



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA TORRE DE DESTILACIÓN CON
RECTIFICACIÓN PARA LA PURIFICACIÓN DEL THINNER USADO
PROCEDENTE DE LAS MECÁNICAS AUTOMOTRICES”**

TESIS DE GRADO

Previo a la Obtención del Título de:

INGENIERO QUÍMICO

SANDRA ISABEL ADRIANO YUBAILLI

VERÓNICA PATRICIA VALLE FREIRE

RIOBAMBA – ECUADOR

2012

AGRADECIMIENTO

“El éxito se alcanza convirtiendo cada paso en una meta y cada meta en un paso.”

Cortez. C

Expresamos nuestro sincero agradecimiento en primer lugar a nuestro Padre Dios por habernos acompañado y guiado durante estos años de preparación profesional alcanzando el objetivo que nos planteamos al inicio de nuestros estudios, consecuentemente aquellos que depositaron su confianza en nosotras para la realización de este proyecto como es Ing. Hanníbal Brito e Ing. Gonzalo Sánchez.

Asimismo a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en especial a la Escuela de Ingeniería Química y a los docentes que supieron impartirnos sus conocimientos profesionales y sus experiencias en su vida laboral.

La educación es la mejor herencia que pueden dar los padres a sus hijos; por eso nuestro grato agradecimiento a ellos y a nuestras familias por su apoyo incondicional en los momentos que más los necesitamos constituyendo el pilar fundamental para este logro alcanzado.

Sandra Adriano & Verónica Valle

DEDICATORIA

Este presente trabajo va dedicado a Dios por darme la sabiduría necesaria, a mis queridos padres Ing. Marco Adriano y Diana Yubailli quienes con su ejemplo y apoyo permitieron cumplir mi sueño y alcanzar una de mis metas planteadas, a mis hermanos Marco, Ney y Johanna por brindarme su cariño en todo momento, a mi amado esposo Fausto Caicedo por su amor, confianza y comprensión brindada a lo largo de mi carrera estudiantil.

Sandra Adriano

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios y a la Virgen de Guadalupe por darme entendimiento, sabiduría y fortaleza durante este transcurso de mi vida, a mis amados padres Tarquino Valle y Narcisa Freire quienes con su ejemplo, consejos y confianza depositada logré alcanzar un sueño anhelado y esperado desde mi infancia, a mis queridos hermanos Eduardo, Richard y Rubén por su apoyo incondicional.

Verónica Valle

HOJA DE FIRMAS

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Dr. Silvio Álvarez		
DECANO FAC. CIENCIAS
Ing. Mario Villacrés		
DIRECTOR ESC. ING. QUÍMICA
Ing. Hanníbal Brito		
DIRECTOR DE TESIS
Ing. Gonzalo Sánchez		
MIEMBRO TRIBUNAL DE TESIS
Tec. Carlos Rodríguez		
DIRECTOR CENTRO DE DOCUMENTACIÓN

“Yo, Sandra Isabel Adriano Yubailli y Verónica Patricia Valle Freire, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”

INDICE DE ABREVIATURAS

X_i	=	Fracción molar.
C_{pi}	=	Capacidad Calorífica ($Kcal/KgC$)
λY_i	=	Calor latente ($Kcal/Kg$)
T_b	=	Temperatura de ebullición medio (C)
T_F	=	Temperatura de alimentación (C)
C_p	=	Capacidad calorífica ($Kcal/KgC$)
$\bar{\lambda}F$	=	Calor latente medio ($Kcal/Kg$)
R_{Dmin}	=	Reflujo mínimo
k	=	Constante de Krisschbraun
R_D	=	Relación de reflujo
F	=	Alimentación (Kg/h)
W	=	Residuo (Kg/h)
D	=	Destilado (Kg/h)
X_W	=	Fracción de residuo
X_f	=	Fracción de la alimentación.
X_D	=	Fracción del destilado
φ	=	Fluidez. (rhe)
μ	=	Viscosidad. (cP)
E_o	=	Eficiencia de los platos. (%)

$N_T =$	Número de platos teóricos.
$N_R =$	Número de platos reales.
$\bar{M} =$	Masa molecular media (Kg/Kg mol).
$M_i =$	Masa molecular (Kg/Kg mol).
$V =$	Volumen de la solución (Kg/h).
$R =$	Constante de los gases. (L*at/Kmol*K)
$G =$	Flujo del gas. (Kg/h*m ²)
$C =$	Distancia entre platos (m).
$\rho_L =$	Densidad del líquido (Kg/m ³).
$\rho_V =$	Densidad del vapor (Kg/m ³).
$A =$	Área (m ²).
$\emptyset =$	Diámetro (m).
$\bar{V} =$	Caudal de vapor medio (Kg/h).
$f =$	Número de moles de vapor que resultan en la sección de rectificación de la introducción de cada mol de alimentación.
$\emptyset_R =$	Diámetro de la zona de rectificación (m).
$\emptyset_A =$	Diámetro de la zona de agotamiento (m).
$m_2 =$	masa del picnómetro + muestra (g)
$m_1 =$	masa del picnómetro vacío (g)
$m =$	masa (g)
$N =$	Normalidad de la solución de hidróxido de sodio. (Eq/L)

$Q=$	Calor perdido (Kcal/h)
$Q_B=$	Calor suministrado (Kcal/h)
$Q_C=$	Calor del condensador (Kcal/h)
$H_F=$	Entalpía de la alimentación (Kcal/h)
$H_W=$	Entalpía del residuo (Kcal/h)
$H_D=$	Entalpía del destilado (Kcal/h)
$V_s=$	Volumen que sale (mL/h)
$V_E=$	Volumen que entra (mL/h)

TABLA DE CONTENIDOS

	Pp
PORTADA	
AGRADECIMIENTO	
DEDICATORIA	
HOJA DE FIRMAS	
RESPONSABILIDAD DEL AUTOR	
INDICE DE ABREVIATURAS	
TABLA DE CONTENIDOS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE CUADROS	
ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS	
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
RESUMEN.....	i
SUMMARY.....	ii
INTRODUCCIÓN.....	iv
ANTECEDENTES.....	vi
JUSTIFICACIÓN.....	vii
OBJETIVOS.....	x

	Pp
1MARCO TEÓRICO	1
1.1SOLVENTES	1
1.1.1Definición	1
1.1.2Tipos de solventes	3
1.1.2.1 Solventes clorinados (CHC) y solventes fluorocarbonados (CFC)	4
1.1.2.2 Solventes oxigenados.....	5
1.1.2.3 Solventes acuosos	5
1.1.3Thinner	6
1.1.3.1 Definición:	6
1.1.3.2 Composición	6
1.1.3.3 Propiedades fisicoquímicas importantes.....	8
1.1.3.4 Aplicaciones y Usos	9
1.1.3.4.1 Precauciones	9
1.1.3.4.2 Usos.....	9
1.1.3.5 Riesgos para la Salud.....	9
1.1.3.5.1 Inhalación	9
1.1.3.5.2 Ingestión.	10
1.1.3.5.3 Piel.....	10
1.1.3.5.4 Ojos.....	10
1.1.3.5.5 Ambiente	10

	Pp
1.1.3.6 Tipos de Thinner.....	11
1.1.3.6.1 Thinner Acrílico	11
1.1.3.6.2 Thinner corriente o de formula económica.....	12
1.1.4 Pintura.....	13
1.1.4.1 Definición	13
1.1.4.2 Composición de las pinturas	13
1.1.4.2.1 Resinas.....	14
1.1.4.2.2 Pigmentos	14
1.1.4.2.3 Solventes.....	14
1.1.4.2.4 Aditivos.....	14
1.1.4.3 Tipos de Pinturas y sus Usos	14
1.1.4.3.1 Pinturas de imprimación.....	15
1.1.4.3.2 Pinturas al agua.....	15
1.1.4.3.3 Pinturas anticondensación	15
1.1.4.3.4 Emulsiones o pinturas plásticas.....	15
1.1.4.3.5 Esmaltes Sintéticos.....	15
1.1.4.3.6 Pinturas al aceite.....	16
1.1.4.3.7 Pinturas vinílicas	16
1.1.4.3.8 Pinturas antioxidantes.....	16
1.1.4.3.9 Pinturas antihumedad	16

1.1.4.3.10 Pinturas vitrificantes	17
1.1.4.3.11 Pinturas estructuradas	17
1.1.4.3.12 Pintura de emulsión reforzada	17
1.1.4.3.13 Barnices.....	17
1.1.4.4 Pintura Automotriz	17
1.1.4.4.1 Función.....	18
1.1.4.4.2 Tipos y Mezclas.....	18
1.1.4.4.2.1 Acrílicas (AC)	19
1.1.4.4.2.2 Poliuretano (PU).....	19
1.1.4.4.2.3 Poliéster (Base).....	19
1.1.5 Carrocería	19
1.1.5.1 Definición	19
1.1.5.2 Residuos provenientes de las carrocerías	20
1.1.5.3 Carrocerías en la ciudad de Ambato	21
1.2 DESTILACIÓN.....	22
1.2.1 Historia de la Destilación	22
1.2.2 Definición:	23
1.2.3 Tipos de destilación	24
1.2.3.1 Destilación Simple.....	24
1.2.3.2 Destilación fraccionada	25

1.2.3.3 Destilación al vacío.....	26
1.2.3.4 Destilación azeotrópica.....	27
1.2.3.5 Destilación por arrastre de vapor.....	27
1.2.3.6 Destilación mejorada	28
1.2.3.6.1 Destilación reactiva	28
1.2.3.6.2 Destilación extractiva	29
1.2.3.7 Destilación molecular centrífuga.....	29
1.2.4Aplicaciones de la Destilación	30
1.2.4.1 Aplicaciones Farmacéuticas de destilación:	30
1.2.4.2 Aplicaciones Alimenticias de Destilación:	30
1.2.4.3 Aplicaciones Ambientales de Destilación:	31
1.2.4.4 Aplicaciones de Destilación de Alcohol:.....	31
1.2.5Columnas de Destilación.....	31
1.2.5.1 Columna de relleno.....	31
1.2.5.2 Columna de platos	33
1.2.5.2.1 Partes de las columnas de destilación.....	34
1.2.5.2.2 Tipos de Platos	35
1.2.5.2.2.1 Platos con flujo cruzado	35
1.2.5.2.2.2 Platos en contracorriente	36
1.2.5.2.3 Capacidad de una Columna de Platos.....	37

1.2.5.2.4 Acción de un Plato Ideal.....	38
1.2.5.2.5 Método de McCabe-Thiele.....	40
1.2.5.2.5.1 Condición térmica de la alimentación	40
1.2.5.2.5.2 Construcción de líneas de operación	43
1.3DISEÑO	44
1.3.1Masa (m):.....	44
1.3.2Densidad (ρ):.....	44
1.3.3Acidez:.....	45
1.3.4Corrosión al Cobre:	45
1.3.5Cálculo de la capacidad calorífica media (C_p):.....	48
1.3.6Cálculo del calor latente medio λF :	49
1.3.7Cálculo del parámetro f de alimentación:.....	49
1.3.8Cálculo de la pendiente:	50
1.3.9Curva de Equilibrio	50
1.3.10Recta de alimentación.....	51
1.3.11Cálculo de la relación de reflujo mínimo	51
1.3.12Cálculo de la relación de reflujo total.....	52
1.3.13Recta de rectificación:	52
1.3.14Recta de agotamiento	53
1.3.15Platos teóricos:.....	53

1.3.16	Balance de Masa.....	53
1.3.16.1	Balance de masa parcial	53
1.3.17	Cálculo de la temperatura promedio de la columna	54
1.3.18	Cálculo de α y la viscosidad μ	54
1.3.18.1	Cálculo de la volatilidad relativa:.....	54
1.3.18.2	Cálculo de la fluidez.....	55
1.3.18.3	Cálculo de la viscosidad	55
1.3.19	Cálculo de los platos reales	56
1.3.20	Cálculo del diámetro.....	56
1.3.20.1	Zona de rectificación	56
1.3.20.1.1	Cálculo de la masa molecular media	56
1.3.20.1.2	Cálculo del caudal de vapor.....	57
1.3.20.1.3	Cálculo de flujo del gas	57
1.3.20.1.4	Cálculo del área en la zona de rectificación	58
1.3.20.1.5	Cálculo del diámetro de la columna en la zona de rectificación	58
1.3.20.2	Zona de agotamiento.	59
1.3.20.2.1	Cálculo del caudal de vapor medio.....	59
1.3.20.3	Cálculo del diámetro promedio	59
1.3.21	Cálculo de la longitud.....	59
1.3.22	Balance de energía.....	60

	Pp
1.3.22.1 Balance global de energía.....	60
1.3.22.2 Balance para el condensador	60
1.3.23 Cálculo del rendimiento del equipo.....	61
1.3.24 Cálculo del calor perdido.....	61
1.3.25 Cálculo de la eficiencia del equipo.....	61
2 PARTE EXPERIMENTAL.....	63
2.1 MUESTREO.....	63
2.2 METODOLOGIA.....	67
2.2.1 Métodos y Técnicas	67
2.2.1.1 Métodos	67
2.2.1.1.1 Método Inductivo	67
2.2.1.1.2 Método Deductivo	67
2.2.1.1.3 Método Descriptivo	67
2.2.1.2 Técnicas	68
2.3 DATOS EXPERIMENTALES.....	75
2.3.1 Diagnóstico.....	75
2.3.2 Datos.....	77
2.3.2.1 Destilación de laboratorio.....	77
2.3.2.2 Densidad	79
2.3.2.3 Acidez.....	80

2.3.2.4 Corrosión al Cobre.....	81
2.4 DATOS ADICIONALES	82
3 DISEÑO DE LA TORRE DE DESTILACIÓN	84
3.1 CÁLCULOS	84
3.1.1 Cálculo de la masa.....	84
3.1.2 Cálculo de la densidad.....	84
3.1.3 Cálculo de la acidez.....	85
3.1.4 Construcción de la curva de equilibrio	85
3.1.5 Cálculo del Cp Medio.....	85
3.1.6 Cálculo del calor latente	85
3.1.7 Cálculo del parámetro f	86
3.1.8 Cálculo de la pendiente.....	86
3.1.9 Cálculo del RD mínimo.....	87
3.1.10 Cálculo de RT.....	87
3.1.11 Trazar la Curva de Agotamiento	87
3.1.12 Trazar el número de platos teóricos.....	88
3.1.13 Balance de Masa.....	88
3.1.14 Balance para de masa parcial.....	88
3.1.15 Cálculo de la temperatura promedio de la columna	89
3.1.16 Cálculo de la volatilidad relativa	89

3.1.17Cálculo de la fluidez	90
3.1.18Cálculo de la viscosidad	90
3.1.19Cálculo de los platos reales	91
3.1.20Cálculo del plato de alimentación	91
3.1.21Cálculo de diámetro de la columna	91
3.1.21.1Zona de Rectificación	91
3.1.21.1.1Cálculo de la masa molecular media	91
3.1.21.1.2Cálculo masa destilado	92
3.1.21.1.3Cálculo de la Masa de destilado	92
3.1.21.1.4Cálculo del caudal de vapor.....	92
3.1.21.1.5Cálculo de la densidad de Vapor	92
3.1.21.1.6Cálculo del flujo del gas	93
3.1.21.1.7Cálculo de área	93
3.1.21.1.8Cálculo del diámetro de la columna en la zona de rectificación	93
3.1.21.2Zona de agotamiento	94
3.1.21.2.1Cálculo de la masa molecular media	94
3.1.21.2.2Cálculo masa de alimentación	94
3.1.21.2.3Cálculo de la masa de la alimentación	94
3.1.21.2.4Cálculo del caudal de vapor medio.....	94
3.1.21.2.5Cálculo de la densidad de Vapor	94

3.1.21.2.6Cálculo del flujo de gas	95
3.1.21.2.7Cálculo de área	95
3.1.21.2.8Cálculo del diámetro de la columna en la zona de agotamiento	95
3.1.21.3Cálculo del diámetro promedio	96
3.1.22Cálculo de la longitud.....	96
3.1.23Balance de energía.....	96
3.1.23.1Balance para el condensador	96
3.1.23.2Cálculo del calor suministrado	97
3.1.23.3Cálculo de la entalpía de alimentación	97
3.1.23.4Cálculo de la entalpía del residuo.....	97
3.1.24Cálculo del rendimiento de la columna	98
3.1.25Cálculo del calor perdido.....	98
3.1.26Cálculo de la eficiencia del equipo.....	98
3.1.27Análisis de costos	99
3.2RESULTADOS	100
3.3PROPUESTA	104
3.3.1Tanque de alimentación.....	106
3.3.2Columna de Destilación.....	107
3.3.3Deflemador.....	107
3.3.4Condensador.....	108

	Pp
3.3.5Tubería de acero inoxidable.	108
3.3.6Medidor de densidad.	108
3.3.7Tanque de Destilado.	109
3.3.8Quemador de GLP	109
3.3.9Tubería de PVC	109
3.4MONTAJE DEL EQUIPO DE DESTILACIÓN	109
3.5MANEJO Y OPERACIÓN DEL EQUIPO DE DESTILACIÓN	110
3.6MANTENIMIENTO	111
3.7ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	112
4CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	114
4.1CONCLUSIONES.....	114
4.2RECOMENDACIONES	116
BIBLIOGRAFÍA.....	118
ANEXOS.....	122

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA

	Pp:
1.1.3.2-1Componentes del Thinner	7
2.2.1.2-1Proceso de Destilación Simple.....	69
2.2.1.2-2Solventes, Adelgazadores (Thinner) Requisitos	70
2.2.1.2-3Solventes, Determinación de la Acidez.....	71
2.2.1.2-4Determinación del contenido de Humedad.....	72
2.2.1.2-5Determinación del Color.....	73
2.2.1.2-6Solventes, Determinación de Corrosión en el Cobre.....	74
2.3.2.1-1Datos de Destilación Simple	78
2.3.2.2-1Datos de Densidad	79
2.3.2.3-1Datos de Acidez.....	81
2.4-1Datos de Equilibrio Tolueno- Acetona	82
2.4-2Datos adicionales para Tolueno - Acetona.....	83
2.4-3Datos Adicionales	83
3.1.15-1Datos de temperatura	89
3.1.16-1Datos de interpolación	89
3.2-1Resultados-Densidad.....	100
3.2-2Resultados-Acidez	101
3.2-3Resultados-Corrosión.....	102

Pp:

3.2-4 Datos para el Dimensionamiento del Equipo..... 103

3.3-1 Datos para el dimensionamiento 105

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO

	Pp:
1.1.3.3-1Propiedades Físico-Químicas del Thinner	8
1.1.5.3-1 Carrocerías de Ambato.....	21
1.2.5.2.5.1-1Condiciones de alimentación	41
1.3.4-1Clasificación de la lámina de cobre expuesta (según Norma ASTM).	47
2.1-1Muestreo.....	64
2.1-2Cantidad de muestras	65
2.3.1-1Diagnóstico.....	76
3.1.27-1Análisis de Costos	99
3.3-1Partes de la torre de destilación	106

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA

Pp:

1.1.1-1Distribución del uso de algunos solventes comunes	2
1.1.1-2Esquema general del proceso de recuperación de solventes	3
1.2.5.2-1Columna de platos	34
1.2.5.2.4-1Diagrama de un plato ideal	38
1.2.5.2.5.1-1Flujo a través del plato de alimentación para diferentes condiciones de la alimentación: (a) alimentación como líquido frío; (b) alimentación como líquido saturado; (c) alimentación parcialmente vaporizada; (d) alimentación como vapor saturado; (e) alimentación como vapor sobrecalentado.	42
1.2.5.2.5.1-2Condiciones para la construcción de la recta de alimentación	43
1.3.10-1 Curva de equilibrio	51
2.3.2.1-1Proceso de Destilación Simple	77
3.5-1Diseño de la Torre de Destilación para la purificación del Thinner Residual	105

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO

	Pp:
1.2.3.1-1Proceso de Destilación Simple	25
1.2.3.2-1Proceso de Destilación Fraccionada	26
1.2.3.5-1Proceso de Destilación por Arrastre de Vapor	28
1.2.5.1-1Columna de Relleno y tipos de Rellenos	32

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA

	Pp:
1.3.4-1 Comparación de colores Norma ASTM D 130	47
2.1-1 Muestreo Patricio Cepeda	66
2.1-2 Muestra Picoso	66
2.1-3 Muestras recolectadas para el estudio	66
2.3.2.1-1 Proceso de Destilación Simple en el laboratorio	78
2.3.2.2-1 Toma de la Densidad	80
2.3.2.3-1 Toma de la Acidez de la Alimentación	80
2.3.2.4-1 Prueba de la corrosión al cobre	81

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO

Pp:

I SOLVENTES, ADELGAZADORES (THINNER), REQUISITOS.....	124
II CONSTRUCCIÓN DE LA CURVA DE EQUILIBRIO TOLUENO-ACETONA	130
III TRAZO DE LAS CURVAS DE OPERACIÓN Y NÚMERO DE PLATOS TEÓRICOS TOLUENO-ACETONA.....	131
IV GRÁFICA CAPACIDADES CALORÍFICAS.....	132
V GRÁFICA CALOR LATENTE.....	133
VI TABLA CALOR LATENTE.....	134
VII TABLA DE VISCOSIDAD DE LÍQUIDOS.....	135
VIII GRÁFICA DE VISCOSIDAD DE LÍQUIDOS.....	136
IX GRÁFICA O'CONNEL.....	137
X GRÁFICA DE BROWN SOUDERS.....	138
XI EQUIPO DE DESTILACIÓN.....	139
XII ALIMENTACIÓN DE LA MEZCLA THINNER-PINTURA.....	140
XIII CONTROL DE LA TEMPERATURA.....	141
XIV RECOLECCIÓN DEL THINNER PURO.....	142
XV MATERIA PRIMA Y PRODUCTO TERMINADO.....	143
XVI DISEÑO DEL EQUIPO DE DESTILACIÓN.....	144

RESUMEN

El objetivo de esta investigación es el Diseño y Construcción una Torre de Destilación con Rectificación para la purificación del thinner usado procedente de las mecánicas automotrices de la Ciudad de Ambato, mismo que será ubicado en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

El dimensionamiento del equipo se realizó a través de cálculos de ingeniería a partir de datos experimentales y variables de proceso obtenidas en ensayos de laboratorio en base al proceso de destilación simple y a la NTE 2163:99. El equipo está construido de acero inoxidable AISI 304, con dos condensadores, un deflector, una columna de platos cilíndrica, tuberías y tanques de almacenamiento para la alimentación y destilado, utilizando GLP como fuente de calor.

Lográndose la obtención del 80% de thinner recuperado, 15% de residuo (pintura) y un 5% de solventes volátiles que al ser sometidos al proceso de destilación no lograron condensarse en su totalidad; además presenta un 93% de eficiencia en el equipo, dicho valor se alcanzó en función de la viscosidad y la volatilidad relativa que este presenta.

Se concluye que con la construcción del equipo se recuperará un solvente puro, el cual, puede ser utilizado en otros fines dentro de las mecánicas automotrices disminuyendo costos de producción; igualmente permitirá realizar prácticas de laboratorio contribuyendo al desarrollo tecnológico estudiantil, así como la disminución de la contaminación Ambiental.

Se recomienda que las mecánicas automotrices realicen un control del manejo de residuos sólidos y líquidos para reducir la contaminación que estos provocan al ambiente y proceder con el trámite para la consecución de la Licencia Ambiental.

SUMMARY

The objective of this study is to design and build a rectification, distillation tower for purification of thinner used for auto mechanics from the city of Ambato, for the Unit Operations Laboratory, Faculty of Science of the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

The equipment sizing was performed using engineering calculation from experimental data and process variables got in laboratory tests based on the simple distillation process and the NTE 2163:99. The team is made of stainless steel AISI 304, with two condensers, a deflemador, a cylindrical plate column, pipes and storage tanks for food and distilled using PLG as a source of heat.

We got an achieving of 80% of recovered thinner, 15% residue (paint) and 5% of volatile solvents that when are submitted to distillation process failed to condense as a whole and also it provides a 93% efficiency of column, that value is achieved according to the viscosity and relative volatility which presents.

Finally we conclude that with the construction team will recover a pure solvent, which could be used for other purposes within the auto mechanical decreasing production costs also it allows making laboratory practice contributing to student technological development.

We recommend that auto mechanics shall monitor the management of solid and liquid wastes to reduce pollution so getting environmental licenses.

INTRODUCCIÓN

Los avances tecnológicos permiten una constante innovación de los sistemas de producción en las diferentes áreas industriales, por lo que, se hace indispensable la actualización de los conocimientos de tal forma que permitan de una manera clara y sencilla efectuar en el laboratorio los análisis que involucran el proceso de destilación.

“El proceso de destilación permite la separación de dos componentes (binaria) o más (multicomponentes), por medio de un equilibrio de las fases líquido – vapor, constituyendo una de las Operaciones Unitarias más importantes de la Industria Química.”¹

Para lo cual, el presente trabajo tiene por objetivo la construcción de una torre de destilación con rectificación para darle una mejor utilización a los residuos obtenidos de las mecánicas automotrices como es el thinner con la finalidad de reducir los Impactos Ambientales que estos provocan, ya que el Ministerio del Ambiente en el Acuerdo N° 026 establece que todas las industrias generadoras de desechos peligrosos se registren en el Ministerio del Ramo, en la que debe constar el reciclaje, reuso, tratamiento y disposición final del residuo; además el equipo debe ser útil para estudiantes y profesionales que puedan realizar prácticas de destilación en el laboratorio de Operaciones Unitarias.

¹ Columna de Platos- Destilación http://es.scribd.com/ao_arias/d/29578829-Destilación

Para esto se realizó el muestreo aleatorio estratificado, consistió en tomar una muestra de thinner residual procedente de 4 industrias carroceras automotrices de la ciudad de Ambato por semana por el lapso de un mes obteniendo un total de 16 muestras.

Luego de lo cual, se procedió a identificar las variables de proceso para realizar el diseño del equipo de destilación mismo que cumplió con todos los requerimientos necesarios para su implementación.

Mediante la realización de este proyecto se ejecutó la construcción de una torre de destilación con rectificación para reforzar de una manera práctica los conocimientos de los estudiantes y que tengan una visión más clara de esta Operación Unitaria que se emplea a nivel industrial, al igual con la validación del mismo se llegó a determinar que cuenta con una eficiencia del 93% y un rendimiento del 80% de solvente puro que cumple con la NTE INEN 2163:99.

De esta manera la Escuela de Ingeniería Química mediante estudios realizados da solución a los problemas que generan estas mecánicas automotrices y/o carroceras, que mediante la construcción del equipo de destilación ayudará a disminuir costos de producción y la posible reutilización de este solvente para que el personal adquiera mayor responsabilidad con el Medio al desechar los residuos líquidos y sólidos altamente peligrosos sin algún control establecido por el Ministerio del Ambiente.

ANTECEDENTES

“Los procesos de separación alcanzan sus objetivos mediante la creación de dos o más zonas que coexisten y que tienen diferencias de temperatura, presión, composición y fase. Cada especie molecular de la mezcla que se va a separar reaccionará de modo único ante los diversos ambientes presentes en esas zonas. En consecuencia, conforme el sistema se desplaza hacia el equilibrio, cada especie establecerá una concentración diferente en cada zona y eso da como resultado una separación entre las especies.”²

Consiste en evaporar los fluidos con menor temperatura de ebullición, por lo que, tras la condensación, se encuentran en el medio final más concentrados. De este modo se utilizó alambiques descubiertos por los alquimistas para concentrar aromas o alcoholes que son unos de los procesos de obtención más antiguos.

En el campo de la destilación, los alambiques se modificaron y aparecieron los matraces, columnas y condensadores, semejantes a los empleados hoy. Desde entonces, la destilación ha sido una de las técnicas de separación más empleadas en los laboratorios y en la investigación química, al tiempo que se la utiliza también como una técnica analítica.

Por otra parte, en los años de la modernidad los equipos más utilizados industrialmente estaban hechos de acero o de otros tipos de metal y recibieron el nombre de columnas de rectificación o columnas de destilación.

²Destilación, **PERRY.R y otros.**, Manual del Ingeniero Químico., 6^aed., México D.F.- México., McGraw – Hill., 2006., Pp 1306

Hoy en día el gran problema que presentan las industrias carroceras es debido a que no cuentan con un manejo de desechos peligrosos, provocando Impactos Ambientales irreversibles; es por ello que las instituciones de educación superior se ven interesadas en realizar estudios mediante investigaciones que del mismo modo sean retribuidas a los estudiantes con la finalidad de poder obtener su título profesional; logrando así una concientización de las personas que laboran en dichas industrias para obtener una contaminación ambiental menor.

En la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo se desarrollaron estudios relacionados con el proceso de destilación entre ellas tenemos: diseño y construcción de una torre de destilación de multicomponentes y diseño de una torre de relleno para mezclas binarias; contribuyendo así a una mejora continua de proyectos tecnológicos en el laboratorio de Operaciones Unitarias para tener una visión más amplia en el ámbito industrial.

JUSTIFICACIÓN

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química cuenta con un Laboratorio de Operaciones Unitarias en el cual existen equipos con tecnología alternativa que ayudan a realizar prácticas de laboratorio para complementar la teoría con la práctica; pero es necesario la implementación de otros equipos para una mejor formación del Ingeniero Químico ya que se ha visto la necesidad de contar con equipos didácticos en el área de Operaciones Unitarias, además aplicaciones reales con la tecnología que esté más acorde a la actualidad y permita al estudiante estar a nivel de las exigencias del sector productivo de nuestro país que se encuentra en un proceso de adquisición y adelanto tecnológico.

Dado que la Escuela de Ingeniería Química no dispone de los suficientes recursos para la implementación de un Laboratorio de Operaciones Unitarias con tecnología de punta, resulta conveniente que por medio de trabajos de investigación desarrollados por los estudiantes puedan construir equipos en esta área, que permitirá a los mismos tener una mejor formación académica y profesional en este importante centro de Educación Superior.

Los estudiantes de la Ingeniería Química en base a la Constitución de la República del Ecuador Capítulo II en conjunto con el SUMAK KAWSAY establecen posibles soluciones a los problemas ambientales que se presentan en el sector público y privado mediante la utilización de tecnologías ambientalmente limpias, de energías alternativas y de bajo impacto.

Por otro lado en el país existen mecánicas automotrices artesanales e industriales las cuales generan una gran cantidad de desechos tóxicos como lo es la mezcla de thinner-pintura. De acuerdo a las observaciones realizadas durante este estudio se determinó que se produce aproximadamente 20 litros semanales de esta mezcla, cabe indicar que dicha producción dependerá de la demanda de trabajo que estos presenten.

El Municipio de Ambato en conjunto con la Cámara de la Pequeña Industria de Tungurahua y el Ministerio de Ambiente del Ecuador (MAE) se ven interesados en realizar estudios para disminuir la contaminación que estos generan y que reúnan toda la documentación pertinente para que puedan calificar y así obtener el permiso ambiental que requieren, o a su vez puedan ejecutar un plan de purificación de residuos procedentes de estas mecánicas; debido a esta problemática se planteado el diseño y construcción de una torre de destilación para la purificación del Thinner y de esta manera dar solución a los impactos ambientales generados por las empresas descritas anteriormente, de esta forma además recuperar Thinner que cumpla con los requisitos establecidos en la NTE INEN 2163:99; sabiendo que este es un compuesto orgánico con alto porcentaje de contaminación que requiere tener un control constante para que de esta manera se pueda disminuir el impacto ambiental.

OBJETIVOS

GENERAL

- Realizar el diseño y construcción de una torre de destilación con rectificación para la purificación del thinner usado procedente de las mecánicas automotrices.

ESPECIFICOS

- Efectuar el diagnóstico del thinner residual de empresas carroceras en diferentes zonas de la ciudad de Ambato.
- Identificar las variables de proceso.
- Realizar los cálculos de ingeniería.
- Validar el funcionamiento del equipo.

CAPITULO I

1 MARCO TEÓRICO

1.1 SOLVENTES³

1.1.1 Definición

Los solventes son compuestos orgánicos basados en el elemento Carbono. Algunos de ellos tienen aplicaciones industriales como los pegamentos, pinturas, barnices y fluidos de limpieza. Otros son utilizados como gases en aerosoles, extintores de fuego o encendedores para cigarrillos.

Estas sustancias que expelen vapores a temperatura ambiente (solventes volátiles como la nafta o la cetona) o que son en sí mismas gases (butano, propano) pueden ser inhaladas a través de la boca o nariz generando un efecto psicoactivo.

Muchos de los disolventes que se emplean en procesos industriales de extracción dejan residuos en los productos o tienen efectos nocivos sobre el ambiente. En muchos casos pueden ser reemplazados por gases no tóxicos de fácil separación y de impacto ambiental prácticamente nulo, como el dióxido de carbono o el propano. Para ello es necesario que estos gases estén en los solventes, solventes usados, mezclas de solventes, o los residuos de solventes son frecuentemente peligrosos.

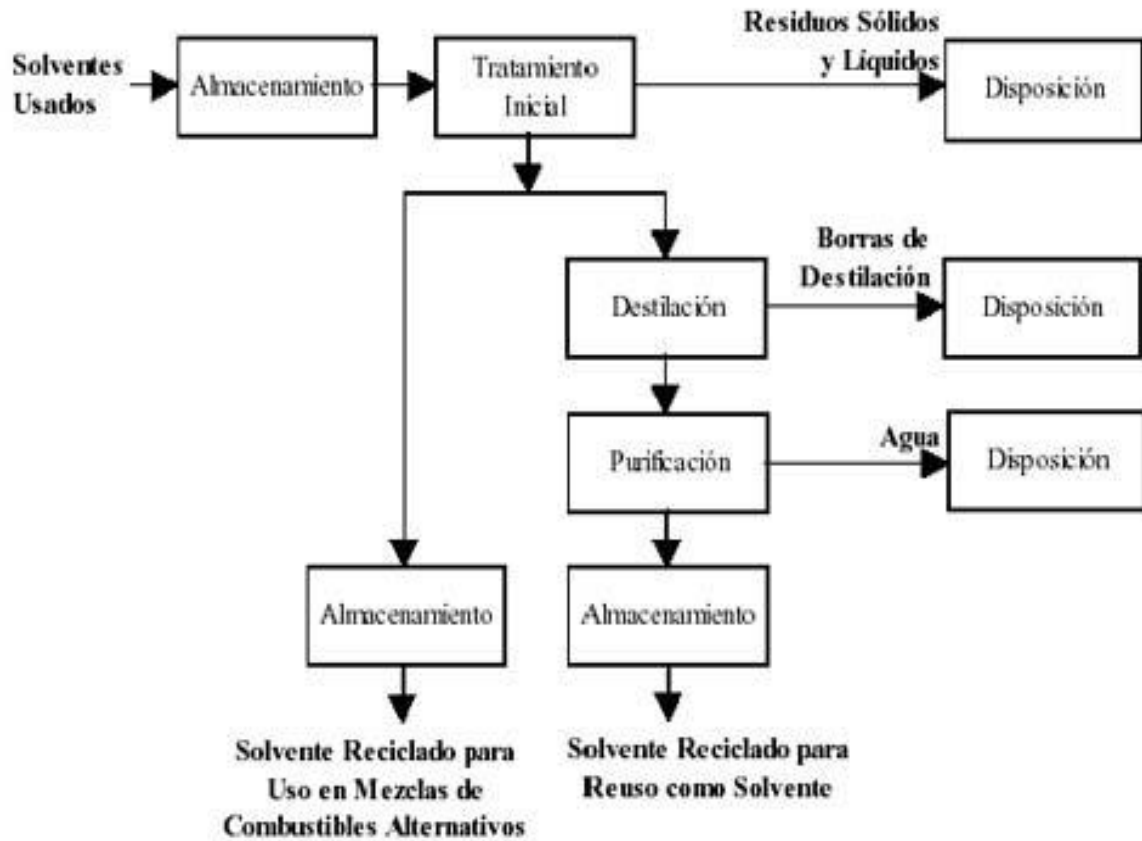
³Solventes, <http://www.estrucplan.com.ar/producciones/entrega.asp?identrega=1857>

		Solvente									
		Xileno	Metanol	Tolueno	Tetracloroetileno	Cloruro de metileno	Metil etil cetona	Tricloroetileno	1,1,1-Tricloroetano	Acetona	Metil isobutil cetona
Sector industrial	Pinturas y similares	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Limpieza de metales				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Pesticidas	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
	Farmacéutica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Lavasecos				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	Imprentas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	

FUENTE: www.estrucplan.com.ar/producciones/entrega.asp?identrega=1857

Fig. 1.1.1-1 Distribución del uso de algunos solventes comunes

Los solventes usados pueden ser reciclados mediante variados procesos con el propósito de reusar el producto como solvente o en mezclas de combustibles alternativos. Los productos que son reciclados para ser utilizados como solventes son refinados en unidades de destilación especialmente construidas, donde el solvente se separa en la forma de condensado de los componentes no volátiles, tales como resinas y pigmentos, que permanecen en el fondo del destilador. Los solventes sucios y residuos de destilación que son reciclados para ser usados como combustible, son generalmente recolectados y mezclados para satisfacer especificaciones predeterminadas para dicho combustible.



FUENTE: www.estrucplan.com.ar/producciones/entrega.asp?identrega=1857

Fig. 1.1.1-2 Esquema general del proceso de recuperación de solventes

Los solventes deben ser almacenados antes y después de su recuperación. Los solventes son transportados desde los recintos industriales, en camiones cisternas y tambores, hacia la planta de recuperación, donde son procesados y luego retornados al generador o vendidos a terceros para ser reusados.

1.1.2 Tipos de solventes

En algunas pinturas los fluidificadores realmente disuelven las resinas, en otros simplemente actúa como un transportador o disolvente sin realmente disolver las moléculas de resina. En todos los casos el solvente es un líquido que permite bajar la viscosidad de la pintura suficientemente para permitir su aplicación. Permite la

formación de un film curado de pintura mediante la evaporación lenta del mismo, por ende la función del solvente en una pintura es transitoria.

Los solventes pueden ser categorizados en 4 tipos:

- Solventes de petróleo
- Solventes clorinados
- Solventes oxigenados
- Solventes acuosos
- Solventes de petróleo

En esta categoría están los solventes orgánicos alifáticos (de parafina) y los solventes aromáticos (benceno). Los alifáticos, dada su baja polaridad, tiende a ser limitada su posibilidad de disolver muchas resinas. El punto de ebullición de estos solventes ronda en 34-65 C .Los solventes aromáticos, a diferencia de los alifáticos, generalmente tienen más alto poder de disolver las resinas. Solamente 3 solvente aromáticos son comúnmente usados en recubrimientos: “médium flash ““high flash” y xileno.

1.1.2.1 Solventes clorinados (CHC) y solventes fluorocarbonados (CFC)

Alto poder de solvente, muy rápida tasa de evaporación, y relativamente no inflamable caracterizan a los solventes CHC y CFC usados en pinturas. Ejemplos de solventes que se han usado en pinturas son: trifluorometil para-cloro benceno, 1, 1,1 tricloroetano, tricloroetileno y diclorometano. Inicialmente en la década de los 1980 los CHC y CFC fueron considerados de gran interés como solventes de pintura porque ellos no contribuían a la polución del aire. Sin embargo en muchos países los solventes clorinados son actualmente considerados peligrosos y están fuera de la ley porque agraden a la capa de ozono.

1.1.2.2 Solventes oxigenados

Los solventes oxigenados están disponibles en un rango de solventes que una mezcla puede ser ajustada a casi cualquier valor de polaridad a través de combinar juiciosamente varios individuales solventes. Los principales tipos de solventes oxigenados usados como solventes en recubrimientos incluyen: alcohol, ésteres, ketones, glicol-éter y también sus acetatos.

1.1.2.3 Solventes acuosos

Desde que el agua es una sustancia altamente polar, el uso de esta es limitado para disolver las resinas que también son bastante polares. Para mejorar esto, se mezcla con solventes orgánicos. Los líquidos orgánicos están llamados a ser cosolventes porque ellos asisten al agua en solubilizar la resina. La mezcla agua con solventes orgánicos también tiene otra ventaja, esta evapora mucho más fácilmente que el agua sola. Un número de pinturas realmente contienen más solventes orgánicos que agua, alguna al grado de que pueden ser realmente inflamables. La mayoría de las pinturas con agua como su principal solvente también incluyen desde 0,5% a más de 20% de solventes orgánicos oxigenados. Grupos polares que son usados sobre resinas para incrementar la solubilidad del agua son generados a partir de reacciones ácido-base. Algunas resinas son diseñadas para reaccionar con iones donadores de hidrógeno acuoso (ácido) ,mientras que otras resinas son preparadas para reaccionar con iones hidróxido donadores (bases) Por ejemplo, en soluciones ácidos suaves acuosos , grupos de amina terciarios cambian dentro de grupos cuaternarios de cationes amonio altamente polares. Los recubrimientos de electro deposición catódica anódica son ejemplo de pinturas que usan respectivamente grupos aminas terciarias y grupos de ácidos carboxílicos para alcanzar la solubilidad del agua.

1.1.3 Thinner⁴

1.1.3.1 Definición:

El diluyente thinner, también conocido como adelgazador o rebajador de pinturas, es una mezcla de disolventes de naturaleza orgánica derivados del petróleo que ha sido diseñado para disolver, diluir o adelgazar sustancias insolubles en agua, como la pintura, los aceites y las grasas.

El Thinner, al igual que otros solventes, son sustancias genotóxicas; es decir, que atacan contra la vida. De ahí la importancia de manejar con precaución, ya que de ser “utilizados de forma inadecuada, pueden producir daños al individuo que los respira”.

1.1.3.2 Composición

El diluyente está compuesto por un disolvente activo, un cosolvente y un diluyente, sustancias que efectúan una función en particular. El disolvente activo es el que tendrá un efecto directo sobre lo que se está disolviendo, el cosolvente potenciará el efecto del disolvente activo y el diluyente dará volumen al compuesto. El diluyente tiene como disolvente principal al tolueno, como cosolvente al benceno y como diluyente a una serie de disolventes, sustancias todas ellas tóxicas para el ser humano.

Todos los fabricantes de diluyentes desarrollan sus propios productos teniendo en cuenta la composición de sus diluyentes, y por lo tanto, aunque parezcan similares, pueden obtenerse resultados muy diversos.

No todos los diluyentes tienen el mismo poder de dilución. Por lo tanto, con idénticas cantidades de diluyente se obtendrán distintas viscosidades de aplicación. Es decir, el poder de dilución de un diluyente dependerá no sólo de la composición del diluyente sino también, y fundamentalmente, de la del producto.

⁴ Thinner, <http://es.wikipedia.org/wiki/Thinner>

No existen normas ni criterios que definan sus características durante la elaboración de diluyente de baja calidad. Por esta razón, es imposible generalizar con exactitud sus propiedades tanto en sus aplicaciones comerciales como en los riesgos que representan su manipulación por trabajadores y su abuso por farmacodependientes.

Tabla 1.1.3.2-1

Componentes del Thinner

SUSTANCIA	PORCENTAJE
Tolueno	5 - 50 %
Alcohol metílico	15 - 50 %
Cetonas	5 - 40 %
Hexano	5 - 30 %
Alcohole	5 - 40 %
Xileno	5 - 20 %
Ésteres	3 - 50 %
Las cantidades varían según el producto deseado.	

Fuente: Thinner. <http://es.wikipedia.org/wiki/Thinner>

1.1.3.3 Propiedades fisicoquímicas importantes

Cuadro 1.1.3.3-1

Propiedades Físico-Químicas del Thinner

ESTADO DE AGREGACIÓN	LÍQUIDO
Apariencia	Incoloro, con olor característico
Punto de fusión	La menor es de -34°C
Temperatura de inflamación	Mínimo 43°C
Temperatura de autoignición	229°C
Rango de ebullición	Inicial: 98°C; final: 105°C
Densidad de vapor	4,8 (aire=1)
Solubilidad	Insoluble en agua (<0,01% a 25°C) soluble n todas las proporciones en la mayoría de solventes orgánicos.
% de volatilidad por volumen	100
Gravedad específica	0,79 a 15,5°C
Presión de vapor	< 0,3kPa a 20°C
Viscosidad	1,14 cST a 25°C
Velocidad de evaporación	0,1 (Acetato de butilo=1)
Límites de explosividad	Inferior: 1%; superior: 13,3%

Fuente: Hoja de seguridad thinner. <http://www.arsura.com/cistema/hojas/thinner.pdf>

1.1.3.4 Aplicaciones y Usos

1.1.3.4.1 Precauciones

- a) Es un líquido combustible.
- b) Puede acumular cargas estáticas.
- c) El vapor es más pesado que el aire y puede dispersarse distancias largas y acumularse en zonas bajas.
- d) Debe mantenerse en un sitio ventilado, lejos de fuentes de ignición. Nadie debe fumar cerca de donde se almacena. Es obligatorio evitar la acumulación de cargas electrostáticas.
- e) No deben respirarse los vapores

1.1.3.4.2 Usos

Se usa en la fabricación de la pintura para disolver o dispersar los constituyentes formadores de la película; se evapora durante el secado, de modo que no viene a ser parte de la película seca. Los solventes se usan para controlar la consistencia y carácter del acabado, y para regular las propiedades de aplicación.

1.1.3.5 Riesgos para la Salud

1.1.3.5.1 Inhalación

Vapores o nieblas a concentraciones superiores a 1000 ppm. Causan irritación de los ojos y el tracto respiratorio, depresión del sistema nervioso central, dolor de cabeza, mareos, deterioro y fatiga intelectual, confusión, anestesia, somnolencia, inconsciencia y otros efectos sobre el Sistema nervioso central incluyendo la muerte.

La inhalación de diluyente se ha convertido en un problema de salud pública en Latinoamérica, debido a su bajo costo, a la venta legal y a las sensaciones placenteras que provoca.

1.1.3.5.2 Ingestión

Provoca náuseas, vomito, mareo, daño al tracto digestivo. Es muy peligroso si es aspirado (respirado hacia los pulmones) aún en pequeñas cantidades, lo cual puede ocurrir durante la ingestión o el vómito, pudiendo ocasionar daños pulmonares leves a severos, e incluso la muerte.

Es letal si su ingestión es de 3 a 5 ml por cada kilo. Es decir, una persona que pesa 70 kilos muere por haber bebido 350 ml.

1.1.3.5.3 Piel

Provoca irritación, sequedad, hipersensibilidad. Contacto prolongado con ropa húmeda puede desarrollar quemaduras, ampollas y dolor. Tras sobreexposiciones repetidas puede desarrollarse intoxicación crónica con disolventes orgánicos, con síntomas como dolor de cabeza, mareos, pérdida de la memoria, cansancio, dolor en las articulaciones, disturbios del sueño, depresión, irritabilidad, náuseas. Esta afección es poco común. Se han reportado efectos sobre el hígado luego de exposiciones intensas y prolongadas.

1.1.3.5.4 Ojos

Provoca irritación, conjuntivitis, visión borrosa. No causa daños a los tejidos de los ojos.

1.1.3.5.5 Ambiente

Se considera que el manejo de más de 10 toneladas de algunos de los componentes del diluyente es una actividad de alto riesgo. Es responsabilidad del usuario del producto conocer la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, así como sus reglamentos y normas vigentes.

SI el producto es liberado en el suelo, se evaporará antes de que pueda ser absorbido. En agua, la mayor parte de los componentes son biodegradables. Una parte se evaporará. El

tiempo máximo de vida en río es de 10 horas para el componente crítico. Si el producto se libera en la atmósfera, se degrada al reaccionar con radicales hidroxilo producidos fotoquímicamente en un tiempo medio de 17 días para el componente crítico; los demás productos tienen tiempo de vida menor a 60 horas. No es acumulable en plantas, peces o animales.

1.1.3.6 Tipos de Thinner⁵

En el mercado pueden aparecer dos tipos de Thinner como son:

El fuerte o acrílico: que es utilizado en pinturas de automóviles y en naves. Es muy utilizado unido a un soplete para darle un secado mucho más rápido.

El corriente o de fórmula económica: utilizado para la dilución de pinturas, pegamentos, laca y barnices que son utilizados para limpiar utensilios utilizados para pintar como; pinceles o brochas.

1.1.3.6.1 Thinner Acrílico

Es una mezcla de Hidrocarburos Aromáticos, Esteres, Cetonas y Glicoléteres con una formulación perfecta para tener un excelente poder diluyente. Es un líquido incoloro y de olor característico.

Se cuenta con dos tipos de Thinner:

- Thinner – 25: es principalmente recomendado para climas fríos; se utiliza para temperaturas inferiores a 25 C.
- Thinner + 25: es principalmente recomendado para clima cálido; se utiliza en temperaturas mayores a 25 C.

⁵Tipos de Thinner,
<http://www.pinturasalmo.com/productos.php?marca=Celcolor&cat=Thinners%20y%20solventes%20puros>

1.1.3.6.2 Thinner corriente o de formula económica

Es una mezcla de solventes de diferentes tipos, unos que se evaporan rápidamente (Solventes rápidos) y otros que se evaporan lentamente (retardadores). Dentro de esta mezcla hay solventes que disuelven a la nitrocelulosa y otros que no la disuelven.

Los solventes que la disuelven son llamados solventes activos y son mucho más costosos que los que no la disuelven, que se llaman diluyentes.

Un thinner debe contener la cantidad suficiente de solventes activos como para lograr disolver la nitrocelulosa desde el mismo momento en que se inicia el adelgazamiento de la laca y durante todo el tiempo en que ésta permanece con el thinner hasta llegar al secado total. Si en algún momento durante la dilución y el secado faltara solvente activo, la laca se precipitará (cortará), dando un acabado mate, sin adherencia y de aspecto defectuoso. Es por esto muy importante que el equilibrio o balance de los solventes que se emplean en la elaboración del thinner esté perfectamente analizado.

De acuerdo a esto, entendemos que desde el momento en que adelgazamos la laca, durante todo el tiempo de aplicación y de secado, la evaporación del thinner debe ser uniforme y no debe presentar problemas de falta de solvencia, para de esta manera poder obtener una película tersa, brillante, adherente y con todas las características necesarias de la pintura o acabado.

Recordemos que el thinner tiene una única función: poder disolver la pintura o laca. Una vez aplicada, entre más rápido se evapore (sin causar problemas), es mejor. Cualquier líquido al evaporarse necesita una gran cantidad de calor. A este calor se le llama calor latente de evaporación y es muy superior al necesario para calentar un líquido.

1.1.4 Pintura⁶

1.1.4.1 Definición

Es una mezcla líquida o viscosa que puede ser aplicada por extensión, proyección o inmersión, además es todo material orgánico conteniendo resinas que es usado para:

- Protección
- Decoración
- Recubrimientos funcionales (coatings) en cualquier tipo de superficie. Esta definición incluye a las pinturas en medio húmedas y seca secas.

No importa como el recubrimiento es curado, como es aplicado que ingredientes tiene, si es líquida o en polvo o si es base agua o solvente, en realidad pueden ser llamados pinturas.

1.1.4.2 Composición de las pinturas

Las pinturas son preparadas mezclando juntas una resina particular o combinación de ellas, un solvente o mezcla de solventes y frecuentemente aditivos y pigmentos. Esta mezcla es hecha acorde a una específica formulación para cumplir con ciertas propiedades al ser aplicada y curada convenientemente tales como: dureza, color, brillo, resistencia superficial etc.

Las resinas, pigmentos y aditivos son la estructura sólida de una pintura, los solventes que evaporan durante el curado son llamados los volátiles en la formulación.

La calidad de las pinturas depende del aglomerante utilizado en ellas, por lo que se pueden dividir en grupos. Ten en cuenta que la pintura será más resistente cuantos más elementos aglutinantes contenga. Los grupos en que se dividen son: pintura al aceite, al agua, plástica, esmalte sintético, vinílica, imprimación, esmalte y pintura especial.

⁶Pintura y tipos de Pintura, <http://www.lapipadelindio.com/bricolaje/tipos-de-pintura-usos>

Cuatro importantes materiales están presentes comúnmente en pinturas orgánicas, a saber:

- Resinas.
- Pigmentos.
- Solventes.
- Aditivos.

1.1.4.2.1 Resinas

Este material también llamado plásticos, polímero, vehículo, forma el film ó capa de pintura. Sin una resina no hay recubrimiento.

1.1.4.2.2 Pigmentos

Provee, entre otras funciones opacidad y color para el film aplicado. Los pigmentos pueden ser omitidos para recubrimientos tales como los barnices.

1.1.4.2.3 Solventes

Son usados en muchas, pero no en todas las pinturas líquidas, no son usados en pinturas en polvo o en algunas pinturas líquidas con curado UV.

1.1.4.2.4 Aditivos

Son sustancias que podrían ser agregadas para proveer propiedades especiales a la pintura (ejemplo propiedades de curado)

1.1.4.3 Tipos de Pinturas y sus Usos

Cada tipo de pintura está indicada para un tipo de superficie determinado, a continuación una breve explicación del tipo de pintura que debe utilizarse para cada material.

1.1.4.3.1 Pinturas de imprimación

Normalmente son utilizadas para dar una base a superficies vírgenes y prepararlas para recibir la pintura definitiva. Cubren ligeras imperfecciones que pueda tener la superficie y también otros colores antiguos.

1.1.4.3.2 Pinturas al agua

En esta clase de pintura el aglutinante son resinas sintéticas disueltas en agua. Estas pinturas también son muy aptas para techos y paredes de interior, cubren muy bien con una mano, menos cuando queremos dar un cambio radical de color.

1.1.4.3.3 Pinturas anticondensación

Estas pinturas son de tipo vinílico y son muy apropiadas para habitaciones donde se forme mucha condensación de vapor, como son la cocina y el cuarto de baño. Gracias a estas pinturas las paredes no transpiran como lo harían con otro tipo de pintura.

1.1.4.3.4 Emulsiones o pinturas plásticas

Aquí para ligar sus componentes se utilizan resinas vinílicas o acrílicas. Tienen un secado muy rápido, son lavables y no desprenden mal olor cuando son utilizadas. Los pinceles y brochas pueden limpiarse fácilmente sólo con agua y si necesitamos disolvente utilizaremos simplemente agua. Son las de uso más corriente pudiendo también utilizarse sobre superficies de madera y de hierro.

1.1.4.3.5 Esmaltes Sintéticos

Dentro del grupo de pinturas plásticas son las más comunes. Son muy fáciles de aplicar y resultan prácticas ya que son lavables. En el mercado las podemos encontrar con acabados mate, brillante o satinado.

1.1.4.3.6 Pinturas al aceite.

Este tipo de pintura utiliza aceites o resinas como medio para aglutinar sus componentes. Su secado es lento debido a que estos aceites y resinas son naturales. Se pueden utilizar para paredes y techos de interior. También dan un buen resultado en maderas y en acabados de ebanistería.

1.1.4.3.7 Pinturas vinílicas

En este tipo de pintura se utilizan resinas vinílicas y resinas sintéticas termoplásticas para aglutinar sus componentes. Son muy aptas para exteriores por su resistencia a la intemperie, niebla salina, los álcalis, los ácidos y a la acción del sol.

1.1.4.3.8 Pinturas antioxidantes

Son pinturas poliuretanas y son especiales para superficies metálicas ya que además de pintar, protegen contra el óxido. Son lavables y podemos encontrarlas en el mercado en diferentes colores. Su aplicación es como la de cualquier esmalte, aunque se debe lijar y limpiar bien la superficie. No es necesario removerlo ni diluirlo.

1.1.4.3.9 Pinturas antihumedad

Están destinadas para lugares expuestos a la humedad, creando una barrera de impermeabilización. También corrigen las manchas de humedad que de vez en cuando aparecen y que no podemos corregir mediante la albañilería. No es necesario esperar a que la mancha se seque, ya que se puede aplicar aun estando húmeda. Podemos encontrarlas en el mercado en color blanco y transparentes, así como especiales para exteriores.

1.1.4.3.10 Pinturas vitrificantes

Se suelen utilizar para pintar suelos o escaleras ya que son muy apropiadas por su resistencia y dureza al desgaste.

1.1.4.3.11 Pinturas estructuradas

Es un tipo de pintura muy espesa ya que con una sola pincelada o con un solo pase de rodillo la superficie a pintar queda totalmente cubierta. Las podemos encontrar en distintos colores y texturas. También podemos utilizarlas para recomponer paredes deterioradas, pues al ser tan espesas pueden dar un acabado similar al del estucado muy fino o con un relieve suave.

1.1.4.3.12 Pintura de emulsión reforzada

Es una pintura especial para exteriores, Es soluble, con base de resina y si se mezcla con polvo de mica, la reforzaremos obteniendo una pintura con acabado texturado y muy resistente a la intemperie.

1.1.4.3.13 Barnices

Se utilizan normalmente para superficies de madera nueva a la que no queremos dar color; también para dar vida a una madera desgastada por el uso. Da un acabado transparente con tonos que imitan los colores de las distintas maderas.

1.1.4.4 Pintura Automotriz⁷

La pintura automotriz es un trabajo que se realiza en todo el mundo, tanto en las fábricas automotrices como en los talleres de reparación y en las industrias de la carrocería.

⁷Pintura Automotriz, http://es.wikipedia.org/wiki/Pintura_automotriz

Desde la creación del automóvil la pintura se usaba para decorar y embellecerlo, para darle un aspecto más atractivo. Pero esa no es la función principal de la pintura, ya que la más importante de todas es la prevención de corrosión (oxidación) al metal.

1.1.4.4.1 Función

En todo vehículo encontramos tres capas distintas, la cuales cumplen funciones distintas, que son las siguientes:

- Wash Primer

Se utiliza para mejorar la adherencia en superficies no ferrosas.

- Primer

También llamado como pintura base, aparejo o imprimante. Ayuda a prevenir el óxido y da un tono mate, la cual ayuda al chapista a encontrar posibles imperfecciones en la superficie para corregirlas. El color básico que se usa es el gris, pero existen otros como el amarillo, azul y blanco.

- Pintura de color

Este da el color deseado por el fabricante o por el cliente, dándole un aspecto completamente distinto. Normalmente las pinturas de colores sólidos dan una terminación semibrillo y las pinturas perladas dan una terminación opaca.

- Barniz o Laca Acrílica

Nombrado como pintura protectora. Sirve para dar un acabado más brillante y también cumple la función de proteger la pintura ante las condiciones climáticas, como el smog, lluvia, nieve, etc.

1.1.4.4.2 Tipos y Mezclas

En el mercado actual se usan uno de estos tres tipos de pinturas que son:

1.1.4.4.2.1 Acrílicas (AC)

Pintura de secado rápido, fácil manipulación, que otorga un acabado semibrillo. Se diluye con diluyente acrílico para su uso. El tiempo de secado para manipularlo puede tardar entre 30 min a 1 hora y el secado completo 1 día.

1.1.4.4.2.2 Poliuretano (PU)

Pintura que se seca en presencia de un catalizador, la cual según su composición y recomendación del fabricante la proporción del catalizador puede variar (4:1, 3:1 y 2:1). Este otorga un acabado brillante (pintura sólida) y mate (pintura perlada). Se necesita diluyente poliuretano y catalizador para su uso. El secado puede variar según la cantidad de catalizador agregado. Para manipularlo tarda entre 1 a 2 horas y el secado completo entre 1 a 2 días.

1.1.4.4.2.3 Poliéster (Base)

Pintura poliéster, conocido también como “base” es derivado del poliuretano. Su rápido secado hace que el trabajo sea más fácil, la cual otorga un acabado opaco, tanto en las pinturas solidas como perlados. Esto implica un uso de barniz para dar brillo. Solo requiere diluyente poliuretano para su uso. El tiempo de secado para su manipulación es de 10 a 30 min y el secado final 12 horas.

1.1.5 Carrocería⁸

1.1.5.1 Definición

La carrocería o latonería de un automóvil es aquella parte del vehículo en la que reposan los pasajeros o la carga. En los vehículos autoportantes, la carrocería sujeta además los elementos mecánicos del vehículo.

⁸Carrocería, http://www.elchapista.com/carrocerias_historia.html

1.1.5.2 Residuos provenientes de las carrocerías

En el sector de la automoción, se generan residuos sólidos, líquidos y gaseosos que pueden agruparse en peligrosos, residuos urbanos y asimilables a urbanos, voluminosos y de pequeña fracción. Entre estos tenemos:

- ✘ Envases que han contenido Residuo Peligroso
- ✘ Absorbentes contaminados: serrín, trapo.
- ✘ Restos de pintura
- ✘ Disolvente agotado
- ✘ Polvo de lijado
- ✘ Filtros de la cabina de pintura
- ✘ Aceite usado

1.1.5.3 Carrocerías en la ciudad de Ambato

**Cuadro 1.1.5.3-1
Carrocerías de Ambato**

CARRO CERÍA	DIRECCIÓN	SERVICIOS
PACOMAR	Vía a Guaranda km.1 (Huachi Chico), Ambato, Tungurahua	Carrocerías, Carros metálicos, Furgones
CEPSAN	Pichincha 07-18 Y Rumiñahui, Ambato, Tungurahua	Ambulancias, Blindaje, Carrocerías, Furgones, Furgones blindados
CEPEDA CIA. LTDA.	Av. José Peralta s/n y Numa Pompilio Ilona Huachi la Magdalena.	Carrocerías.
CUENCA	Huachi Chico José Peralta y R. Andrade, Ambato, Tungurahua	Camiones y camionetas, Carrocerías, Carros metálicos, Furgones
CAVIMAR	Av. Bolivariana Y Víctor Hugo, Ambato, Tungurahua	Carrocerías.
IBIMCO S.A	Panamericana Norte Km.7. FTE. Control Norte, Ambato, Tungurahua	Carrocerías, Carros metálicos, Transportes terrestres.
PICOSA CIA.LTDA.	Huachi La Magdalena Vía Guaranda Km1, Ambato, Tungurahua.	Carrocerías.
FIALLOS	Panamericana Sur Km.3 1/2 Vía Riobamba, Ambato, Tungurahua.	Buses, Carrocerías, Furgones.
ECUABUSS	Asunción y Cochabamba, La Península, Ambato, Tungurahua.	Carrocerías, Furgones.
IMCE	Av.Indoamérica Km.1 1/2 y Queretaro, Ambato, Tungurahua	Camiones y camionetas, Carrocerías, Carros metálicos.
I.M.ESCO	Vía a Guaranda, Km.1, Ambato, Tungurahua	Carrocerías.
CEPSAN	Pichincha 07-18 Y Rumiñahui, Ambato, Tungurahua.	Carrocerías.
SERMAN	Vía A Riobamba Km.4 1/2, Ambato, Tungurahua.	Carrocerías.
MASTER METAL	José Peralta y M. Sáenz, vía Guaranda Km.1 1/2, Ambato, Tungurahua.	Carrocerías.
JORDÁN	Vía a Baños, Ambato, Tungurahua.	Carrocerías.
MIRAL	Panamericana Norte Km 7 ½ sector el Pisque, Ambato, Tungurahua.	Carrocerías.
SANABRIA	Vía a Riobamba Km 2, Ambato, Tungurahua.	Carrocerías.
VARMA S.A	Calle Pisacha Sector Lungua - Izamba Ambato Tungurahua	Carrocerías.
PATRICIO CEPEDA	Huachi la Magdalena Km 1 vía a Guaranda.	Carrocerías.
IMPA	Panamericana Norte Km 7 ½ sector el Pisque, Ambato, Tungurahua.	Carrocerías.

Fuente:<http://www.tuugo.ec/Companies/carrocerias-ambato/12600032331>

1.2 DESTILACIÓN

1.2.1 Historia de la Destilación⁹

El proceso de destilación (del latín ‘de-stillare’ que significa ‘gotear’) consiste en la separación de un líquido a través de su evaporación y condensación. El ejemplo más simple de este proceso puede observarse cuando el vapor de una caldera se deposita en gotas de agua destilada en una superficie fría. La destilación es usada para separar líquidos de sólidos no volátiles, así como en la separación de licores alcohólicos de materiales fermentados, en la separación de dos o más líquidos con diferentes puntos de ebullición, en la separación de gasolina, petróleo y aceites lubricantes extraídos a partir del petróleo. Otras aplicaciones industriales incluyen la desalinización del agua del mar (extraer el salitre del agua para convertirla en agua potable).

En el siglo IV a.C., Aristóteles sugirió la posibilidad de efectuar destilaciones, habiendo escrito que: "A través de la destilación podemos volver el agua del mar potable, el vino así como otros líquidos pueden ser sometidos a este mismo proceso". De hecho, la destilación es un proceso antiguo, remontado al año 200 a.C. Se considera que las primeras destilaciones se hicieron en China, Egipto y Mesopotamia y tenían, sobretodo, propósitos medicinales, pero también tenían como objetivo la creación de bálsamos, esencias y perfumes. En Mesopotamia, entorno al año 1810 a.C. la perfumería del rey Zimrilim utilizó este método para hacer bálsamos, esencias e inciensos de cedro, ciprés, jengibre y mirra. Las destilaciones efectuadas tenían como objetivo la producción de cosméticos, sustancias medicinales y sustancias utilizadas en el embalsamiento de muertos y en la realización de rituales espirituales. La reina Cleopatra conocía el arte de la destilación y se piensa que hizo un relato de este proceso, texto que se perdió. En el siglo I, el físico griego Pedanius Dioscurides hizo una mención a este proceso después

⁹Historia de la Destilación, http://www.copper.alembic.com/distillation_history.php?lang=es

de haber observado la condensación en la tapa de un recipiente en el cual había sido calentado algo de mercurio.

Los historiadores afirman que el alambique fue, muy probablemente, inventado alrededor de los años 200 o 300 d.C., por María, la Judía o por Zosimo de Panoplia, un alquimista egipcio cuya hermana, Theosebeia, inventó muchos modelos de alambiques y condensadores de reflujo. Otros afirman que durante los siglos VIII o IX, los alquimistas árabes planearon utilizar el alambique para obtener esencias más refinadas utilizadas en los perfumes, en cuanto que otros alquimistas árabes lo utilizaron para intentar convertir el metal en oro. “Ambix” es una palabra griega para designar un vaso con una pequeña abertura. Este vaso formaba parte del equipo de destilación. Inicialmente los árabes cambiaron la palabra “Ambix” para “Ambic” y llamaron “Al Ambic” al equipo de destilación. Más tarde, en Europa, la palabra fue modificada por “Alambique”.

1.2.2 Definición:¹⁰

La destilación es la operación de separar, mediante evaporización y condensación, los diferentes componentes líquidos, sólidos disueltos en líquidos o gases licuados de una mezcla, aprovechando los diferentes puntos de ebullición (temperaturas de ebullición) de cada una de las sustancias ya que el punto de ebullición es una propiedad intensiva de cada sustancia, es decir, no varía en función de la masa o el volumen, aunque sí en función de la presión.

La destilación puede llevarse a cabo según dos métodos principales. El primer método se basa en la producción de vapor mediante la ebullición de la mezcla líquida que se desea separar y condensación de los vapores sin permitir que el líquido retorne al calderín. Es decir, no hay reflujo. El segundo método se basa en el retorno de una parte

¹⁰Destilación, <http://es.wikipedia.org/wiki/Destilaci%C3%B3n>

del condensado a la columna, en unas condiciones tales que el líquido que retorna se pone en íntimo contacto con los vapores que ascienden hacia el condensador. Cualquiera de los dos métodos puede realizarse de forma continua o por cargas.

La destilación depende de parámetros como: El equilibrio líquido vapor, temperatura, presión, composición, energía.

El equilibrio entre el vapor y el líquido de un compuesto está representado por la relación de moles de vapor y líquido a una temperatura determinada, también puede estudiarse este equilibrio a partir de sus presiones de vapor.

La temperatura influye en las presiones de vapor y en consecuencia de la cantidad de energía proporcionada al sistema, también influye en la composición del vapor y el líquido ya que esta depende de las presiones del vapor.

La presión tiene directa influencia en los puntos de ebullición de los líquidos orgánicos y por tanto en la destilación.

La composición es una consecuencia de la variación de las presiones de vapor, de la temperatura que fijan las composiciones en el equilibrio.

Puntos de ebullición, son aquellos puntos o temperaturas de compuestos puros a las que sus presiones de vapor igualan a la presión atmosférica, produciéndose el fenómeno llamado ebullición.

1.2.3 Tipos de destilación

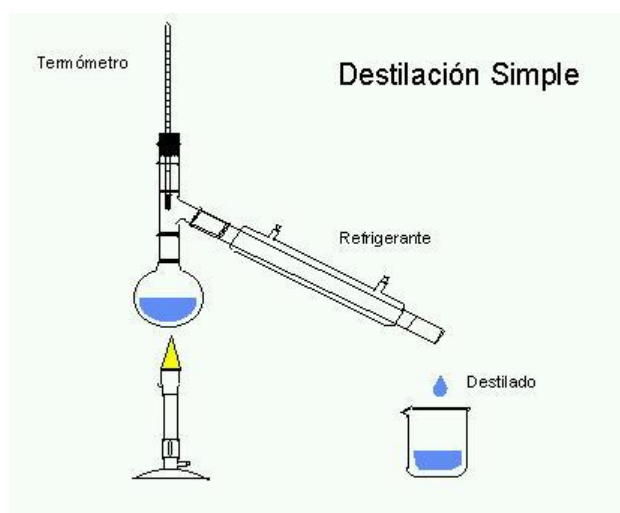
1.2.3.1 Destilación Simple

La destilación simple es una operación en la cual se produce la vaporización de un material por la aplicación de calor; el método es empleado en la industria de capacidad

moderada y pequeña, para llevar a cabo separaciones parciales de los componentes más volátiles de mezclas de líquidos miscibles.

Normalmente, la mezcla líquida es cargada en lotes a un recipiente y sometida a ebullición. Los vapores que se desprenden se eliminan continuamente, se condensan y se recolectan sin permitir que tenga lugar ninguna condensación parcial ni retorno al recipiente en donde se lleva a cabo el calentamiento y ebullición de la mezcla.

La primera porción del destilado será la más rica en el componente más volátil y conforme continúa la destilación, el producto evaporado se va empobreciendo. Por lo tanto, el destilado puede recolectarse en varios lotes separados, llamados fracciones, obteniéndose así una serie de productos destilados de diferente grado de pureza.

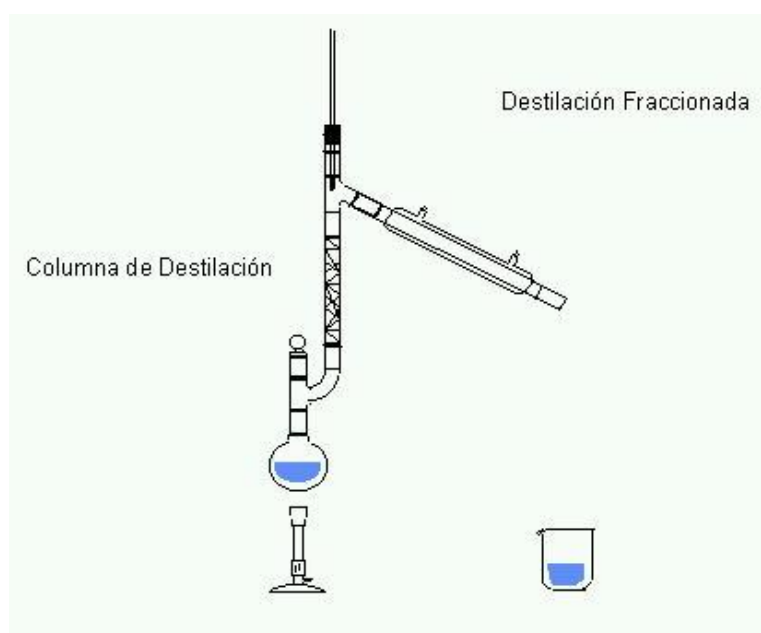


Gráf. 1.2.3.1-Proceso de Destilación Simple

1.2.3.2 Destilación fraccionada

La destilación fraccionada de alcohol etílico es una variante de la destilación simple que se emplea principalmente cuando es necesario separar líquidos con punto de ebullición cercanos.

La principal diferencia que tiene con la destilación simple es el uso de una columna de fraccionamiento. Ésta permite un mayor contacto entre los vapores que ascienden con el líquido condensado que desciende, por la utilización de diferentes "platos". Esto facilita el intercambio de calor entre los vapores (que ceden) y los líquidos (que reciben). Ese intercambio produce un intercambio de masa, donde los líquidos con menor punto de ebullición se convierten en vapor, y los vapores con mayor punto de ebullición pasan al estado líquido.



Gráf. 1.2.3.2-1 Proceso de Destilación Fraccionada

1.2.3.3 Destilación al vacío

La destilación al vacío consiste en generar un vacío parcial dentro del sistema de destilación para destilar sustancias por debajo de su punto de ebullición normal. Este tipo de destilación se utiliza para purificar sustancias inestables por ejemplo las vitaminas.

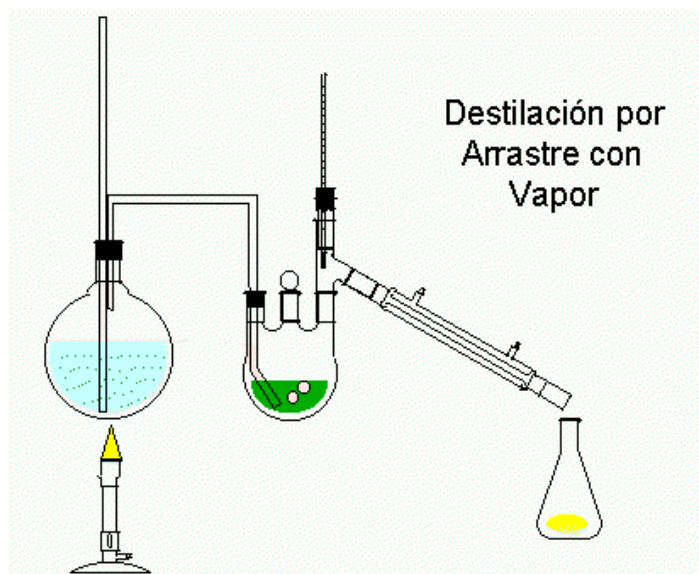
1.2.3.4 Destilación azeotrópica

En química, la destilación azeotrópica es una de las técnicas usadas para romper un azeótropo en la destilación. Una de las destilaciones más comunes con un azeótropo es la de la mezcla etanol-agua. Usando técnicas normales de destilación, el etanol solo puede purificarse a aproximadamente el 95%.

1.2.3.5 Destilación por arrastre de vapor

En la destilación por arrastre de vapor de agua se lleva a cabo la vaporización selectiva del componente volátil de una mezcla formada por éste y otros "no volátiles". Lo anterior se logra por medio de la inyección de vapor de agua directamente en el interior de la mezcla, denominándose este "vapor de arrastre", pero en realidad su función no es la de "arrastrar" el componente volátil, sino condensarse en el matraz formando otra fase inmiscible que cederá su calor latente a la mezcla a destilar para lograr su evaporación. En este caso se tendrán la presencia de dos fases insolubles a lo largo de la destilación (orgánica y acuosa), por lo tanto, cada líquido se comportará como si el otro no estuviera presente. Es decir, cada uno de ellos ejercerá su propia presión de vapor y corresponderá a la de un líquido puro a una temperatura de referencia.

La condición más importante para que este tipo de destilación pueda ser aplicado es que tanto el componente volátil como la impureza sean insolubles en agua ya que el producto destilado volátil formará dos capas al condensarse, lo cual permitirá la separación del producto y del agua fácilmente.



Gráf. 1.2.3.5-1Proceso de Destilación por Arrastre de Vapor

1.2.3.6 Destilación mejorada

Cuando existen dos o más compuestos en una mezcla que tienen puntos de ebullición relativamente cercanos, es decir, volatilidad relativa menor a 1 y que forma una mezcla no ideal es necesario considerar otras alternativas más económicas a la destilación convencional, como son:

- ❖ Destilación extractiva
- ❖ Destilación reactiva

Estas técnicas no son ventajosas en todos los casos y las reglas de análisis y diseño pueden no ser generalizables a todos los sistemas, por lo que cada mezcla debe ser analizada cuidadosamente para encontrar las mejores condiciones de trabajo.

1.2.3.6.1 Destilación reactiva

La destilación reactiva es una tecnología que integra la reacción y la separación en un mismo equipo. Esta integración tiene diversas ventajas potenciales, como son: Reducción en los costos, mejoras en la conversión de los reactivos y en la selectividad de los productos, así como ahorros en el uso de energía y reactivos entre otros.

El análisis en destilación reactiva es considerablemente más compleja que en destilación convencional y debido a las diferencias entre los diversos tipos de reacción (exotérmicas, irreversibles, etc.) la generalización de reglas de diseño es difícil y cada sistema reactivo debe ser analizado de forma muy particular.

1.2.3.6.2 Destilación extractiva

La destilación extractiva es una técnica utilizada para separar mezclas binarias azeotrópicas, en la que se adiciona un agente de separación o solvente cuya característica principal es que no presenta la formación de azeótropos con ninguno de los componentes de la mezcla a separar.

El solvente altera de manera conveniente las volatilidades relativas de los componentes de la mezcla, por tal razón debe tener baja volatilidad, para asegurar su permanencia en la fase líquida; además, garantizar el contacto con la mezcla a lo largo de toda la columna debe tener un punto de ebullición superior al de los componentes a separar y se debe adicionar en una de las etapas cercanas al condensador por encima de la etapa de mezcla azeotrópica.

1.2.3.7 Destilación molecular centrífuga.

Si una columna larga que contiene una mezcla de gases se cierra herméticamente y se coloca en posición vertical, se produce una separación parcial de los gases como resultado de la gravedad. En una centrifugadora de alta velocidad, o en un instrumento llamado vórtice, las fuerzas que separan los componentes más ligeros de los más pesados son miles de veces mayores que las de la gravedad, haciendo la separación más eficaz. Por ejemplo, la separación del hexafluoruro de uranio gaseoso, UF_6 , en moléculas que contienen dos isótopos diferentes del uranio, uranio 235 y uranio 238, puede ser llevada a cabo por medio de la destilación molecular centrífuga.

1.2.4 Aplicaciones de la Destilación¹¹

Existen infinidad de aplicaciones de la operación de destilación. Se emplean en numerosas industrias desde la industria petroquímica a la farmacéutica. Se puede afirmar que prácticamente en cualquier proceso químico va a aparecer una destilación debido a la necesidad de separación de ciertos componentes de otros menos valiosos.

1.2.4.1 Aplicaciones Farmacéuticas de destilación:

- Recuperación de hexano de MIBK, de la materia sólida y de mezclas del aceite.
- Recuperación del di-metil acetamida y concentración del residuo
- Concentración de antibióticos con recuperación de metanol
- Recuperación de butanol de los extractos del caldo
- Recuperación de acetato de etilo /acetato isopropílico
- Concentración de Isopropanol de la extracción de solventes.
- Aplicaciones Químicas de destilación:
 - Rectificación de mezclas de ácidos grasos/metil-éster.
 - Rectificación de caprolactama y glicerina
 - Rectificación con contracción de resina cloroformo/butanol
 - Separación de etanol/fenol de solventes impregnados.
 - Separación de ácidos grasos / mezclas de etil-hexanol

1.2.4.2 Aplicaciones Alimenticias de Destilación:

- Concentración de alcohol de la precipitación en la fabricación de pectina
- Retiro del amoníaco de los fluidos de intercambio iónico
- Reducción de alcohol en cervezas con la recuperación del alcohol
- Recuperación de varios solventes de la miscella

¹¹Aplicaciones Destilación, <http://www.gea-niro.com.mx/lo-que-suministros/destilacion.asp>

1.2.4.3 Aplicaciones Ambientales de Destilación:

- Recuperación de tri-cloro etileno de efluentes conteniendo látex.
- Eliminación y rectificación de Amoníaco del abono líquido
- Carbonato del propano (CFC-substituto) en la fabricación de circuitos impresos
- Recuperación de etanol/ acetona del efluente de la fabricación

1.2.4.4 Aplicaciones de Destilación de Alcohol:

- Purificación de alcohol sin procesar para la producción de alcohol neutral y de grado fino
- Deshidratación (absolución) del alcohol
- Fabricación de alcohol potable a partir de materias primas que contienen azúcar y almidón
- Transformación posterior del alcohol en derivados de alcohol tales como acetaldehído, ácido acético etc.
- Combinaciones de líneas de alcohol incluidas en las plantas para la fabricación de la levadura del panadero, del gluten, de la glucosa etc.

1.2.5 Columnas de Destilación

1.2.5.1 Columna de relleno

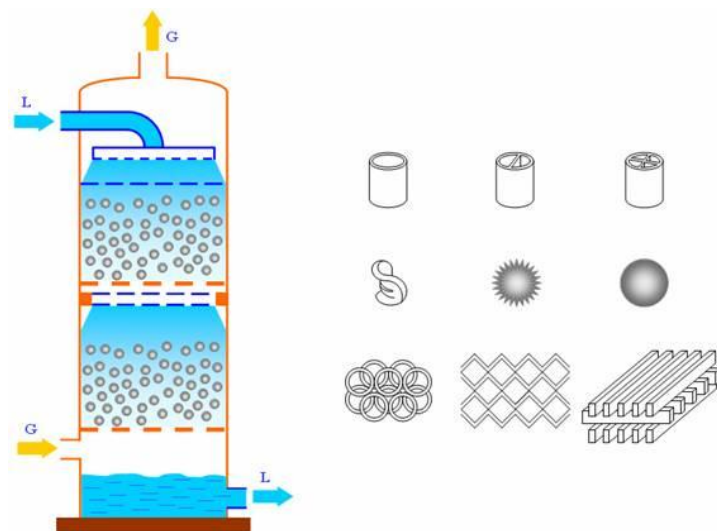
Las condiciones de contra corriente entre el líquido y el vapor y el contacto entre ambos, pueden establecerse mediante otro dispositivo diferente. Estos son, cilindros verticales rellenos con trozos sueltos de un material sólido de tamaño uniforme lanzado al azar (arcilla o metales en forma de anillo o silla de montar), entre cuyos intersticios se distribuyen el líquido del reflujo y el vapor que asciende por la torre.

El material de relleno está soportado por un enrejado o parilla situada en el fondo de la torre. Cuanto más pequeños sean los materiales de relleno, más corta será la altura, pero más baja la

velocidad admisible del vapor y, por lo tanto, mayor el diámetro. Rasching descubrió que los anillos de cualquier material, cumplen muy bien estas condiciones cuando el diámetro es igual a la longitud, por lo que los anillos quedan colocados con el eje oblicuo y las fases han de seguir un camino de zigzag.

Otro tipo de relleno son los anillos Prym y las monturas; en lo que respecta al material empleando en los anillos de Rasching, son los que permiten una mayor libertad de elección, ya que pueden constituirse de metales moldeables (porcelana, piedra artificial, caucho, vidrio, carbón, etc.). Los anillos Prym solo se construyen de porcelana y metal. También se emplean esferas huecas espirales de metal, etc. La ventaja más importante derivada del empleo de los cuerpos de relleno, es la posibilidad de la elección de un material inatacable para las condiciones de rectificación.

Las columnas de relleno no se emplean para trabajar en gran escala, debido a incertidumbres en los resultados y a la falta de garantía de los datos sobre las grandes columnas rellenas y, en parte, a causa de que las grandes columnas con casquetes de burbujeo son más económicas.



Gráf. 1.2.5.1-1 Columna de Relleno y tipos de Rellenos

1.2.5.2 Columna de platos¹²

Los platos se colocan uno sobre otro y se encierran con una cubierta cilíndrica para formar una columna. El material de alimentación que se debe separar en fracciones se introduce a uno o más puntos a lo largo de la coraza de la columna. Debido a la diferencia de gravedad entre la fase de vapor y la líquida, el líquido corre hacia debajo de la columna, cayendo en cascada de plato a plato, mientras que el vapor asciende por la columna, para entrar en contacto con el líquido en cada uno de los platos.

El líquido que llega al fondo de la columna se vaporiza parcialmente en un rehervidor calentando para proporcionar vapor rehervido que asciende por la columna. El resto del líquido se retira como producto del fondo. El vapor que llega a la parte superior de la columna se enfría y condensa como líquido en el condensador superior. Parte de este líquido regresa a la columna como reflujo, para proporcionar un derrame líquido. El resto de la corriente superior se retira como producto destilado.

Este patrón de flujo en el domo de la columna de destilación proporciona un contacto, a contracorriente de las corrientes de vapor y líquido, en todos los platos de la columna. Las fases de vapor y líquido en un plato dado se acercan a los equilibrios de temperatura, presión y composición, hasta un punto que depende de la eficiencia del plato de contacto.

Los componentes más ligeros (de punto de ebullición más bajo) tienden a concentrarse en la fase de vapor, mientras que los más pesados (de punto de ebullición más alto) tienden a la fase líquida. El resultado es una fase de vapor que se hace más rica en componentes ligeros al ir ascendiendo por la columna, y una fase líquida que se va haciendo cada vez más rica en los componentes pesados conforme desciende en cascada. La separación general que se logra entre el producto superior y el fondo

¹²Columna de Platos, http://es.wikipedia.org/wiki/Columna_de_platos

depende primordialmente de las volatilidades relativas de los componentes, el número de platos de contacto y de la relación de reflujo de la fase líquida a la de vapor.

Si la alimentación se introduce en un punto situado a lo largo de la coraza de la columna, la columna se dividirá en una sección superior, que se denomina con frecuencia sección de rectificación, y otra inferior, que suele recibir el nombre de sección de agotamiento.

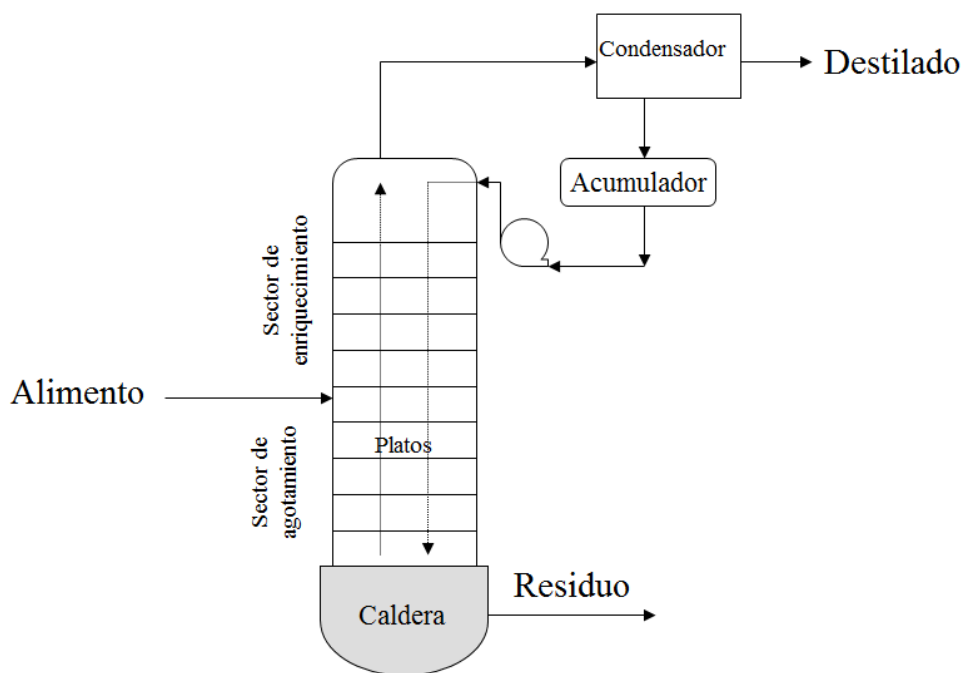


Fig. 1.2.5.2-1 Columna de platos

1.2.5.2.1 Partes de las columnas de destilación¹³

Las partes esenciales de una columna son:

- La columna propiamente dicha, que es donde se verifica el contacto íntimo entre el líquido y el vapor.
- El calderín, situado en la base de la torre en donde se hace hervir la mezcla a separar.

¹³ Columnas de destilación, **OCON.J y TOJO.G.**, Problemas de Ingeniería Química., trad CUERDA.A., 3ª ed., Madrid-España., Aligar S.A., 1980., Pp. 309-311

- c. El condensador de reflujo, situado en la cúspide de la torre, que se encarga de suministrar el líquido descendente para su contacto con el vapor.

Para lograr el íntimo contacto entre las fases líquidas y vapor al objeto de establecer el intercambio de materia entre ambas fases, interesa que la superficie y el tiempo de contacto sean suficientes. En la práctica este contacto se logra con dos dispositivos diferentes: el de los platos de borboteo que retiene el líquido a través del cual se ve obligado a pasar el vapor, y el de los cuerpos de relleno, que llenan el interior de la torre verificándose el contacto entre fases sobre la superficie de estos cuerpos de relleno.

1.2.5.2.2 Tipos de Platos¹⁴

Las columnas de platos utilizadas para producción

- Platos con flujo cruzado.
- Platos con flujo en contracorriente.

El plato con flujo cruzado utiliza un conducto descendente o bajante de descarga del líquido y se suele emplear más que el de flujo en contracorriente porque presenta como ventajas mayor eficacia en la transferencia y un intervalo de condiciones de operación más amplio. El patrón de flujo del líquido en un plato con flujo cruzado se puede controlar colocando bajantes para lograr la estabilidad deseada y la eficacia de la transferencia.

1.2.5.2.2.1 Platos con flujo cruzado

La mayoría de los platos de flujo cruzado utilizan perforaciones para la dispersión del gas en el líquido. Estas perforaciones pueden ser simples orificios circulares, o pueden disponer de “válvulas móviles” que configuran orificios variables de forma no circular. Estos platos perforados se denominan platos de malla o platos de válvula. En los

¹⁴Tipos de Platos, http://es.wikipedia.org/wiki/Columnas_de_platos

primeros, debe evitarse que el líquido fluya a través de las perforaciones aprovechando para ello la acción del gas; cuando el flujo de gas es lento, es posible que una parte o todo el líquido drene a través de las perforaciones y se salte porciones importantes de la zona de contacto.

El plato de válvula está diseñado para minimizar este drenaje, o goteo, ya que la válvula tiende a cerrarse a medida que el flujo de gas se hace más lento, por lo que el área total del orificio varía para mantener el balance de presión dinámica a través del plato, tomando como mejor dato la cantidad.

1.2.5.2.2 Platos en contracorriente

En estos, el líquido y el gas fluyen a través de las mismas aberturas. Por ello, no disponen de bajantes. Las aberturas suelen ser simples perforaciones circulares de diámetro comprendido de entre 3 y 13 mm (1/4 pulgadas) (de flujo doble) o hendiduras largas de anchura entre 6 y 13 mm (1/4 a 1/2 pulgadas) (bandeja Turbogrid). El material del plato puede plegarse o “corrugarse” (bandeja Ripple) para separar parcialmente los flujos de gas y líquido. En general, el gas y el líquido fluyen en forma pulsante, alternándose en el paso a través de cada abertura.

Para el contacto de gases con líquidos que contienen sólidos se utiliza frecuentemente el denominado plato deflector o “placa de dispersión”. Normalmente tiene forma de media luna y una ligera inclinación en el sentido de flujo del líquido. El gas se pone en contacto con el líquido que se derrama del plato y cae al interior, pudiéndose utilizar en el borde del plato una esclusa o rebosadero, que puede llevar filo dentado, para mejorar la distribución del líquido descendente.

En el plato deflector, el líquido actúa como fase dispersa y el gas como fase continua; se utiliza principalmente en aplicaciones con transferencia de calor.

1.2.5.2.3 Capacidad de una Columna de Platos

La máxima capacidad de un plato para el manejo de los fluidos de gas y de líquido tiene gran importancia, porque determina el mínimo diámetro posible en la columna. Para un caudal de líquido constante, el aumento de la velocidad del gas produce arrastre excesivo e inundación. En el punto de inundación es difícil obtener un descenso neto del líquido y cualquier cantidad añadida a la columna será arrastrada por el gas de cabeza. También se puede llegar a inundación aumentando la velocidad de líquido mientras se mantiene la del gas constante. El caudal excesivo de líquido puede sobrepasar la capacidad de los bajantes u otros conductos, con el resultado de un aumento del contenido del líquido, mayor caída de presión y demás características propias de la condición de inundación. La mínima capacidad admisible de una columna de platos está determinada por la necesidad de obtener una dispersión eficaz y un buen contacto entre las fases. Los distintos tipos de platos difieren en su capacidad para admitir caudales bajos de gas y de líquido. Un plato de malla con flujo cruzado puede actuar con un caudal gas reducido hasta un punto en que el líquido drena a través de las perforaciones y la dispersión del gas es inadecuada para obtener una buena eficacia. Los platos de válvulas pueden operar con caudales de gas muy bajos, gracias al cierre de las válvulas. Para todos los dispositivos existe un caudal mínimo de gas por debajo del cual se produce una dispersión inadecuada para obtener el contacto íntimo entre fases.

1.2.5.2.4 Acción de un Plato Ideal

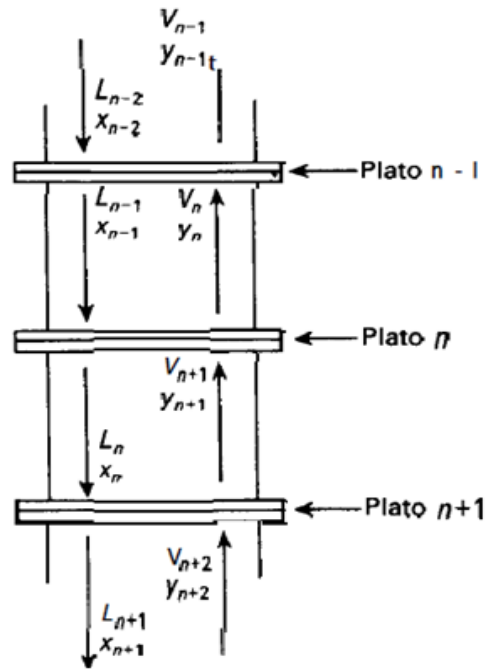


Fig. 1.2.5.2.4-1Diagrama de un plato ideal

En un plato ideal, por definición, el líquido y el vapor que salen del plato se encuentran en equilibrio. Considere en solo plato en una columna en una cascada de platos ideales, tal como el plato n. Suponga que los platos se enumeran en serie desde la parte superior (destilado) hasta la parte inferior (residuo) de la columna y que el plato que se considera es el número n partiendo desde la parte superior. Por lo tanto, el plato inmediatamente superior es el plato n-1 y el inmediatamente inferior es el plato n+1. Los subíndices representan en todos los casos el punto de origen de la magnitud correspondiente. En el plato n entran dos corrientes de fluido y salen otras dos. Una corriente de líquido L_{n-1} mol/h, procedente del plato n-1 y una corriente de vapor V_{n+1} mol/h, procedente del plato n+1, se ponen en contacto íntimo. Una corriente de vapor V_n mol/h asciende hacia el plato n-1 una corriente de líquido L_n mol/h, desciende hacia el plato n+1. Puesto que las corrientes de vapor son la fase V, y sus concentraciones se representan por x. Por lo

tanto, las concentraciones de las corrientes que entran y salen del plato n son las siguientes:

Vapor que sale del plato Y_n Líquido que sale del plato X_n Vapor que entra en el plato Y_{n+1} Líquido que entra en el plato X_{n-1} .

Según la definición de un plato ideal, el vapor y el líquido que salen del plato n están en equilibrio, de forma que X_n y Y_n representan concentraciones de equilibrio. El vapor es enriquecido en el componente más volátil a medida que asciende por la columna, y el líquido disminuye en X a medida que el flujo desciende. Por lo tanto, las concentraciones de X en ambas fases aumentan con la altura de la columna; X_{n-1} es mayor que X_n , y Y_n es mayor que Y_{n+1} . Aunque las corrientes que salen del plato de equilibrio, las que entran no lo están. Cuando el vapor procedente del plato $n+1$ y el líquido procedente del plato $n-1$ se ponen en contacto, sus concentraciones tienden hacia el equilibrio. Parte del componente más volátil X se vaporiza desde el líquido disminuyendo la concentración del líquido desde X_{n-1} hasta X_n ; y algo del componente menos volátil Y se condensa desde el vapor, aumentando la concentración de vapor desde Y_{n+1} hasta Y_n . Puesto que las corrientes de líquido están a sus puntos de burbuja y las corrientes de vapor a sus puntos de rocío, el calor liberado en la condensación del componente Y suministra calor necesario para vaporizar el componente X . Cada plato de la cascada actúa como un aparato de intercambio en el que el componente X se transfiere hacia la corriente de vapor y el componente Y hacia la corriente del líquido. Por otra parte, puesto que la concentración de X , tanto en el líquido como en el vapor, aumenta con la altura de la columna, la temperatura disminuye y la temperatura del plato n resulta ser mayor que la del plato $n-1$ y menor que la del plato $n+1$.

1.2.5.2.5 Método de McCabe-Thiele¹⁵

El método de McCabe-Thiele se basa en la representación de las ecuaciones de balance de materia como las líneas de operación en el diagrama X-Y. Las líneas se hacen rectas (y se evita la necesidad del balance de energía) mediante la suposición de que hay un derrame molar constante. Se supone que el flujo de la fase líquida es constante de plato a plato en cada sección de la columna entre el punto de adición (alimentación) y el de retiro (producto). Si el flujo del líquido es constante, el flujo del vapor tendrá que ser también constante.

1.2.5.2.5.1 Condición térmica de la alimentación

La pendiente de la línea de operación cambiará siempre que pase una alimentación o una corriente lateral. Para calcular este cambio es conveniente introducir una cantidad q para una corriente de alimentación F , que se define:

$$L' = L + qF \quad \text{Ec. 1.2.5.2.5.1-1}$$

$$V = V' + (1 - q)F \quad \text{Ec. 1.2.5.2.5.1-2}$$

Los L' y V' denotan las corrientes por debajo de la etapa en que se introducen la alimentación. La q es la medida de la condición térmica de la alimentación y representa los moles de líquido saturado que se forma en la etapa de alimentación por mol de material alimentado.

¹⁵Método de McCabe-Thiele, , **PERRY.R y otros.**, Manual del Ingeniero Químico., 6ªed., México D.F.-México., McGraw – Hill., 2006., Pp 1330-1333

Cuadro 1.2.5.2.5.1-1

Condiciones de alimentación

Condiciones de Alimentación	Medición de la condición térmica de alimentación (q)
a)Líquido Subenfriado	$q > 1$
b)Líquido Saturado	$q = 1$
c)Parcialmente Vaporizada	$1 > q > 0$
d)Vapor Saturado	$q = 0$
e)Vapor Sobrecalentado	$q < 0$

Fuente: PERRY.R., Manual del Ingeniero Químico., 6^{ta} ed., México, McGraw- Hill., Pp. 1331

El valor q para una alimentación dada se puede estimar a partir de:

$$q = \frac{\text{energía para convertir 1 mol de alimentación en vapor saturado}}{\text{calor molar de vaporización}}$$

Los valores de q siempre serán 1 o 0, según que la corriente lateral se tome de la corriente líquido o la de vapor. La q se puede utilizar para deducir la ecuación de línea q para una alimentación o una corriente lateral. La “línea q de la alimentación” es el sitio de intersección de todos los puntos de las dos líneas de operación que se encuentran en la etapa de alimentación o corriente lateral. Esta intersección se debe producir a lo largo de la sección de la línea q entre la curva de equilibrio y la diagonal x=y.

En el punto de intersección el mismo punto x , y debe satisfacer tanto la ecuación de la línea de operación por encima de la etapa de alimentación (o corriente lateral) como la que se encuentra por debajo de la etapa de alimentación o corriente lateral.

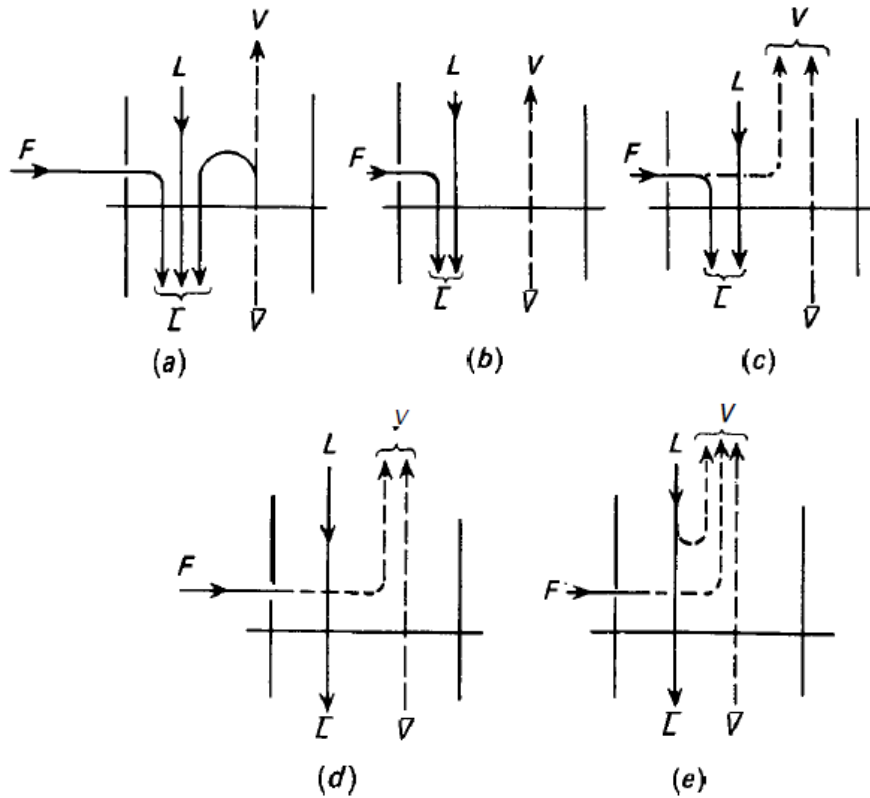


Fig. 1.2.5.2.5.1-1Flujo a través del plato de alimentación para diferentes condiciones de la alimentación: (a) alimentación como líquido frío; (b) alimentación como líquido saturado; (c) alimentación parcialmente vaporizada; (d) alimentación como vapor saturado; (e) alimentación como vapor sobrecalentado.

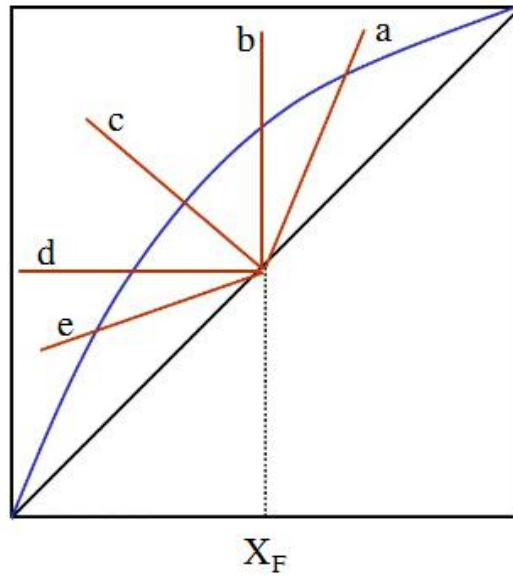


Fig. 1.2.5.2.5.1-2 Condiciones para la construcción de la recta de alimentación

El valor de q para alimentación como líquido frío se obtiene a partir de:

$$q = 1 + \frac{C_{pL}(T_b - T_F)}{\lambda} \quad \text{Ec. 1.2.5.2.5.1-3}$$

Para vapor sobrecalentado:

$$q = - \frac{C_{pV}(T_b - T_F)}{\lambda} \quad \text{Ec. 1.2.5.2.5.1-4}$$

1.2.5.2.5.2 Construcción de líneas de operación

El método más sencillo para representar las líneas de operación es:

- ✓ Localizar la línea de alimentación.
- ✓ Calcular la ordenada en el origen $X_D/(R_D + 1)$ de la línea de enriquecimiento y representar la línea que pasa por la ordenada en el origen y el punto (x, X_D) .
- ✓ Trazar la línea de agotamiento que pasa por el punto (x, X_W) y la intersección de la línea de rectificación con la línea de alimentación.

1.3 DISEÑO

1.3.1 Masa (m):

La masa es una medida de la cantidad de materia que posee un cuerpo.

$$m = m_2 - m_1 \quad \text{Ec. 1.3.1-1}$$

donde:

m_2 = Peso picnómetro + muestra (g)

m_1 = Peso picnómetro vacío (g)

Permite determinar la cantidad de materia presente en una muestra determinada.

1.3.2 Densidad (ρ):

Es una magnitud escalar referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen de una sustancia. Los cuerpos difieren por lo general en su masa y en su volumen. Estos dos atributos físicos varían de un cuerpo a otro, de modo que si consideramos cuerpos de la misma naturaleza, cuanto mayor es el volumen, mayor es la masa del cuerpo considerado.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{Ec. 1.3.2-1}$$

donde:

m = Masa (g)

V = Volumen (g/mL)

Permite realizar comparaciones entre sustancias contenidas en una muestra con relación a las características físico-químicas de cada uno.

1.3.3 Acidez:

La acidez de una sustancia es el grado en el que es ácida, se puede determinar por métodos volumétricos. Ésta medición se realiza mediante una titulación, la cual implica siempre tres agentes o medios: el titulante, el titulado (o analito) y el indicador.

Cuando un ácido y una base reaccionan, se produce una reacción; reacción que se puede observar con un indicador. Un ejemplo de indicador, y el más común, es la fenolftaleína ($C_{20}H_{14}O_4$), que vira (cambia) de color a rosa cuando se encuentra presente una reacción ácido-base.

El agente titulante es una base, y el agente titulado es el ácido o la sustancia que contiene el ácido.

$$\text{Acidez como ácido acético, masa } \% = \frac{V \cdot N \cdot 0,12}{\rho} \quad \text{Ec. 1.3.3-1}$$

donde:

V = Volumen utilizado en la titulación (mL)

N = Normalidad del Hidróxido de Sodio (eqq/L)

ρ = Densidad (g/mL)

Se aplica para determinar las propiedades que presenta un compuesto.

1.3.4 Corrosión al Cobre:¹⁶

La corrosión es cuando la interacción de un metal con el medio que lo rodea deteriora sus propiedades tanto físicas como químicas. El cobre y sus aleaciones pertenecen al grupo de materiales metálicos que son resistentes a la corrosión gracias a una película protectora que crece naturalmente en ciertos medio ambientes.

¹⁶Corrosión al cobre, <https://www.codelcoeduca.cl/cobre/propiedades/t-corrosion.html>

Por esta razón los productos fabricados en base a cobre tienen una vida útil muy larga, ya que conservan sus características originales con el paso del tiempo

El cobre es un material que combina buena resistencia a la corrosión, excelente maleabilidad, alta conducción térmica y eléctrica, y atractivas propiedades mecánicas a baja, normal y moderadamente elevadas temperaturas.

Es usado en la fabricación de tuberías, ya que tiene la menor tendencia a la corrosión y permanece inalterado frente a condiciones que hacen que otros metales se corroan. Esta propiedad del cobre le ha permitido ser considerado idóneo para la construcción. Además, su ductilidad y maleabilidad le otorgan una gran resistencia mecánica, que le permite soportar los esfuerzos del proceso de doblado y la manipulación de los obreros.

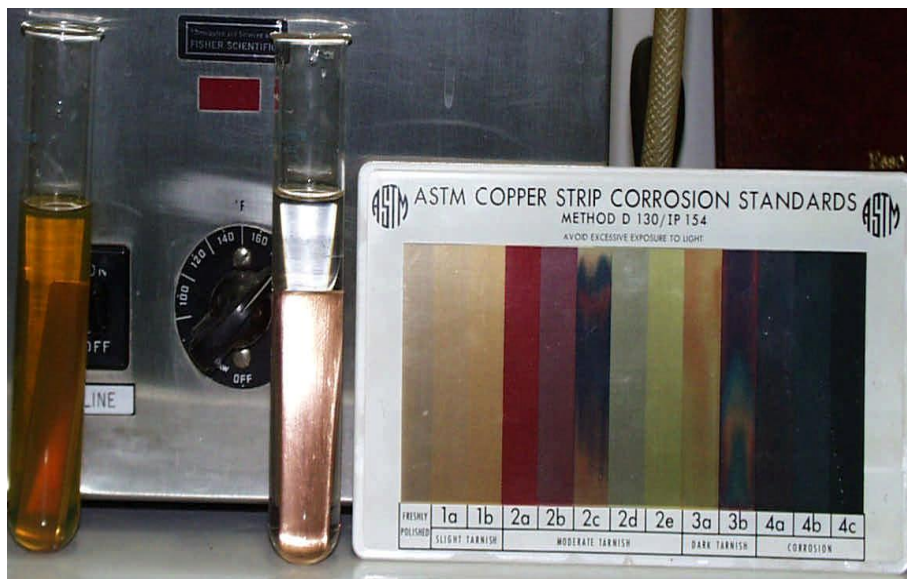
Para la determinación de la corrosión que se da en una lámina de cobre, no establece una ecuación definida por lo que se realiza de acuerdo a la NTE INEN 2161:99 mediante la comparación de colores dado por la norma ASTM D-130.

Cuadro 1.2.5.2-1

Clasificación de la lámina de cobre expuesta (según Norma ASTM).

Calificación	Descripción	Designación
1	A) Anaranjado claro B) Anaranjado oscuro	L igeramente manchado
2	A) Rojo claro B) Azul suave C) Colores múltiples con azul claro y/o plateado, sobre fondo rojo claro	Moderadamente Manchada
3	A) Tornasol oscuro B) Sobre bronceado C) Colores múltiples con rojo y verde pero sin gris	Marcadamente Manchada
4	A) Negro claro. Gris oscuro o castaño, con verde apenas perceptible B) Negro opaco C) Negro brillante	Corrosión

Fuente: Técnica de laboratorio de Tecnología del Petróleo., 2012



Fotografía 1.2.5.2-1 Comparación de colores Norma ASTM D 130

1.3.5 Cálculo de la capacidad calorífica media (\overline{Cp}):

Es el cociente entre la cantidad de energía calorífica transferida a un cuerpo o sistema en un proceso cualquiera y el cambio de temperatura que experimenta. En una forma menos formal es la energía necesaria para aumentar una unidad de temperatura (1 K) de una determinada sustancia, indica la mayor o menor dificultad que presenta dicho cuerpo para experimentar cambios de temperatura bajo el suministro de calor. Puede interpretarse como una medida de inercia térmica. Es una propiedad extensiva, ya que su magnitud depende, no solo de la sustancia, sino también de la cantidad de materia del cuerpo o sistema; por ello, es característica de un cuerpo o sistema particular.

Viene dado por la ecuación:

$$(\overline{Cp}) = \sum X_i C_{pi} \quad \text{Ec. 1.3.5-1}$$

donde:

X_i = Fracción molar

C_{pi} = Capacidad Calorífica ($Kcal/KgC$)

Ecuación dado por: Joseph Black

La capacidad calorífica desempeña un papel importante en el diseño de muchos aparatos, como los radiadores de automóviles, los colectores solares, diversos componentes de las plantas generadoras de energía e, incluso, las naves espaciales. Este descubrimiento fue una de sus mayores aportaciones científicas y marcó el comienzo de la termodinámica.

1.3.6 Cálculo del calor latente medio ($\bar{\lambda}F$):¹⁷

Es la energía requerida por una sustancia para cambiar de fase, de sólido a líquido (calor de fusión) o de líquido a gaseoso (calor de vaporización). Se debe tener en cuenta que esta energía en forma de calor se invierte para el cambio de fase y no para un aumento de la temperatura; por tanto al cambiar de gaseoso a líquido y de líquido a sólido se libera la misma cantidad de energía.

Viene dado por la ecuación:

$$(\bar{\lambda}F) = \sum X_i \lambda Y_i \quad \text{Ec. 1.3.6-1}$$

donde:

X_i = Fracción molar

λY_i = Calor latente ($Kcal/Kg$)

Ecuación dado por: Joseph Black

Esta cualidad se utiliza en la cocina, en refrigeración, en bombas de calor y es el principio por el que el sudor enfría el cuerpo.

1.3.7 Cálculo del parámetro f de alimentación:

Se define como el número de moles de vapor que resultan en la sección de rectificación de la introducción de cada mol de alimentación.

Viene dado por la ecuación:

$$f = -\frac{Cp(\bar{T}_b - T_F)}{\bar{\lambda}F} \quad \text{Ec. 1.3.7-1}$$

donde:

T_b = Temperatura de ebullición medio (C)

¹⁷Calor Latente, http://es.wikipedia.org/wiki/Capacidad_calor%C3%ADfica

T_F = Temperatura de alimentación (C)

C_p = Capacidad calorífica ($Kcal/KgC$)

$\bar{\lambda}_F$ = Calor latente medio ($Kcal/Kg$)

Su utilización es para tener conocimiento de que tipo de alimentación va a ingresar a la torre de destilación.

1.3.8 Cálculo de la pendiente:

En un sistema de representación de alimentación, suele ser representado por la letra m , y es definido como la relación entre la unidad y el flujo de alimentación.

Viene dado por la ecuación:

$$m = -\frac{(1-f)}{f} \quad \text{Ec. 1.3.8-1}$$

donde:

f = Número de moles de vapor que resultan en la sección de rectificación de la introducción de cada mol de alimentación.

Esta ecuación permitirá identificar el tipo de alimentación que ingresará a la columna de destilación.

1.3.9 Curva de Equilibrio

Se utiliza los datos de equilibrio del componente de más volátil, lo que representa el equilibrio de las composiciones en fase de vapor para cada valor de la composición de la fase líquida.

1.3.10 Recta de alimentación

Se construye hallando el ángulo de la pendiente donde la dirección de la recta va a depender del tipo de alimentación que se tenga.

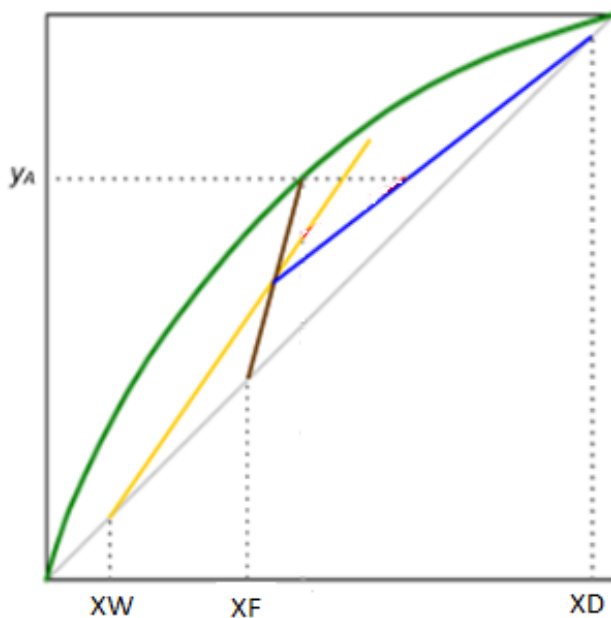


Fig. 1.3.10-1 Curva de equilibrio

1.3.11 Cálculo de la relación de reflujo mínimo

Es la relación máxima que requerirá de un número infinito de platos para lograr la separación deseada, esto corresponde a un flujo mínimo de vapor en la torre de destilación, y por tanto, a dimensiones mínimas del hervidor y condensado

Viene dado por la ecuación:

En el diagrama se interpola y se obtiene:

$$-\frac{X_D}{R_{Dmin}+1} = \text{Valor de la interpolación} \quad \text{Ec. 1.3.11-1}$$

donde:

X_D = Fracción del destilado

R_{Dmin} = Reflujo mínimo

Ecuación dado por: Fenske

Permite efectuar una separación determinada, se puede elegir arbitrariamente una relación de reflujo dentro de ciertos límites, y de esta relación de reflujo depende el coste de funcionamiento y el coste del aparato.

1.3.12 Cálculo de la relación de reflujo total

Reflujo total es el número mínimo de platos que se puede utilizar para obtener cierta separación.

Viene dado por la ecuación:

$$RT = k * R_{Dmin} \quad \text{Ec. 1.3.12-1}$$

donde:

k =Constante de Kirsschbraun

R_{Dmin} = Reflujo mínimo

Ecuación dado por: Fenske

Permite identificar que si se aumenta la relación de reflujo aumenta el coste de funcionamiento de la columna y disminuye el coste del aparato; cuando la relación de reflujo llega a alcanzar el valor unitario, la columna trabaja a reflujo total.

1.3.13 Recta de rectificación:

La recta de alimentación se construye a partir del eje y trazando un línea que pasa por la intersección del punto x_D .

1.3.14 Recta de agotamiento

Se construye al trazar una línea que pase por el punto x_w (fracción del residuo) por la intersección de la línea de rectificación con la línea de alimentación.

1.3.15 Platos teóricos:

Es un segmento de columna en donde se alcanza el equilibrio entre el vapor que se condensa y el líquido que se evapora.

1.3.16 Balance de Masa¹⁸

Es una expresión de la conservación de la materia, denominado también balance de materia. Esta expresión establece que la suma de las cantidades o concentraciones de todas las especies que contienen un átomo particular (o grupo de átomos) debe ser igual a la cantidad de ese átomo (o grupo de átomos) introducidos en el sistema.

$$F = W + D \quad \text{Ec. 1.3.16-1}$$

donde:

F = Alimentación (Kg/h)

W = Residuo (Kg/h)

D = Destilado (Kg/h)

Permite el cálculo de la composición del destilado y la composición del residuo.

1.3.16.1 Balance de masa parcial

$$FX_F = WX_W + DX_D \quad \text{Ec. 1.3.16-1}$$

donde:

F = Alimentación (Kg/h)

¹⁸Balance de Masa, <http://es.scribd.com/doc/50570534/24/BALANCE-DE-MASA>

X_F = Fracción de destilado

W = Residuo(Kg/h)

X_W = Fracción de residuo

D = Destilado(Kg/h)

X_D = Fracción de destilado

1.3.17 Cálculo de la temperatura promedio de la columna

Se define como una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, definida por el principio cero de la termodinámica. Más específicamente, está relacionada directamente con la parte de la energía interna conocida como "energía cinética", que es la energía asociada a los movimientos de las partículas del sistema, sea en un sentido traslacional, rotacional, o en forma de vibraciones. A medida de que sea mayor la energía cinética de un sistema, se observa que éste se encuentra más "caliente"; es decir, que su temperatura es mayor.

$$\bar{T} = \frac{\sum T_i}{4} \quad \text{Ec. 1.3.17-1}$$

1.3.18 Cálculo de α y la viscosidad μ

1.3.18.1 Cálculo de la volatilidad relativa:

Medida del grado de separación posible. Es función de las presiones de vapor de cada componente. Es función además de las concentraciones de cada fase (vapor y líquido). Volatilidad relativa se denomina al cociente entre las volatilidades del componente más volátil y del menos volátil.

$$\alpha = \frac{y(1-x)}{x(1-y)} \quad \text{Ec. 1.3.18.1-1}$$

La determinación de la volatilidad relativa ayudará para verificar hasta qué punto se dará la destilación.

1.3.18.2 Cálculo de la fluidez

La fluidez es una característica de los líquidos y/o gases que les confiere la habilidad de poder pasar por cualquier orificio o agujero por más pequeño que sea, siempre que esté a un mismo o inferior nivel del recipiente en el que se encuentren (el líquido y el gas), a diferencia del restante estado de agregación conocido como sólido.

$$\varphi = \frac{1}{\mu} \quad \text{Ec. 1.3.18.2-2}$$

donde:

φ = fluidez.

μ = viscosidad.

La fluidez se aplica para poder determinar el movimiento de las partículas contenidas en un líquido o en un gas produciéndose colisiones y fricciones entre ellas.

1.3.18.3 Cálculo de la viscosidad

Es una propiedad de los líquidos que indica la dificultad con que éstos fluyen. Un líquido es más viscoso cuanto menor es su fluidez. La viscosidad es debida a fuerzas e interacciones entre las partículas (rozamiento de las partículas) que limitan su movilidad.

$$\mu = \frac{1}{\varphi} \quad \text{Ec. 1.3.18.3-3}$$

La viscosidad se aplica para tener conocimiento del líquido que se desea transportar y determinar las características que tiene el equipo para el transporte del mismo.

1.3.19 Cálculo de los platos reales

Para determinar el número de platos reales es necesario introducir el concepto de eficacia o rendimiento de separación, que definiremos, en términos generales, como el coeficiente entre el número de platos teóricos y el de platos reales.

$$E_o = \frac{N_T}{N_R} \quad \text{Ec. 1.3.19-1}$$

donde:

E_o = Eficiencia de los platos.

N_T = Número de platos teóricos.

N_R = Número de platos reales.

Ecuación viene dado por:Murphree

La ecuación nos permitirá determinar el número de platos reales el cual nos ayudará en el diseño de la torre. Para la destilación de hidrocarburos los valores de eficiencia varían entre el 50 al 85% y para la absorción de hidrocarburos del 10 al 50%. Estas correlaciones solo deben usarse como estimaciones aproximadas.

1.3.20 Cálculo del diámetro

1.3.20.1 Zona de rectificación

1.3.20.1.1 Cálculo de la masa molecular media

La masa molecular es la masa de una molécula de esa sustancia, concerniente a unidad de masa atómica unificada

$$\bar{M} = \sum X_i M_i \quad \text{Ec.1.3.20.1.1-1}$$

donde:

\bar{M} =Masa molecular media (Kg/Kg mol).

X_i = Fracción molar.

M_i = Masa molecular (Kg/Kg mol).

Se utiliza para determinar la masa molecular media de la alimentación que está ingresando por el plato de alimentación de la torre de destilación.

1.3.20.1.2 Cálculo del caudal de vapor

Es la cantidad de vapor que se desprende durante el proceso de destilación. Depende del tipo de alimentación que se tenga.

$$V = D(1 + R) \quad \text{Ec. 1.3.20.1.2-2}$$

donde:

V = Caudal de vapor (Kg/h).

D = Destilado (Kg/h).

R =Relación de reflujo total

El caudal de vapor se utiliza para que exista una interacción entre la fase líquida y gaseosa de la torre de destilación.

1.3.20.1.3 Cálculo de flujo del gas

Es la cantidad de gas que recircula en el interior de la torre de destilación.

$$G = C[\rho_V(\rho_L - \rho_V)]^{1/2} \quad \text{Ec. 1.3.20.1.3-3}$$

donde:

G = flujo del gas. (Kg/h*m²)

C = distancia entre platos (m).

ρ_L = Densidad del líquido (Kg/m³).

ρ_V = Densidad del vapor (Kg/m³).

Se aplica en los procesos de destilación, transferencia de calor, transferencia de masa, en los calderos

1.3.20.1.4 Cálculo del área en la zona de rectificación

El área es una medida de la extensión de una superficie, expresada en unidades de medida denominadas superficial.

$$A = \frac{V}{G} \quad \text{Ec. 1.3.20.1.4-4}$$

donde:

A= Área (m²).

V= Volumen (Kg/h).

G= flujo del gas. (Kg/h*m²)

El área se aplica para la determinación de la superficie de figuras geométricas y en el dimensionamiento de equipos.

1.3.20.1.5 Cálculo del diámetro de la columna en la zona de rectificación

El cálculo del diámetro permitirá determinar el diámetro interno de la columna de la torre.

$$\emptyset = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad \text{Ec. 1.3.20.1.5-5}$$

donde:

\emptyset = Diámetro (m).

A= Área (m²).

Se aplica para la determinación los radios internos de todo objeto circular.

1.3.20.2 Zona de agotamiento.

1.3.20.2.1 Cálculo del caudal de vapor medio

$$\bar{V} = V - fF \quad \text{Ec. 1.3.20.2.1-6}$$

donde:

\bar{V} =Caudal de vapor medio (Kg/h).

V=Volumen (Kg/h).

f=Número de moles de vapor que resultan en la sección de rectificación de la introducción de cada mol de alimentación.

F=Alimentación (Kg/h).

1.3.20.3 Cálculo del diámetro promedio

$$\bar{\emptyset} = \frac{\emptyset_R + \emptyset_A}{2} \quad \text{Ec. 1.3.20.3-7}$$

donde:

\emptyset_R =Diámetro de la zona de rectificación (m).

\emptyset_A =Diámetro de la zona de agotamiento (m).

1.3.21 Cálculo de la longitud

La longitud es una medida de una dimensión lineal para determinar el tamaño de la torre de destilación.

$$L = (N - 1)d + 1.5d + 2d \quad \text{Ec. 1.3.21-1}$$

donde:

N= Número de platos reales.

d= Diámetro (m)

Se aplica para la determinación del tamaño de los equipos.

1.3.22 Balance de energía

El balance de energía se basa en la ley de la conservación de la energía que indica que en un proceso, la energía no se crea, ni se destruye, solo se transforma. En un balance total de energía se toma en cuenta las transferencias de energía a través de los límites del sistema

1.3.22.1 Balance global de energía

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

$$Q_B + H_F = Q_c + H_D + H_W \text{Ec. 1.3.22-1}$$

donde:

Q_B = Calor

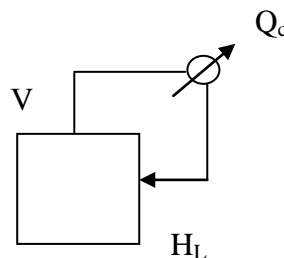
H_F = Entalpía de alimentación (Kcal/h)

Q_c = Calor del condensador (Kcal/h)

H_D = Entalpía del destilado (Kcal/h)

H_W = Entalpía del residuo (Kcal/h)

1.3.22.2 Balance para el condensador



$$Q_c = V * \lambda_m \text{Ec. 1.3.22.2-2}$$

donde

Q_c = Calor del condensador (Kcal/h)

V = Caudal de vapor (Kg/h)

λ_m = Calor latente de la mezcla (Kcal/Kg)

1.3.23 Cálculo del rendimiento del equipo

Permite establecer la cantidad de producto recuperado.

$$\text{Rendimiento} = \frac{V_s}{V_e} * 100\% \text{Ec. 1.3.23-1}$$

donde:

V_s = Volumen de destilado (mL/h)

V_e = Volumen de alimentación (mL/h)

1.3.24 Cálculo del calor perdido

El calor perdido por un cuerpo es el producto de su masa, por su capacidad calorífica específica, por el decremento en su temperatura.

$$Q = \dot{m} * Cp * \Delta T \text{Ec. 1.3.24-1}$$

donde:

\dot{m} = Masa de alimentación (g/h)

Cp = Capacidad calorífica (cal/gC)

ΔT = Variación de la temperatura (C)

1.3.25 Cálculo de la eficiencia del equipo

Es una medida de la disponibilidad, eficiencia en el rendimiento y el índice de calidad de un equipo en particular.

$$\text{Eficiencia} = \frac{Q_B + Q_C}{Q} * 100\% \text{Ec. 1.3.25-1}$$

donde:

Q_B = Calor suministrado (Kcal/h)

Q_C = Calor del condensador (Kcal/h)

Q = Calor perdido (Kcal/h)

CAPITULO II

2 PARTE EXPERIMENTAL

La investigación del proyecto de tesis se inició con la recolección de muestras en las diferentes carrocerías existentes en la ciudad de Ambato, las cuales, posteriormente fueron llevadas al laboratorio para realizar los correspondientes análisis de acuerdo a la NTE INEN 2163:99 y el proceso de simulación (destilación simple), lo cual, permitió la obtención de los datos necesarios para realizar el dimensionamiento del equipo y sus características de operación. Mediante los estudios realizados tanto teóricos como prácticos ayudaron a establecer de mejor manera la realización de este trabajo y así poder cumplir con los objetivos planteados.

2.1 MUESTREO

Se realizó un muestreo aleatorio estratificado, el cual, consistió en dividir a la Ciudad de Ambato en dos zonas:

- Norte, muestra de thinner residual una sola carrocería (IMPA)
- Sur, muestras de thinner residual del tres carrocerías (SANABRIA, PATRICIO CEPEDA Y PICOSA),

La ubicación de estas zonas dependió de la colaboración y el número de carrocerías que existen, estas muestras de thinner residual fueron tomadas por un lapso de un mes obteniendo un total de 16 muestras.

Cuadro 2.1-1

Muestreo

MUESTRA				
MUESTRA	RECEPTOR	VOLUMEN	FRECUENCIA	PROCEDIMIENTO
Las muestras recolectadas se encuentran en mezcla de thinner con pintura y restos de residuos sólidos estos últimos en pequeñas cantidades.	Recipiente plástico, limpio, seco y de fácil manipulación; de acuerdo a la cantidad de muestra	Va a depender de la persona encargada de proporcionar la muestra.	Se tomaron cuatro muestras semanales de cada carrocería por un lapso de un mes.	Ingreso a las instalaciones de la carrocería donde se almacena el residuo. Con la ayuda de un embudo colocamos la muestra en el recipiente y tapamos herméticamente. Rotular de acuerdo a la fecha y transportar con precaución.

Fuente: ADRIANO. S / VALLE. V., 2012

Cuadro 2.1-2

Cantidad de muestras

CARROCERÍA	N° DE MUESTRA	CANTIDAD	FECHA
Sanabría	1	2 L	2012-02-23
	2	2 L	2012-02-28
	3	2 L	2012-03-06
	4	2 L	2012-03-09
Patricio Cepeda	1	6 L	2012-02-23
	2	6 L	2012-02-28
	3	12 L	2012-03-06
	4	12 L	2012-03-09
Impa	1	1 L	2012-03-06
	2	2 L	2012-03-09
	3	2 L	2012-03-13
	4	2 L	2012-03-20
Picosa	1	4 L	2012-03-06
	2	4 L	2012-02-09
	3	4 L	2012-03-13
	4	6 L	2012-03-20
TOTAL	16	65 L	4 Semanas

Fuente: ADRIANO.S / VALLE. V., 2012



Fotografía 2.11.3.22.2-1 Muestreo Patricio Cepeda



Fotografía 2.1-2 Muestreo

Picosa



Fotografía 2.1-3 Muestras recolectadas para el estudio

2.2 METODOLOGIA

2.2.1 Métodos y Técnicas

2.2.1.1 Métodos

Para la realización de esta investigación se procedió a seguir varios métodos, mismos que permitieron este trabajo a partir de los objetivos planteados siguiendo una metodología ordenada.

2.2.1.1.1 Método Inductivo

Se efectuó el muestreo tomando el thinner residual de las mecánicas automotrices y/o carrocerías de la ciudad de Ambato (IMPA, PICOSA, PATRICIO CEPEDA Y SANABRIA), posteriormente se realizó los análisis de laboratorio; tanto los establecidos en la NTE INEN 2163:99 como el proceso de destilación simple determinando las variables que involucra este proceso (temperatura, volumen y tiempo) obteniéndose datos técnicos, los cuales, se utilizó para realizar los cálculos de ingeniería y dimensionamiento del equipo, con el fin de ejecutar el diseño y construcción de este sistema de purificación de thinner.

2.2.1.1.2 Método Deductivo

Con los estudios realizados en esta investigación se logró determinar las variables óptimas de proceso para la construcción y dimensionamiento del equipo, las cuales, mediante las pruebas de validación se consiguió cumplir con los objetivos planteados al inicio de dicha investigación.

2.2.1.1.3 Método Descriptivo

Se utilizó este método para recoger, organizar, resumir, presentar, analizar, generalizar, los resultados obtenidos luego de las observaciones realizadas a lo largo de esta

investigación para la obtención de datos, con la finalidad de que las mecánicas carroceras tengan una idea más clara de la situación actual.

2.2.1.2 Técnicas

En la realización de esta etapa del proceso investigativo se tomó como base fundamental la NTE INEN 2163:99, la cual, permitió verificar mediante procedimientos específicos si el thinner cumple con los parámetros establecidos por esta técnica. Además se efectuó el proceso de destilación simple con la finalidad de obtener las variables específicas para este estudio.

Tabla 2.2.1.2-1
Proceso de Destilación Simple

Fundamentos	Objetivo y Alcance	Materiales y Reactivos	Procedimiento	Cálculos
<p>Es una operación en la cual se produce la vaporización de un material por la aplicación de calor, para llevar a cabo separaciones parciales de los componentes más volátiles de mezclas de líquidos miscibles.</p>	<p>Determinar las variables del proceso.</p>	<p>Equipo de destilación simple. Termómetro. Probeta. Vaso de precipitación. Muestra de thinner usado.</p>	<p>Armar el equipo de destilación simple y colocar 100mL de la muestra a destilar. Encender el equipo. Tomar la temperatura, volumen y tiempo de cada destilación realizada. Almacenar el producto obtenido para posteriormente realizar los análisis.</p>	<p>Balance de Masa</p> $F = D + W$ <p>Balance de Masa para el tolueno</p> $FX_{FT} = DX_{DT} + WX_{WT}$

Tabla 2.2.1.2-2
Solventes, Adelgazadores (Thinner) Requisitos

Fundamento	Requisitos	Técnica	Unidad	Mínimo	Máximo
Establece los requisitos que deben cumplir los adelgazadores Thinner utilizados para disolver, diluir o adelgazar pinturas o productos afines, además se especifica ciertas definiciones, forma de envase, etiquetado, muestreo y los documentos normativos que se deben utilizar para la determinación de parámetros físico – químicos	Acidez libre, expresada como ácido acético.	NTE INEN 2152:99	%(m/m)	-	0.02
	Contenido de humedad	NTE INEN 2154:99	%(m/m)	-	2.7
	Color	NTE INEN 2155:99	APHA (escala platino- cobalto)	-	5
	Corrosión al cobre	NTE INEN 2161:99	La lámina no debe presentar decoloración o depósitos de color negro o gris.		
	Olor	No debe tener olor residual sobre el papel filtro, después de dos horas de secado al aire.			

Fuente: NORMA INEN., 2163:99

Tabla 2.2.1.2-3
Solventes, Determinación de la Acidez

Fundamentos	Objetivo y Alcance	Materiales y Reactivos	Procedimiento	Cálculos
<p>La norma específica la forma de determinar la acidez que tiene el thinner</p>	<p>Determinar la acidez en solventes volátiles.</p>	<p>Bureta. Erlenmeyer. Pipetas.</p>	<p>Medir en un matraz Erlenmeyer de 250 cc, 50 cc de agua, si la muestra es soluble en agua o 50 cc de alcohol si la muestra no es soluble en agua.</p> <p>Añadir 0,5 cc de fenolftaleína. Titular el agua o alcohol con la solución 0,05 N de hidróxido de sodio hasta el color rosado perceptible.</p> <p>Pipetear 50 cc de la muestra en el matraz. Titular con la solución 0,05 N de hidróxido de sodio hasta el color rosado perceptible.</p>	<p><i>Acidez como ácido acético, masa %</i></p> $= \frac{VN \times 0,12}{D}$ <p>En donde:</p> <p>V= solución de hidróxido de sodio requerido para la titulación de la muestra.</p> <p>N= normalidad de la solución de hidróxido de sodio.</p> <p>D= densidad relativa del espécimen a la temperatura de ensayo.</p>
	<p>Aplicable a mezclas como alcoholes, cetonas, diluyentes de hidrocarburos.</p> <p>No comprende problemas de seguridad.</p>	<p>Alcohol etílico.</p> <p>Solución indicadora de Fenolftaleína.</p> <p>Solución 0,05 N de hidróxido de sodio.</p>		

Tabla 2.2.1.2-4
Determinación del contenido de Humedad

Fundamento	Objetivos y alcance	Materiales Y Reactivos	Procedimiento	Cálculos
<p>Esta norma nos permite determinar el contenido de humedad, que es presencia de ciertas cantidades de agua en el thinner.</p>	<p>Determinar el contenido de humedad del solvente (thinner).</p>	<p>Recipiente de 60cc. Bureta. Frasco. Circuito eléctrico. Divisor de potencial. Galvanómetro. Pipetas volumétricas.</p>	<p>Muestras líquidas: Añadir al recipiente 10cc de metanol anhidro. Abrir la entrada para una corriente lenta de nitrógeno suficiente para producir una agitación adecuada.</p>	$H = \frac{F * A}{10V * S}$ <p>En donde:</p> <p>H= Contenido de la humedad en %.</p> <p>F= Equivalente de agua del reactivo de Fischer.</p> <p>A= Volumen de reactivo de Fischer utilizado, en cc.</p> <p>V= Volumen de la muestra tomada, en cc.</p> <p>S= Peso específico a la temperatura ambiente.</p>
	<p>No es aplicable en presencia de: Ác. Ascórbico, carbonatos, bicarbonatos alcalinos, sulfitos, peróxidos.</p>	<p>Alcohol metílico anhidro. Solución patrón de agua y metanol. Piridina. Nitrógeno seco. Reactivo de Fischer.</p>	<p>Conectar la corriente eléctrica y valorar con reactivo Fischer. Añadir una cantidad de muestra que contenga entre 60-80 mg. De agua y titular con reactivo Fischer.</p>	

Fuente: NORMA INEN 2154:99

Tabla 2.2.1.2-5
Determinación del Color

Fundamento	Objetivos y alcance	Materiales y Reactivos	Procedimiento
<p>La norma consiste en comparar el color de la muestra con discos de colores.</p>	<p>Determinar el color en escalas APHA (Escala Platino Cobalto), en solventes volátiles.</p> <hr/> <p>Aplicable a mezclas como alcoholes, cetonas, diluyentes de hidrocarburos.</p> <p>No comprende problemas de seguridad.</p>	<p>METODO A</p> <p>Equipo</p> <p>Dos tubos Nessler con tapón de inmersión.</p> <hr/> <p>Agua destilada</p>	<p>METODO A</p> <p>Limpiar el equipo.</p> <p>Llenar uno de los tubos con agua destilada y colocar el tapón.</p> <p>Llenar el otro tubo con la muestra hasta la línea de enrase y colocar el tapón.</p> <p>Colocar los tubos respectivamente en el equipo.</p> <p>Cerrar el equipo y encender la lámpara.</p> <p>Buscar el color de la muestra mirando a través de la mirilla y girando el disco de comparación de colores.</p> <p>Se el número que aparece en el círculo rojo cuando coincide el color del disco con el de la muestra.</p> <p>Esta cifra es el número de unidades de color APHA.</p>

Fuente: NORMA INEN 2155: 99

Tabla 2.2.1.2-6
Solventes, Determinación de Corrosión en el Cobre

Fundamentos	Objetivo y Alcance	Materiales y Reactivos	Procedimiento
<p>La norma específica la forma de como el thinner produce corrosión en el cobre.</p>	<p>Determinar la corrosión al cobre de los disolventes aromáticos y diluyentes volátiles.</p>	<p>Matraz esmerilado. Condensador de vidrio. Lámpara de cobre. Pieza de alambre delgado de cobre. Baño María Papel de lija de carbón.</p>	<p>Pulir con la lija de carbón ambos lados de la lámina antes de usarla. Asegurar el alambre por dentro del orificio, no tocar la lámina después de pulirla. Colocar la lámina dentro del matraz, agregar 200cc de la muestra, conectar el condensador al matraz. La lámina debe quedar completamente sumergida. Colocar el matraz en baño maría que hierve suavemente. Retirar la lámina a los 30 minutos, no se la debe manipular. Sujetar la lámina de prueba a un ángulo de 45° para q la luz pueda facilitar la visibilidad.</p>

Fuente: NORMA INEN 2161:99

2.3 DATOS EXPERIMENTALES

2.3.1 Diagnóstico

Para dar inicio a esta investigación se consideró 4 industrias carroceras dode el mayor problema que se presentó es la ubicación distante y la falta de colaboración por parte de los propietarios y del personal encargado de la planta de producción, por esta razón, se seleccionó a las mecánicas que presentaron mayor interés en este estudio ya que se tendrá un beneficio para estas y lo más importante es que ayudará a disminuir la contaminación del ambiente.

La mezcla de thinner-pintura es un producto residual procedente de las mecánicas automotrices, luego de ser realizada la limpieza de los equipos utilizados para la aplicación de la pintura sobre las carrocerías que son elaborados en estos talleres; este residuo es recogido en envases plásticos ubicados en un área específica dentro de la planta.

Con la realización del muestre se logró determinar, las distintas características propias del residuo para posteriormente verificar la calidad del mismo; estas se muestran a continuación

Cuadro2.3.1-1

Diagnóstico

EMPRESA CARROCERA	DIAGNÓSTICO
PATRICIO CEPEDA	<ul style="list-style-type: none"> ➤ El producto residual presentó gran cantidad de pintura, poca cantidad de residuos sólidos y de color característico a la pintura que se esté utilizando. En esta mecánica se desechan aproximadamente 24 litros quincenales, el cual, es incinerado en un área específica dentro de la misma planta, contaminando el suelo y el ambiente. Así mismo se pudo observar que los desechos sólidos no son separados adecuadamente de los desechos líquidos y no cuenta con recipientes apropiados para el almacenamiento de residuos característicos procedentes de la misma. Esta mecánica carrocera si cuenta con el equipo de protección personal correspondiente a cada área de trabajo protegiendo así la salud de los empleados.
IMPA:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ El producto residual presentó poca cantidad de pintura, no presentó residuos sólidos, la coloración característica a la pintura que se utilice y mostró pequeñas cantidades de laminillas metálicas. Esta mecánica genera desechos de acuerdo a la cantidad de trabajo que presenten, los cuales son arrojados directamente al suelo generando contaminación del mismo. La mecánica carrocera no cuenta con el equipo de protección personal adecuado debido a que esta tiene una demanda de producción pequeña y por ello la cantidad de personal es mínimo.
PICOSA:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ El producto residual presentó gran cantidad de pintura, cantidades mínimas de restos de residuos sólidos y de coloración característica a la pintura que se está utilizando. Esta mecánica desecha aproximadamente 72 litros quincenales, los cuales, son arrojados al suelo directamente produciendo una contaminación en el mismo, además desechan una gran cantidad de residuos sólidos (latas, guaipes, franelas, envases plásticos), no cuentan con un control adecuado, no existen recipientes para su almacenamiento y posteriormente su disposición final. El personal que labora en esta mecánica carrocera se encuentra con el equipo de protección personal específico para cada área.
SANABRÍA:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ El producto residual presentó poca cantidad de pintura, restos de residuos sólidos en grandes cantidades y aspecto aceitoso. Esta mecánica desecha aproximadamente 5 litros quincenales por ser pequeña y debido a que el residuo es usado constantemente dando una coloración oscura, siendo arrojada directamente al suelo produciendo contaminación en el mismo. Siendo esta una mecánica carrocera pequeña si cuenta con el equipo de protección de personal.

Fuente: ADRIANO.S/VALLE.V.,2012

2.3.2 Datos

2.3.2.1 Destilación de laboratorio

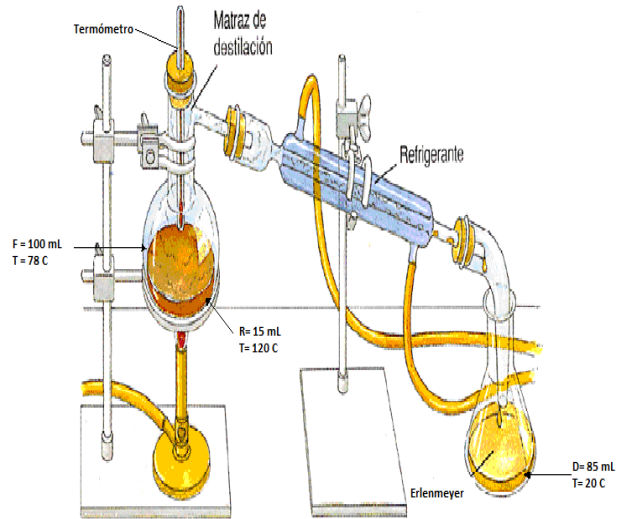


Fig. 2.3.2.1-1 Proceso de Destilación Simple

Tabla 2.3.2.1-1
Datos de Destilación Simple

Temperatura (C)	Volumen (mL)	Tiempo (min)
59	0	6
63	5	7
67	10	10
71	20	12
75	30	14
83	40	17
88	50	20
98	60	25
114	70	28
121	76	40

Fuente: ADRIANO. S / VALLE. V., 2012



Fotografía 2.3.2.1-1Proceso de Destilación Simple en el laboratorio

2.3.2.2 Densidad

Determinación de la densidad por el método del picnómetro.

Tabla 2.3.2.2-1
Datos de Densidad

MUESTRA	ALIMENTACIÓN		DESTILADO		RESIDUO	
	Peso picnómetro vacío (m₁)	Peso picnómetro + muestra (m₂)	Peso picnómetro vacío (m₁)	Peso picnómetro + muestra (m₂)	Peso picnómetro vacío (m₁)	Peso picnómetro + muestra (m₂)
Patricio Cepeda	10,7	19,6	13,1	21,7	13,1	24,3
Picosa	10,7	19,2	13,1	21,5	10,7	21
Sanabria	10,7	19,3	13,1	21,9	10,7	21,1
Impa	10,7	19	13,1	21,4	13,1	24,4

Fuente: ADRIANO.S / VALLE.V., 2012



Fotografía 2.3.2.2-1 Toma de la Densidad

2.3.2.3 Acidez

Esta prueba fue realizada de acuerdo a la NTE INEN 2152:99



Fotografía 2.3.2.3-1 Toma de la Acidez de la Alimentación

Tabla 2.3.2.3-1

Datos de Acidez

Muestra	Volumen de NaOH requerido (cm^3)	
	Destilado	Alimentación
Cepeda	5	15
Picosa	5,7	31,5
Sanabria	2,1	20
Impa	1,8	41

Fuente: ADRIANO.S / VALLE.V., 2012.

2.3.2.4 Corrosión al Cobre

Prueba realizada de acuerdo a la NTE INEN 2161:99



Fotografía 2.3.2.4-1 Prueba de la corrosión al cobre

2.4 DATOS ADICIONALES

El Thinner es una mezcla de compuestos orgánicos por lo tanto se tomaron los datos de equilibrio Tolueno- Acetona debido a que estos en su composición se encuentran en mayor proporción.

Tabla 2.4-1
Datos de Equilibrio Tolueno- Acetona

Temperatura	Líquido	Vapor	X	Y
109,43	0	0	0	0
106,9	1	6,3	0,01	0,04
101,79	3	17,6	0,02	0,12
97,45	5	26,4	0,03	0,18
88,28	10	42,5	0,07	0,32
82,94	15	54,7	0,10	0,43
78,44	20	63,5	0,14	0,52
74,95	25	69,4	0,17	0,59
72,38	30	73,8	0,21	0,64
70,38	35	77,6	0,25	0,69
68,78	40	80,6	0,30	0,72
67,19	45	83	0,34	0,75
65,67	50	85	0,39	0,78
64,39	55	86,7	0,44	0,80
63,32	60	88,3	0,49	0,83
62,24	65	89,8	0,54	0,85
60,33	70	91,3	0,60	0,87
59,5	75	92,8	0,65	0,89
58,71	80	94	0,72	0,91
57,9	85	95,1	0,78	0,92
57,16	90	96,8	0,85	0,95
56,89	95	98,4	0,92	0,97
56,62	97	99,02	0,95	0,98
56,5	99	99,72	0,98	1,00
	100	100	1,00	1,00

Fuente: PERRY.R., Manual del Ingeniero Químico.

Tabla 2.4-2
Datos adicionales para Tolueno - Acetona

Parámetros	Tolueno	Acetona	Unidades
$C_p =$	0,46	0,57	Cal/ gC
$\lambda =$	98,55	86	Cal/g
$T_b =$	110,8	56,5	C
$PM =$	92	58	g/mol
$\mu =$	0,36	0,22	cP
$\rho =$	886,9	790	Kg/m ³

Fuente: PERRY.R., Manual del Ingeniero Químico., 6^{ta} ed., México, McGraw- Hill., Pp 312, 332,319

Tabla 2.42.3.2.4-3
Datos Adicionales

Parámetro	Valor	Unidades
$k =$	1,5	Adimensional
$P =$	0,71	At
$R =$	0,08202	L*at/Kmol*K
$T =$	293	K
Distancia entre platos	0,1	M
Π	3,1416	Adimensional
$V =$	10	mL

Fuente: PERRY.R., Manual del Ingeniero Químico., 6^{ta} ed., México, McGraw- Hill.

CAPITULO III

3 DISEÑO DE LA TORRE DE DESTILACIÓN

El método más efectivo para realizar los cálculos de ingeniería es el de McCabe-Thiele, el cual, permite determinar el número de platos reales para la construcción de la torre de destilación y así alcanzar el equilibrio líquido – vapor.

3.1 CÁLCULOS

A continuación se detalla el procedimiento que se siguió para encontrar las variables que serán utilizadas en las diferentes ecuaciones que nos permitirá obtener las especificaciones requeridas tanto en la zona de agotamiento como en la zona de rectificación ya que de estas dependen el diseño y construcción del equipo.

3.1.1 Cálculo de la masa

De la Ec. 1.3.1-1 se tiene:

$$m = m_2 - m_1$$

$$m = 19,6 - 10,7$$

$$m = 8,9 \text{ g}$$

3.1.2 Cálculo de la densidad

De la Ec. 1.3.2-1 se tiene:

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

$$\rho = \frac{8,9}{10}$$

$$\rho = 0,89g/mL$$

3.1.3 Cálculo de la acidez

De la Ec. 1.3.3-1 se tiene:

$$\text{Acidez como ácido acético, masa \%} = \frac{V * N * 0,12}{\rho}$$

$$\text{Acidez como ácido acético, masa \%} = \frac{15 * 2 \times 10^{-3} * 0,12}{0,89}$$

$$\text{Acidez como ácido acético, masa \%} = 4,04 \times 10^{-3}$$

3.1.4 Construcción de la curva de equilibrio

Con los datos de equilibrio de la Tabla 2.4-1 se construye la curva de destilación, Anexo

II

3.1.5 Cálculo del Cp Medio

Tabla 2.4-2 datos de la capacidad calorífica del tolueno y acetona, a 78 C

De la Ec. 1.3.5-1 se tiene:

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

$$\bar{C}_p = (0,14 * 0,46) + (0,86 * 0,57)$$

$$\bar{C}_p = 0,55 \text{ Kcal/KgC}$$

3.1.6 Cálculo del calor latente

Tabla 2.4-2 datos del calor latente de la acetona, a 78 C.

Tabla 2.4-2 datos del calor latente del tolueno, a 25 C.

De la Ec.1.3.6-1 se tiene:

$$\bar{\lambda} = \sum X_i * Cp_i$$

$$\bar{\lambda} = (0,14 * 98,55) + (0,86 * 86)$$

$$\bar{\lambda} = 87,75 \text{ Kcal/Kg}$$

3.1.7 Cálculo del parámetro f

De la Ec. 1.3.7-1 se tiene:

$$f = -\frac{C_p(T_b - T_F)}{\lambda}$$

$$f = -\frac{0,55(110,8 - 78)}{87,75}$$

$$f = -0,20$$

3.1.8 Cálculo de la pendiente

De la Ec. 1.3.8-1 se tiene:

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

$$m = -\frac{(1 - (0,20))}{-0,20}$$

$$m = 5,82$$

Con este valor se determinará el ángulo ($\Theta = 80,25$) de la recta de alimentación con relación a la recta de equilibrio

Anexo II

3.1.9 Cálculo del RD mínimo

De la fracción de destilado se traza una recta que pase por el punto que corta la recta de alimentación de la curva de equilibrio, obteniéndose el valor de 0,57 en el eje de las abscisas.

Anexo II

De la Ec.1.3.11-1 se tiene:

$$\frac{X_D}{R_{Dmin} + 1} = 0,57$$

$$\frac{0,85}{R_{Dmin} + 1} = 0,57$$

$$R_{Dmin} = 0,49$$

Con el valor de RDmin trazar la recta de rectificación partiendo desde el punto de X_D .

Anexo III

3.1.10 Cálculo de RT

De la Ec.1.3.12-1 se tiene:

$$R_T = k * R_{Dmin}$$

$$R_T = 1,5 * 0,49$$

$$R_T = 0,73$$

3.1.11 Trazar la Curva de Agotamiento

La recta de agotamiento resulta de la unión de los puntos de X_W con la intersección de la recta de alimentación y rectificación.

Anexo III

3.1.12 Trazar el número de platos teóricos

Una vez trazadas las curvas de operación se procede a trazar los platos para así determinar el número de platos reales y el plato por el cual se realizará la alimentación

Anexo III

3.1.13 Balance de Masa

De la Ec. 1.3.16-1 se tiene:

$$F = D + W$$

$$100 = D + W$$

$$D = 100 - W \quad \text{Ec. 3.1.13-1}$$

3.1.14 Balance para de masa parcial

En este caso se realiza el balance de masa parcial para el tolueno debido a que este componente es el más volátil.

De la Ec. 1.3.16.1-1 se tiene:

$$FX_{FT} = DX_{DT} + WX_{WT}$$

Reemplazando el valor de D por la ecuación Ec. 3.1.13-1 se tiene:

$$(100)(0,14) = (100 - W)(0,85) + W(0,05)$$

$$14 = 85 - 0,85W + 0,05W$$

$$W = 88,75 \text{ mL/h}$$

Reemplazando el valor de W en la Ec. 3.1.13-1 se tiene:

$$D = 100 - 88,75$$

$$D = 11,25 \text{ mL/h}$$

3.1.15 Cálculo de la temperatura promedio de la columna

Se realizó los cálculos de la temperatura promedio con estos rangos debido a que existe similitud entre ellas.

Tabla 3.1.15-1
Datos de temperatura

x	Media	Temperatura (C)
0-5	Aritmética	103,89
10-35	Geométrica	77,65
40-70	Aritmética	64,56
75-99	Geométrica	57,60

Fuente: ADRIANO. S / VALLE. V., 2012

De la Ec. 1.3.17-1 se tiene:

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

$$\bar{T} = \frac{(103,89 + 77,65 + 64,56 + 57,60)}{4}$$

$$\bar{T} = 75,92 \text{ C}$$

3.1.16 Cálculo de la volatilidad relativa

Con la temperatura promedio de la tabla de equilibrio se tiene:

Tabla 3.1.16-1
Datos de interpolación

Temperatura (C)	X	Y
75,9272	0,16	0,57

Fuente: ADRIANO. S / VALLE. V., 2012

De la Ec. 1.3.18.1-1 se tiene:

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

$$\alpha = \frac{0,57(1-0,16)}{0,16(1-0,57)}$$

$$\alpha = 6,80$$

3.1.17 Cálculo de la fluidez

De la Ec.1.3.18.2-2 se tiene:

$$\varphi = \frac{1}{\mu_T} * x + \frac{1}{\mu_A} * y$$

$$\varphi = \frac{1}{0,36} * 0,16 + \frac{1}{0,22} * 0,57$$

$$\varphi = 3,04 \text{ rhe}$$

3.1.18 Cálculo de la viscosidad

Tabla 2.4-2 datos de la viscosidad del tolueno y acetona, a 78 C.

De la Ec.1.3.18.3-3 se tiene:

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

$$\mu = \frac{1}{3,04}$$

$$\mu = 0,32 \text{ cP}$$

$$\alpha * \mu$$

$$6,80 * 0,32 = 2,23$$

Este valor nos sirve para obtener la eficiencia en la gráfica de O CONNELL.

Anexo IX

3.1.19 Cálculo de los platos reales

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

De la Ec. 1.3.19-1 se tiene:

$$E_o = \frac{N_T}{N_R}$$

$$0,4 = \frac{5}{N_R}$$

$$N_R = 12,5$$

3.1.20 Cálculo del plato de alimentación

Anexo III, se determinan los platos teóricos y posteriormente el plato de alimentación.

$$P_{alimentacion} = \frac{P_A}{E_o}$$

$$P_{alimentacion} = \frac{2,83}{0,4}$$

$$P_{alimentacion} = 7,07$$

3.1.21 Cálculo de diámetro de la columna

3.1.21.1 Zona de Rectificación

3.1.21.1.1 Cálculo de la masa molecular media

De la Ec. 1.3.20.1.1-1 se tiene:

$$\bar{M} = PM_T * X_{DT} + PM_A * X_{DA}$$

$$\bar{M} = (92 * 0,85) + (58 * 0,15)$$

$$\bar{M} = 86,9 \text{ Kg/Kgmol}$$

3.1.21.1.2 Cálculo masa destilado

$$M_d = \rho * V$$

$$M_d = 8,5 * 10^{-4} * 11,25$$

$$M_d = 9,5 * 10^{-3} \text{ Kg/h}$$

3.1.21.1.3 Cálculo de la Masa de destilado

$$D_f = M_d * \bar{M}$$

$$D_f = 9,5 * 10^{-3} * 86,9$$

$$D_f = 0,83 \text{ Kg/h}$$

3.1.21.1.4 Cálculo del caudal de vapor

De la Ec. 1.3.20.1.2-2 se tiene:

$$V = D_f(1 + R)$$

$$V = 0,83(1 + 0,73)$$

$$V = 1,44 \text{ Kg/h}$$

3.1.21.1.5 Cálculo de la densidad de Vapor

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

$$\rho_v = \frac{86,9 * 0,71}{0,082 * 293}$$

$$\rho_v = 2,56 \text{ Kg/m}^3$$

3.1.21.1.6 Cálculo del flujo del gas

Con el valor de la distancia entre platos (0,10m) interpolamos en el diagrama de BROWN SOUDERS.

Anexo X

De la Ec.1.3.20.1.3-3 se tiene:

$$G = C[\rho_v(\rho_l - \rho_v)]^{1/2}$$

$$G = 40[2,56(886,9 - 2,56)]^{1/2}$$

$$G = 301,35 \text{ Kg/hm}^2$$

3.1.21.1.7 Cálculo de área

De la Ec.1.3.20.1.4-4 se tiene:

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

$$A = \frac{1,44}{301,35}$$

$$A = 0,0048 \text{ m}^2$$

3.1.21.1.8 Cálculo del diámetro de la columna en la zona de rectificación

De la Ec. 1.3.20.1.5-5 se tiene:

$$\phi = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}}$$

$$\phi = \sqrt{\frac{4 * 0,0048}{3,14}}$$

$$\phi = 0,078 \text{ m}$$

3.1.21.2 Zona de agotamiento

3.1.21.2.1 Cálculo de la masa molecular media

$$\bar{M} = PM_T * X_{DT} + PM_A * X_{DA}$$

$$\bar{M} = (92 * 0,95) + (58 * 0,05)$$

$$\bar{M} = 59,7 \text{ Kg/Kgmol}$$

3.1.21.2.2 Cálculo masa de alimentación

$$M_f = \rho * V$$

$$M_f = 8,6 * 10^{-4} * 100$$

$$M_f = 0,086 \text{ Kg/h}$$

3.1.21.2.3 Cálculo de la masa de la alimentación

$$F = M_f * \bar{M}$$

$$F = 0,086 * 59,7$$

$$F = 5,13 \text{ Kg/h}$$

3.1.21.2.4 Cálculo del caudal de vapor medio

De la Ec. 1.3.20.2.1-6 se tiene:

$$\bar{V} = V - f * F$$

$$\bar{V} = 1,44 - (-0,20 * 5,13)$$

$$\bar{V} = 2,50 \text{ Kg/h}$$

3.1.21.2.5 Cálculo de la densidad de Vapor

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

$$\rho_v = \frac{59,7 * 0,71}{0,082 * 293}$$

$$\rho_v = 1,76 \text{ Kg/m}^3$$

3.1.21.2.6 Cálculo del flujo de gas

Con el valor de la distancia entre platos (0,10m) interpolamos en el diagrama de BROWN SOUDERS.

De la Ec.1.3.20.1.3-3 se tiene:

$$G = C[\rho_v(\rho_l - \rho_v)]^{1/2}$$

$$G = 40[1,76(886,9 - 2,56)]^{1/2}$$

$$G = 249,89 \text{ Kg/hm}^2$$

3.1.21.2.7 Cálculo de área

De la Ec.1.3.20.1.4-4 se tiene:

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

$$A = \frac{2,50}{249,89}$$

$$A = 0,01 \text{ m}^2$$

3.1.21.2.8 Cálculo del diámetro de la columna en la zona de agotamiento

De la Ec. 1.3.20.1.5-5 se tiene:

$$\emptyset = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}}$$

$$\emptyset = \sqrt{\frac{4 * 0,01}{3,14}}$$

$$\phi = 0,11 \text{ m}$$

3.1.21.3 Cálculo del diámetro promedio

De la Ec. 1.3.20.3-7 se tiene:

$$\bar{\phi} = \frac{\phi_{rect} + \phi_{agot}}{2}$$

$$\bar{\phi} = \frac{0,078 + 0,11}{2}$$

$$\bar{\phi} = 0,095 \text{ m}$$

Factor de seguridad

$$\bar{\phi} = 0,15 \text{ m}$$

3.1.22 Cálculo de la longitud

De la Ec. 1.3.21-1 se tiene:

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

$$L = (13 - 1) 0,10 + 1,5 * 0,10 + 2 * 0,10$$

$$L = 1,5 \text{ m}$$

3.1.23 Balance de energía

3.1.23.1 Balance para el condensador

De la Ec. 1.3.22.2-1 se tiene:

$$Q_c = V * \lambda_m$$

$$Q_c = 1,44 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} (0,85 * 98,55 + 0,15 * 86) \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$$

$$Q_c = 139,82 \frac{Kcal}{h}$$

3.1.23.2 Cálculo del calor suministrado

De la Ec. 1.3.22.1-1 se tiene:

$$Q_B + H_F = Q_c + H_D + H_W$$

3.1.23.3 Cálculo de la entalpía de alimentación

$$H_F = m * \overline{Cp} * \Delta T$$

$$H_F = 0,086 \frac{Kg}{h} * 0,55 \frac{Kcal}{Kg \cdot C} * (78 - 20)C$$

$$H_F = 2,76 \frac{Kcal}{h}$$

3.1.23.4 Cálculo de la entalpía del residuo

$$H_W = m * Cp_{Ac} * \Delta T$$

$$H_W = 0,095 \frac{Kg}{hNB} * 0,57 \frac{Kcal}{Kg \cdot C} * (130 - 20)C$$

$$H_W = 6,01 \frac{Kcal}{h}$$

Reemplazando en la ecuación 1.3.22.1-1 se tiene:

$$Q_B = Q_c + H_W - H_F$$

$$Q_B = (139,82 + 6,01 - 2,76) \frac{Kcal}{h}$$

$$Q_B = 143,06 \frac{Kcal}{h}$$

3.1.24 Cálculo del rendimiento de la columna

De la Ec. 1.3.23-1 se tiene:

$$\text{Rendimiento} = \frac{V_s}{V_e} * 100\%$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{8000}{10000} * 100\%$$

$$\text{Rendimiento} = 80\%$$

3.1.25 Cálculo del calor perdido

De la Ec. 1.3.24-1 se tiene:

$$Q = \dot{m} * C_p * \Delta T$$

$$Q = 8600 \frac{\text{g}}{\text{h}} * 0,55 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} * (110 - 46)^\circ\text{C}$$

$$Q = 305251,84 \frac{\text{cal}}{\text{h}} * \frac{1\text{Kcal}}{1000\text{cal}}$$

$$Q = 305,25 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

3.1.26 Cálculo de la eficiencia del equipo

De la Ec. 1.3.25-1 se tiene:

$$\text{Eficiencia} = \frac{Q_B + Q_C}{Q} * 100\%$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{143,06 + 139,82}{305,25} * 100\%$$

$$\text{Eficiencia} = 93\%$$

3.1.27 Análisis de costos

Cuadro 3.1.27-1
Análisis de Costos

Gastos	Valor (\$)
GLP ½ tanque	1,00
Horas hombre	4,00
Agua	1,00
Aditivo	1,00
TOTAL	7,00

$$\text{Costo de thinner recuperado} = \frac{\text{Gastos (\$)}}{\text{Volúmen de producción}}$$

$$\text{Costo de thinner recuperado} = \frac{7,00 (\$)}{10 L}$$

$$\text{Costo de thinner recuperado} = 0,7 \$/L$$

El costo del thinner en el mercado es de 1,75 \$/L por lo que se tiene:

$$\text{Ganancia} = \text{Costo thinner en el mercado} - \text{Costo de thinner recuperado}$$

$$\text{Ganancia} = (1,75 - 0,7) \$/L$$

$$\text{Ganancia} = 1,05 \$/L$$

3.2 RESULTADOS

Tabla 3.2-1
Resultados-Densidad

Muestra	ALIMENTACIÓN			DESTILADO			RESIDUO		
	Peso picnómetro vacío (m ₁)	Peso picnómetro + muestra (m ₂)	Densidad (g/mL)	Peso picnómetro vacío (m ₁)	Peso picnómetro + muestra (m ₂)	Densidad (g/mL)	Peso picnómetro o vacío (m ₁)	Peso picnómetro + muestra (m ₂)	Densidad (g/mL)
Patricio Cepeda	10,7	19,6	0,89	13,1	21,7	0,85	13,1	24,3	1,12
Picosa	10,7	19,2	0,85	13,1	21,5	0,84	10,7	21	1,03
Sanabria	10,7	19,3	0,88	13,1	21,9	0,87	10,7	21,1	1,04
Impa	10,7	19	0,84	13,1	21,4	0,83	13,1	24,4	1,13

Fuente: ADRIANO.S / VALLE. V., 2012

Tabla 3.2-2
Resultados-Acidez

Muestra	Densidad (g/mL)		Volumen de NaOH requerido (mL)		Acidez (%)	
	Destilado	Alimentación	Destilado	Alimentación	Destilado	Alimentación
Patricio Cepeda	0,85	0,89	5	15	$1,41 \times 10^{-3}$	$4,01 \times 10^{-3}$
Picosa	0,84	0,85	5,7	31,5	$1,65 \times 10^{-3}$	$8,89 \times 10^{-3}$
Sanabria	0,87	0,88	2,1	20	$5,7 \times 10^{-4}$	$5,54 \times 10^{-3}$
Impa	0,83	0,84	1,8	41	$5,20 \times 10^{-4}$	$1,17 \times 10^{-2}$

Fuente: ADRIANO.S / VALLE. V., 2012

Tabla 3.2-3
Resultados-Corrosión

Muestra	Destilado			Alimentación		
	Calificación	Descripción	Designación	Calificación	Descripción	Designación
Patricio Cepeda	2 A	Rojo claro	Moderadamente Manchada	1 A	Anaranjado claro	Ligeramente manchado
Picosa	1 A	Anaranjado claro	Ligeramente manchado	1 A	Anaranjado claro	Ligeramente manchado
Sanabria	2 A	Rojo claro	Moderadamente Manchada	3 C	Colores múltiples con rojo y verde pero sin gris	Marcadamente manchada
Impa	1 A	Anaranjado claro	Ligeramente manchado	1 A	Anaranjado claro	Ligeramente manchado

Fuente: ADRIANO.S / VALLE. V., 2012

Tabla 3.2-4
Datos para el Dimensionamiento del Equipo

Parámetro	Cantidad	Unidades
Flujo de alimentación (F)	5,13	Kg/h
Flujo del destilado (D)	0,83	Kg/h
Flujo del residuo (W)	0,095	Kg/h
Fracción alimentación (XF)	0,14	
Fracción destilado (XD)	0,85	
Fracción residuo (XW)	0,05	
Diámetro de la columna (\emptyset)	0,15	M
Longitud de la columna (z)	1,5	M
Distancia entre platos	0,01	M
Número de platos	13	
Plato de alimentación	7	
Temperatura promedio de la columna (T)	76	C
Fluidez (φ)	3,05	rhe
Viscosidad (μ)	0,32	cP
Densidad del thinner residual (ρ)	0,86	g/mL
Zona de agotamiento		
Área (A)	0,01	m ²
Flujo del gas (G)	249,89	Kg/hm ²
Volumen (V)	2,51	Kg/h
Zona de rectificación		
Área (A)	0,04	m ²
Flujo del gas (G)	301,35	Kg/hm ²
Volumen (V)	1,44	Kg/h

Fuente: ADRIANO. S y VALLE. V., 2012

3.3 PROPUESTA

Luego de haber realizado los cálculos de ingeniería que permitió conocer las variables técnicas necesarias para el dimensionamiento del equipo se propuso construir la columna de destilación, tanque de alimentación y tuberías con materiales de calidad como lo es el acero inoxidable ya que este es un material que no está propenso a la corrosión, con el fin de alargar la vida útil del equipo. Además cuenta con un deflector, dos condensadores y un quemador de GLP.

Tabla 3.3-1
Datos para el dimensionamiento

Parámetro	Cantidad	Unidades
Flujo de alimentación (F)	5,13	Kg/h
Flujo del destilado (D)	0,83	Kg/h
Flujo del residuo (W)	0,095	Kg/h
Fración alimentación (XF)	0,14	
Fración destilado (XD)	0,85	
Fración residuo (XW)	0,05	
Diámetro de la columna (Ø)	0,15	m
Longitud de la columna (z)	1,5	m
Distancia entre platos	0,01	m
Número de platos	13	
Plato de alimentación	7	
Temperatura promedio de la columna (T)	76	C
Fluidez (ρ)	3,05	cP
Viscosidad (μ)	0,32	cP
Densidad del thinner residual (ρ)	0,86	g/mL
Zona de agotamiento		
Area (A)	0,01	m ²
Flujo del gas (G)	249,89	Kg/hm ²
Volumen (V)	2,51	Kg/h
Zona de rectificación		
Area (A)	0,04	m ²
Flujo del gas (G)	301,35	Kg/hm ²
Volumen (V)	1,44	Kg/h

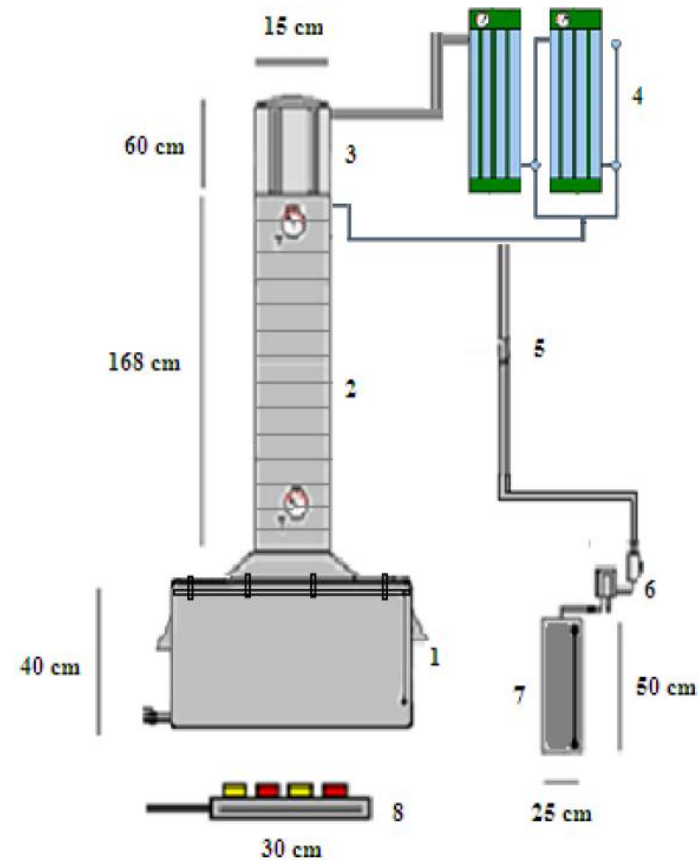


Fig. 3.3-1 Diseño de la Torre de Destilación para la purificación del Thinner Residual

Cuadro 3.3-1
Partes de la torre de destilación

N°	Contenido
1	Tanque de alimentación
2	Columna de destilación
3	Deflemador
4	Condensador
5	Tubería de acero inoxidable
6	Medidor de densidad
7	Tanque del destilado
8	Quemador de GLP

3.3.1 Tanque de alimentación.

Depósito diseñado para almacenar o procesar fluidos a presión atmosférica, de acero inoxidable con capacidad de 100 litros. Además consta de bridas alrededor de la misma ya que son accesorios para acoplamiento de tuberías, que facilita el armado y desarmado de las mismas; debido a que se tiene una mezcla de thinner-pintura que al ser sometida al calor se tendrá un residuo de difícil remoción, ayudando a tener un mejor acceso para el proceso de limpieza y este está acoplado a una estructura metálica individual facilitando el desmontaje con la columna de destilación.

En este dispositivo se colocó una válvula en la parte superior del mismo para que cuando se termine el proceso de destilado se abra debido a que se almacenan gases incondensables.

3.3.2 Columna de Destilación.

Es una unidad compuesta de un conjunto de etapas de equilibrio con un solo alimento y dos productos denominados destilado y fondo. Incluye, por tanto, una etapa de equilibrio con alimentación que separa dos secciones de etapas de equilibrio, denominadas rectificación y agotamiento, tiene una altura de 150 cm y con un diámetro de 20 cm para facilitar la construcción de la misma.

Consta de 14 platos con una distancia entre ellos de 15 cm lo que permite obtener un producto de calidad y una destilación más limpia construidos mediante un sistema de túneles de campana mismos que tienen la función de generar un equilibrio entre las fases líquido-vapor. En esta encontraremos un dispositivo para medir la temperatura lo que permitirá controlar la misma.

3.3.3 Deflemador.

Este dispositivo está ubicado en la cabeza de la columna con una altura de 50 cm funciona como una trampa de gases, ayuda a que el vapor se condense y descienda nuevamente en forma de líquido por la columna hasta que se alcance el equilibrio entre las fases y el proceso de destilación siga su curso.

En este dispositivo se colocó un termómetro el cual permitirá controlar la temperatura del agua dentro del mismo.

3.3.4 Condensador.

Es un intercambiador de calor que convierte el vapor de su estado gaseoso a su estado líquido, eliminando el calor latente para lograr la condensación del mismo; también conocido como fase de transición.

El equipo consta de dos condensadores con el objetivo de que los vapores incondensables que se encuentran en el primer dispositivo pasen al segundo terminando así el proceso de condensación.

3.3.5 Tubería de acero inoxidable.

Son materiales de construcción indispensables para una amplia variedad de productos incluyendo productos de petróleo y químicos. Se optó por este material debido las características que estos presentan como su resistencia al calor y la corrosión, a los ataques químicos y por su peso ligero.

Además se requiere de otros accesorios como codos, uniones y válvulas que facilitan la construcción de la línea de transporte del líquido. El diámetro de la tubería es de ½ pulgada.

3.3.6 Medidor de densidad.

Este dispositivo ayudará a tener un control permanente de la densidad permitiendo así la verificación del proceso de destilación desde los productos más volátiles hasta los menos volátiles para poder dar por terminado esta operación.

3.3.7 Tanque de Destilado.

De acero inoxidable con capacidad de 100 litros; en el cual se receptorá el producto final de la operación de destilación, en la base del mismo se colocó una válvula para facilitar la descarga del destilado.

3.3.8 Quemador de GLP

Es un dispositivo usado en conjunto con columnas de destilación, con el objeto de vaporizar una determinada fracción o parte de los productos del fondo.

Este quemador funcionará con GLP para la reducción de réditos económicos, de fácil manipulación lo cual permitirá suministrar la cantidad de calor requerida de acuerdo al tipo y a la cantidad de alimentación.

3.3.9 Tubería de PVC

Fueron utilizadas para la línea de conducción de agua requerida para los condensadores y deflemador es de ½ pulgada; además consta de codos y uniones.

3.4 MONTAJE DEL EQUIPO DE DESTILACIÓN

- Se debe tomar en consideración que el armazón del equipo está ligado tanto al tanque de alimentación de la mezcla de thinner residual como a los condensadores y a su vez al tanque de destilado.
- El primer paso a seguir consiste en colocar la columna de destilación que fue construida mediante platos con un sistema de túneles de campana, la cual se encuentra unida al deflemador en la parte superior de la misma asegurándolas con pernos y tornillos a la estructura metálica.
- Luego se colocan los condensadores uno seguido del otro sujetando y asegurando con pernos y tornillos a la estructura metálica.

- Posteriormente se coloca en la parte inferior de la columna el tanque de destilado que a su vez debe estar bien sujetado.
- La tubería de PVC para la conducción de agua que ingresa a los condensadores y al deflemador que se encarga del proceso de enfriamiento están conectadas mediante universales y codos de acuerdo a la distribución.
- Para la conducción del producto se utilizó tubería de acero inoxidable soldada con sus respectivos accesorios, los cuales permiten conectar el deflemador, los condensadores y el tanque de destilado.
- Se coloca el tanque de alimentación en la parte inferior de la columna sujetándolos mediante pernos y tornillos.
- Los dos termómetros se colocan en la deflemador y en el primer plato de la columna de destilación.
- Finalmente se coloca en la parte inferior del tanque de alimentación el quemador.

3.5 MANEJO Y OPERACIÓN DEL EQUIPO DE DESTILACIÓN

- Una vez realizado el ensamblaje de la columna el primer paso es colocar la mezcla de thinner residual en el tanque de alimentación por la válvula de bola que se encuentra en la parte superior de la misma mediante un embudo, una vez realizada la alimentación esta válvula debe ser cerrada.
- Se conecta una manguera de ½ pulgada a la tubería de PVC por la cual ingresa el agua de enfriamiento a los condensadores; de igual forma a la tubería por la cual sale el agua del deflemador.
- El quemador debe estar conectado a un tanque de GLP.

- Se procede a abrir la válvula del quemador y regular la intensidad de la llama para dar por iniciado el proceso de destilación.
- Mientras se va produciendo un aumento de temperatura de la mezcla de thinner residual se debe controlar los respectivos termómetros.
- Cuando la temperatura en el termómetro del deflemador es similar a la temperatura del termómetro del primer plato de la columna esto es a los 66 C los vapores empiezan a condensarse.
- Con el inicio del proceso de condensación el tanque de destilado empieza a recolectar el producto deseado.
- Finalmente el producto recolectado se traslada a una probeta por medio de una válvula de bola que está colocada en la parte inferior del tanque de destilado para medir la cantidad de producto obtenido.
- Luego de terminada la destilación se apaga el quemador y se cierra la válvula del flujo de agua de enfriamiento.
- Cuando el termómetro del primer plato de la columna marque una temperatura de aproximadamente 50 C se procede a abrir la válvula de bola del tanque de alimentación.

3.6 MANTENIMIENTO

- Una vez finalizado el proceso de destilación se desmonta el tanque de alimentación.
- Luego se procede a retirar el residuo del tanque de alimentación.
- Lavar bien el tanque de alimentación evitando tener restos de residuos sólidos ya que para una próxima destilación estos se pueden quemar y ahí van a ser de difícil remoción.

3.7 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La muestra de thinner-pintura que se analizó en el laboratorio, logró recuperar thinner en un 85%, el cual, al ser sometido a los procedimientos de las NTE INEN 2152:99 (Determinación acidez), NTE INEN 2161:99 (Corrosión a la lámina de cobre) y al compararlo con los requisitos y especificaciones de la NTE INEN 2163:99, se determinó que el producto obtenido cumple con lo establecido en dicha Norma; lo que, en una mecánica automotriz y/o carrocera representa la disminución de costos de producción y la reducción de la contaminación en el agua, aire y suelo debido a que estas mecánicas lo han venido desechando sin ninguna precaución.

Mediante el diagnóstico realizado a las muestras de las distintas carrocerías (PATRICIO CEPEDA, IMPA, PICOSA, SANABRÍA) obteniendo un thinner de mayor pureza, es el de la mecánica automotriz IMPA, debido a que el residuo no es reutilizado continuamente, lo que hace, que este solvente no pierda sus propias características tanto físicas como químicas, lo que, no sucede con la mecánica automotriz SANABRÍA ya que el residuo desechado contiene impurezas que causan el cambio del solvente en su estado natural observado durante el proceso de destilación.

Con el proceso de destilación simple se determinó las variables de proceso para el dimensionamiento del equipo, dichos valores fueron adaptados para la construcción del mismo, debido a que los valores obtenidos experimentalmente fueron de dimensiones pequeñas, por lo que, para mayor facilidad de construcción se tomaron los datos expuestos en la propuesta con la finalidad de facilitar la construcción, limpieza y desmontaje del equipo de destilación.

Con la validación del equipo se logró obtener thinner en un 80%, 15% corresponde al residuo y el 5% restante serán solventes que no logran condensarse debido a que la alimentación no es únicamente mezcla de thinner-pintura sino contiene trazas de otros componentes propios de la mecánica automotriz; en cambio con el proceso de destilación simple realizado en el laboratorio se recuperó un 75 % de solvente y el 22 % constituye a las pérdidas por materiales. El porcentaje menor que se obtuvo a nivel de laboratorio depende del calor suministrado al balón y a las fugas que en este se presentan lo que no sucedió en el equipo ya que este fue construido con los materiales y especificaciones adecuadas al solvente a obtener.

El equipo de destilación se construyó con la finalidad de que los estudiantes tengan un mejor conocimiento del proceso de destilación como Operación Unitaria, ya que el estudio de esto contribuirá al desarrollo intelectual y al desempeño profesional en el ámbito social y laboral.

CAPITULO IV

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

Una vez terminado este proyecto de investigación se concluye lo siguiente:

- ✓ Mediante investigaciones se determinó que la ciudad de Ambato cuenta con aproximadamente 20 industrias carroceras, para lo que se tomó como objeto de estudio aquellas industrias que presentaron mayor interés en la reducción de Impactos Ambientales
- ✓ De acuerdo al diagnóstico realizado al 20% de la Población total de las mecánicas automotrices de la ciudad de Ambato (IMPA, PICOSA, CEPEDA y SANABRIA) se determinó que de IMPA se obtuvo un mayor porcentaje de solvente recuperado correspondiente al 78%.
- ✓ Las variables óptimas determinadas para la realización de este proyecto fueron: la temperatura a la cual empieza el proceso de destilación a 66C y termina en 135C.
- ✓ La presión atmosférica en la Ciudad de Riobamba de 0,71at, el volumen de destilado 8000mL con relación a una alimentación de 10000mL.
- ✓ La densidad del destilado de 0,85g/mL y tiempo de operación es de aproximadamente 2h, esto va a depender de la cantidad de materia prima de alimentación (thinner-pintura).

- ✓ Mediante los cálculos de ingeniería efectuados se logró determinar: la altura de la columna de 150cm, el diámetro de la misma de 15cm, el número de platos es de 13, la capacidad del tanque de alimentación y destilado de 5L, la alimentación se da por el plato 7 y la distancia entre platos de 10cm; sabiendo que la obtención de estos valores se realizaron en base a cálculos con datos obtenidos en pruebas de laboratorio a escala facilitando así la puesta en marcha y la construcción del equipo.
- ✓ El rendimiento del solvente recuperado es del 80%.
- ✓ Con la validación del equipo se alcanzó una eficiencia del 93%.

4.2 RECOMENDACIONES

- Es recomendable que estas pequeñas y medianas industrias carroceras por medio de las personas encargadas de las mismas, realicen capacitaciones al personal sobre temas relacionados al manejo de desechos peligrosos y además de la manera en que estos sean separados de acuerdo su composición y estado.
- Las mecánicas automotrices deberían contar con Licencias Ambientales las cuales exijan un manejo adecuado de los residuos tanto líquidos como sólidos que estos desechan diariamente para de esta manera reducir el impacto que estos provocan
- Es importante que al momento de la utilización del equipo de destilación se tenga conocimiento previo del manejo y funcionamiento del mismo, caso contrario se puede deteriorar y provocar un accidente peligroso debido a que el componente a utilizar es un material volátil.
- Se recomienda que una vez terminada cada práctica de laboratorio se realice la limpieza correspondiente del equipo con un solvente, ya que como está compuesta la muestra de pintura esta al momento de la destilación se seca de forma inmediata quedando residuos de la misma que puede obstaculizar el flujo del gas y del líquido.
- Los estudiantes que realicen esta práctica de laboratorio deben utilizar el equipo de protección personal (mandil, mascarilla y guantes) para evitar alguna enfermedad en las vías respiratorias y lesiones adversas en la piel.
- La ubicación del equipo en el laboratorio de Operaciones Unitarias debe ser a una distancia prudente del tanque de GLP ya que como este al contacto con el

fuego y el producto de destilación puede haber un percance por lo que también debe contar con una ventilación adecuada.

- La válvula que se encuentra en el tanque de alimentación cada vez que finalice el proceso de destilación debe ser abierta para la salida de los gases que se almacenan dentro de la misma y así evitar una posible explosión.

BIBLIOGRAFÍA

1. **GEANKOPLIS.C.**, Procesos de transporte y Operaciones Unitarias.,
trad.EROLESA.A., México D.F.-México., Continental S.A., 1991.,
Pp.580
2. **OCÓN.J y TOJO.G.**,Problemas de Ingeniería Química., trad. CUERDA.
A., 3ª ed., Madrid- España., Agilar S.A., 1980., Pp. 283-309-311-
320-326.
3. **PERRY.R y otros.**, Manual del Ingeniero Químico., 6ª ed., México D.F.-
México., McGraw-Hill., 2006., Pp1306, 1330-1333
4. **SMITH.J y otros.**, Operaciones Unitarias en Ingeniería Química.,
trad.LANTO.M., 6ª ed., México D.F.-México., McGraw-Hill., 2002.,
Pp. 703-712-713.
5. **ECUADOR, INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN
(INEN)**.,Solventes- Determinación de la Acidez., Quito-Ecuador.,
2152., 1999., Pp. 1-2
6. **ECUADOR, INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN**

(INEN), Determinación de la Corrosión al Cobre., Quito-Ecuador.,
2161., 1999., Pp.1-2

7. ECUADOR, INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

(INEN), Solventes, Adelgazadores (Thinner) Requisitos., Quito-
Ecuador., 2163., 1999., Pp. 1-2

8. ANTECEDENTES

[http://usuarios.multimania.es/kkimic/operaciones%20de%20separacion/
Historia%20de%20la%20destilacion.pdf](http://usuarios.multimania.es/kkimic/operaciones%20de%20separacion/Historia%20de%20la%20destilacion.pdf)

2012/06/06

9. APLICACIONES DE LA DESTILACIÓN

<http://www.gea-niro.com.mx/lo-que-suministros/destilacion.asp>

2012/06/05

10. BALANCE DE MASA

<http://es.scribd.com/doc/50570534/24/BALANCE-DE-MASA>

2012/01/07

11. CALOR LATENTE

http://es.wikipedia.org/wiki/Capacidad_calor%C3%ADfica

2012/01/07

12. CARROCERÍAS DE AMBATO

<http://www.tuugo.ec/Companies/carrocerias-ambato/12600032331>

2012/06/05

13. CARROCERÍA

http://www.elchapista.com/carrocerias_historia.html

2012/05/31

14. COLUMNA DE PLATOS

http://es.wikipedia.org/wiki/Columnas_de_platos

2011/12/23

15. CORROSIÓN AL COBRE

<https://www.codelcoeduca.cl/cobre/propiedades/t-corrosion.html>

2012/06/07

16. DESTILACIÓN

<http://es.wikipedia.org/wiki/Destilaci%C3%B3n>

2011/12/23

17. HISTORIA DE LA DESTILACIÓN

http://www.copper-alembic.com/distillation_history.php?lang=es

2011/12/23

18. HOJA DE SEGURIDAD DEL THINNER

<http://www.arspsura.com/cistema/hojas/thinner.pdf>

2011/12/23

19. PINTURAS

<http://www.lapipadelindio.com/bricolaje/tipos-de-pintura-usos>

2012/05/31

20. PINTURA AUTOMOTRIZ

http://es.wikipedia.org/wiki/Pintura_automotriz

2012/0/31

21. SOLVENTES

<http://www.estrucplan.com.ar/producciones/entrega.asp?identrega=185>

7

2012/05/30

22. THINNER

<http://es.wikipedia.org/wiki/Thinner>

2011/12/23.

23. TIPOS DE PLATOS

http://es.wikipedia.org/wiki/Columnas_de_platos

2012/05/31

24. TIPOS DE THINNER

<http://www.pinturasalmo.com/productos.php?marca=Celcolor&cat=Thinners%20y%20solventes%20puros>

2012/05/31

ANEXOS

ANEXO I SOLVENTES, ADELGAZADORES (THINNER), REQUISITOS



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2 163:99

SOLVENTES. ADELGAZADORES (THINNER). REQUISITOS.

Primera Edición

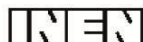
SOLVENTS. THINNER. SPECIFICATIONS.

First Edition

DESCRIPTORES: Adesivos, pinturas, lacas, esmaltes, thinner, requisitos.
QU 04.04-402
CDU: 667.629
CIIU: 3511
ICS: 87.060.30

NOTAS	CATEGORÍAS DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	SOLVENTES, ADELGAZADORES (TINNER) REQUISITOS		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
	<ul style="list-style-type: none">○ Certificado● Por Aprobar○ Aprobado○ Para información○ Por calificar	Sandra Isabel Adriano Yubailli Verónica Patricia Valle Freire	I A	Normal	2012/06/20

CDU: 667.629
ICS: 87.060.30



CIU: 3511
QU 04.04-402

Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria	SOLVENTES. ADELGAZADORES (THINNER). REQUISITOS.	NTE INEN 2 163:99 1999-09
--	--	--

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Casilla 17-01-3999 - Baquerizo 454 y Ave. 6 de Diciembre - Quito-Ecuador - Prohibida la reproducción

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos que deben cumplir los adelgazadores (THINNER) empleados para disolver, diluir o adelgazar pinturas o productos afines.

2. DEFINICIONES

2.1 **Adelgazador (Thinner).** Es un líquido homogéneo, volátil, transparente, formado por una mezcla balanceada de disolventes, diluyentes y cosolventes, de tal forma que sea capaz de llevar la viscosidad original de los productos a la viscosidad de aplicación recomendada por el fabricante, y que permita aplicarlos sin afectar la funcionalidad de los mismos.

2.2 **Cosolvente.** Es un líquido orgánico, generalmente un alcohol, que, en combinación con un solvente activo, ayuda a disolver la resina.

2.3 **Solvente activo (Disolvente).** Es un líquido generalmente volátil, que se usa en la fabricación de la pintura para disolver o dispersar los constituyentes formadores de la película; se evapora durante el secado, de modo que no viene a ser parte de la película seca. Los solventes se usan para controlar la consistencia y carácter del acabado, y para regular las propiedades de aplicación.

2.4 **Solvente latente o diluyente.** Es un líquido volátil que, no siendo un disolvente para los constituyentes no volátiles de un barniz o laca, puede todavía usarse, hasta cierta proporción, en unión con el verdadero disolvente, sin causar precipitación.

3. DISPOSICIONES GENERALES

3.1 Los adelgazadores (THINNER) deben ser líquidos transparentes, estar libres de partículas en suspensión y no deben presentar sedimentos ni separación de componentes.

3.2 Deben disolver completamente la pintura o producto afín para la cual se recomienda. No deben presentar incompatibilidad de ninguna especie cuando se mezclen con las pinturas o productos afines en las proporciones indicadas por el fabricante o las acordadas entre las partes.

4. REQUISITOS

4.1 Requisitos específicos

4.1.1 Los adelgazadores (THINNER) deben cumplir con los requisitos establecidos en la tabla 1.

TABLA 1. Requisitos de los adelgazadores (THINNER)

REQUISITOS	UNIDAD	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉTODO DE ENSAYO
Acidez libre, expresada como ácido acético	% (m/m)	-	0,02	NTE INEN 2 152
Contenido de humedad	% (m/m)	-	2,7	NTE INEN 2 154
Color	APHA (Escala Platino-Cobalto)	-	5	NTE INEN 2 155

(Continúa)

DESCRIPTORES: Adelgazadores, solventes, pinturas, laca, esmaltes, thinner, requisitos.

NOTAS	CATEGORÍAS DEL DIAGRAMA	<ul style="list-style-type: none"> ○ Certificado ● Por Aprobar ○ Aprobado ○ Para información ○ Por calificar 	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Sandra Isabel Adriano Yubaili Verónica Patricia Valle Freire	SOLVENTES, ADELGAZADORES (TINNER) REQUISITOS		
				LÁMINA	ESCALA	FECHA
				2A	Normal	2012/06/20

4.1.2 Corrosión al cobre. Cuando el Thinner se ensaye de acuerdo a la NTE INEN 2 161, la tira no debe presentar iridiscencia o decoloración, ni un depósito gris o negro.

4.1.3 Olor. No deben tener olor residual sobre papel de filtro, después de 2 horas de secado al aire.

4.1.4 En la elaboración de los adelgazadores (THINNER) no deben emplearse benceno (benzol), metanol ni compuestos clorados.

4.1.4.1 Sólo se permitirán las siguientes cantidades provenientes de las impurezas de las materias primas.

REQUISITOS	UNIDAD	MÍNIMO	MÁXIMO
Benceno (benzol)	% (m/m)	-	1
Metanol	% (m/m)	-	1
Compuestos clorados	% (m/m)	-	0,05

4.1.4.2 Mientras se elaboren las NTE INEN para la determinación de benzol, metanol y compuestos clorados, se recomienda efectuarlas por Cromatografía.

5. INSPECCIÓN

5.1 Muestreo

5.1.1 El muestreo debe realizarse de acuerdo a la NTE INEN 999

5.2 Aceptación o rechazo

5.2.1 En la muestra extraída se efectuarán los ensayos indicados en el numeral 4 de esta norma.

5.2.2 Si la muestra ensayada no cumple con uno o más de los requisitos establecidos en el numeral 4 de esta norma, se extraerá una segunda muestra y se repetirán los ensayos.

5.2.3 Si la segunda muestra no cumpliera con uno de los requisitos establecidos, se rechazará el lote correspondiente.

6. ENVASADO Y EMBALADO

6.1 Los adelgazadores (THINNER) deben envasarse en recipientes de material adecuado e inerte a la acción del producto y que permitan conservar su calidad y su manejo hasta el destino final.

7. ETIQUETADO

7.1 El envase debe presentar una etiqueta perfectamente legible e indeleble que incluya la siguiente información:

- a) razón social del fabricante y marca comercial,
- b) denominación del producto, "Thinner",
- c) contenido neto en centímetros cúbicos o litros,
- d) identificación del lote de producción,
- e) nombre y dirección del fabricante,
- f) NTE INEN de referencia,

(Continúa)

NOTAS	CATEGORÍAS DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	SOLVENTES, ADELGAZADORES (TINNER) REQUISITOS		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
	<ul style="list-style-type: none"> ○ Certificado ● Por Aprobar ○ Aprobado ○ Para información ○ Por calificar 	Sandra Isabel Adriano Yubailli Verónica Patricia Valle Freire	3 A	Normal	2012/06/20

NTE INEN 2 163

1999-09

- g) la leyenda "Industria Ecuatoriana",
- h) precauciones o toxicidad del producto,
- i) las demás especificaciones exigidas por ley.

7.2 La etiqueta no debe presentar leyendas de significado ambiguo ni descripción de características del producto que no puedan comprobarse debidamente.

7.3 La comercialización de este producto cumplirá con lo dispuesto en las Regulaciones y Resoluciones dictadas con sujeción a la Ley de Pesas y Medidas.

(Continúa)

NOTAS	CATEGORÍAS DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Sandra Isabel Adriano Yubailli Verónica Patricia Valle Freire	SOLVENTES, ADELGAZADORES (TINNER) REQUISITOS		
	<ul style="list-style-type: none">○ Certificado● Por Aprobar○ Aprobado○ Para información○ Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			4 A	Normal	2012/06/20

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

- | | |
|---|--|
| Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 999:1983 | Pinturas y barnices. Muestreo. |
| Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 152:1997 | Solventes. Determinación de la acidez. |
| Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 154:1997 | Solventes. Determinación de la humedad. |
| Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 155:1997 | Solventes. Determinación del color en escala APHA. |
| Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 161:1997 | Solventes. Determinación de la corrosión al cobre. |

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma venezolana COVENIN 3114 *Adelgazadores (THINNERS) para productos nitrocelulósicos*. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Caracas, 1994.

Norma colombiana ICONTEC 1102 *Pinturas y productos afines. Adelgazadores (THINNER)* Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Bogotá, 1985.

Norma argentina IRAM 1095 *Disolventes para lacas de nitrocelulosa*. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. Buenos Aires, 1982.

NOTAS	CATEGORÍAS DEL DIAGRAMA <ul style="list-style-type: none"> ○ Certificado ● Por Aprobar ○ Aprobado ○ Para información ○ Por calificar 	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Sandra Isabel Adriano Yubailli Verónica Patricia Valle Freire	SOLVENTES, ADELGAZADORES (TINNER) REQUISITOS		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
			5 A	Normal	2012/06/20

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 2 163	TÍTULO: SOLVENTES. ADELGAZADORES (THINNER). REQUISITOS.	Código: QU 04.04-402
ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 1994-03-11	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo Oficialización por Acuerdo No. de publicado en el Registro Oficial No. de Fecha de iniciación del estudio:	
Fechas de consulta pública: de		a

Subcomité Técnico: **SOLVENTES**
 Fecha de iniciación: 1996-11-21
 Integrantes del Subcomité Técnico:

Fecha de aprobación: 1997-04-10

NOMBRES:

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Ing. Edison Bohórquez (Presidente)
 Ing. Milton Avilés
 Dr. Byron Cajas
 Dr. Fabián Orellana
 Ing. Xavier Villacís
 Ing. Juan Jaramillo
 Ing. Samuel Sánchez
 Ing. Hugo Salazar
 Ing. Héctor Benítez
 Quím. Ind. Juan Méndez
 Ing. Walter Rothembach
 Ing. Jorge Dávila
 Ing. Erick Albornoz
 Sr. Gustavo Argoti
 Ing. Jimmy Orellana
 Ing. Eduardo Benalcázar
 Ing. César Alvarado

 Ing. Ivan Acevedo

 Ing. César Jara (Secretario Técnico)

PINTURAS CÓNDOR
 MICIP
 PINTURAS CÓNDOR
 PINTURAS CÓNDOR
 PINTURAS UNIDAS
 PINTURAS UNIDAS
 PINTURAS UNIDAS
 PINTUQUIMICA
 PINTURAS WESCO
 PINTURAS SHERWIN WILLIAMS
 PINTURAS SUPERIOR
 PROQUIMSA
 CODA
 CEPSA
 INDUALCA
 INDUSTRIAS QUÍMICAS ALFA
 SOLVINI
 UNIVERSIDAD CENTRAL - INGENIERÍA
 QUÍMICA
 DIRECCIÓN NACIONAL DE
 HIDROCARBUROS
 INEN

Otros trámites:

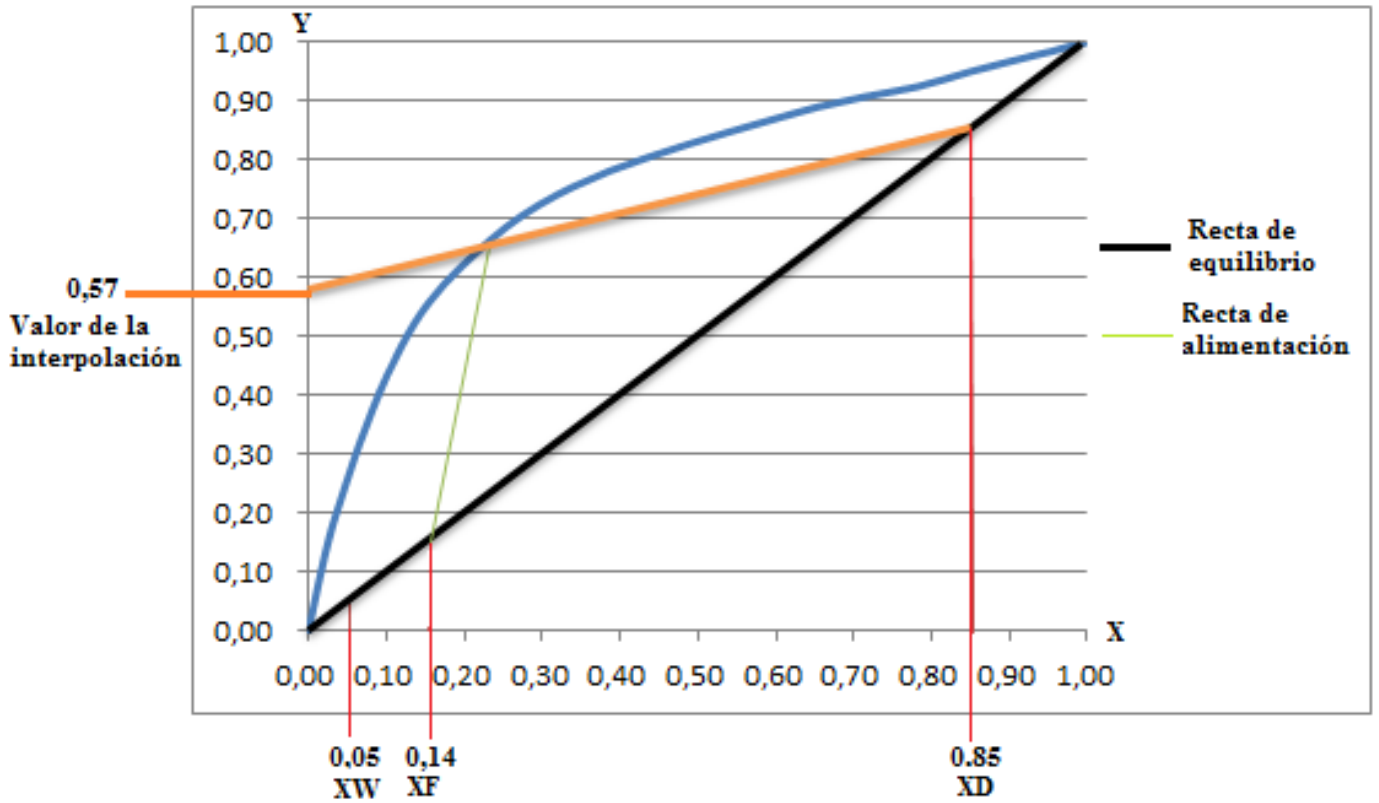
CARÁCTER: Se recomienda su aprobación como: OBLIGATORIA

Aprobación por Consejo Directivo en sesión de
 1999-06-04 como: Obligatoria

Oficializada como: Obligatoria
 Por Acuerdo Ministerial No. 990308 de 1999-09-01
 Registro Oficial No. 277 de 1999-09-15

NOTAS	CATEGORÍAS DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	SOLVENTES, ADELGAZADORES (TINNER) REQUISITOS		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
	<ul style="list-style-type: none"> ○ Certificado ● Por Aprobar ○ Aprobado ○ Para información ○ Por calificar 	Sandra Isabel Adriano Yubaili Verónica Patricia Valle Freire	6 A	Normal	2012/06/20

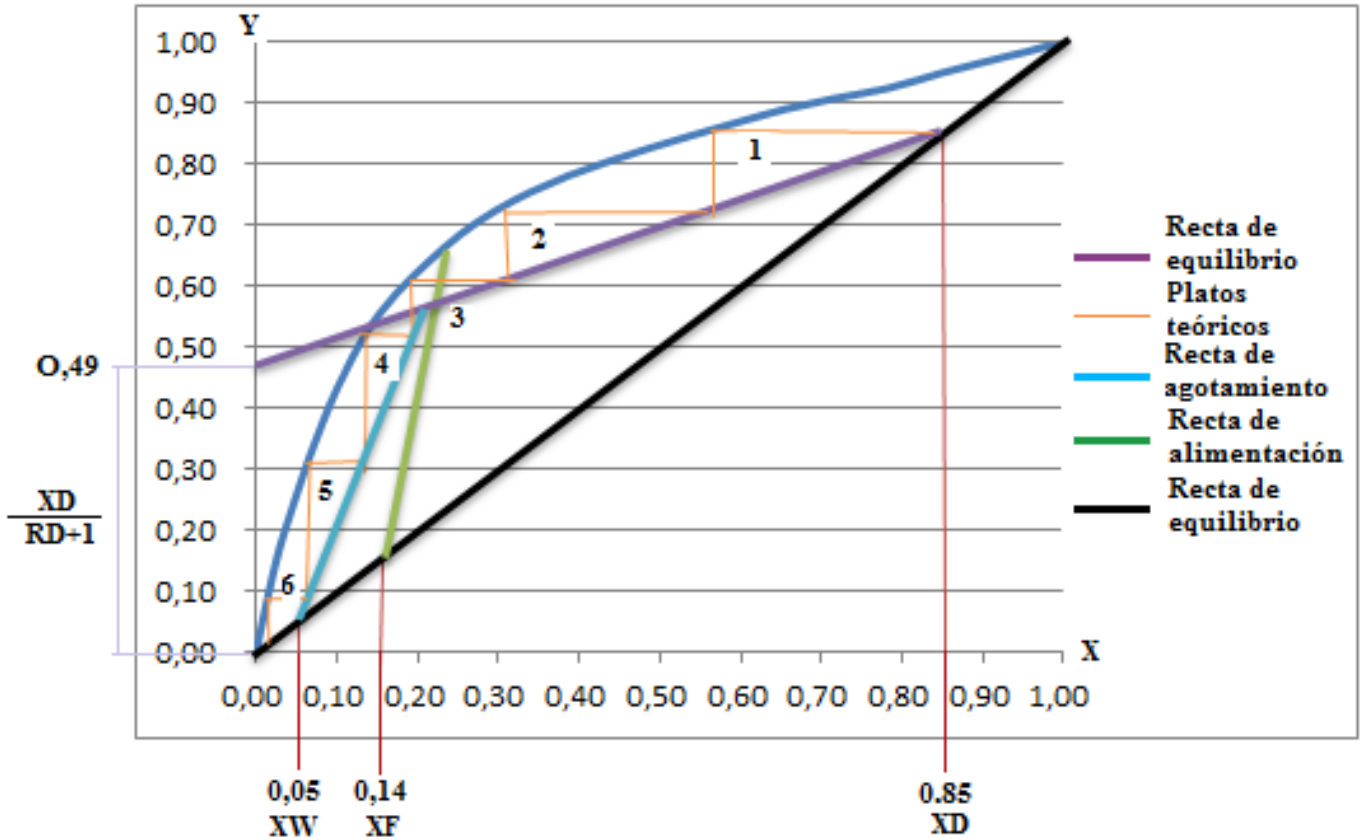
ANEXO II CONSTRUCCIÓN DE LA CURVA DE EQUILIBRIO TOLUENO- ACETONA



NOTAS	CATEGORÍAS DEL DIAGRAMA <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Certificado <input checked="" type="radio"/> Por Aprobar <input type="radio"/> Aprobado <input type="radio"/> Para información <input type="radio"/> Por calificar 	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Sandra Isabel Adriano Yubailli Verónica Patricia Valle Freire	CURVA DE EQUILIBRIO TOLUENO - ACETONA <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">LÁMINA</td> <td style="width: 33%;">ESCALA</td> <td style="width: 33%;">FECHA</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">7 B</td> <td style="text-align: center;">Normal</td> <td style="text-align: center;">2012/06/20</td> </tr> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	7 B	Normal	2012/06/20
LÁMINA	ESCALA	FECHA							
7 B	Normal	2012/06/20							

ANEXO III

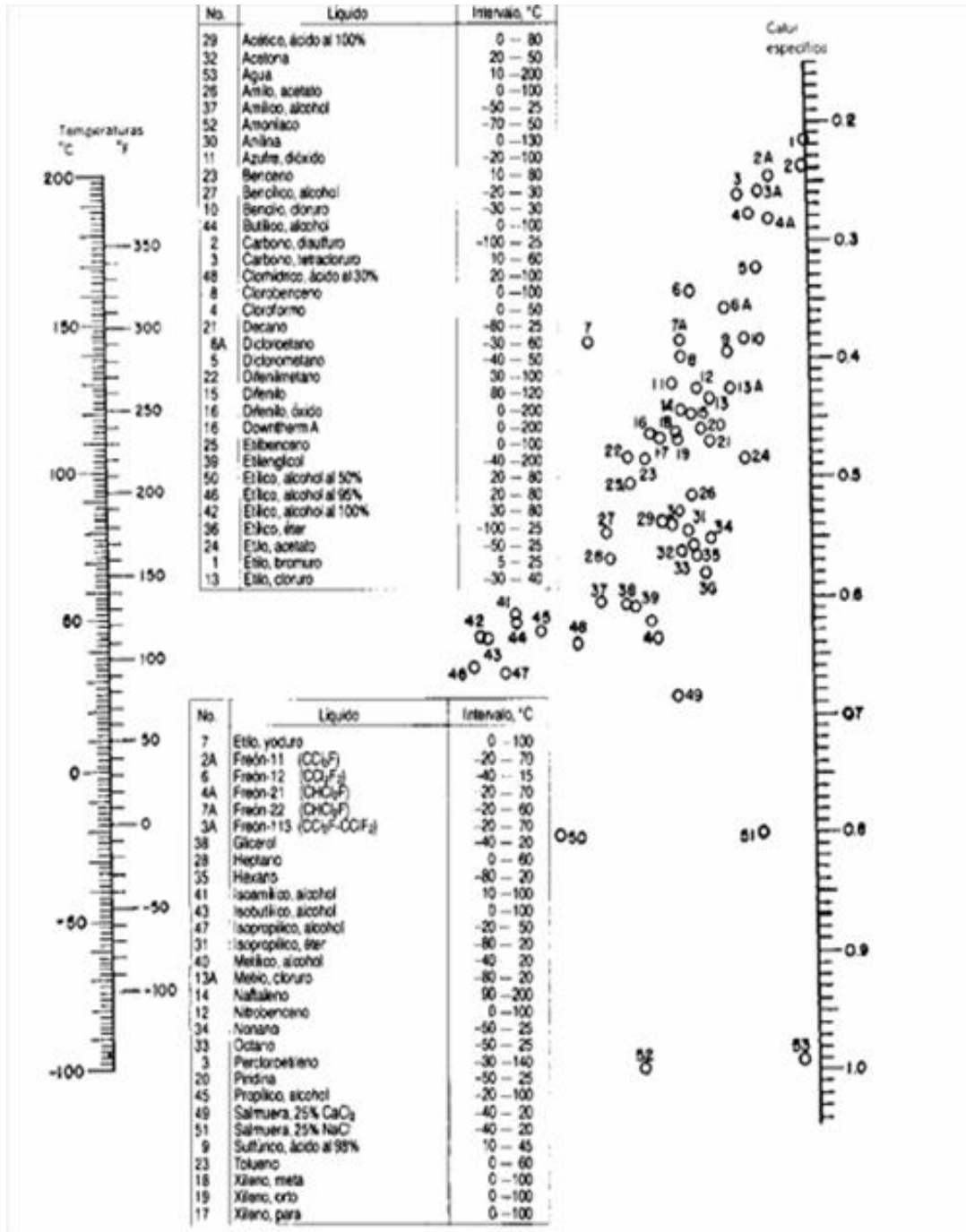
TRAZO DE LAS CURVAS DE OPERACIÓN Y NÚMERO DE PLATOS



NOTAS	CATEGORÍAS DEL DIAGRAMA <input type="radio"/> Certificado <input checked="" type="radio"/> Por Aprobar <input type="radio"/> Aprobado <input type="radio"/> Para información <input type="radio"/> Por calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Sandra Isabel Adriano Yubailli Verónica Patricia Valle Freire	CURVA DE EQUILIBRIO TOLUENO - ACETONA		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
			8 C	Normal	2012/06/20

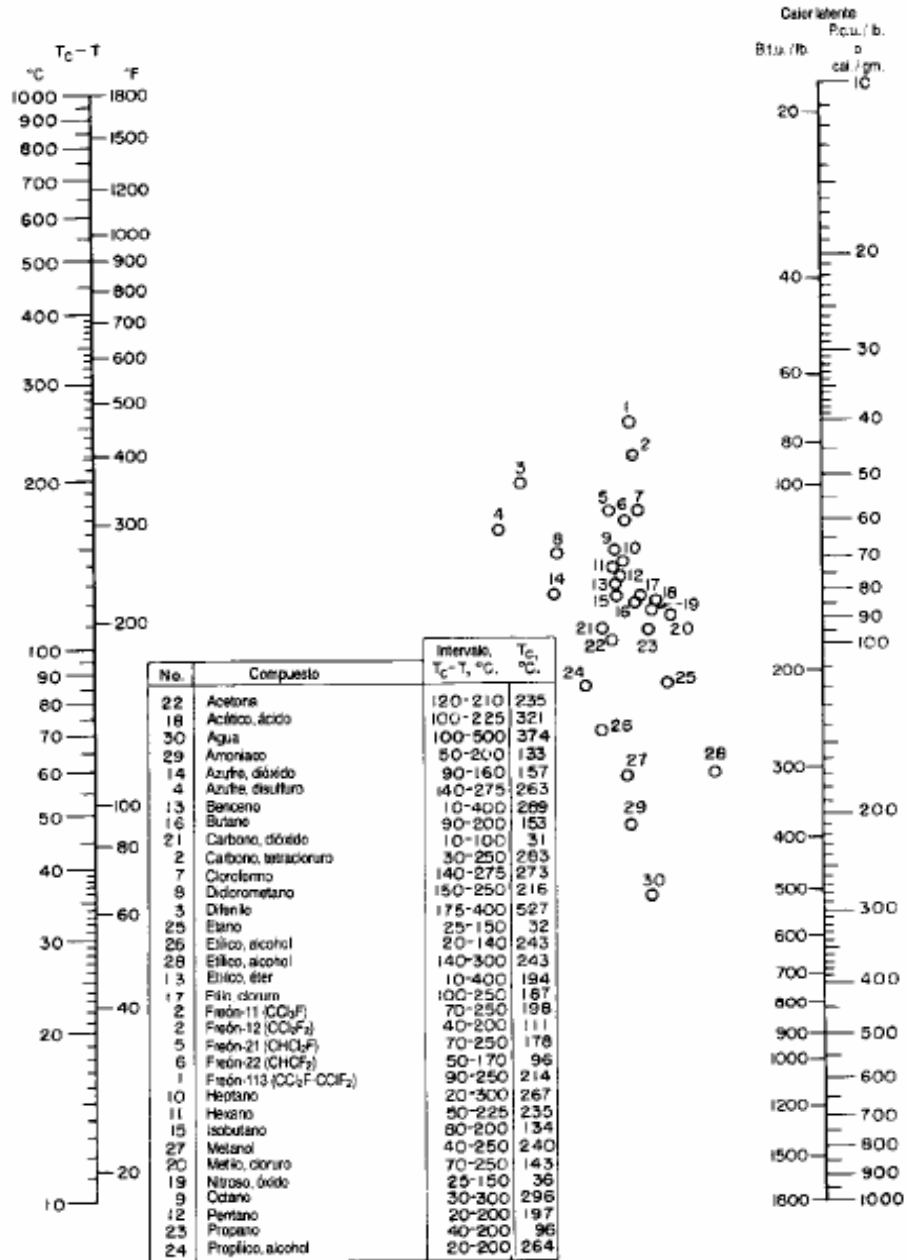
ANEXO IV

GRÁFICA CAPACIDADES CALORIFICAS



NOTAS	CATEGORÍAS DEL DIAGRAMA <ul style="list-style-type: none"> ○ Certificado ● Por Aprobar ○ Aprobado ○ Para información ○ Por calificar 	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Sandra Isabel Adriano Yubailli Verónica Patricia Valle Freire	CAPACIDAD CALORÍFICA		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
			9 D	Normal	2012/06/20

ANEXO V GRÁFICA CALOR LATENTE



NOTAS	CATEGORÍAS DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	CALOR LATENTE		
	<ul style="list-style-type: none"> ○ Certificado ● Por Aprobar ○ Aprobado ○ Para información ○ Por calificar 	Sandra Isabel Adriano Yubailli Verónica Patricia Valle Freire	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			10E	Normal	2012/06/20

ANEXO VI

TABLA CALOR LATENTE

Compuesto no hidrocarburo	Fórmula	Punto de fusión, °C	Calor de fusión, cal/g	Compuesto no hidrocarburo	Fórmula	Punto de fusión, °C	Calor de fusión, cal/g
Dibromobenceno (o)	C ₆ H ₄ Br ₂	1.8	12.70	Formiato	C ₂ H ₃ O ₂	102	57.95
(m)	C ₆ H ₄ Br ₂	-6.9	13.30	oxalato	C ₂ H ₂ O ₄	54.35	42.64
(p)	C ₆ H ₄ Br ₂	86	20.55	succinato	C ₆ H ₇ O ₄	19.5	35.72
Dibromofenol (2,4)	C ₆ H ₃ Br ₂ O	12	13.97	Naftaleno (α)	C ₁₀ H ₈	50	22.34
Dicloroacético, ácido	C ₂ H ₃ Cl ₂ O ₂	-4(7)	14.21	Nafol (α)	C ₁₀ H ₆ O	95.0	30.94
Diclorobenceno (o)	C ₆ H ₄ Cl ₂	-16.7	21.02	(β)	C ₁₀ H ₆ O	120.6	31.30
(m)	C ₆ H ₄ Cl ₂	-24.8	20.55	Nicotinilo (α)	C ₁₀ H ₇ N ₂ O ₂	71.2	27.80
(p)	C ₆ H ₄ Cl ₂	53.13	29.67	(m)	C ₁₀ H ₇ N ₂ O ₂	114.0	40.97
Difenilamina	C ₁₂ H ₁₁ N	52.96	25.23	(β)	C ₁₀ H ₇ N ₂ O ₂	147.3	36.46
Dihidromibenceno (α)	C ₆ H ₆ O	104.3	49.40	Nitrobenzono	C ₆ H ₅ NO ₂	5.85	22.52
(m)	C ₆ H ₆ O	109.65	46.20	Nitrobenzónico (α), ácido	C ₆ H ₄ NO ₄	145.8	40.06
(β)	C ₆ H ₆ O	172.5	58.77	(m)	C ₆ H ₄ NO ₄	141.1	27.59
Dimetilo (d'), tartrato	C ₆ H ₈ O ₄	87	55.12	(p)	C ₆ H ₄ NO ₄	230.2	52.08
(d)	C ₆ H ₈ O ₄	49	21.50	Nitrofenol (α)	C ₆ H ₄ NO ₃	45.13	26.76
Dimetilpirona	C ₈ H ₈ O ₃	132	56.14	Nitrosulfuro	C ₆ H ₇ NO ₂	56.7	25.44
Dinitrobenzono (α)	C ₆ H ₄ N ₂ O ₄	116.93	32.25	Palmitico, ácido	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	61.82	39.18
(m)	C ₆ H ₄ N ₂ O ₄	89.7	24.70	Paralichido	C ₆ H ₇ O ₂	10.5	25.02
(β)	C ₆ H ₄ N ₂ O ₄	173.5	39.90	Pelárgico (α) (β)-1, ácido	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	.....	39.04
Dinitrotolueno (2,4)	C ₇ H ₆ N ₂ O ₄	70.14	26.40	Pelárgico (α)-1(α)-1, ácido	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	.....	30.63
Dioxano	C ₈ H ₁₆ O	11.0	34.85	Propílico (α), éter	C ₆ H ₁₂ O	-126.1	20.66
Diclorobenceno (α)	C ₆ H ₄ Cl ₂	23.4	10.15	Quinona	C ₆ H ₄ O	115.7	40.85
(m)	C ₆ H ₄ Cl ₂	34.2	11.54	Succínico, anhídrido	C ₆ H ₄ O ₃	119	46.74
(β)	C ₆ H ₄ Cl ₂	129	16.20	Succinonitrilo	C ₆ H ₇ N ₂	54.5	11.71
Éstérico, ácido	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	44.4	52.08	Tetracloroetileno (α)	C ₂ H ₂ Cl ₄	86	21.02
Estérico, ácido	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	68.82	47.54	(β)	C ₂ H ₂ Cl ₄	95	22.10
Étilenglicol	C ₂ H ₆ O ₂	-11.5	43.26	Tenol	C ₆ H ₁₀ O	51.5	27.47
Étileno dibromuro	C ₂ H ₂ Br ₂	10.012	13.52	Tofeno	C ₆ H ₅ S	-39.4	14.11
Étileno, acetato	C ₄ H ₈ O ₄	85.8	28.43	Tiosamuro	C ₆ H ₅ N ₂ S	77	33.45
Étileno, alcohol	C ₂ H ₆ O	-114.4	25.76	Tolueno (α), ácido	C ₇ H ₈ O ₂	103.7	35.40
Étilico, éter	C ₄ H ₁₀ O	-116.3	23.54	(m)	C ₇ H ₈ O ₂	108.75	27.59
(β)	C ₄ H ₁₀ O	.....	.....	(p)	C ₇ H ₈ O ₂	129.6	39.90
Fenilacético, ácido	C ₈ H ₈ O ₂	26.7	25.44	Toluidina (p)	C ₇ H ₉ N	43.3	39.90
Feniltalaxeno	C ₈ H ₈ N ₂	19.6	36.31	Tribromotolueno (2, 4, 6-)	C ₆ H ₃ Br ₃ O	93	13.38
fenol	C ₆ H ₆ O	40.92	29.03	Tricloroacético, ácido	C ₂ HCl ₃ O ₂	57.5	8.60
Formico, ácido	CH ₂ O ₂	8.40	50.09	Tristearina	C ₅₇ H ₁₁₄ O ₆	70 & 54.5	45.63
Glicérol	C ₃ H ₈ O ₃	18.07	47.49	Trinitroglucosol	C ₆ H ₇ N ₃ O ₉	12.3	23.02
Glutárico, ácido	C ₆ H ₈ O ₄	97.5	37.39	Trinitrotolueno (2, 4, 6-)	C ₆ H ₂ N ₆ O ₆	80.83	22.34
Hidrazobenceno	C ₆ H ₈ N ₂	134	22.89	Undecílico (α) (α)-, ácido	C ₁₁ H ₂₀ O ₂	28.25	52.20
Hidrocianuro, ácido	C ₂ H ₂ N ₂ O	48	28.14	(β) (α)	C ₁₁ H ₂₀ O ₂	.....	42.91
Hidrosulfocianido	C ₂ H ₂ N ₂ O ₂	91.3	33.59	Ureano	C ₂ H ₄ N ₂ O	48.7	40.85
Isopropílico, alcohol	C ₃ H ₈ O	-88.5	21.08	Veratrol	C ₈ H ₁₀ O ₂	22.5	27.45
Isopropílico, éter	C ₆ H ₁₄ O	-86.8	25.79	Xileno (α-), dibromuro	C ₈ H ₆ Br ₂	95	24.25
Láurico (n-), ácido	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	49.22	43.72	(m)	C ₈ H ₆ Br ₂	77	21.45
Laurílica, ácido	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	33	18.97	Xileno (α-), dicloruro	C ₈ H ₆ Cl ₂	55	29.83
Mentol (1-)(α)	C ₁₀ H ₁₈ O	43.5	18.63	(m)	C ₈ H ₆ Cl ₂	34	26.64
Menético, ácido	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	53.86	47.49	(β)	C ₈ H ₆ Cl ₂	100	32.73
Metílico, alcohol	CH ₄ O	-97.8	23.7	Yodotolueno (β)	C ₇ H ₇ I	34	18.75
Metilo, cianuro	C ₂ H ₃ N	36	26.53				
fenilacetato	C ₈ H ₈ O ₂	18	22.86				

NOTAS	CATEGORÍAS DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Sandra Isabel Adriano Yubailli Verónica Patricia Valle Freire	CALOR LATENTE		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
	<ul style="list-style-type: none"> ○ Certificado ● Por Aprobar ○ Aprobado ○ Para información ○ Por calificar 		11F	Normal	2012/06/20

ANEXO VII

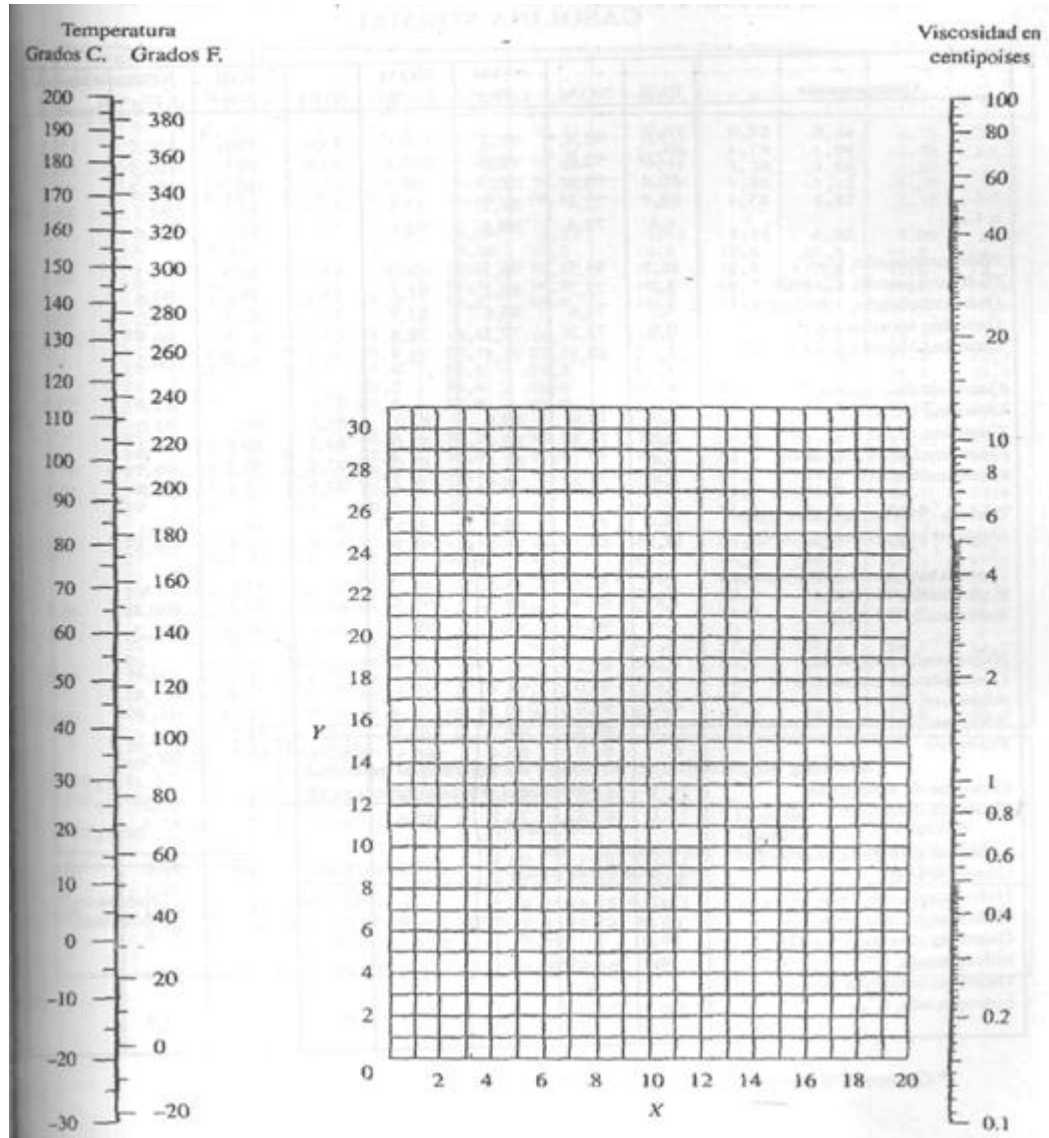
TABLA DE VISCOSIDAD DE LÍQUIDOS

Núm.	Líquido	X	Y	Núm.	Líquido	X	Y
1	Acetaldehído	15.2	4.8	32	Cloruro de etilo	14.8	6.0
2	Ácido acético, 100%	12.1	14.2	33	Éter etílico	14.5	5.3
3	Anhídrido acético	12.7	12.8	34	Formiato de etilo	14.2	8.4
4	Acetona, 100%	14.5	7.2	35	Ioduro de etilo	14.7	10.3
5	Amoniaco, 100%	12.6	2.0	36	Etilenglicol	6.0	23.6
6	Amoniaco, 26%	10.1	13.9	37	Ácido fórmico	10.7	15.8
7	Acetato de amilo	11.8	12.5	38	Freón-12	16.8	5.6
8	Alcohol amílico	7.5	18.4	39	Glicerol, 100%	2.0	30.0
9	Anilina	8.1	18.7	40	Glicerol, 50%	6.9	19.6
10	Anisol	12.3	13.5	41	Heptano	14.1	8.4
11	Benceno	12.5	10.9	42	Hexano	14.7	7.0
12	Bifenilo	12.0	18.3	43	Ácido clorhídrico, 31.5%	13.0	16.6
13	Salmuera, CaCl ₂ , 25%	6.6	15.9	44	Alcohol isobutílico	7.1	18.0
14	Salmuera, NaCl, 25%	10.2	16.6	45	Alcohol isopropílico	8.2	16.0
15	Bromo	14.2	13.2	46	Keroseno	10.2	16.9
16	Acetato de butilo	12.3	11.0	47	Aceite comercial de linaza	7.5	27.2
17	Alcohol butílico	8.6	17.2	48	Mercurio	18.4	16.4
18	Dióxido de carbono	11.6	0.3	49	Metanol, 100%	12.4	10.5
19	Disulfuro de carbono	16.1	7.5	50	Acetato de metilo	14.2	8.2
20	Tetracloruro de carbono	12.7	13.1	51	Cloruro de metilo	15.0	3.8
21	Clorobenceno	12.3	12.4	52	Metiletilcetona	13.9	8.6
22	Cloroformo	14.4	10.2	53	Naftaleno	7.9	18.1
23	m-cresol	2.5	20.8	54	Ácido nítrico, 95%	12.8	13.8
24	Ciclohexanol	2.9	24.3	55	Ácido nítrico, 60%	10.8	17.0
25	Dicloroetano	13.2	12.2	56	Nitrobenzeno	10.6	16.2
26	Diclorometano	14.6	8.9	57	Nitrotolueno	11.0	17.0
27	Acetato de etilo	13.7	9.1	58	Octano	13.7	10.0
28	Alcohol etílico, 100%	10.5	13.8	59	Alcohol octílico	6.6	21.1
29	Alcohol etílico, 95%	9.8	14.3	60	Pentano	14.9	5.2
30	Alcohol etílico, 40%	6.5	16.6	61	Fenol	6.9	20.8
31	Etilbenzeno	13.2	11.5	62	Sodio	16.4	13.9
63	Hidróxido de sodio, 50%	3.2	25.8	70	Tolueno	13.7	10.4
64	Dióxido de azufre	15.2	7.1	71	Tricloroetileno	14.8	10.5
65	Ácido sulfúrico, 98%	7.0	24.8	72	Acetato de vinilo	14.0	8.8
66	Ácido sulfúrico, 60%	10.2	21.3	73	Agua	10.2	13.0
67	Tetracloroetano	11.9	15.7	74	o-Xileno	13.5	12.1
68	Tetracloroetileno	14.2	12.7	75	m-Xileno	13.9	10.6
69	Tetracloruro de titanio	14.4	12.3	76	p-Xileno	13.9	10.9

NOTAS	CATEGORÍAS DEL DIAGRAMA <ul style="list-style-type: none"> ○ Certificado ● Por Aprobar ○ Aprobado ○ Para información ○ Por calificar 	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Sandra Isabel Adriano Yubailli Verónica Patricia Valle Freire	TABLA DE VISCOSIDAD DE LÍQUIDOS		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
			12 G	Normal	2012/06/20

ANEXO VIII

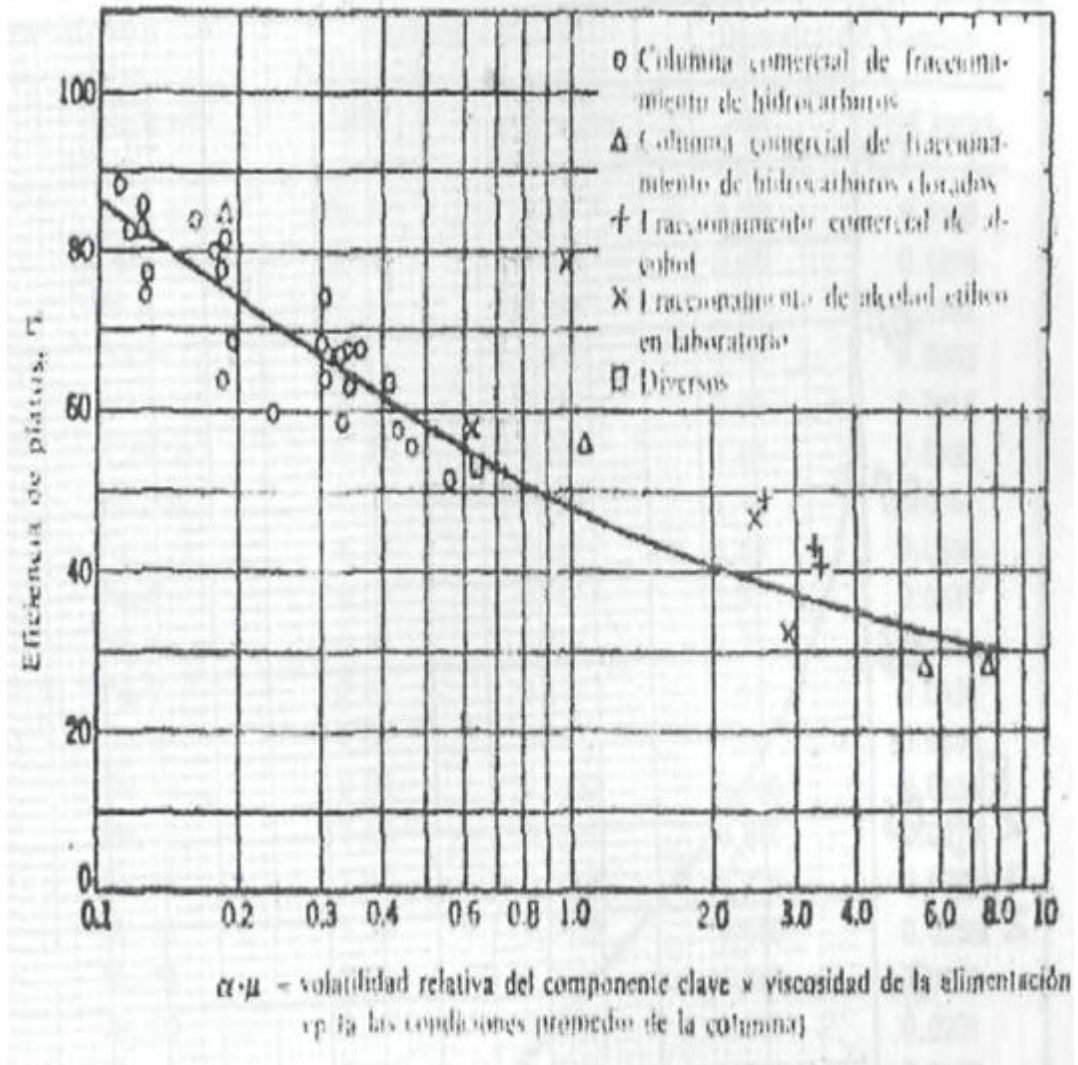
GRÁFICA DE VISCOSIDAD DE LÍQUIDOS



NOTAS	CATEGORÍAS DEL DIAGRAMA <input type="radio"/> Certificado <input type="radio"/> Por Aprobar <input type="radio"/> Aprobado <input type="radio"/> Para información <input type="radio"/> Por calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Sandra Isabel Adriano Yubailli Verónica Patricia Valle Freire	GRÁFICA VISCOSIDAD DE LÍQUIDOS		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
			13H	Normal	2012/06/20

ANEXO IX

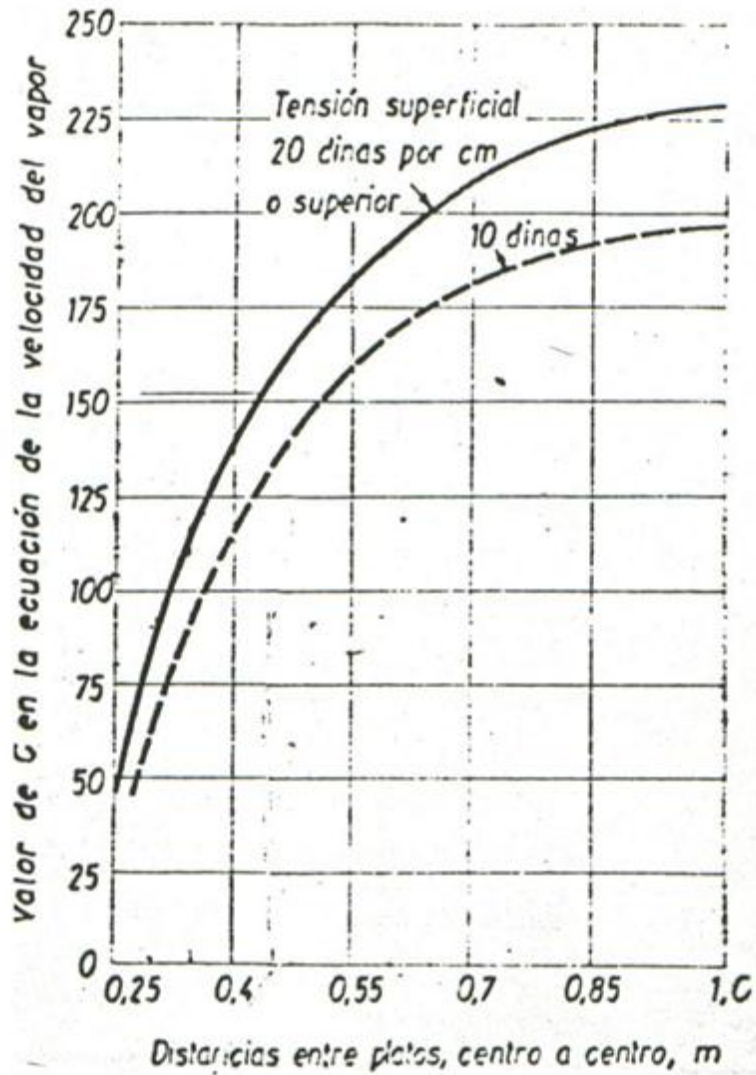
GRÁFICA DE O'CONNEL



NOTAS	CATEGORÍAS DEL DIAGRAMA ○ Certificado ● Por Aprobar ○ Aprobado ○ Para información ○ Por calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Sandra Isabel Adriano Yubaili Verónica Patricia Valle Freire	GRÁFICA DE O'CONNEL		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
			14 I	Normal	2012/06/20

ANEXO X

GRAFICA DE BROWN SOUDERS



NOTAS	CATEGORÍAS DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	GRÁFICA DE BROWN SOUDERS		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
	<ul style="list-style-type: none"> ○ Certificado ● Por Aprobar ○ Aprobado ○ Para información ○ Por calificar 	Sandra Isabel Adriano Yubailli Verónica Patricia Valle Freire	15J	Normal	2012/06/20

ANEXO XI

EQUIPO DE DESTILACIÓN



NOTAS	CATEGORÍAS DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	EQUIPO DE DESTILACIÓN		
	<ul style="list-style-type: none">○ Certificado● Por Aprobar○ Aprobado○ Para información○ Por calificar	Sandra Isabel Adriano Yubailli Verónica Patricia Valle Freire	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			16K	Normal	2012/06/20

ANEXO XII

ALIMENTACIÓN DE LA MEZCLA THINNER-PINTURA

a)



b)



NOTAS	CATEGORÍAS DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	ALIMENTACIÓN DE LA MEZCLA THINNER - PINTURA		
a) Filtración de la alimentación. b) Alimentación al tanque.	<ul style="list-style-type: none">○ Certificado● Por Aprobar○ Aprobado○ Para información○ Por calificar	Sandra Isabel Adriano Yubailli Verónica Patricia Valle Freire	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			17L	Normal	2012/06/20

ANEXO XIII

CONTROL DE LA TEMPERATURA

a)



b)



NOTAS	CATEGORÍAS DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	CONTROL DE LA TEMPERATURA		
a) Primer plato de la columna. b) Deflemador.	<ul style="list-style-type: none"><input type="radio"/> Certificado<input checked="" type="radio"/> Por Aprobar<input type="radio"/> Aprobado<input type="radio"/> Para información<input type="radio"/> Por calificar	Sandra Isabel Adriano Yubaili Verónica Patricia Valle Freire	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			18M	Normal	2012/06/20

ANEXO XIV

RECOLECCIÓN DEL THINNER PURO

a)



b)



c)

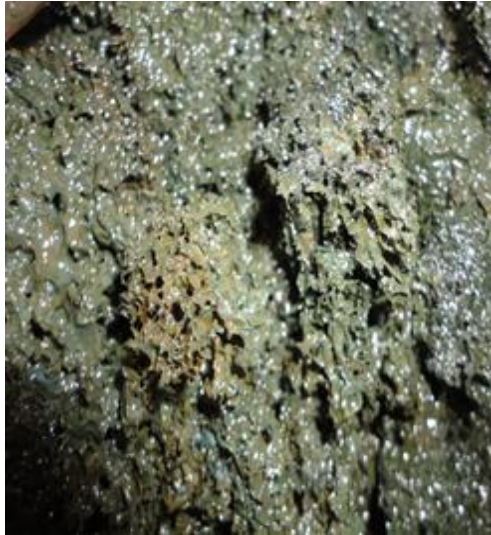


NOTAS	CATEGORÍAS DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	RECOLECCIÓN DE THINNER PURO		
a) Recepción de thinner. b) Tanque de destilado. c) Thinner recuperado.	<ul style="list-style-type: none">○ Certificado● Por Aprobar○ Aprobado○ Para información○ Por calificar	Sandra Isabel Adriano Yubailli Verónica Patricia Valle Freire	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			19N	Normal	2012/06/20

ANEXO XV

MATERIA PRIMA Y PRODUCTO

a)



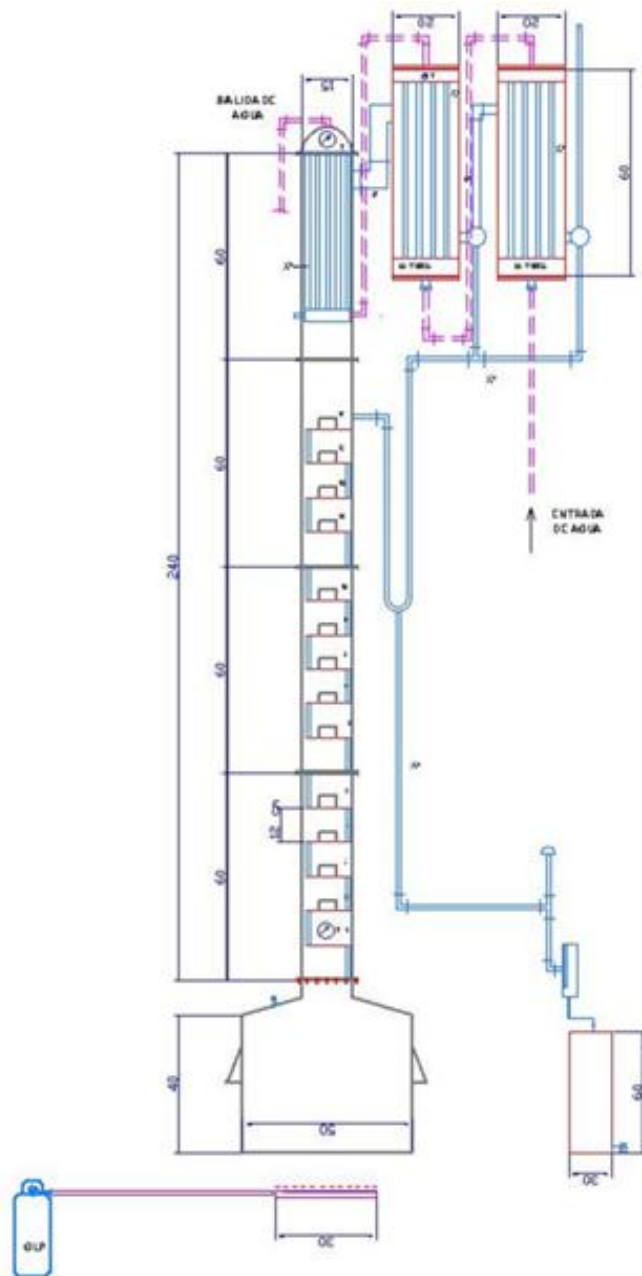
b)



NOTAS	CATEGORÍAS DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	MATERIA PRIMA Y PRODUCTO TERMINADO		
a) Residuo b) Alimentación	<ul style="list-style-type: none"><input type="radio"/> Certificado<input checked="" type="radio"/> Por Aprobar<input type="radio"/> Aprobado<input type="radio"/> Para información<input type="radio"/> Por calificar	Sandra Isabel Adriano Yubaili Verónica Patricia Valle Freire	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			20 O	Normal	2012/06/20

ANEXO XVI

DISEÑO DEL EQUIPO DE DESTILACIÓN



NOTAS	CATEGORÍAS DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Sandra Isabel Adriano Yubailli Verónica Patricia Valle Freire	DISEÑO DEL EQUIPO DE DESTILACIÓN		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
	<ul style="list-style-type: none"> ○ Certificado ● Por Aprobar ○ Aprobado ○ Para información ○ Por calificar 		21P	Normal	2012/06/20