_{teóricos}}{Eficiencia}$$

$$\#Platos_{real} = \frac{7}{0,50}$$

$$\#Platos_{real} = 14$$

#### 3.6.6.10. Densidad del vapor

$$Pv = \frac{PM_{etnol} * 273}{22,4 * (273 + T_{ebullición\ de\ etanol})}$$

$$Pv = \frac{46,07 * 273}{22,4 * (273 + 78,4)}$$

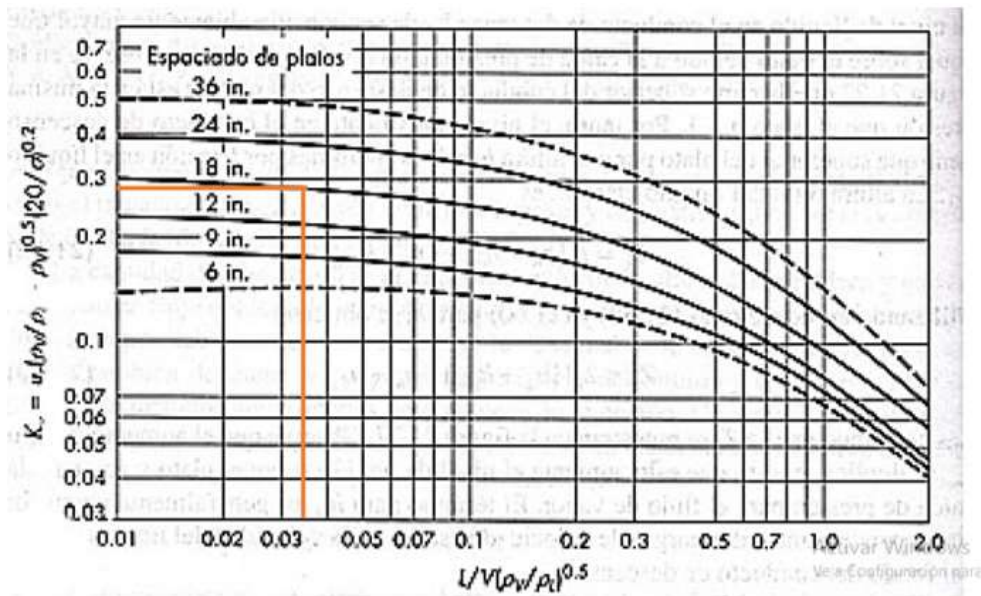
$$Pv = 1,598 \frac{kg}{m^3}$$

### 3.6.6.11. Cálculo del coeficiente k

$$k = \frac{LR}{V} * \left(\frac{\rho_v}{\rho_L}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$k = \frac{3,80 mol/h}{4,90 \frac{mol}{h}} * \left(\frac{1,5978}{789}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$k = 0,0349$$



**Figura 15-3:** Determinación del coeficiente k por McCabe para la columna de rectificación

**Fuente:** Bonilla Bermeo & Álvarez Macías, 2011.

Se ha determinado 18 pulgadas entre los platos para lograr una mejor eficiencia del equipo, brindando así un valor de 0,28 para k.

### 3.6.6.12. Velocidad de los vapores

$$\mu = k * \sqrt{\frac{\rho_L - \rho_V}{\rho_V} * \frac{\sigma}{20}}$$

Donde:

$\mu$  = Velocidad de los vapores (m/s)

$\rho_L$  = Densidad del líquido ( $kg/m^3$ )

$\rho_V$  = Densidad del vapor ( $kg/m^3$ )

k = Coeficiente

$\sigma$  = Tensión superficial del etanol a 20°C

$$\mu = 0,28 * \sqrt{\frac{789 - 1,598}{1,598} * \frac{20,6}{20}}$$

$$\mu = 6,308 \frac{m}{s}$$

3.6.6.13. *Diámetro de la columna*

$$D_{(columna\ 2)} = \sqrt{\frac{4 * V * (273 + T_{mV}) * 760}{\pi * \mu * 3600 * P}}$$

Donde:

D = Diámetro de la columna

$T_{mV}$  = Temperatura media de los vapores

P = Presión absoluta media (mmHg)

$\mu$  = velocidad de los vapores (m/s)

V = Caudal del vapor (kmol/h)

$$D_{(columna\ 2)} = \sqrt{\frac{4 * 4,90 * (273 + 95) * 760}{\pi * 6,308 * 3600 * 760}}$$

$$D_{columna\ 2} = 0,317\ m$$

3.6.6.14. *Altura de la columna*

$$h_{Columna\ 2} = \#Platos_{real} * distancia\ entre\ platos$$

$$h_{Columna\ 2} = 14 * 6in * \frac{0,0254m}{1in}$$

$$h_{Columna\ 2} = 2,15m$$

3.6.6.15. *Altura total de la columna*

$$h_{T\ columna2} = h_{columna2} + distancia\ entre\ el\ último\ plato\ y\ el\ final\ de\ la\ columna$$

$$h_{T\ columna2} = 0,6096m + 2,15m$$

$$h_{T\ columna2} = 2,3093\ m$$

3.6.6.16. *Diseño de los intercambiadores de calor*

**Diámetro del serpentín**

$$D_s = \frac{3}{8} in * \frac{0,0254m}{1in}$$

$$D_s = 0,009525m$$

**Longitud de la circunferencia que forma el serpentín**

$$L_{cs} = \pi * D_s$$

$$L_{cs} = \pi * 0,009525m$$

$$L_{cs} = 0,02992m$$

## Condensador

- a. Calor requerido para la condensación en la rectificación

$$q_c = m_v * C_{p_v} * (T_{VE} - T_{VS}) + m_v * h_v$$

Donde

$m_v$  = Flujo másico de etanol vapor (kg/h)

$C_{p_v}$  = Calor específico del vapor (Kj/Kg°C)

$T_{VE}$  = Temperatura de entrada del etanol (vapor al condensador) (°C)

$T_{VS}$  = Temperatura de salida del etanol (vapor al condensador) (°C)

$h_v$  = Entalpía de vapor (KJ/kg)

$$q_c = 92,36 \frac{kg}{h} * 2,0857 \frac{KJ}{kg^\circ C} * (78,4 - 22)^\circ C + 92,36 \frac{kg}{h} * 1950 \frac{KJ}{kg}$$

$$q_c = 190966,62 \frac{KJ}{h}$$

- b. Flujo másico de agua requerido

$$m_v = \frac{q_c}{C_{p_{Agua}} * \Delta T}$$

$$m_v = \frac{190966,62 KJ/h}{4,186 \frac{KJ}{kg^\circ C} * (22 - 18)^\circ C}$$

$$m_v = 11405,077 \frac{kg}{h}$$

- c. Cálculo en la condensación de la distancia media logarítmica de la temperatura (LMTD)

$$LMTD_c = \frac{\Delta T_A - \Delta T_B}{\ln\left(\frac{\Delta T_A}{\Delta T_B}\right)}$$

$$LMTD_c = \frac{(78,4 - 22)^\circ C - (78,4 - 18)^\circ C}{\ln\left(\frac{(78,4 - 22)^\circ C}{(78,4 - 18)^\circ C}\right)}$$

$$LMTD_c = 58,38^\circ C$$

- d. Cálculo de la distancia media logarítmica de temperatura para enfriamiento (LMTD)

$$LMTD_c = \frac{\Delta T_B - \Delta T_C}{\ln\left(\frac{\Delta T_B}{\Delta T_C}\right)}$$

$$LMTD_c = \frac{(78,4 - 18)^\circ C - (22 - 18)^\circ C}{\ln\left(\frac{(78,4 - 18)^\circ C}{(22 - 18)^\circ C}\right)}$$

$$LMTD_c = 20,78^\circ C$$

- e. Longitud del serpentín

Se considera la relación  $\frac{E}{D_T} = \frac{1}{4}$ , para el serpentín y su separación del fondo; esperando que el tamaño del condensador sea de 0,75m de alto y 0,60m de ancho.

$$E = \frac{D_T}{4}$$

$$E = \frac{0,60m}{4}$$

$$E = 0,15m$$

$$L_s = L_c - E$$

$$L_s = 0,60m - 0,15 m$$

$$L_s = 0,45m$$

Se ha calculado un espacio que ocupará el condensador de 0,45m

f. Número de vueltas

$$\#vueltas = \frac{L_s}{D_s}$$

$$\#vueltas = \frac{0,45m}{0,00953m}$$

$$\#vueltas = 47$$

g. Longitud total del serpentín del condensador

$$L_{cs_T} = L_{cs} * \#vueltas$$

$$L_{cs_T} = 0,0299m * 47$$

$$L_{cs_T} = 1,405 m$$

### Cámara de ebullición

a. Calor requerido en la rectificación

$$Q = m_{ED} * C_{pED} * \Delta T$$

Donde

$$m_{ED} = \text{Flujo másico del etanol a rectificar} \left( \frac{kg}{h} \right)$$

$$C_{pED} = \text{calor específico del etanol (kJ/kg}^\circ\text{C)}$$

$$\Delta T = \text{Temperatura de entrada y salida al reboiler} (^\circ\text{C})$$

$$Q = m_{ED} * C_{pED} * \Delta T$$

$$Q = 92,36 \frac{kg}{h} * 2,44 \frac{kJ}{kg^\circ C} (78,4 - 14,7)^\circ C$$

$$Q = 14355,33 \frac{kJ}{h}$$

b. Longitud del serpentín

Se considera la relación  $\frac{E}{D_T} = \frac{1}{4}$ , para el serpentín y su separación del fondo; esperando que el tamaño del condensador sea de 0,75m de alto y 0,60m de ancho.

$$E = \frac{D_T}{4}$$

$$E = \frac{0,60m}{4}$$

$$E = 0,15m$$

$$Ls = Lc - E$$

$$Ls = 0,60m - 0,15 m$$

$$Ls = 0,45m$$

Se ha calculado un espacio que ocupará el condensador de 0,45m

c. Número de vueltas

$$\#vueltas = \frac{Ls}{Ds}$$

$$\#vueltas = \frac{0,45m}{0,00953m}$$

$$\#vueltas = 47$$

d. Longitud total del serpentín del condensador

$$Lcs_T = Lcs * \#vueltas$$

$$Lcs_T = 0,0299m * 47$$

$$Lcs_T = 1,405 m$$

e. Cantidad de etanol estimada después de la destilación es de 80%

$$ED_{prop} = \frac{\% \text{ rendimiento} * JF}{100}$$

$$ED_{prop} = \frac{50\% * 92,36L/lote}{100}$$

$$ED_{prop} = 46,18 \frac{L}{lote}$$

Se estima que a un nivel teórico es de 50% el etanol obtenido del proceso de destilación en la parte experimental la cantidad a rectificar es de  $46,18 \frac{L}{lote}$ .

### 3.7. Análisis costo – beneficio

#### 3.7.1. Costos variables

**Tabla 39-3:** Costos de materia prima, aditivos e insumos para producir etanol al 70%

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
Frutilla	100	kg	1,14	114
Levadura	100	g	0,2	20
Azúcar	100	kg	1	100
Agua Purificada	200	l	0,125	25
Etiquetas	20	Unidad	0,02	0,4
Envases	20	Unidad	0,045	0,9
<b>TOTAL</b>				<b>260,3</b>

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022



**Tabla 40-3:** Costos variables de producción mensual

<b>Descripción</b>	<b>Diario</b>	<b>Días trabajados</b>	<b>Producción mensual esperada</b>	<b>Costo por litro</b>	<b>Costo Total</b>
Litros para producir	200	20	4000	1,3015	5206

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

**Tabla 41-3:** Otros costos variables mensuales

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo total</b>
Operarios	2	425	850
<b>TOTAL</b>			<b>850</b>

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

### 3.7.2. Costos fijos

**Tabla 42-3:** Costos fijos de producción mensual

<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>
Análisis fisicoquímicos del alcohol desinfectante	106
Transporte (combustible)	250
Servicios básicos (agua, luz, teléfono, internet)	200
<b>TOTAL</b>	<b>556</b>

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

### 3.7.3. Precio de la producción de alcohol desinfectante

$$P_p = \frac{C_{\text{fijos producción mensual}} + C_{\text{variables producción mensual}} + C_{\text{otros variables}}}{\text{Litros de producción mensual}}$$

$$P_p = \frac{556 + 5206 + 850}{4000}$$

$$P_p = 1,65$$

### 3.7.4. Precio de venta del alcohol desinfectante

El etanol al 70% se vende \$3,50 por litro, es decir que el precio de venta propuesto para la empresa es un precio accesible y competitivo en el mercado, el cual se obtendrá una buena utilidad al momento de estar a la venta.

### 3.7.5. Punto de equilibrio

**Tabla 43-3:** Punto de equilibrio

Detalle	Mensual	Anual
Costos fijos	556	7560
Precio de venta	3,5	3,5
Costo variable	1,67	1,67
Punto de equilibrio	157,204	1904,63

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

### 3.7.6. Maquinarias y equipos

**Tabla 44-3:** Costos, depreciación, mantenimiento y seguro de maquinarias y equipos

Maquinarias y equipos	Valor	Vida útil	Inversiones	Mantenimiento (5%)	Seguro (3%)
Balanza de suelo	350	5	70	17,5	10,5
Refractómetro	400	5	80	20	12
pHmetro	27	5	5,4	1,35	0,81
Recipiente de lavado	700	5	140	35	21
Despulpadora	3400	5	680	170	102
Filtrador	1500	5	300	75	45
Fermentador	5500	5	1100	275	165
Destilador	70000	5	14000	3500	2100
Columna de rectificación	47000	5	9400	2350	1410
<b>TOTAL</b>	128877		25775,4	6443,85	3866,31

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

### 3.7.7. Proyección de demanda y ventas

**Tabla 45-3:** Proyección de demanda y ventas

Producto	1 L etanol al 70%		
Precio de venta			3,5
Tasa de crecimiento poblacional			1,80%
Producción diaria	200	Producción mensual	Producción anual
		4000	48000
Años		Proyección de demanda	Proyección de ventas
Año 1		48000	168000
Año 2		48864	171024
Año 3		50638,94	177236,28
Año 4		53422,95	186980,34
Año 5		57374,51	200810,80

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

### 3.7.8. Proyección de costo y presupuesto

**Tabla 46-3:** Proyección de costo

<b>Flujo de inflación</b>		0,0017%				
<b>Detalle</b>	<b>Año 0</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
<b>Costos de producción</b>						
Materia prima directa	62472,0	62473,1	62475,2	62478,4	62482,6	62487,9
Mano de obra directa	10200,0	10200,2	10200,5	10201,0	10201,7	10202,6
Mantenimiento y seguros	10310,2	10310,3	10310,7	10311,2	10311,9	10312,8
Depreciación	25775,4	25775,8	25776,7	25778,0	25779,8	25782,0
<b>Subtotal</b>	108757,6	108759,4	108763,1	108768,7	108776,1	108785,3
<b>Costos administrativos</b>						
Servicios básicos	2400,0	2400,0	2400,1	2400,2	2400,4	2400,6
Permisos de funcionamiento	150,4	150,4	150,4	150,4	150,4	150,4
Análisis de laboratorio	1272,0	1272,0	1272,1	1272,1	1272,2	1272,3
Transporte	3000,0	3000,1	3000,2	3000,3	3000,5	3000,8
<b>Subtotal</b>	3822,4	6822,5	6822,7	6823,1	6823,6	6824,1
<b>Costos financieros</b>						
Intereses bancarios	100,00	100,00	100,01	100,01	100,02	100,03
<b>Subtotal</b>	100,00	100,00	100,01	100,01	100,02	100,03
<b>TOTAL</b>	112680,0	115681,9	115685,9	115691,8	115699,6	115709,5

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

### 3.7.9. Flujo de caja

**Tabla 47-3:** Flujo de caja

	Detalles	Años					
		0	1	2	3	4	5
+	Ventas netas		168000,00	171024,00	177236,28	186980,34	200810,80
-	Costos de producción		112679,96	115681,93	115685,86	115691,76	115699,63
=	Utilidad neta de reparto		55320,04	55342,07	61550,42	71288,58	85111,17
-	Reparto de utilidades (15%)		8298,01	8301,31	9232,56	10693,29	12766,68
=	Utilidades más impuestos		47022,03	47040,76	52317,85	60595,29	72344,50
-	Impuesto a la renta		0,00	0,00	32,36	113,62	593,71
=	Utilidad neta		47022,03	47040,76	52285,49	60481,67	71750,79
-	Inversión de máquinas y equipos	-128877					
=	Flujo de caja	-128877	47022,03	47040,76	52285,49	60481,67	71750,79
=	Flujo de caja actualizada al 11,5%	-128877	3761,76272	301,0608795	26,77017272	2,4773294	0,235112973

=	Flujo de caja acumulado	-128877	-125115,24	-124814,18	-124787,41	-124784,93	-124784,69
	Tasa de rendimiento del mercado		11,5				
	VAN (Valor actual neto)		\$4.092,31				
	TIR (Tasa interna de retorno)		30%				
	PR (Plazo de recuperación)		2,71				

**Realizado por:** Cáceres, Ángel, 2022

Con una tasa de rendimiento del mercado de 11,5% se tiene un VAN de \$4092,31 siendo un valor positivo y mayor a cero por lo que el proyecto es viable, con un TIR de 29% y con una recuperación de 2 años, 8 meses y 15 días.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS

#### 4.1. Resultados del proyecto

##### 4.1.1. Caracterización de la materia prima

**Tabla 1-4:** Resultados de la caracterización de la materia prima

Parámetro	Resultado	Rango de bibliografía
Sólidos totales (g/100ml)	11,81	7-12
Cenizas totales (%)	35,70	
Acidez (Acido Málico)	0,8805	0,50 -1,87
Proteína	54,65	
pH	3,34	3,18 – 4,10
Índice de refracción	1,34632	
Brix (°Bx)	9,05	4,60 – 11,90
Temperatura (°C)	20	20
Humedad	88,19	88-90,2
Azúcares Totales	15,5281	4,10 – 6,60

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

##### 4.1.2. Caracterización del alcohol desinfectante

**Tabla 2-4:** Resultados de la caracterización del alcohol

Parámetro	Unidad	NTE INEN		
		Lab.	Mínimo	Máximo
Densidad Relativa	g/ml	0,8654	0,8805	0,8905
Grado alcohólico	°GL	78	68	72
Aldehídos	mg/100 cm <sup>3</sup> AA	<0,01	-	0,001
Metanol	mg/100 cm <sup>3</sup> AA	<0,01	-	0,02
Acidez	% (Ac. Acético)	% 0,001	-	0,003
Color	HANZEN	0,0	-	10
Residuo seco por evaporación	mg/100ml	1,75	-	3,0

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

#### 4.1.3. Rendimiento de los procesos a nivel de laboratorio

**Tabla 3-4:** Resultados del proceso en el laboratorio

Proceso	Rendimiento
Lavado	98,68%
Despulpado	96,45%
Filtración	98.85%
Fermentación	98.26%
Destilación	22.29%
Rectificación	50%
Rendimiento Global	8,8%

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

#### 4.1.4. Dimensionamiento de los equipos

**Tabla 4-4:** Resultados del dimensionamiento de equipos

<b>Balanza de suelo</b>	
Capacidad máxima (kg)	1500kg
Dimensiones (mm)	1500x1250mm
Material	Acero inoxidable
<b>Refractómetro</b>	
Tiempo de medición	10-40°C
Compensación Temperatura	Aprox. 1s
Cantidad de muestra (gotas)	4-5
Precisión en el contenido de azúcar	$\pm 0,2\%$
Precisión en la temperatura (°C)	0,0003
Precisión en el índice de refracción (nD)	0,1
<b>pHmetro kit, CHP - 810</b>	
Rango de medición	0 a 14 pH
Precisión de medición	$\pm 0,05$ pH
Batería	3 x 1,5 V - AAA
Calibración	Automática
<b>Recipiente de recepción y lavado</b>	
Capacidad para procesar (kg/lote)	568,18 Kg
Volumen total del recipiente ( $m^3$ )	$7,11m^3$

Altura total del recipiente (m)	0,9
Profundidad (m)	0,4
Dimensiones de la base (m)	4,87 x 4,87
Material	Acero inoxidable (AISI 304)
<b>Despulpadora</b>	
Capacidad para procesar (kg/h)	150-200
Potencia (HP)	2,4
Voltaje (voltios)	220 ó 440
Modelo	DFNP 200IX
Material	Acero inoxidable
<b>Filtrador</b>	
Capacidad para procesar (L/lote)	2500
Poder (kv)	0,25 -3
Diámetro de la pantalla (mm)	400- 2000
Cubiertas	1-5
Material	Acero Carbono
<b>Fermentador</b>	
Capacidad para procesar (L/lote)	419,20
Volumen total ( $m^3$ )	0,05
Diámetro total (m)	0,40
Altura total (m)	0,60
Tipo de agitador	Curve Blade
Potencia real para la agitación (HP)	0,351
Tiempo de agitación (s)	20
Diámetro de la chaqueta de calentamiento	0,52
Volumen de la chaqueta de calentamiento ( $m^3$ )	0,22
Calor requerido (kJ)	137592
<b>Deshidratador</b>	
Capacidad para procesar (L/lote)	46,18
Cantidad de zeolita mínima (kg)	33,46
Cantidad de zeolita máxima (kg)	50,2
Volumen total del deshidratador ( $m^3$ )	0,07935



Altura del deshidratador (m)	0,1805
Cantidad estimada de etanol final (L/lote)	44,17
Material	Acero inoxidable
Diámetro del serpentín (m)	0,009525
Calor requerido para la condensación (kJ/h)	299317,55
Flujo másico de agua requerido (kJ/h)	17876,11
Longitud total del serpentín (m)	0,45
Número de vueltas	47
Calor requerido para la evaporación (kJ/h)	7177,66
Longitud total del serpentín (m)	1,405
Número de vueltas	47

**Realizado por:** Cáceres, Ángel, 2022

**Tabla 5-4:** Dimensión del destilador

<b>Destilador</b>	
Capacidad para procesar (L/lote)	414,37
Fracción molar inicial	0,0518
Fracción molar final	0,195
Fracción molar de fondos	0,0127
Número real de platos	4
Diámetro (m)	0,317 m
Altura total (m)	1,829m
Diámetro del serpentín (m)	0,00953m
Calor requerido para la condensación (kJ/h)	856765,28
Flujo másico de agua requerido (kJ/h)	51168,49
Longitud total del serpentín (m)	0,45m
Número de vueltas	47
Calor requerido para la evaporación (Kj/h)	97239,03
Longitud total del serpentín del condensador (m)	1,405 m
Número de vueltas	47
Valor en dólares	70000 \$

**Realizado por:** Cáceres, Ángel, 2022

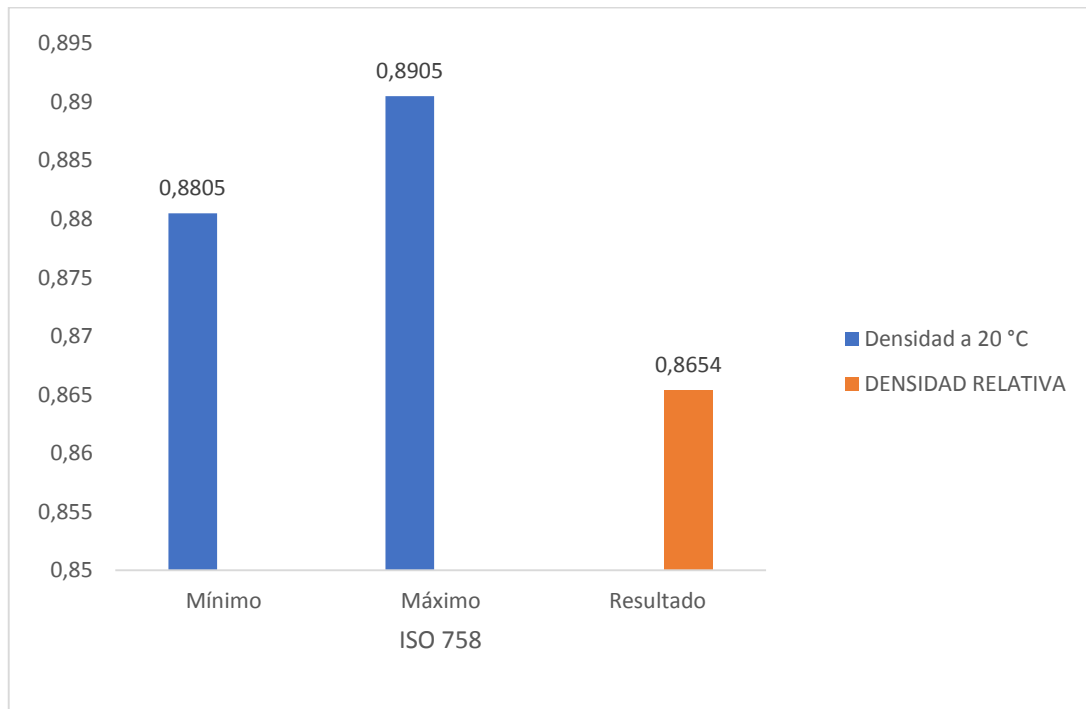
**Tabla 6-4:** Dimensión del destilador

<b>Rectificador</b>	
Capacidad para procesar (L/lote)	92,36
Fracción molar inicial	0,195
Fracción molar final	0,552
Fracción molar de fondos	0,0127
Número real de platos	14
Diámetro (m)	0,317
Altura total (m)	2,3093
Diámetro del serpentín (m)	0,009525
Calor requerido para la condensación (kJ/h)	190966,62
Flujo másico de agua requerido (kJ/h)	11405,077
Longitud total del serpentín (m)	0,45
Número de vueltas	47
Calor requerido para la evaporación (Kj/h)	14355,33
Longitud total del serpentín del condensador (m)	1,405
Número de vueltas	47
Valor en dólares	47000 \$

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

## 4.2. Resultados estadísticos de los parámetros establecidos con la norma ISO 758

### 4.2.1. Densidad

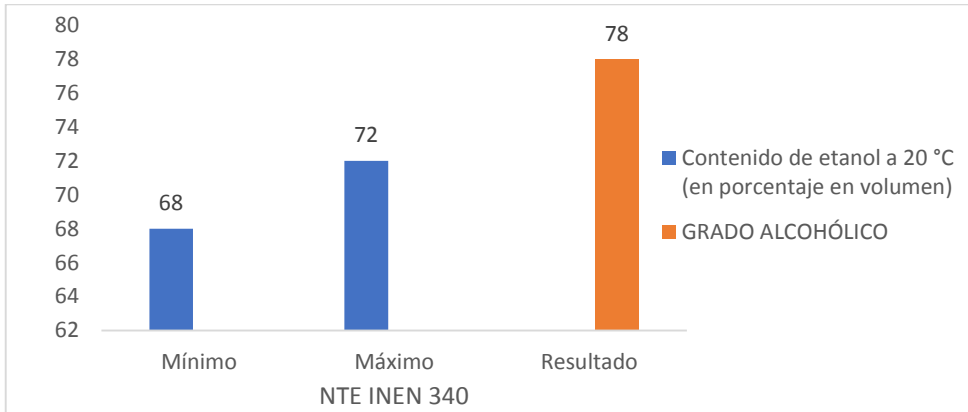


**Gráfico 1-4:** Densidad

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

Para el parámetro Densidad 20 °C, el resultado instrumental es 0,8654 el cual no se encuentra dentro de los límites 0,8805 y 0,8905 de la norma ISO 758, por tanto, no cumple el requisito químico mínimo o máximo establecidos.

#### 4.2.2. Contenido de etanol

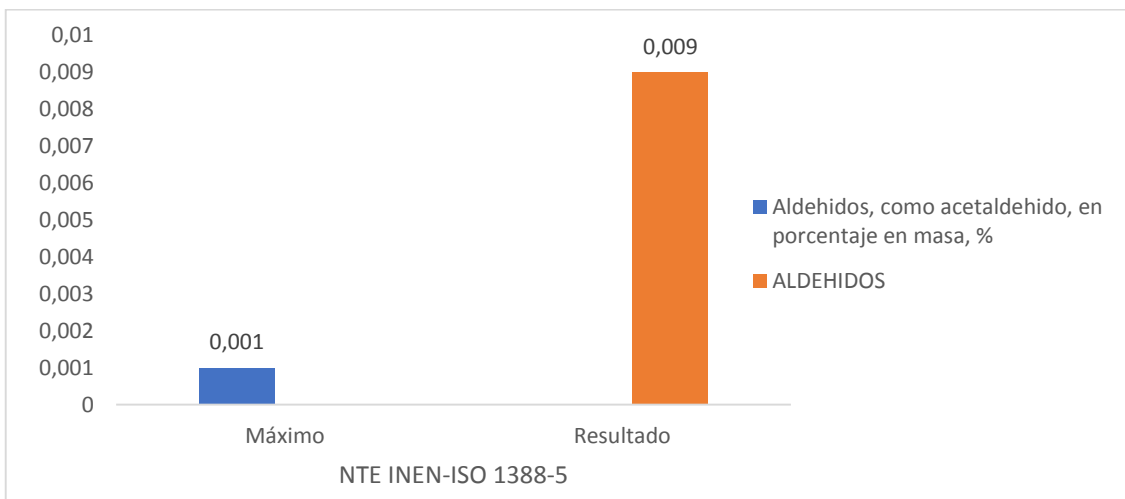


**Gráfico 2-4:** Contenido de etanol

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

Para el parámetro Contenido de etanol a 20 °C, el resultado instrumental es 78, el cual no se encuentra dentro de los límites 68 y 72 de la norma NTE INEN 340, por tanto, no cumple el requisito químico mínimo o máximo establecidos.

#### 4.2.3. Aldehídos



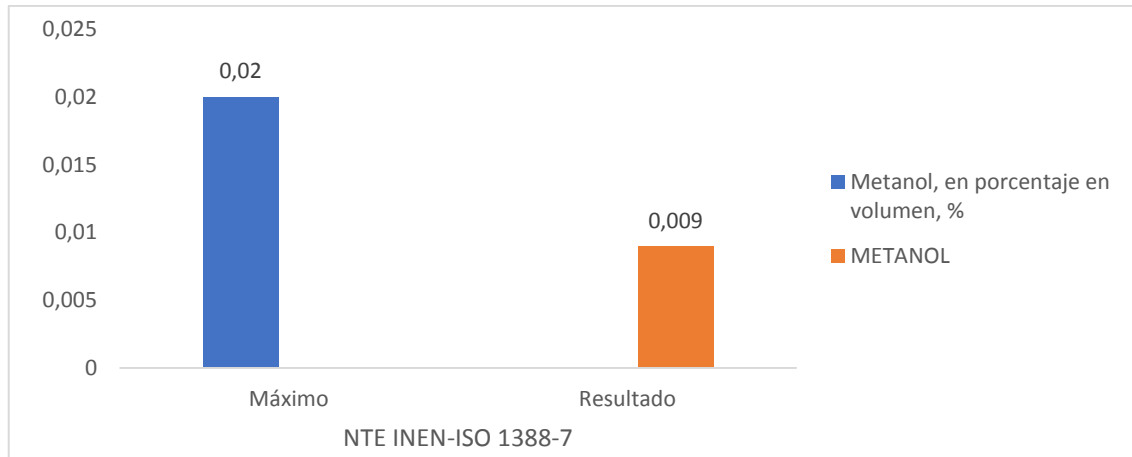
**Gráfico 3-4:** Aldehídos

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

Para el parámetro Aldehídos el resultado instrumental es 0,009\* el cual excede el máximo permitido por la norma NTE INEN-ISO 1388-5, por tanto, no cumple el requisito de porcentaje máximo de aldehídos.

\* NOTA: El resultado es <0,01 siendo 0,009 el primer valor menor en decimal

#### 4.2.4. Metanol



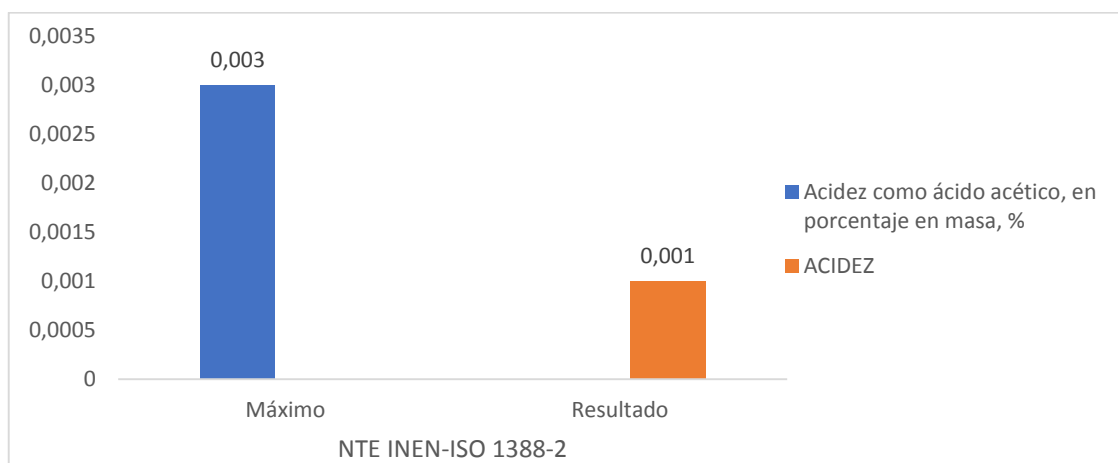
**Gráfico 4-4: Metanol**

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

Para el parámetro Metanol el resultado instrumental es 0,009\* el cual no excede el máximo permitido por la norma NTE INEN-ISO 1388-7, por tanto, cumple el requisito químico de porcentaje máximo de Metanol establecido.

\* NOTA: El resultado es <0,01 siendo 0,009 el primer valor menor en decimal

#### 4.5.5. Acidez

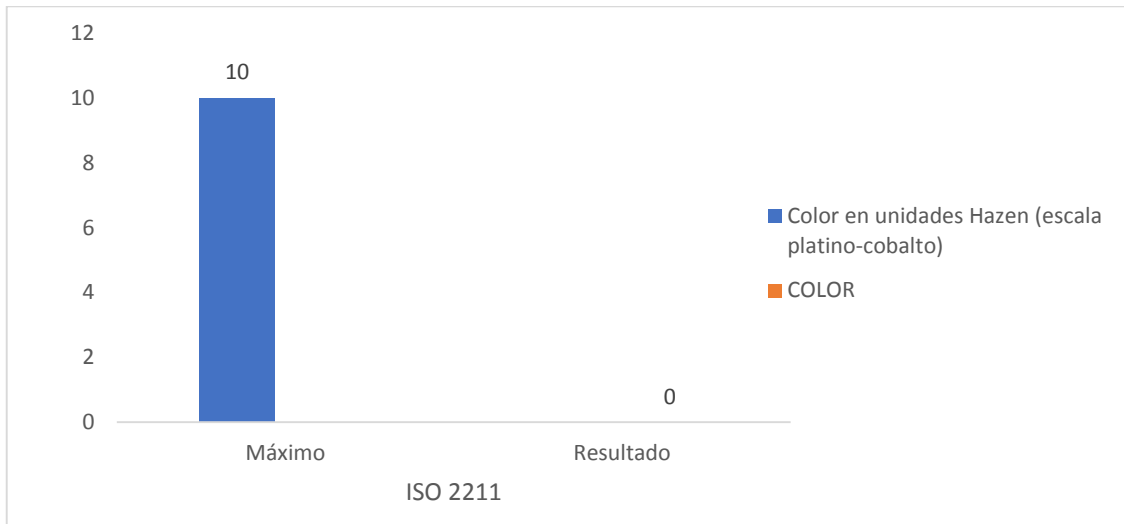


**Gráfico 5-4: Acidez**

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

Para el parámetro Acidez el resultado instrumental es 0,001 el cual no excede el máximo permitido por la norma NTE INEN-ISO 1388-2, por tanto, cumple el requisito químico de porcentaje máximo de Acidez establecido.

#### 4.2.5. Color

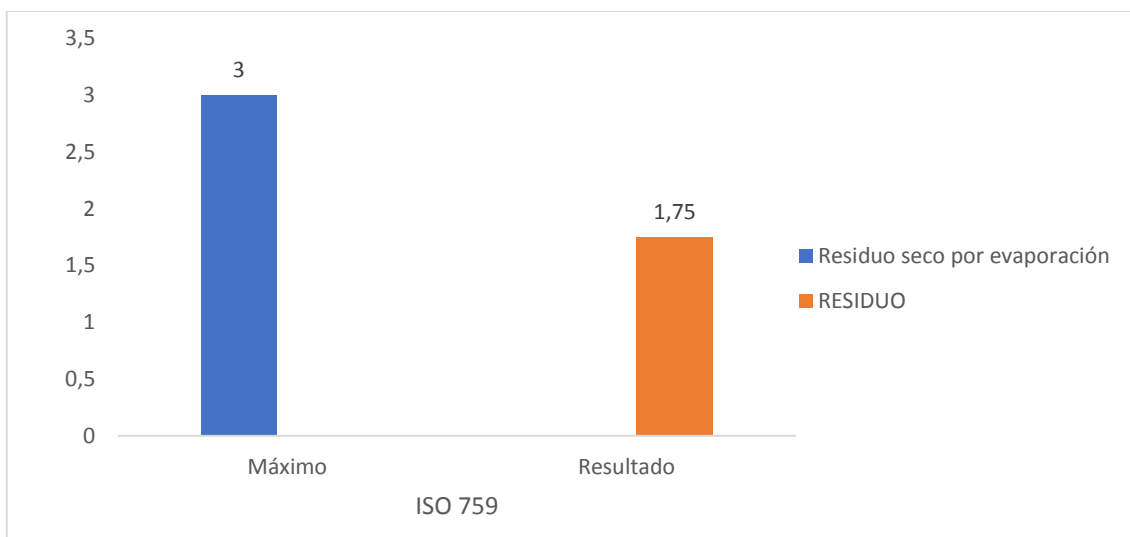


**Gráfico 6-4: Color**

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

Para el parámetro Color el resultado instrumental es 10 el cual no excede el máximo permitido por la norma ISO 2211, por tanto, cumple el requisito establecido.

#### 4.2.6. Residuo



**Gráfico 7-4: Residuo**

Realizado por: Cáceres, Ángel, 2022

Para el parámetro Residuo el resultado instrumental es 1,75 el cual no excede el máximo permitido por la norma ISO 759, por tanto, cumple el requisito establecido.

### 4.3. Análisis costo-beneficio

**Tabla 7-4:** Resultados del análisis costo-beneficio

<b>Detalle</b>	<b>Resultado</b>
Tasa de rendimiento del mercado	11,5
VAN (Valor actual neto)	\$4022,53
TIR (Tasa interna de retorno)	29%
PR (Plazo de recuperación)	2,75

**Realizado por:** Cáceres, Ángel, 2022

### 4.4. Análisis y discusión de resultados

- Caracterización de la materia prima

La caracterización de la frutilla es fundamental en el proceso en especial en la fermentación. La frutilla en territorio ecuatoriano no posee una norma INEN de caracterización únicamente existen normas de caracterización por parámetros. Por lo que la medición de las propiedades físicas y químicas se llevó a cabo en los laboratorios de ESPOCH en cuya base existe por lo general una norma INEN. En base a investigaciones e indagaciones para estimar un rango en el que se puede hacer una comparación válida y con sentido, como (Mora, 2008)(CID, 2007) y (Muñoz & Naranjo, 2012)por citar algunos, en cuyas investigaciones han caracterizado la frutilla en sus diversas connotaciones propias a su investigación, pero se puede utilizar para hacer comparaciones. De modo que el promedio de resultados arrojados fue: Sólidos Totales 11,81 g/100ml; Cenizas Totales 35,70 %; Acidez Titulable (Acido Máfico) 0,8805; Proteína 54,65 % ; Índice de Refracción 1,34632 ; Grados Brix 9,05 ; Temperatura 20°C ; Humedad 88,19 % , Azúcares Totales 15,5281 todas se encuentran bajos rangos adecuados salvo los azúcares totales que en investigaciones no debe superar 12,70

- Proceso de obtención del etanol en el laboratorio

A partir de 50 kg de fruta se logró producir 4,6 litros de alcohol potable a 70°GL cuyo rendimiento está en 8,8%. Existe otras indagaciones para producir etanol con sus correspondientes modificaciones del proceso como (Gaibor, 2021)que obtuvieron rendimientos de (6,29 % y 7,11%) respectivamente. En la primera el rendimiento es menor pese a producir cantidades similares de etanol a diferente concentración alcohólica

- Caracterización del etanol obtenido

La validación del alcohol se llevó a cabo con la norma NTE INEN 3194 para etanol en solución para lo cual se recurrió a un laboratorio acreditado ajeno a la ESPOCH dado que en los laboratorios de la Facultad no se encuentra reactivos para medición de metanol y acetaldehídos en cuyos resultados arrojaban que existe cumplimiento de los parámetros físico-químicos a expresión del grado alcohólico y la densidad (78 y 0,8654 respectivamente ) dado a que existe una correlación donde aumenta el grado alcohólico también lo hace la densidad . En el laboratorio de Productos Naturales se obtuvo un alcohol rectificado que llega un valor de 83 ° GL como valor máximo. Es por ello que va a ser fundamental que en procesos posteriores el grado alcohólico deber estar cercano a los 76-78 °GL de modo que por cromatografía de gases se obtenga de valor deseado del grado alcohólico y su correspondiente densidad. Finalmente, en base al cumplimiento de los demás parámetros de validación en especial el contenido de metanol y acetal idos el producto es apto para salir a la venta al público en general para que sea destinado en sus diversos usos.

## CONCLUSIONES

- Se diseñó un Proceso Industrial para la Obtención de Etanol a partir de la Frutilla (*fragraria*) para la cervecería Nefer de modo que para llevar a cabo el presente trabajo pasaron por procesos de desinfección, lavado, molienda, filtrado, fermentación, destilación y rectificación
- Se obtuvo un etanol de 83° GL a partir de la frutilla (*fragraria*) en los laboratorios de la Facultad de Ciencias, cada uno pilar en el proceso general
- Se estableció las variables del proceso para la elaboración de alcohol potable. Tomando como punto de Control Crítico la Fermentación. Considerando parámetros como pH, Grados Brix, Índice de Refracción y Densidad cuya variación es un indicador del proceso de Fermentación.
- Se validó el proceso fundamentalmente con base la Norma NTE INEN 3194 para etanol en solución. Pese a que el grado alcohólico como la densidad del fluido no han sido acordes a la normativa por el cumplimiento a Metanol, Aldehídos y Cetonas dicho alcohol es apto para el uso industrial de este en sus diferentes aplicaciones.
- Se realizó un análisis costo beneficio, por lo que se dice que el proyecto presentado es totalmente viable, con una recuperación de 2 años y 8 meses para poder recuperar toda la inversión.



## RECOMENDACIONES

- Al triturar la frutilla se debe adicionar durante y al finalizar el proceso parte del agua a utilizar para la recolectar la mayor parte de muestra que pueda quedar retenida en el contenedor en el que se ha realizado la trituración.
- Evitar que cuando se realice el triturado de la muestra esta se mantenga fuera del fermentador por mucho tiempo debido a que puede ser contaminada por diversos factores que se encuentran en el ambiente.
- Las levaduras al ser adquiridas registran indicaciones de su uso, por lo que se debe seguir sus pasos manteniendo la temperatura que solicita para su uso, para evitar cualquier efecto adverso a su activación.
- Los recipientes y área de trabajo deben ser higienizados y desinfectados de manera adecuada para evitar cualquier contaminación cruzada.
- Los residuos que se generan en la elaboración del vino pueden ser deshidratados y usados en pastelería como polvo decorativo, mermelada o simplemente para su posterior uso como abono

## **GLOSARIO**

**Punto azeotrópico:** Es cuando una mezcla de líquidos empieza a ebullición y la temperatura de esta se comporta como si fueran uno solo.

**Deshidratación:** Proceso donde se elimina la mayor cantidad de agua de una muestra para poder alcanzar la pureza de esta.

**Destilación fraccionada:** Es la operación unitaria que permite separar los componentes de una mezcla con puntos de ebullición muy cercanos.

**Etanol Anhidro:** Es un alcohol que ha alcanzado la pureza máxima entre 96 % y 100%.

**Fermentación:** Proceso donde se lleva a cabo una reacción química que transforma los carbohidratos en alcohol gracias a la presencia de las levaduras.

## BIBLIOGRAFÍA

**ALVARADO, P.** (2013). *Estudio investigativo de la frutilla y su aplicación en la gastronomía*. [En línea]. Ecuador-Quito. [Consulta: 22 abril 2022]. Disponible en: [http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/11759/1/50905\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/11759/1/50905_1.pdf)

**ASUERO, A., MACAS, A., LIMA, G., & FAJARDO, A.** (2021). *Informe especial sobre la comercialización de productos médicos durante la emergencia sanitaria causada por la pandemia del COVID-19*. [En línea]. Ecuador-Quito. [Consulta: 22 abril 2022]. Disponible en: [https://www.scpm.gob.ec/sitio/wp-content/uploads/2021/04/Informe\\_emergencia\\_sanitaria\\_SCPM-IGT-INAC-001-2020.pdf](https://www.scpm.gob.ec/sitio/wp-content/uploads/2021/04/Informe_emergencia_sanitaria_SCPM-IGT-INAC-001-2020.pdf)

**BENAVENT, J., & TUDE, J.** (2011). *Manual de vinos y bebidas* (Universidad Politécnica de Valencia, Ed.; Primera). En línea]. España-Valencia. [Consulta: 22 abril 2022]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/147841/Chorabik%20-%20Caracterizaci%C3%B3n%20de%20vinos%20del%20cv.%20Cari%C3%B1ena%20de%20a%20bodega%20Costers%20del%20Priorat%20procedentes....pdf?sequence=1>

**BRITO, H.** (2001). *Texto Básico Operaciones Unitarias II*. [En línea]. Ecuador-Chimborazo. [Consulta: 22 abril 2022]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/315778840>

**CABA.** (n.d.). *Alcohol etílico (etanol) 70%vol.* [En línea]. [Consulta: 22 abril 2022]. Disponible en: <https://www.ancap.com.uy/innovaportal/file/1715/1/fs-eucaliptado.pdf>

**CADENA, M.** (2017). *Estudio de factibilidad para el cultivo hidropónico de fresa (Fragaria x ananassa D), EN FACATATIVÁ CUNDINAMARCA.*

**CASTEJÓN, N.** (2017). *Azúcar en las frutas: ¿cuáles tienen más y cuáles menos?* Webconsultas. [En línea]. [Consulta: 22 abril 2022]. Disponible en: <https://www.webconsultas.com/curiosidades/azucar-en-las-frutas-cuales-tienen-mas-y-cuales-menos>

**CID, L. E.** (2007). *Caracterización de láminas de pulpa de frutilla (fragaria x annanasa dush) con incorporación de ácido ascórbico y concentrado de granada.*

**ESPINOZA, S.** (2015). *Obtención de alcohol etílico a partir del almidón de banano (cavendish gigante) en la provincia de el Oro, el Guabo, 2014.* [En línea]. Ecuador-Machala. [Consulta: 22

abril 2022]. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/2865/1/CD000002-TRABAJO%20COMPLETO-pdf>

**GAIBOR, S.** (2021). *Diseño de un proceso industrial para la obtención de etanol a partir de la caña de azúcar (saccharum officinarum) para gelfresh lab.* [En línea]. Ecuador-Chimborazo. [Consulta: 22 abril 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/16757>  
Google Earth. (2020). *Google Earth.*

**GUZMÁN, R.** (2013). *Obtención de licor mediante la destilación del fermentado de piña y pera.* Mora, O. (2008). *Influencia de tratamientos térmicos en la calidad y estabilidad del puré de fresa (Fragaria x ananassa, cv Camarosa).* Universidad Politécnica de Valencia Departamento de Tecnología de Alimentos.

**MUÑOZ, C.** (2011). *Combate biológico del moho gris (botrytis cinerea) bajo dos condiciones de almacenamiento, del fruto de fresa (fragaria x ananassa) c.v. albión.* [En línea]. Ecuador-Ambato. [Consulta: 22 abril 2022]. [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/878/1/Tesis\\_t003agr.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/878/1/Tesis_t003agr.pdf)

**MUÑOZ, S., & NARANJO, J.** (2012). *Caracterización de las propiedades fisicoquímicas y estudio de los atributos de calidad en el comportamiento postcosecha de dos variedades de frutilla (fragaria chilensis) en la provincia de Imbabura*. [En línea]. Ecuador-Ibarra. [Consulta: 22 abril 2022]. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/1968/1/03%20EIA%20321%20TESIS%20CARACTERIZACION%2093N.pdf>


**OLIVERA, M., GARCÍA, M., & MANZO, R.** (2020). *El alcohol como antiséptico y desinfectante. Un ajuste fino para su uso racional y efectivo durante la pandemia por covid 19.* [En línea]. España-Córdoba. [Consulta: 22 abril 2022]. <http://www.fcq.unc.edu.ar/content/node/3354>

**PÉREZ, O., RODRÍGUEZ, O., DÍAZ, J., ZUMALACÁRREGUI, L., & LEÓN, O.** (2010). *Evaluación de propiedades termodinámicas de mezclas etanol-agua (I).* [En línea]. Colombia-Antioquia. [Consulta: 22 abril 2022]. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-62302010000200005](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-62302010000200005)

**SÁNCHEZ, M.** (2021). *Alcohol de 70 o de 96, ¿cuál desinfecta mejor?* Cuidate Plus. [En línea]. España-Madrid. [Consulta: 22 abril 2022]. <https://cuidateplus.marca.com/belleza-y-piel/cuidados-cuerpo/2021/03/16/alcohol-70-o-96-cual-desinfecta-mejor-177230.html>

**SEPÚLVEDA, P., DELANO, G., & CORREA, A.** (2015). *Cultivo de Frutilla*. [En línea]. Chile. [Consulta: 22 abril 2022]. [https://www.unido.org/sites/default/files/files/2021-09/Cultivo\\_de\\_frutilla\\_Bromuro\\_de\\_metilo\\_en\\_Chile\\_UNIDO\\_ES\\_2015.pdf](https://www.unido.org/sites/default/files/files/2021-09/Cultivo_de_frutilla_Bromuro_de_metilo_en_Chile_UNIDO_ES_2015.pdf)



DIRECCION DE BIBLIOTECAS  
Y RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE  
Y LA INVESTIGACION  
  
Ing. Jonathan Parreño Uquillas MBA  
ANALISTA DE BIBLIOTECA 1

ANEXOS

ANEXO A: RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL ALCOHOL OBTENIDO



INFORME DE RESULTADOS

INF-001/IN-61687a

DATOS DEL CLIENTE

Cliente:	CACERES NOVILLO ANGEL EDUARDO
Dirección:	BOLIVAR BÓNICA Y SAN JUAN
Teléfono:	2916368

DATOS DE LA MUESTRA

Descripción:	Alcohol	Contenido Declarado:	250ML
Lote:	---	Fecha de Vencimiento:	---
Fecha de Elaboración:	2022-07-15	Hora de Recepción:	09:05:57
Fecha de Recepción:	2022-07-19	Fecha de Emisión:	2022-07-25
Fecha de Análisis:	2022-07-18		
Material de Empaque:	---		
Toma de Muestra realizada por:	El Cliente		
Observaciones:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Color:	Característico	Olor:	Característico
Estado:	Líquido	Conservación:	A Ambiente
Temperatura de la muestra:	AMBIENTE		

RESULTADOS INSTRUMENTAL

PARAMETROS	RESULTADO	UNIDAD	METODO DE ANALISIS INTERNO	METODO DE ANALISIS DE REFERENCIA
DENSIDAD RELATIVA	0.8654	g/mL	MIN-23	NTE INEN ISO 718:2017/ Picnómetro
GRADO ALCOHOLICO	78	%GL	MIN-06	NTE INEN 140:2016 (Método alcohómetro vidrio)
ALDEHIDOS	< 0.01	mg/100 cm <sup>3</sup> AA	MIN-86	NTE INEN 2014:2015/ CG-FIO
METANOL	< 0.01	mg/100 cm <sup>3</sup> AA	MIN-24	NTE INEN 2014:2015/ CG-FIO
ACIDEZ	0.001	% (Ac. Acético)	MIN-163	NTE INEN ISO 1388-2:2014/ Volumetría
COLOR	0.0	HANZEN	MIN-138	NTE INEN ISO 2211:2021
RESIDUO SECO POR EVAPORACIÓN	1.75	mg/100mL	MIN-166	NTE INEN ISO 719:2020/ Gravimetría

Se prohíbe la reproducción del presente informe de resultados, excepto en su totalidad previa autorización escrita de Multianalityca S.A.  
 Cualquier información adicional concerniente a los análisis será a disposición del cliente cuando lo solicite.  
 El tiempo de entrega de los Muestras en el Laboratorio a partir de la fecha de ingreso varía de 15 días para muestras parciales y 3 días calendario para muestras íntegramente parciales y distiladas. Multianalityca para análisis microbiológicos y otros laborables a partir de la fecha de análisis, prefiere a este tiempo, el laboratorio no podrá realizar acciones para verificación de datos o valores de conformidad por parte del cliente.  
 Toda la información relacionada con datos del cliente a tener de análisis (muestras) y que puede afectar a la validez de los resultados, se debe proporcionar y son responsabilidad exclusiva del cliente. El laboratorio se responsabiliza únicamente de los resultados obtenidos los cuales corresponden a la muestra analizada y descrita en el presente documento.  
 El laboratorio asume toda responsabilidad, acerca de cualquier procedimiento en las muestras entregadas por el cliente y que pueden afectar a la validez de los resultados, particular que se comunicó al cliente en caso de ser detectado por el laboratorio.  
 El tiempo de procesamiento de los informes de resultados y toda la información técnica relacionada al mismo para dar responsabilidad por el mismo, a partir de la fecha de entrega, según N.º 2 del ILOE. Centro General de Acreditación de Laboratorios de Ensayo y Calificación según NTE INEN ISO/IEC 17025:2018.

Guim Mercedes Parra  
 Jefe División Instrumental



EDUARDO CHIRIBOGA NET-154 Y JORGE ANIBAL PAEZ  
 La convención - QUITO - PICHINCHA - ECUADOR  
 Telf: (02) 226 7896, 226 9743, 244 4570 / email: informes@multianalityca.com

## ANEXO B: FICHA TÉCNICA DE LA DESPULPADORA

### FICHA TECNICA 3 **DESPULPADORA DE FRUTASARIA DFNP 200 IX / D2 CN PO 600 AIX**

#### I. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

Máquina para despulpar diversas frutas para procesamiento de néctares, mermeladas, compotas, jaleas y pastas; construida en Acero inoxidable, calidades AISI 304 – 316; Elevada resistencia a la corrosión.

Tolva de alimentación continua con su respectivo deflector de salpicado, Cámara de despulpado de funcionamiento centrífugo; Paletas regulables adheridas a un eje central, para diferentes tipos de frutas; Compuerta superior que permite la visibilidad interna de la cámara de proceso; 03 tamices de fácil intercambio 0.5mm-0.6 - 2.0mm ; Ducto inferior para descarga del producto procesado; Compuerta frontal para descarga de pepas y cáscaras con perillas de seguridad e intercambio de tamices. Incluye recipiente de recepción de pulpa en acero inoxidable; Acabado sanitario.

#### II. DATOS TÉCNICOS

<b>Marca</b>	NEGAVIM	
<b>Modelo</b>	DFNP 200 IX / D2 CN PO 600 AIX	
<b>Potencia (Hp)</b>	2.4	5.0
<b>Productividad (kg/h)</b>	150 – 200	500 - 600
<b>Voltaje (voltios)</b>	220 ó 440	
<b>Suministro (1Ø o 3Ø)</b>	Motor Trifásico (3Ø)	
<b>Vida útil (años)</b>	10	
<b>Para su instalación requiere</b>	Interruptor Termo magnético de 30 amperios	

#### III. COSTOS DE FUNCIONAMIENTO

<b>Costo de electricidad S./hora</b>	S/.0.60/h - S/. 1.50/h por hora. aprox. con tarifa BTSB (S/.0.40/kwh)
<b>Repuestos que utiliza la máquina</b>	Correas, cojinetes, etc.
<b>Insumos para la máquina</b>	Grasa para la máquina.
<b>Mano de obra necesaria</b>	1 personas para cargar

#### IV. RECOMENDACIONES AL COMPRAR

Solicitar siempre un manual o catálogo de funcionamiento de la máquina.  
Solicitar una capacitación previa del uso de la máquina. Solicitar tiempo de garantía.

#### V. DONDE SE PUEDE COMPRAR

<b>Empresa que comercializa</b>	NEGAVIM DEL PERU EIRL
<b>Costo aproximado DFNP 200 IX D2 CN PO 600 AIX</b>	US \$3,400.00 + IGV US \$4,000.00 + IGV
<b>Garantía</b>	1 año
<b>Dirección tienda</b>	Av. Principal Mz A Lte. 5 S.J.L - Lima Perú
<b>Teléfonos.</b>	Telefax: 511-386-1355
<b>Dirección electrónica</b>	informes@negavimdelperu.com ventas@negavimdelperu.com servicios@negavimdelperu.com administracion@negavimdelperu.com





epoch



Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 10 / 01 / 2023

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> ÁNGEL EDUARDO CÁCERES NOVILLO
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> CIENCIAS
<b>Carrera:</b> INGENIERÍA QUÍMICA
<b>Título a optar:</b> INGENIERO QUÍMICO
<b>f. responsable:</b> Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz

  
DIRECCION DE BIBLIOTECAS  
Y RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE  
Y LA INVESTIGACION  
 Ing. Jonathan Parraño Uquillas MBA  
DBRA 1 ANALISTA DE BIBLIOTECA 1

0027-DBRA-UTP-2023