
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

Incorporada a la Universidad Nacional Autónoma de México

ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

"ADAPTACION DE UNA TORRE DE DESTILACION
INTERMITENTE A UN PROCESO CONTINUO"

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A

RICARDO LOZA RIVERA

Asesor: I. Q. Zeferino Ramírez Becerra

GUADALAJARA, JALISCO.

1990



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
SINBOLOGÍA	2
I.- TORRE DE DESTILACIÓN	
a).- DESCRIPCIÓN DE LA TORRE DE DESTILACIÓN	4
b).- ADAPTACIONES A LA TORRE PARA EL PROCESO	
CONTINUO.	8
II.- FUNDAMENTOS DE LA DESTILACIÓN	11
III.- MEZCLA ETANOL-AGUA	
a).- PROPIEDADES DE LA MEZCLA ETANOL-AGUA	25
b).- ANÁLISIS POR REFRACTOMETRÍA	25
c).- DETERMINACIÓN DEL EQUILIBRIO DE LA MEZCLA A LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE GUADALAJARA	26
IV.- EXPERIMENTACIÓN	
a).- MODELO DE LA RUTINA DE TRABAJO	30
b).- RESULTADOS EXPERIMENTALES	37
c).- ESTUDIO DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES SEGUN EL MÉTODO DE FOLMIGOROV-SMIANOV	42
VI.- OBSERVACIONES Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	43
RESUMEN	44
CONCLUSIONES	46
BIBLIOGRAFÍA	47
APÉNDICE I ; TABLAS DE ÍNDICE DE REFRACCIÓN VS: CONCENTRACIÓN .	49

APÉNDICE II ; DETERMINACIÓN DEL EQUILIBRIO DE LA MEZCLA. TABLAS DE VALORES.	53
APÉNDICE III ; PROGRAMA EN LENGUAJE BASIC PARA LOS CÁLCULOS DEL EQUILIBRIO.	57
APÉNDICE IV ; PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV.	58
APÉNDICE V ; RESTO DE CORRIDAS EXPERIMENTALES.	64

I N T R O D U C C I Ó N

CON EL OBJETO DE APROVECHAR AL MÁXIMO LA TORRE DE DESTILACIÓN EXISTENTE EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICA, SE BUSCÓ ADAPTARSE A UN PROCESO CONTINUO, CON LO CUAL SE ENRIQUECERÁ EL ACERVO DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA QUÍMICA, Y ASÍ TAMBIÉN SE PRESENTA LA POSIBILIDAD DE USARSE COMO PLANTA PILDTO PARA EL ESTUDIO DE DIFERENTES MEZCLAS BINARIAS EN UN PROCESO CONTINUO.

PARA REALIZAR ESTE ESTUDIO SE HICIERON ADAPTACIONES A LA TORRE DE DESTILACIÓN, PARA CAMBIAR SU FUNCIONAMIENTO DE SER UN PROCESO INTERMITENTE A UN PROCESO CONTINUO; ENTRE ÉSTAS, ESTÁ EL USO DE UN DOSIFICADOR DE LA MEZCLA, UN ROTÁMETRO PARA LA MEDICIÓN DE CAUDALES DE ENTRADA, Y UNA VÁLVULA PARA DOSIFICAR LA SALIDA DEL PRODUCTO DE COLAS.

EL ESTUDIO SE LLEVÓ A CABO CON UNA MEZCLA BINARIA DE ETANOL - AGUA, SIENDO NECESARIO HACER UN ESTUDIO PRELIMINAR PARA ESTA MEZCLA, YA QUE EN TRABAJOS REALIZADOS ANTERIORMENTE NO SE PRESENTA NINGUNA REFERENCIA DE DICHA MEZCLA Y DE ESTE PROCESO.

PRIMERAMENTE SE HACE UNA BREVE DESCRIPCIÓN DE LA TORRE DE DESTILACIÓN Y SUS ADAPTACIONES, EN SEGUNDA UNA EXPOSICIÓN DE LOS CONCEPTOS TEÓRICOS DE LA DESTILACIÓN CONTINUA. POSTERIORMENTE SE PRESENTAN LAS PROPIEDADES Y MÉTODOS DE ANÁLISIS PARA EL ESTUDIO DE LA MEZCLA ETANOL - AGUA. SE REPORTAN LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LA EXPERIMENTACIÓN REALIZÁNDOSE CON ELLOS PRUEBAS ESTADÍSTICAS PARA ESTABLECER LA REPLICABILIDAD DEL PROCESO DE DESTILACIÓN CONTINUA.

S I M B O L O G Í A

a	COMPONENTE MÁS VOLÁTIL (ETANOL).
b	COMPONENTE MENOS VOLÁTIL (AGUA).
D	DESTILADO DE LA MEZCLA.
PA	PRESIÓN VAPOR DEL COMPUESTO MÁS VOLÁTIL PURO.
PB	PRESIÓN VAPOR DEL COMPUESTO MENOS VOLÁTIL PURO.
Pa	PRESIÓN PARCIAL DEL COMPONENTE " A " .
Pb	PRESIÓN PARCIAL DEL COMPONENTE " B " .
PT	PRESIÓN TOTAL.
X	FRACCIÓN MOLAR EN EL LÍQUIDO.
Ya	FRACCIÓN EN LA FASE VAPOR DEL COMPONENTE MÁS VOLÁTIL.
Yb	FRACCIÓN EN LA FASE DE VAPOR DEL COMPONENTE MENOS VOLÁTIL.
A, B	COEFICIENTES DE CORRECCIÓN PARA MEZCLAS NO-IDEALES
V	VAPOR DE LA MEZCLA.
L	LÍQUIDO PROVENIENTE DE LA COLUMNA DE VAPORES.
F	ALIMENTO DE LA MEZCLA BINARIA.
W	RESIDUO DE LA DESTILACIÓN O PRODUCTO DE COLAS.
Hf, Hg, Hl	ENTALPÍAS DE LA ALIMENTACIÓN, VAPORES Y LIQUIDOS.
q	CALOR NECESARIO PARA CONVERTIR UN MOL DE LA ALIMENTACIÓN DE SU CONDICIÓN INICIAL A VAPOR SATURADO.
(L/D)	REFLUJO EXTERNO.
(L/V)	REFLUJO INTERNO.
M	PESO MOLECULAR PROMEDIO.
MA, MB	PESOS MOLECULARES DEL COMPONENTE MÁS VOLÁTIL (A),

- Y DEL MENOS VOLÁTIL (B).
- WA GRAMOS DEL COMPONENTE MÁS VOLÁTIL.
- WB GRAMOS DEL COMPONENTE MENOS VOLÁTIL.
- CPA CALOR ESPECÍFICO DEL ETANOL PURO.
- CPB CALOR ESPECÍFICO DEL AGUA PURA.
- CM CALOR ESPECÍFICO DE LA ALIMENTACIÓN.
- ρ DENSIDAD.
- (α) NIVEL DE SIGNIFICANCIA.
- Rmin. REFLUJO MÍNIMO.
- Rt REFLUJO DE TRABAJO.
- XF, XD, XW FRACCIÓN MOLAR DEL ALIMENTO, DESTILADO Y PRODUCTO DE COLAS.

- Vi, Vj VOLÚMENES ESPECÍFICOS.
- ij, ii CONSTANTES PARA LA MEZCLA ETANOL-AGUA.
- A12, A21 PARÁMETROS DE WILSON.
- P1sat,
- P2sat PRESIÓN DE SATURACIÓN DEL COMPONENTE MÁS VOLÁTIL Y DEL MENOS VOLÁTIL.

- F(x1), F(x2), F(x3) HIPÓTESIS DE LA PRUEBA ESTADÍSTICA.
- Facum. FRECUENCIA ACUMULADA DE LA POBLACIÓN.
- a DIFERENCIA MÁXIMA DE LA POBLACIÓN.
- D VALOR MÁXIMO PERMISIBLE SEGÚN EL NIVEL DE SIGNIFICANCIA UTILIZADO.

CAPÍTULO I

TORRE DE DESTILACIÓN

I.- TORRE DE DESTILACIÓN

a).- DESCRIPCIÓN DE LA TORRE DE DESTILACIÓN

LAS PARTES FUNDAMENTALES DE LA TORRE DE DESTILACIÓN SON :
MATRAZ DE CARGA, MEDIO CALEFACTOR, COLUMNA DE RELLENO, SISTEMA DE REFLUJO, CONDENSADOR Y EL SISTEMA COLECTOR DE DESTILADO ; TODO ESTO CUANDO SE TRABAJA EN UN PROCESO INTERMITENTE O POR CARGAS.

* MATRAZ DE CARGA :

ES UN MATRAZ DE VIDRIO CON CAPACIDAD DE 20 LITROS PROVISTO DE LOS SIGUIENTES ELEMENTOS :

- CUELLO DE ALIMENTACIÓN CON 75 mm DE DIÁMETRO CON SU RESPECTIVA MIRILLA Y JUEGO DE TORNILLOS; POR MEDIO DE LA CUAL SE INTRODUCE LA MEZCLA QUE SE DESEA SEPARAR.

- TERMÓMETRO DE ALTA PRECISIÓN INMERSO EN MERCURIO QUE EN CONJUNTO SE DENOMINA TERMOPOZO.

- VÁLVULA DE MUESTREO DE VAPORES UBICADA EN LA PARTE MEDIA SUPERIOR DEL MATRAZ Y QUE EN EL PRESENTE TRABAJO SE UTILIZÓ PARA INTRODUCIR EL ALIMENTO , ANTE LA IMPOSIBILIDAD DE PERFORAR LA COLUMNA DE RELLENO.

- VÁLVULA DE SEGURIDAD UBICADA EN LA PARTE INFERIOR DEL MATRAZ Y FUE UTILIZADA PARA EXTRAER EL PRODUCTO DE COLAS, ADAPTÁNDOSELE A ÉSTE UNA VÁLVULA DE PRECISIÓN PARA REGULAR EL CAUDAL DE SALIDA.

* MEDIO CALEFACTOR :

EL MATRAZ DE CARGA EN SU PARTE INFERIOR, TIENE COLOCADO ALREDEDOR UNA CHAQUETA DE CALENTAMIENTO EN CUYO INTERIOR

CIRCULA UN FLUIDO TERMOESTABLE QUE SE CALIENTA POR MEDIO DE TRES RESISTENCIAS, OPERADAS POR UN CONTROL AUTOMÁTICO QUE CONTROLA TANTO LA VELOCIDAD DE CALENTAMIENTO, COMO LA TEMPERATURA DEL MEDIO CALEFACTOR. EL CONTROL MAESTRO AUTOMÁTICO TIENE TRES DISCOS SELECTORES : EL PRIMERO, PARA EL CONTROL DE LA TEMPERATURA DESEADA DEL MEDIO CALEFACTOR; EL SEGUNDO, PARA EL NÚMERO DE RESISTENCIAS A USAR DURANTE EL PROCESO ; Y UN TERCERO QUE CONTROLA EL PORCENTAJE EN QUE TRABAJARÁN LAS RESISTENCIAS DURANTE LA OPERACIÓN.

DISPONE, PARA LLEVAR ESTE CONTROL DE TEMPERATURA, DE TERMOPARES QUE REGISTRAN LA TEMPERATURA EN UN PANTALLA MONTADA EN LA CAJA DEL CONTROL MAESTRO.

* LA COLUMNA DE RELLENO :

CONSISTE EN UN TUBO DE VIDRIO DE 1,500 mm DE LONGITUD Y 58 mm DE DIÁMETRO, LLENO DE CUERPOS DE RELLENO O ANILLOS RASCHIG, CON UN TAMAÑO NOMINAL DE 7 mm COLOCADOS COMPLETAMENTE AL AZAR.

ESTOS CUERPOS DE RELLENO SON LOS QUE PERMITEN EL CONTACTO ÍNTIMO ENTRE EL LÍQUIDO Y SU VAPOR, AL DESCENDER EL LÍQUIDO SOBRE LA SUPERFICIE DE LOS CUERPOS DE RELLENO A CONTRA-CORRIENTE CON EL VAPOR.

EN LA PARTE SUPERIOR DE LA COLUMNA, JUSTAMENTE SOBRE LOS ANILLOS, SE ENCUENTRA UNA PLACA PERFORADA CON EL PROPÓSITO DE DISTRIBUIR LOS VAPORES QUE SE HAN CONDENSADO EN EL REFRIGERANTE, Y ASEGURAR EL MUTUO CONTACTO VAPOR-LÍQUIDO A TRAVÉS DE TODO EL RELLENO.

* SISTEMA DE REFLUJO :

EN LA CÚSPIDE DE LA COLUMNA DE RELLENO SE ENCUENTRA EL SISTEMA DE REFLUJO, QUE PERMITE EL RETORNO DE LOS VAPORES QUE SE HAN CONDENSADO EN EL REFRIGERANTE.

MEDIANTE UNA BARRA TERMINADA EN CONO, SE PUEDE FIJAR UNA ABERTURA TAL QUE PERMITA EL PASO DE UNA CANTIDAD DETERMINADA DE DESTILADO, MIENTRAS QUE POR UNA RAMIFICACIÓN SITUADA AL NIVEL DEL CONO, REGRESA EL RESTO DEL LÍQUIDO A LA COLUMNA.

EL DESTILADO (D) SE PUEDE MEDIR VOLUMÉTRICAMENTE EN UNA BURETA DISPUESTA EN EL SISTEMA DE RECUPERACIÓN.

* EL CONDENSADOR :

ES UN REFRIGERANTE SITUADO EN EL MISMO EJE SIMÉTRICO DE LA COLUMNA, ARRIBA DEL SISTEMA DE REFLUJO; SU DIÁMETRO ES DE 80 mm Y SU ALTURA DE 600 mm. TIENE EN SU INTERIOR UN DOBLE SERPENTÍN CONCÉNTRICO DE VIDRIO CON UNA SUPERFICIE EXTERIOR DE CONTACTO DE 0.190 m .

POR EL INTERIOR DEL SERPENTÍN CIRCULA AGUA QUE PUEDE ALCANZAR CAUDALES HASTA DE 200 l/h.

EN LA PARTE EXTERIOR DEL SERPENTÍN, SE PONEN EN CONTACTO LOS VAPORES ASCENDENTES Y LOS CONDENSADOS DESCENDENTES POR GRAVEDAD, HASTA EL SISTEMA DE REFLUJO, DONDE SE DISTRIBUYE, PARTE AL COLECTOR DE DESTILADO Y PARTE A LA COLUMNA; Y ESTA DISTRIBUCIÓN DEPENDE DE LA RELACIÓN DE FLUJO ESTABLECIDA.

EN LA PARTE MÁS ALTA DEL CONDENSADOR, HAY UN ORIFICIO ABIERTO A LA ATMÓSFERA, LO QUE PERMITE QUE NO HAYA UN AUMENTO INTERIOR DE LA PRESIÓN DURANTE LA DESTILACIÓN MANTENIÉNDOSE ASÍ UNA PRESIÓN CONSTANTE.

EL SISTEMA COLECTOR DE DESTILADO :

LA SEPARACIÓN DE LÍQUIDOS DEL VAPOR ENTRE EL CONO DE LA BARRA QUE CONTROLA EL REFLUJO, Y EL CONO DE LAS PAREDES DEL CUERPO DE LA VÁLVULA SE CONOCE COMO EL DESTILADO, EL CUAL ES LA FRACCIÓN DE LÍQUIDO QUE NO RETORNA A LA TORRE Y ES EL PRODUCTO DESEADO. CAE POR UNA SERIE DE TUBOS, HASTA UN REFRIGERANTE DE 500 mm DE ALTURA 70 mm DE DIÁMETRO TENIENDO UNA SUPERFICIE EXTERIOR DE CONTACTO DE 0.072 m².

EN LA PARTE INTERMEDIA DEL CARINO QUE SIGUE EL LÍQUIDO PARA LLEGAR AL APARAZ COLECCION, HAY UNA BURETA GRADUADA QUE TIENE COMO FUNCIÓN LA MEDIDA VOLUMÉTRICA DEL DESTILADO, COMO TAMBIÉN LA RECOLECCIÓN DE MUESTRAS PARA LA REALIZACIÓN DE ANÁLISIS DE CONTROL.

EL MATRAZ TIENE UNA CAPACIDAD DE 10 l, TENIENDO EN LA PARTE INFERIOR UNA VÁLVULA PARA LA SECCIÓN DEL PRODUCTO DESTILADO. TODOS LOS ENPAQUE DE LA TORRE SON DE TEFLÓN, GARANTIZANDO ASÍ EL SELLO PERFECTO DE CADA UNA DE LAS PARTES.

2.1.4 ADAPTACIONES PARA EL PROCESO CONTINUO

YA QUE LA TORRE DE DESTILACION ES PARA TRABAJAR EN PROCESO INTERMITENTE, FUE NECESARIO HACERLE ADAPTACIONES PARA CAMBIAR SU FUNCIONAMIENTO A UN PROCESO CONTINUO, AÑADIÉNDOLE UNA ENTRADA DE CAUDAL CONTINUA, ASI COMO SU PROPIO DOSIFICADOR DE ALIMENTO Y UNA SALIDA PARA LOS PRODUCTOS DE COLAS.

* ENTRADA Y SALIDA :

EL MATRAZ DE CARGA TIENE DOS VALVULAS: UNA EN LA PARTE SUPERIOR (PARA EL MUESTREO DE VAPORES) Y LA CUAL SE UTILIZO PARA INTRODUCIR EL ALIMENTO, Y LA SEGUNDA, EN LA PARTE INFERIOR UTILIZADA PARA EXTRAER EL PRODUCTO DE COLAS DE LA DESTILACION.

* DOSIFICADOR :

CONSISTE EN UNA BOMBA DE CAUDAL VARIABLE, QUE TIENE LA FUNCION DE PROVEER DE NUEVO ALIMENTO A LA TORRE, POR MEDIO DE UNA MANGUERA QUE VA DEL RECIPIENTE DE ALIMENTO A LA VALVULA DE MUESTREO DE VAPORES DEL MATRAZ DE CARGA; EN SU PARTE FINAL TIENE OTRA VALVULA QUE TIENE COMO FUNCION PERMITIR EL PASO DE LIQUIDO, PERO NO SALIDA DE ESTE NI DE VAPOR. (VALVULA CHECK)

ADEMAS, TIENE ADAPTADO UN ROTAMETRO QUE ES UN INSTRUMENTO AUXILIAR PARA LA MEDIDA DE LOS CAUDALES, Y PERMITE REGULAR LA CANTIDAD DE FLUIDO QUE DEBE CIRCULAR, LLEVANDO A CABO ESTA MEDICION UNICAMENTE POR LA DIFERENCIA DE PRESION EN EL SISTEMA. ESTE ROTAMETRO DEBIO SER CALIBRADO PARA LA MEZCLA BINARIA USADA, Y A LA MISMA TEMPERATURA DE OPERACION QUE HABIA DURANTE LA DESTILACION.

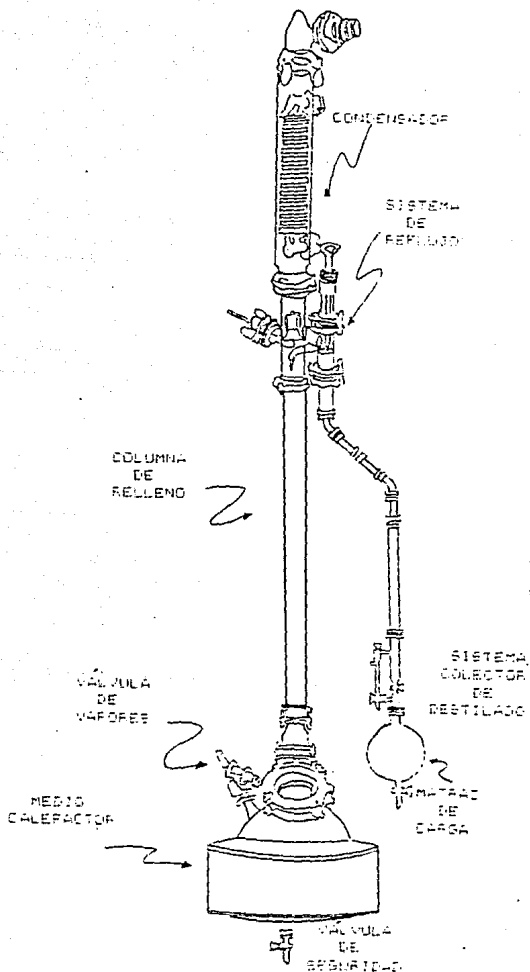


FIGURA 1-1 TORRE DE DESTILACIÓN.

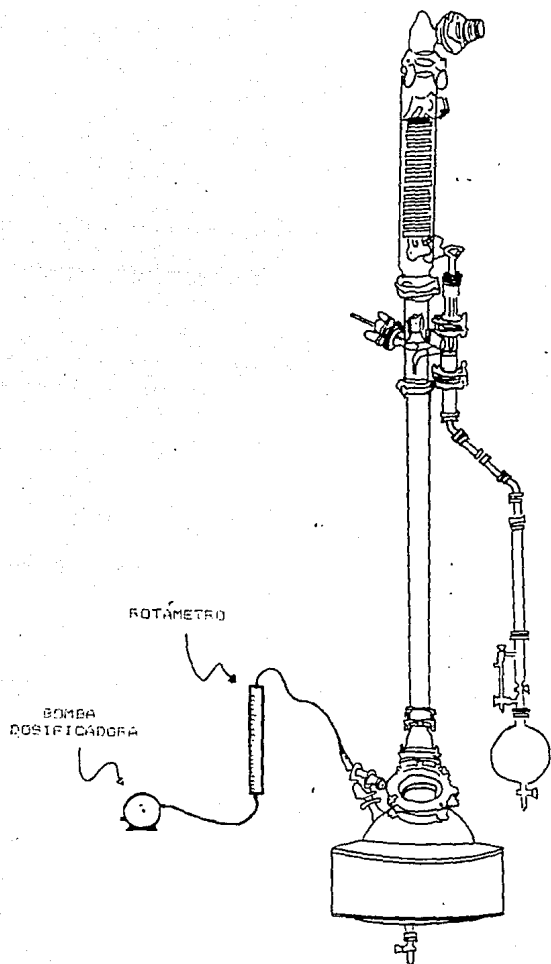


FIGURA 1-2 MODIFICACIONES A LA TORRE.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS DE LA DESTILACIÓN

II.- FUNDAMENTOS DE LA DESTILACIÓN.

DESTILACIÓN ES LA SEPARACIÓN DE UNA MEZCLA DE LÍQUIDOS MISCIBLES, POR LA VAPORIZACIÓN PARCIAL DE LA MISMA, SIENDO CONDICIÓN NECESARIA QUE LA COMPOSICIÓN DEL VAPOR PRODUCIDO DURANTE LA EBULLICIÓN DE LA MEZCLA, SEA DIFERENTE DE LA COMPOSICIÓN DEL LÍQUIDO DE PARTIDA.

POR ELLO, EL CONOCIMIENTO DE LAS RELACIONES DE EQUILIBRIO ENTRE AMBAS FASES, ES ESENCIAL PARA LA RESOLUCIÓN ANALÍTICA DE LOS PROBLEMAS DE DESTILACIÓN. LOS APARATOS EN LOS QUE SE LLEVA A CABO ESTA OPERACIÓN, HAN DE SUMINISTRAR UN ÍNTIMO CONTACTO ENTRE EL VAPOR Y EL LÍQUIDO, PARA QUE EN LOS LÍMITES ENTRE AMBAS FASES SE ALCANCEN LAS CONDICIONES DE EQUILIBRIO.

PARA UNA SOLUCIÓN IDEAL, LA PRESIÓN PARCIAL DE EQUILIBRIO DE UN CONSTITUYENTE A UNA TEMPERATURA DETERMINADA, ES IGUAL AL PRODUCTO DE SU PRESIÓN VAPOR PURO " P_A " A ESTA TEMPERATURA, POR SU FRACCIÓN MOLAR EN EL LÍQUIDO (X), Y LO DESCRIBE CLARAMENTE LA LEY DE RAULT :

$$P_a = P_A X_a \qquad P_b = P_B X_b \qquad (1)$$

SI LA MEZCLA CUMPLE CON LA LEY DE DALTON, ES DECIR; QUE LA PRESIÓN TOTAL DE LA MEZCLA ES IGUAL A LA SUMA DE LAS PRESIONES PARCIALES DE CADA COMPONENTE DE LA MEZCLA, LA ECUACIÓN SERÍA LA SIGUIENTE :

$$P_T = P_a + P_b \quad (2) \quad \text{DONDE } P_T \text{ ES PRESIÓN TOTAL}$$

SUSTITUYENDO LA ECUACIÓN (1) EN LA (2) :

$$P_T = P_A X_a + P_B X_b \quad (3)$$

POR OTRO LADO, COMO LA FRACCIÓN EN LA FASE DE VAPOR ES LA RELACIÓN ENTRE LA PRESIÓN PARCIAL Y LA PRESIÓN TOTAL, ENTONCES :

$$Y_a = P_a / P_T \quad (4)$$

$$Y_b = P_b / P_T \quad (5)$$

CUANDO LA MEZCLA EN CUESTIÓN PRESENTA DESVIACIÓN DEL COMPORTAMIENTO IDEAL, ÉSTA PUEDE TRATARSE, INTRODUCIENDO UN COEFICIENTE DE CORRECCIÓN; DE TAL MANERA QUE LAS ECUACIONES PARA LA FRACCIÓN EN LA FASE DE VAPOR QUEDARÍAN :

$$Y_a = A (P_a / P_T) = A P_a X_a / P_T \quad (6)$$

$$Y_b = B (P_b / P_T) = B P_b X_b / P_T \quad (7)$$

LOS COEFICIENTES DE CORRECCIÓN A, B, DENOMINADOS COEFICIENTES DE ACTIVIDAD, VARIAN CON LA CONCENTRACIÓN; SIENDO MAYORES QUE LA UNIDAD PARA LAS MEZCLAS CON DESVIACIONES POSITIVAS, Y MENORES QUE LA UNIDAD PARA MEZCLAS CON DESVIACIONES NEGATIVAS.

EN CUALQUIERA DE LOS CASOS EL VALOR SE APROXIMA A LA UNIDAD, PRESENTANDO UN MÁXIMO O UN MÍNIMO PARA LA PRESIÓN TOTAL,

Y CORRESPONDE ÉSTE A LA COMPOSICIÓN DEL AZEÓTROPO :

$$Y_A = X_A \quad (8) \quad \text{y} \quad Y_B = X_B \quad (9)$$

SE PUEDE DEDUCIR ENTONCES LA SIGUIENTE EXPRESIÓN A PARTIR DE LAS ANTERIORES:

$$B / A = P_A / P_B \quad (10)$$

SE CONOCEN COMO MEZCLAS AZEOTRÓPICAS (MEZCLA QUE HIERVE A TEMPERATURA CONSTANTE), AQUELLAS QUE PRESENTAN GRANDES DESVIACIONES COMO PARA SER TRATADAS COMO IDEALES.

EN ESTE TIPO DE MEZCLAS, LAS CURVAS DE COMPOSICIÓN DEL LÍQUIDO Y DEL VAPOR, SON TANGENTES EN EL PUNTO DEL AZEÓTROPO DE LA MEZCLA.

LA COMPOSICIÓN DEL AZEÓTROPO VARÍA CON LA PRESIÓN TOTAL, SIENDO POSIBLE ELIMINAR EL AZEÓTROPO O AL MENOS DESPLAZARLO HACIA UNA CONCENTRACIÓN DE INTERÉS PARTICULAR, POR VARIACIÓN ADECUADA DE LA PRESIÓN TOTAL.

PARA LA MEZCLA AZEOTRÓPICA ETANOL- AGUA A UNA ATMÓSFERA DE PRESIÓN APARECE EL AZEÓTROPO A 89.04% MOLAR DE ETANOL, Y A UNA TEMPERATURA DE 78.2 C. DICHO AZEÓTROPO DESAPARECE EN ESTE SISTEMA A PRESIONES MENORES DE 70 mmHg.

RECTIFICACIÓN

LA RECTIFICACIÓN ES UNA DESTILACIÓN REALIZADA DE TAL MANERA, QUE EL VAPOR (V) QUE SALE DEL MATRAZ GENERADOR (CALDERÍN), SE PONE EN CONTACTO CON UNA PORCIÓN CONDENSADA DEL VAPOR PREVIAMENTE GENERADO POR ESTE MISMO APARATO; DE ESTE CONTACTO, RESULTA UNA TRANSFERENCIA DE MASA Y UN INTERCAMBIO CALÓRICO, CONSIGUIÉNDOSE ASÍ, UN MAYOR ENRIQUECIMIENTO DEL VAPOR EN EL COMPUESTO MÁS VOLÁTIL.

A LOS VAPORES CONDENSADOS QUE SE RETORNIAN PARA CONSEGUIR ESTE OBJETIVO SE LES DENOMINA LÍQUIDO (L).

PARA LOGRAR EL ÍTIMO CONTACTO ENTRE LAS FASES LÍQUIDA Y VAPOR, CON EL FIN DE ESTABLECER EL INTERCAMBIO DE MATERIA ENTRE AMBAS FASES, INTERESA QUE LA SUPERFICIE Y EL TIEMPO DE CONTACTO SEAN SUFICIENTES; LOGRÁNDOSE ESTE OBJETIVO CON LOS CUERPOS DE PELLENO QUE LLENAN EL INTERIOR DE LA COLUMNA, VERIFICÁNDOSE ASÍ EL CONTACTO ENTRE AMBAS FASES SOBRE LA SUPERFICIE DE ÉSTOS.

EL PROCESO DE DESTILACIÓN CONTINUA SE CARACTERIZA POR TENER TRES FLUJOS: EL ALIMENTO (F), QUE CONSISTE EN LA MEZCLA BINARIA QUE SE PRETENDE SEPARAR A UNA CONCENTRACIÓN Y TEMPERATURA ESTABLECIDA; EL DESTILADO (D), ES EL PRODUCTO DEBIDO DE LA DESTILACIÓN; Y EL PRODUCTO DE COLAS (W), QUE CONSISTE EN EL RESIDUO DE LA MEZCLA BINARIA.

TODA TORRE DE DESTILACIÓN SE CARACTERIZA POR TENER DOS SECCIONES, UNA SECCIÓN DE ENRIQUECIMIENTO (LA PARTE SUPERIOR DE LA TORRE) Y LA SECCIÓN DE AGOTAMIENTO (LA PARTE INFERIOR

TORRE). EL LÍMITE ENTRE AMBAS SECCIONES ES LA ZONA DE ALIMENTACIÓN.

PARA EL ESTUDIO ANALÍTICO DE LA TORRE SE UTILIZÓ EL MÉTODO DE MC CABE-THILE (2). ESTE MÉTODO DE TRATAMIENTO DE LOS DATOS QUE SE TIENEN DURANTE LA DESTILACIÓN, ES ESPECIALMENTE ÚTIL CUANDO NO SE TIENEN DATOS COMPLETOS DE LAS ENTALPÍAS DE LA MEZCLA A DESTILAR; ASI COMO CUANDO LAS PÉRDIDAS DE CALOR SON PEQUEÑAS. PARA ESTE ESTUDIO SE CONSIDERÓ CONVENIENTE LA APLICACIÓN DE DICHO MÉTODO, EN BASE A LA SEGUNDA SITUACIÓN. A CONTINUACIÓN SE MUESTRA LA DEDUCCIÓN DE ECUACIONES QUE SERVIRÁN PARA EL ESTUDIO DE ESTE PROCESO.

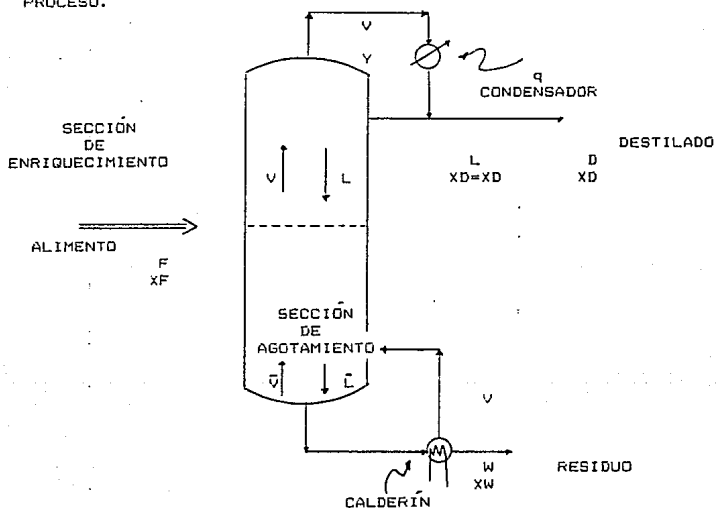


FIG. II-1 ESQUEMA DE UNA TORRE DE RECTIFICACIÓN

SECCIÓN DE ENRIQUECIMIENTO

SI SE ESTABLECE UN BALANCE DE MATERIA EN LA ZONA DE ENRIQUECIMIENTO :

$$V = L + D \quad (10)$$

REALIZANDO UN BALANCE PARA EL COMPONENTE MÁS VOLÁTIL LA ECUACIÓN QUEDA COMO SIGUE:

$$V y = L x + D x_d \quad (11)$$

DIVIDIENDO POR V , LA ECUACIÓN MUESTRA LA RECTA DE OPERACIÓN PARA LA SECCIÓN DE ENRIQUECIMIENTO, EN DONDE LA PENDIENTE ES (L/V) Y LA INTERSECCIÓN EN EL ORIGEN (EJE "Y") ES:

$$x_d (D/V)$$

$$Y = (L/V) X_i + (D/V) x_d \quad (12)$$

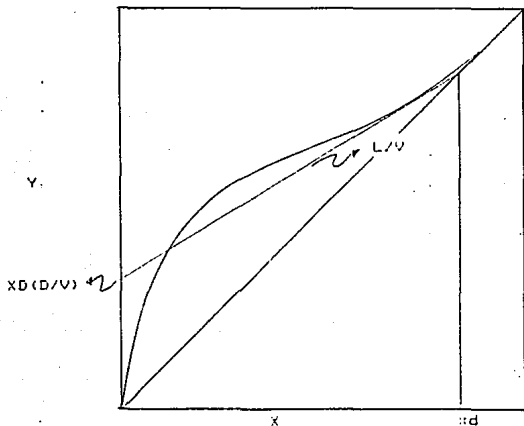


FIG. II-2 MUESTRA LA PENDIENTE (L/V) .

SECCIÓN DE AGOTAMIENTO

REALIZANDO UN ANÁLISIS SIMILAR AL DE LA ZONA DE ENRIQUECIMIENTO SE OBTIENE LA RECTA DE OPERACIÓN DE ESTA SECCIÓN DE AGOTAMIENTO:

$$Y_{m+1} = \left(\frac{L}{V} \right) X_m + \left(\frac{W_2}{V} \right) X_m \quad (15)$$

EN DONDE $\left(\frac{L}{V} \right)$ REPRESENTA LA PENDIENTE DE LA RECTA DE OPERACIÓN.

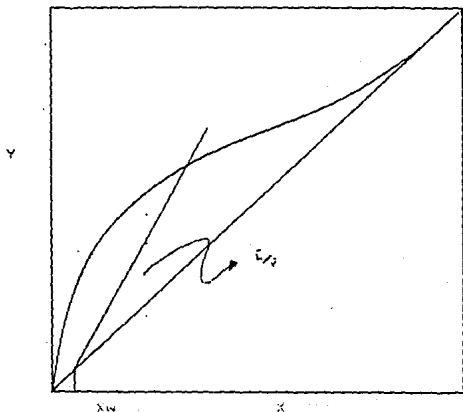


FIG. 11-3 RECTA DE OPERACIÓN DE LA SECCIÓN DE AGOTAMIENTO.

CONDICIONES DE LA ALIMENTACIÓN.

LAS RELACIONES ENTRE LOS CAUDALES DE VAPOR Y LÍQUIDO EN LA COLUMNA DE RECTIFICACIÓN, DEPENDEN DE LAS CONDICIONES DE LA ALIMENTACIÓN. AL REALIZAR UN BALANCE DE MATERIA EN EL PLATO EN

EL CUAL SE INTRODUCE LA MEZCLA DE ALIMENTO, QUEDARÍA COMO SIGUE:

$$F + L + V = \bar{V} + \bar{L} \quad (14)$$

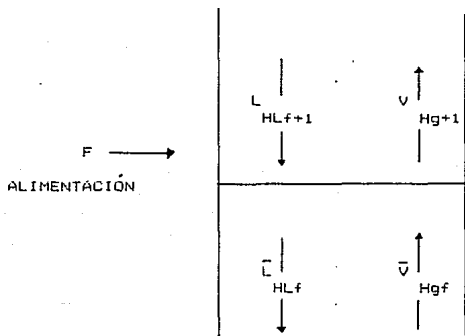


FIG. II-4 ESQUEMA DE FLUJOS EN EL PLATO DE ALIMENTACIÓN DE LA TORRE

AL HACER UN BALANCE DE ENTALPIÁS.

$$F H_f + L H_{f+1} + \bar{V} H_{g+1} = \bar{V} H_g + \bar{L} H_f \quad (15)$$

Y COMO SE PARTE DEL SUPUESTO DE QUE LOS CAMBIOS DE ENTALPIÁS, CAMBIOS DE TEMPERATURA Y DE COMPOSICIÓN SON PEQUEÑOS, LA ECUACIÓN PUEDE REACOMODARSE COMO SIGUE:

$$(\bar{L} - L) H_L = (\bar{V} - V) H_G + F H_f \quad (16)$$

AL COMBINAR ESTA ECUACIÓN CON LA (14) SE OBTIENE:

$$q = \frac{H_G - H_f}{H_G - H_L} \quad (17)$$

EN DONDE q REPRESENTA EL CALOR NECESARIO PARA CONVERTIR UN MOL DE LA ALIMENTACIÓN DE SU CONDICIÓN INICIAL H_F , HASTA UN VAPOUR SATURADO, DIVIDIDO ENTRE SU CALOR LATENTE MOLAR $(H_G - H_L)$.

PARA LOCALIZAR EL PUNTO EN EL CUAL CONVERGEN LAS LÍNEAS DE ENRIQUECIMIENTO, DE AGOTAMIENTO Y LA LÍNEA " q ", SE COMBINAN LAS ECUACIONES (14) Y (17), RESULTANDO DE ESTE ANÁLISIS:

$$\bar{V} - V = F (q - 1) \quad (18)$$

EL PUNTO DE INTERSECCIÓN DE LAS RECTAS DE OPERACIÓN, AYUDARÁ A LOCALIZAR LA LÍNEA DE OPERACIÓN DE LA SECCIÓN DE AGOTAMIENTO-AL RESTAR LAS ECUACIONES (18) Y (13) :

$$(\bar{V} - V) y = (\bar{L} - L) x = - (W_{rw} + D_{rd}) \quad (19)$$

Y CON UN BALANCE GLOBAL DE MATERIA:

$$F x_f = D_{rd} + W_{rw} \quad (20)$$

SUSTITUYENDO LAS ECUACIONES (17), (18) EN LA (19) SE OBTIENE:

$$y = \frac{q}{q - 1} x - \frac{x_f}{q - 1} \quad (21)$$

EL LUGAR DE INTERSECCIÓN DE LAS RECTAS DE OPERACIÓN (LÍNEA q) ES UNA RECTA DE PENDIENTE $(q / q-1)$. EL INTERVALO DE VALORES DE ESTA RECTA, DEPENDE DEL TIPO DE ALIMENTACIÓN Y SE MUESTRAN EN LA SIGUIENTE TABLA:

T A B L A No. II-1

ALIMENTACIÓN	q	PENDIENTE	RECTA
LIQUIDO FRÍO	> 1	> 1	1
LÍQ. A SU TEMP. EBULLICIÓN	$= 1$	∞	2
MEZCLA LÍQUIDO Y VAPOR	$0 \text{ a } 1$	< 0	3
VAPOR SATURADO	$= 0$	$= 0$	4
VAPOR RECALENTADO	< 0	$0 \text{ a } 1$	5

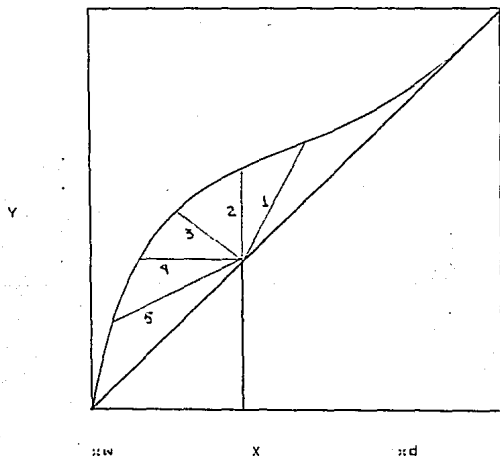


FIG. II-5 TIPOS DE RECTAS SEGÚN EL TIPO DE ALIMENTACIÓN.

REFLUJO MÍNIMO

PARA EFECTOS DE UNA DESTILACIÓN DETERMINADA, SE PUEDE ELIJIR ARBITRARIAMENTE UNA RELACION DE REFLUJO INTERNO (L / V) DENTRO DE DERTOS LÍMITES. A MEDIDA QUE SE HACE MENOR LA RELACION DE REFLUJO, SE HACE MAYOR EL NÚMERO DE LAS ETAPAS NECESARIAS PARA LA SEPARACION, Y A LA VEZ SE HACE MAYOR LA CAPACIDAD DE LA COLUMNA; PERO (L / V) NO PUEDE DESCENDER POR DEBAJO DE UN VALOR QUE ES LA FUNCION DE LA COMPOSICION DEL DESTILADO Y DE LAS CONDICIONES DE LA ALIMENTACION, DETERMINADAS ESTAS POR EL REFLUJO MÍNIMO UTILIZADO EN ESTA OPERACION.

TANTO EL REFLUJO INTERNO (L / V) COMO EL REFLUJO EXTERNO (L / D) GUARDAN UNA RELACION QUE SE EXPRESA POR LA SIGUIENTE ECUACION :

$$L / V = \frac{1}{1 + D / (L/D)} \quad (22)$$

DE TAL MANERA QUE CUÁNDO EL REFLUJO ES CERO (SIN RETORNO DE LÍQUIDOS A LA COLUMNA) (L / V) = 0 , (L / D) = 0 ; Y CUÁNDO EL REFLUJO ALCANZA UN VALOR UNITARIO (RETORNO DE TODO EL LÍQUIDO A LA COLUMNA) , (L / V) = 1 , (L / D) = ∞.

PARA EL PRESENTE TRABAJO LA RELACION DE REFLUJO INTERNO SE CALCULO POR LA PENDIENTE DE LA RECTA DE OPERACION QUE PASA POR EL PUNTO (X_D = X_D) , Y QUE ES TANGENTE A LA CURVA DE EQUILIBRIO, COMO LO MUESTRA EN FIG. 17 .

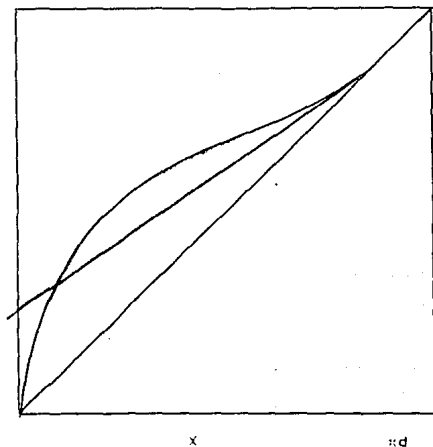


FIG. II-6 RECTA DE OPERACIÓN, TANGENTE A LA CURVA DE EQUILIBRIO.

PARA LA RELACIÓN DE REFLUJO INTERNO MÍNIMA SE HACE INFINITO EL NÚMERO DE PLATOS, Y POR LO TANTO INFINITO EL COSTO DEL APARATO.

AL AUMENTAR LA RELACIÓN DE REFLUJO, AUMENTA EL COSTO DE FUNCIONAMIENTO DE LA COLUMNA Y DISMINUYE EL COSTO DEL APARATO. CUANDO ESTA RELACIÓN DE REFLUJO LLEGA A ALCANZAR EL VALOR UNITARIO ($L/V = 1$), LA COLUMNA TRABAJA A REFLUJO TOTAL O REFLUJO EXTERNO INFINITO ($L/D = \infty$), Y EL NÚMERO DE PLATOS SE HACE MÍNIMO, RESULTANDO MÍNIMO EL COSTO DEL APARATO E INFINITO EL COSTO DE FUNCIONAMIENTO.

EN LA PRÁCTICA, LA RELACIÓN DE REFLUJO A EMPLEAR ESTÁ COMPRENDIDA ENTRE LA MÍNIMA Y LA TOTAL (ENTRE 1.2 A 1.5 VECES

EL REFLUJO MÍNIMO).

EN GENERAL, SE CALCULA POR LA PENDIENTE DE LA RECTA DE OPERACIÓN QUE PASA POR EL PUNTO $(x_d; x_d)$ Y EL DE INTERSECCIÓN DE LA LÍNEA " q " CON LA CURVA DE EQUILIBRIO. EN EL CASO DE SER QUE ESTA RECTA DE OPERACIÓN CORTE A LA CURVA DE EQUILIBRIO EN OTROS PUNTOS INTERMEDIOS, SU COEFICIENTE ANGULAR NO SERÁ LA RELACIÓN DE REFLUJO MÍNIMA, YA QUE INDICARÍA QUE EL VAPOR PROCEDENTE DE UNA PLATO, SERÍA MÁS RICO EN EL COMPONENTE MÁS VOLÁTIL QUE EL VAPOR EN EQUILIBRIO CON EL LÍQUIDO DE DICHO PLATO, LO CUAL ES IMPOSIBLE. EN ESTA SITUACIÓN PARTICULAR SE DEFINE LA RELACIÓN DE REFLUJO MÍNIMA POR EL COEFICIENTE ANGULAR DE LA RECTA QUE PASA POR EL PUNTO $(x_d; x_d)$, Y ES TANGENTE A LA CURVA DE EQUILIBRIO.

LA RECTIFICACIÓN EN MARCHA CONTINUA, CORRESPONDE AL CASO EN QUE LOS CAUDALES MOLARES DE ENTRADA Y SALIDA DE LA COLUMNA PERMANECEN CONSTANTES.

SE DESIGNARÁ POR " F ", AL CAUDAL DE ALIMENTACIÓN; SIENDO " D " , EL CAUDAL DEL PRODUCTO DESTILADO; " W ", EL CAUDAL DE COLAS. x_f , x_d , Y x_w SUS COMPOSICIONES RESPECTIVAS.

UN BALANCE TOTAL DE MATERIA Y OTRO APLICADO AL COMPONENTE MÁS VOLÁTIL (ETANOL) CONDUCE A LAS SIGUIENTES ECUACIONES:

$$F = D + W \quad (23)$$

$$F x_f = D x_d + W x_w \quad (24)$$

PARA RESOLVER ESTE SISTEMA DE ECUACIONES, ES NECESARIO CONOCER CUATRO INCÓGNITAS, EN ESTE CASO $(D, x_d, W \text{ y } x_w)$,

ADEMÁS DE LA CANTIDAD Y COMPOSICIÓN DE LA ALIMENTACIÓN (F, X_f).
COMO DOS DE LAS INCOGNITAS PUEDEN SER FIJADAS ARBITRARIAMENTE,
ES EVIDENTE QUE LA RECTIFICACIÓN DE UNA ALIMENTACIÓN DE
COMPOSICIÓN CONOCIDA, PUEDE DAR LUGAR A PRODUCTOS DE CABEZA Y
COLAS EN CANTIDADES Y COMPOSICIONES DIVERSAS, QUE SON VALORES
ASIGNADOS A DOS DE LAS VARIABLES INDEPENDIENTES.

CAPÍTULO III

MEZCLA ETANOL - AGUA

I I I . - M E Z C L A E T A N O L - A G U A

a) . - P R O P I E D A D E S D E L A M E Z C L A E T A N O L - A G U A

PARA LA SELECCIÓN DE LA MEZCLA, SE BUSCÓ QUE LOS COMPONENTES DE ÉSTA FUERAN DE FÁCIL ADQUISICIÓN, ASÍ COMO TAMBIÉN TUVIERAN UN BAJO COSTO, PUES LAS CANTIDADES QUE ES NECESARIO USAR PARA UN PROCESO CONTINUO SON GRANDES; ADEMÁS, QUE SE TUVIERA EL MAYOR NÚMERO DE DATOS DE DICHA MEZCLA, Y QUE SE PUDIERAN CUANTIFICAR LAS CONCENTRACIONES DE MANERA RÁPIDA Y CONFIABLE.

EN ESTE CAPÍTULO, SE MUESTRAN LOS CÁLCULOS HECHOS PARA CONOCER EL EQUILIBRIO DE ESTA MEZCLA A LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE LA CIUDAD DE GUADALAJARA.

b) . - A N Á L I S I S P O R R E F R A C T O M E T R Í A

ENTRE LOS MÉTODOS PARA EL ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA, SE ENCONTRÓ QUE EL DE REFRACTOMETRÍA ES EL MÁS RÁPIDO, PRECISO, Y LO MÁS IMPORTANTE, QUE NO REQUIERE DE UNA MUESTRA GRANDE PARA SU ANÁLISIS, SINO SÓLO DE UNAS GOTAS.

LA PREPARACIÓN DE LAS DIFERENTES CONCENTRACIONES DE LA MEZCLA BINARIA PARA ELABORAR LA CURVA STANDARD, SE LLEVÓ A CABO TENIENDO ESPECIAL CUIDADO EN LA TEMPERATURA, PUES ESTA MEZCLA ES ESPECIALMENTE SENSIBLE A LOS CAMBIOS DE TEMPERATURA, LO CUAL AFECTA SU ÍNDICE DE REFRACCIÓN DE MANERA APRECIABLE, Y ELLO LLEVARÍA A UN ERROR SIGNIFICATIVO EN LOS RESULTADOS.

EL MÉTODO SEGUIDO PARA LA ELABORACIÓN DEL STANDARD FUE EL SIGUIENTE :

a) . - T O M A R C O M O B A S E 1 0 G R A M O S T O T A L E S D E M E Z C L A .

- b).- VARIAR LAS CANTIDADES DE AMBOS COMPONENTES DE LA MEZCLA, DESDE CERO GRAMOS DEL COMPONENTE MÁS VOLÁTIL, HASTA LLEGAR A 10 GRAMOS DEL COMPONENTE MENOS VOLÁTIL Y CERO DEL MÁS VOLÁTIL. (EN UNA BALANZA ANALÍTICA SE PRECISAN LAS CANTIDADES INTERMEDIAS DE LA MUESTRAS).
- c).- TOMAR EL ÍNDICE DE REFRACCIÓN PARA CADA UNA DE LAS MUESTRAS.
- d).- CALCULAR LA FRACCIÓN MOL PARA CADA UNA DE LAS MUESTRAS DEL COMPONENTE MÁS VOLÁTIL (A), A PARTIR DE LA ECUACIÓN :

$$X_A = \frac{(W_A / M_A)}{(W_A / M_A) + (W_B / M_B)} \quad (25)$$

EN DONDE :

- W_A = PESO EN GRAMOS DE ETANOL.
- W_B = PESO EN GRAMOS DE AGUA.
- M_A = PESO MOLECULAR DEL ETANOL.
- M_B = PESO MOLECULAR DEL AGUA.
- X_A = FRACCIÓN MOLAR DEL ETANOL.

AL OBSERVAR LA CURVA DE FRACCIÓN MOLAR CONTRA EL ÍNDICE DE REFRACCIÓN, SE PUEDE VER QUE AL AUMENTAR LA CONCENTRACIÓN, SE INCREMENTA EL ÍNDICE DE REFRACCIÓN HASTA LLEGAR A UN MÁXIMO, Y

POSTERIORMENTE SUFRE UNA DISMINUCIÓN PAULATINA EN LOS VALORES, LO QUE CONDUCE AL INCONVENIENTE DE TENER UN MISMO ÍNDICE DE REFRACCIÓN PARA DOS CONCENTRACIONES DIFERENTES, ES DECIR; A PARTIR DE LA CONCENTRACIÓN DEL 53.5 % EN PESO SE TIENE LA INCERTIDUMBRE DE CUÁL ES LA CONCENTRACIÓN REAL DE LA MUESTRA, SI SE UTILIZA SÓLO EL ANÁLISIS DE REFRACTOMETRÍA. PARA CORROBORAR LA CONCENTRACIÓN, SE INCLUYÓ UN SEGUNDO ANÁLISIS, CONSISTENTE EN EL MÉTODO DE DENSIDADES DE LA MEZCLA HIDRO-ETANÓLICA, CON LO CUAL DESAPARECE POR COMPLETO LA INCERTIDUMBRE DE LA CONCENTRACIÓN, AUNQUE CABE ACLARAR, QUE SÓLO SE USÓ ESTE MÉTODO AUXILIAR PARA ESTABLECER LA UBICACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE LA MUESTRA.

EN EL APÉNDICE I SE PRESENTAN LAS TABLAS DE ÍNDICE DE REFRACCIÓN VS: CONCENTRACIÓN Y DE DENSIDAD VS: CONCENTRACIÓN.

c).- DETERMINACIÓN DEL EQUILIBRIO DE LA MEZCLA ETANOL-AGUA A LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE LA CIUDAD DE GUADALAJARA

YA QUE EL EQUILIBRIO DE LA MEZCLA ETANOL-AGUA VARIÁ SENSIBLEMENTE CON LA DISMINUCIÓN DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA, FUE PRECISO EVALUAR EL EQUILIBRIO A LA PRESIÓN DE GUADALAJARA (600 mmHg EN PROMEDIO ANUAL), PARA LO CUAL SE UTILIZÓ LA ECUACIÓN Y PARÁMETROS DE WILSON (10).

(PARA MAYOR INFORMACIÓN VER APÉNDICE II).

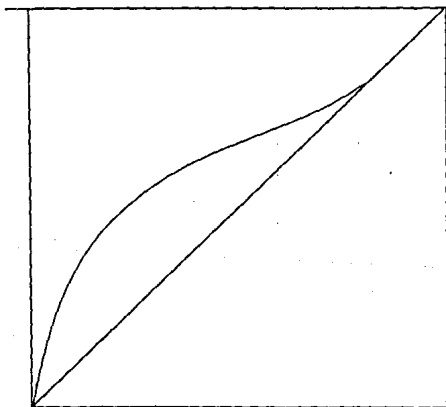
PARA EVITAR LA REPETICIÓN EN CÁLCULOS, COMO TAMBIÉN LOS POSIBLES ERRORES QUE PODRÍA IMPLICAR ESTO, SE USÓ UN PROGRAMA EN LENGUAJE BASIC EN UNA MICROCOMPUTADORA HP-150 PARA EFECTUAR EL CÁLCULO DEL EQUILIBRIO.

(PARA MAYOR INFORMACIÓN VER APÉNDICE III).

A CONTINUACIÓN SE MUESTRA UNA TABLA DE DATOS DE TEMPERATURA
CONTRA LAS COMPOSICIONES DE LAS FASES VAPOR Y LÍQUIDO.

TABLA III - 1

TEMP. (°C)	X1	Y1
73.4	0.8790	0.8790
73.5	0.7960	0.8156
74.0	0.6605	0.7342
75.0	0.5160	0.6668
76.5	0.3320	0.5917
78.0	0.2200	0.5401
79.0	0.1715	0.5121
80.0	0.1370	0.4853
82.5	0.0843	0.4216
85.0	0.0507	0.3399
90.0	0.0176	0.1791



X

FIG. III-1 EQUILIBRIO DE X vs. Y

CAPÍTULO IV
EXPERIMENTACIÓN

IV.- EXPERIMENTACIÓN

a).- MODELO DE LA RUTINA DE OPERACIÓN

PARA SELECCIONAR LA COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA, SE REALIZARON VARIAS PRUEBAS CON COMPOSICIONES DIFERENTES, TOMANDO COMO ÚNICO OBJETIVO : EL FÁCIL CONTROL DE LA MINI-INUNDACIÓN. ESTE FENÓMENO SE PRESENTA CUANDO EL FLUJO DE LÍQUIDO QUE REGRESA A CONTRACORRIENTE CON EL VAPOR REBASA CIERTOS LÍMITES DE FLUJO, POR LO CUAL, EL VAPOR BURBUJEA A UNA CAPA DE LÍQUIDO QUE SE LOCALIZA EN LA PARTE INTERMEDIA DE LA TORRE, ASEGURÁNDOSE CON ESTO UN INTERCAMBIO CALÓRICO Y DE MASA ENTRE AMBAS FASES . EL OBJETIVO ES MANTENER CONSTANTE A CIERTA ALTURA ESTA MINI-INUNDACIÓN, PARA OBTENER ASÍ CONSTANTE ESTE INTERCAMBIO.

LA ALIMENTACIÓN DE LA TORRE FUE UN LÍQUIDO FRÍO, ABAJO DE SU TEMPERATURA DE EBULLICIÓN. (TEMPERATURA DE ENTRADA PROMEDIO 20°C).

COMO RESULTADO DE ESTAS PRUEBAS PRELIMINARES, SE OBTUVO QUE LA CONCENTRACIÓN APROXIMADA AL VALOR DE 0.3 MOLAR RESULTÓ SER EL LÍMITE MÁXIMO DE CONCENTRACIÓN PARA CONTROLAR LA MINI-INUNDACIÓN DE LA TORRE EN ESTE PROCESO CONTINUO, Y SE SELECCIONÓ COMO BASE PARA LAS PRUEBAS DE DESTILACIÓN.

1.- CARGA DE LA TORRE Y ALIMENTO

PARA PREPARAR LA MEZCLA QUE SERVIRÍA TANTO COMO CARGA INICIAL, COMO EL POSTERIOR ALIMENTO A LA TORRE, SE PREFIRIÓ LA MEDICIÓN DE PESOS, POR LA RAZÓN DE QUE LAS CANTIDADES A USAR ERAN DE 25 A 50 LITROS DE MEZCLA, Y RESULTABA MÁS PRECISO EFECTUAR

MEDICIONES DE PESO QUE DE VOLUMEN.

YA CONOCIDAS LAS PROPIEDADES DE DICHA MEZCLA, ÉSTA SE PREPARÓ COMO SIGUE :

A = ETANOL (COMPONENTE MÁS VOLÁTIL)

B = AGUA (COMPONENTE MENOS VOLÁTIL)

PESOS MOLECULARES

MA = 46.069 g/mol

MB = 18.015 g/mol

COMO LA FRACCIÓN SELECCIONADA ES DE APROX 0.30, EQUIVALENTE AL 50% PESO, SE PROCEDIÓ A CALCULAR LOS PESOS CORRESPONDIENTES PARA CADA COMPONENTE APLICANDO LA ECUACIÓN (26) :

$$X_A = \frac{\frac{W_A}{M_A}}{\frac{W_A}{M_A} + \frac{W_B}{M_B}} \quad (26)$$

EN DONDE :

X_A FRACCIÓN MOLAR, SE VERIFICA POR REFRACTOMETRÍA.

2.- ARRANQUE DE LA TORRE

UNA VEZ PREPARADA LA MEZCLA DE ETANOL - AGUA A LA CONCENTRACIÓN PRE-ESTABLECIDA, SE COLOCÓ EN EL CALDERÍN DE LA TORRE UN TOTAL DE 9 KILOGRAMOS DE LA MEZCLA.

SE CONECTÓ EL INTERRUPTOR UTILIZANDO UN TOTAL DE 3 RESISTENCIAS AL 90 % , QUE EQUIVALEN A UN TOTAL DE 2.7 DE SU CAPACIDAD TOTAL DE CALENTAMIENTO; LA TEMPERATURA MÁXIMA PARA EL MEDIO CALEFACTOR FUE DE 145° C; LA VÁLVULA DE REFLUJO SE COLOCÓ EN CERO (L/V = 0); ADEMÁS, SE CERRARON LAS VÁLVULAS DE ALIMENTO Y DEL PRODUCTO DE COLAS.

ASÍ, EL CONTROL MAESTRO AUTOMÁTICO CONTROLABA LA VELOCIDAD DE CALENTAMIENTO Y LA TEMPERATURA MÁXIMA PARA EL MEDIO CALEFACTOR.

CON ESTAS CONDICIONES DE CALENTAMIENTO SE ESPERABA A QUE LA MINI-INUNDACIÓN ALCANZARA UNA ALTURA DE 100 cm A PARTIR DE LA BASE DE LA COLUMNA. EN EL PRECISO MOMENTO EN QUE SE LOGRABA ESTA CONDICIÓN, SE PROCEDÍA A ABRIR LAS VÁLVULAS DE REFLUJO, ALIMENTO Y PRODUCTO DE COLAS A LOS VALORES DE LOS CAUDALES PREVIAMENTE CALCULADOS PARA LAS CONDICIONES DE EQUILIBRIO.

A PARTIR DE ESTE MOMENTO SE VERIFICABAN LOS CAUDALES DE ENTRADA, DESTILADO, PRODUCTO DE COLAS, ASÍ COMO SUS CONCENTRACIONES RESPECTIVAS.

3.- REFLUJO MÍNIMO

CON EL FIN DE CONOCER EL REFLUJO MÍNIMO, SE CALCULÓ PRIMERAMENTE LAS CONDICIONES DE LA ALIMENTACIÓN, QUE SE PUEDEN REPRESENTAR POR LA FRACCIÓN LÍQUIDA. PARA ELLO SE APLICÓ LA ECUACIÓN (17):

$$q = \frac{HG - HF}{HG - HL}$$

COMO SE TRATA DE UNA MEZCLA, SE CALCULO EL CALOR ESPECIFICO DE LA ALIMENTACION: ($X_A = .30$, $X_B = .70$), $T_{alm} = 20^\circ C$, $T_{referencia} = 0^\circ C$, $T_{eb. MEZCLA} = 76.9^\circ C$ A 630 mmHg. SIENDO LOS CALORES ESPECIFICOS Y LATENTES LOS SIGUIENTES. (9):

COMPONENTE	CALOR ESPECIF. C_p (kcal/kg,C)	CALOR LATENTE (kcal/kg)	M
ETANOL	0.62	210	46.06
AGUA	1.00	580	18.00

EL CALOR ESPECIFICO DE LA ALIMENTACION SE CALCULA UTILIZANDO LA ECUACION PARA UNA MEZCLA, QUE ES LA SIGUIENTE.

$$C_M = X_A C_{PA} M_A + X_B C_{PB} M_B \quad (27)$$

EN DONDE:

X : ES LA FRACCION PARA CADA COMPONENTE.

M : ES EL PESO MOLECULAR DE CADA COMPONENTE.

C_P : ES EL CALOR ESPECIFICO DE LOS COMPONENTES PUROS.

ENTONCES EL CALOR ESPECIFICO DE LA ALIMENTACION ES :

$$C_M = (0.30) (0.62 \text{ kcal/kg,C}) (46.06 \text{ Kg/Kmol}) + (.7) (1 \text{ kcal/kg,C}) (18 \text{ kg/kmol})$$

$$C_M = 21.16 \text{ kcal/kmol,C}$$

Y LA ENTALPIA DE LA ALIMENTACION :

$$H_F = (21.16 \text{ kcal/kmol,C}) (20^\circ C) = 423.2 \text{ kcal/kmol}$$

LA ENTALPIA DE LA ALIMENTACION A LA TEMPERATURA DE EBULLICION :

$$HL = (CM) \times T \quad (28)$$

$$HL = (21.16 \text{ kcal/kmol}, C) (76.9 \text{ } C) = 1\ 627.2 \text{ kcal/kmol}$$

EL CALOR LATENTE DE VAPORIZACIÓN PARA LA MEZCLA :

$$\begin{aligned} HG - HL &= (.3) (210 \text{ kcal/kg}) (45.06 \text{ kg/kmol}) + (.7) \\ &\quad (580 \text{ kcal/kg}) (18 \text{ kg/kmol}) \\ &= 10\ 209.7 \text{ kcal/kmol} \end{aligned}$$

Y EL CALOR NECESARIO PARA CONVERTIR EN VAPOR SATURADO LA ALIMENTACIÓN :

$$\begin{aligned} HG - HF &= 10\ 209.7 + HL - HF \\ &= 10\ 209.7 + 1\ 627.2 - 423.2 \\ &= 11\ 413.7 \text{ kcal/kmol} \end{aligned}$$

POR LO TANTO :

$$q = \frac{11\ 413.7}{10\ 209.7} = 1.117$$

ENTONCES APLICANDO LA ECUACIÓN PARA LA RECTA " q " QUE REPRESENTA LA PENDIENTE DE LA RECTA DE ALIMENTACIÓN. (EN LA EC.21)

$$\text{pendiente} = \frac{1.117}{1.117 - 1} = 9.54$$

POR LO TANTO, AL GRAFICAR Y BUSCAR LA INTERSECCIÓN DE ESTA
 RECTA CON LA DE OPERACIÓN QUE ES TANGENTE A LA CURVA DE
 EQUILIBRIO, SE OBSERVÓ QUE LA ALIMENTACIÓN NO AFECTA A LA
 RENDIENTE, SÓLO EN EL CASO DE QUE LA RECTA "q" TENGA UNA PENDIENTE
 MENOR DE 1.10 COMO SE MUESTRA EN LA GRÁFICA. fig. IV-I

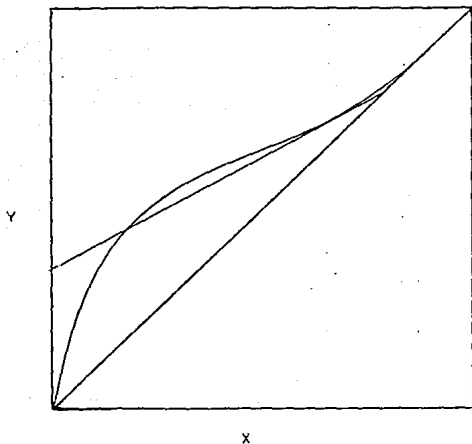


fig.IV-I DETERMINACIÓN DE REFLUJO MÍNIMO

POR LO TANTO, EL REFLUJO INTERNO MÍNIMO SE OBTIENE CON EL
 COEFICIENTE ANGULAR DE LA RECTA QUE PASA POR EL PUNTO (x_d, x_d)

Y QUE ES TANGENTE A LA CURVA DE EQUILIBRIO.

$$R_{\min} = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} = \frac{0.85 - 0.336}{0.85 - 0} = 0.604 \quad (29)$$

EL REFLUJO DE TRABAJO INTERNO PUEDE ESTAR ENTRE (1.2 Y 1.5)
PARA EL PRESENTE TRABAJO SE ESCOGIÓ UN REFLUJO DE TRABAJO
 $R_t = 1.2 R_{\min}$.

COMO EL VALOR DE $V = 84$ ml/min PARA LA TORRE CON ESTA MEZCLA:

$$R_t = 1.2 (0.604) = 0.7248 = \frac{L}{V}$$

ENTONCES:

$$L = 60.88 \text{ ml/min}$$

$$\text{Y COMO } V = L + D$$

$$D = V - L$$

$$D = 84 - 60.88 = 23.11 \text{ ml/min}$$

YA TENIENDO, EL CAUDAL DEL DESTILADO CON ESTE REFLUJO DE TRABAJO, SE CALCULARA LOS CAUDALES DE LA ALIMENTACIÓN Y PRODUCTOS DE COLAS.

LAS CONDICIONES DE CONCENTRACIÓN, DENSIDAD Y MASA MOLECULAR MEDIA SON LAS SIGUIENTES :

	X	(g/ml)	\bar{M}
F alim	0.275	0.915	25.72
D prod	0.850	0.808	41.85
W colas	0.150	0.953	22.20

EL CAUDAL DE CABEZA EN mol/min ES :

$$D = \frac{(23.11 \text{ ml/min}) (0.908 \text{ g/ml})}{(41.85 \text{ g/mol})} = 0.45 \text{ mol/min}$$

UTILIZANDO LAS ECUACIONES (23) Y (24) SE OBTUVIERON LOS CAUDALES DE ALIMENTACIÓN Y PRODUCTO DE COLAS.

$$FXF = DXD + WXW \quad (24)$$

$$F = D + W \quad (23)$$

EN DONDE SUSTITUYENDO RESULTÓ :

$$W = 2.03 \text{ mol/min QUE EQUIVALE } 47.26 \text{ ml/min}$$

$$F = 2.48 \text{ mol/min QUE EQUIVALE } 69.65 \text{ ml/min}$$

A PARTIR DE ESTOS VALORES, SE PROCEDIÓ A LA DESTILACIÓN CONTINUA, OBTENIENDO LOS SIGUIENTES RESULTADOS QUE SE MUESTRAN EN LAS HOJAS DE OPERACIÓN.

b).- RESULTADOS EXPERIMENTALES.

SE REALIZARON QUINCE CORRIDAS EXPERIMENTALES, DE LAS CUALES TRES APARECEN A CONTINUACIÓN Y SON LAS QUE PRESENTAN UN MEJOR COMPORTAMIENTO. DE TODAS ELLAS, DOS NO FUERON CONCLUIDAS DEBIDO A INTERRUPCIONES EN EL SUMINISTRO ELÉCTRICO Y FALTA DE AGUA (YA QUE AL TRANSCURSO DEL TIEMPO, EL AGUA RECIRCULADA EN LOS REFRIGERANTES SE CALENTABA Y ERA NECESARIO CAMBIARLA, Y ESTO AFECTA DIRECTAMENTE EN UNA EFICIENTE CONDENSACIÓN DE LOS

VAPORES). EN LAS DIEZ RESTANTES NO SE OBSERVÓ EL COMPORTAMIENTO DESEADO YA QUE PRESENTABA ALTIBAJOS EN LA CONCENTRACIÓN DE DESTILADO Y RESIDUO (ES DE PENSARSE QUE LA CAUSA QUE ORIGINABA ÉSTO, ERAN VARIACIONES EN LA CORRIENTE ELÉCTRICA YA QUE ÉSTA AFECTA EL FUNCIONAMIENTO DE LA TORRE EN GENERAL: RESISTENCIAS ELÉCTRICAS, BOMBA DE AGUA Y ALIMENTO DE LA TORRE).

LAS DOCE CORRIDAS RESTANTES APARECEN EN EL APÉNDICE IV.

LA HORA CERO SE REFIERE AL MOMENTO EN QUE LA MINI-INUNDACIÓN ALCANZA LA ALTURA DE 100 cm, Y EN ESE PRECISO MOMENTO SE ABRÍAN LAS VÁLVULAS PARA INICIAR EL PROCESO CONTINUO.

TABLA IV-1

E X P E R I M E N T O N o 1

CARGA INICIAL	8 KILOS
ÍNDICE DE REFRACCIÓN	1.3634
COMPOSICIÓN XF	0.275
3 RESISTENCIAS AL 90 %	
TEMPERATURA DEL DISCO	145 G.C.

TIEMPO HR MIN	TEMPERAT. VAPORES	TEMPERAT. CALDERIN	ÍNDICE REFRACCIÓN	% PESO D	ÍNDICE REFRACCIÓN	% PESO W
0	73	80.6	1.3645	86.50	1.3571	38.0
15	73	80.7	1.3639	89.00	1.3564	37.5
30	73	81.0	1.3636	90.50	1.3554	34.0
45	73	81.2	1.3634	91.50	1.3549	33.0
1:00	73	81.2	1.3632	92.00	1.3547	32.5
1:15	73	81.3	1.3632	92.00	1.3541	31.5
1:30	73	81.5	1.3624	95.00	1.3541	31.5
1:45	73	81.5	1.3624	95.00	1.3539	31.0
2:00	73	81.6	1.3624	95.00	1.3536	30.5
2:15	73	81.8	1.3624	95.00	1.3534	30.0
2:30	73	81.8	1.3624	95.00	1.3534	30.0
2:45	73	81.8	1.3624	95.00	1.3534	30.0
3:15	73	81.8	1.3624	95.00	1.3534	30.0
3:30	73	81.8	1.3624	95.00	1.3534	30.0
3:45	73	81.8	1.3624	95.00	1.3534	30.0
4:00	73	81.8	1.3624	95.00	1.3534	30.0

TABLA IV - 2

EXPERIMENTO No 2

CARBA INICIAL 8 KILOS
 ÍNDICE DE REFRACCIÓN 1.3600
 COMPOSICIÓN XF 0.2475
 3 RESISTENCIAS AL 90 %
 TEMPERATURA DEL DISCO 145 G.C.

TIEMPO HR MIN	TEMPERAT. VAPORES	TEMPERAT. CALDERIN	ÍNDICE REFRACCIÓN	% PESO D	ÍNDICE REFRACCIÓN	% PESO W
0	73	81.0	1.3641	88.00	1.3565	36.5
15	73	81.5	1.3636	90.50	1.3558	35.0
30	73	81.5	1.3636	90.50	1.3549	33.0
45	73	81.6	1.3634	91.50	1.3549	33.0
1:00	73	81.6	1.3634	91.50	1.3547	32.5
1:15	73	81.7	1.3631	92.50	1.3544	32.0
1:30	73	82.0	1.3630	93.00	1.3544	32.0
1:45	73	82.0	1.3630	93.00	1.3536	30.5
2:00	73	82.0	1.3630	93.00	1.3534	30.0
2:15	73	82.3	1.3630	93.00	1.3528	29.0
2:30	73	82.3	1.3630	93.00	1.3528	29.0
2:45	73	82.3	1.3630	93.00	1.3530	29.5
3:00	73	82.3	1.3630	93.00	1.3530	29.5
3:15	73	82.3	1.3630	93.00	1.3530	29.5
3:30	73	82.3	1.3630	93.00	1.3530	29.5
3:45	73	82.3	1.3630	93.00	1.3530	29.5
4:00	73	82.3	1.3630	93.00	1.3530	29.5

TABLA IV- 3

EXPERIMENTO No 3

CARGA INICIAL 8 KILOS
 ÍNDICE DE REFRACCIÓN 1.3608
 COMPOSICIÓN XF 0.2670
 3 RESISTENCIAS AL 90 %
 TEMPERATURA DEL DISCO 145 G.C.

TIEMPO HR MIN	TEMPERAT. VAPORES	TEMPERAT. CALDERIN	ÍNDICE, REFRACCIÓN	% PESO D	ÍNDICE, REFRACCIÓN	% PESO W
0	73	80.8	1.3641	88.00	1.3564	37.5
15	73	80.9	1.3636	90.50	1.3571	38.0
30	73	81.4	1.3634	91.50	1.3565	36.5
45	73	81.6	1.3634	91.50	1.3547	32.5
1:00	73	81.6	1.3631	92.50	1.3547	32.5
1:15	73	81.7	1.3631	92.50	1.3541	31.5
1:30	73	81.8	1.3626	94.50	1.3539	31.0
1:45	73	81.8	1.3626	94.50	1.3539	31.0
2:00	73	82.0	1.3626	94.50	1.3536	30.5
2:15	73	82.0	1.3626	94.50	1.3536	30.5
2:30	73	82.0	1.3624	95.00	1.3530	29.5
2:45	73	82.0	1.3626	94.50	1.3530	29.5
3:00	73	82.0	1.3626	94.50	1.3530	29.5
3:15	73	82.0	1.3626	94.50	1.3534	30.0
3:30	73	82.0	1.3626	94.50	1.3530	29.5
3:45	73	82.0	1.3626	94.50	1.3530	29.5
4:00	73	82.0	1.3626	94.50	1.3530	29.5

CAPÍTULO V

ESTUDIO DE LOS RESULTADOS

EXPERIMENTALES

V.- ESTUDIO ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES

DE TODAS LAS CORRIDAS REALIZADAS EN LA DESTILACIÓN CONTINUA, SE SELECCIONARON TRES DE ELLAS PARA ESTABLECER LA REPETITIVIDAD DEL EXPERIMENTO REALIZADO.

PARA ELLO, SE UTILIZÓ EL CAMBIO EN LA CONCENTRACIÓN DEL PRODUCTO DE COLAS EN % EN PESO DE ALCOHOL ETÍLICO CONFORME TRANSCURRE EL TIEMPO DURANTE LA DESTILACIÓN CONTINUA, YA QUE LA CONCENTRACIÓN DEL DESTILADO ES CONSTANTE.

LA PRUEBA ESTADÍSTICA QUE SE UTILIZÓ PARA ESTE FIN, FUE LA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV, APLICÁNDOLA CON LAS TRES CORRIDAS SELECCIONADAS EN LAS TRES COMBINACIONES POSIBLES, PARA ASÍ ESTABLECER SI EXISTE O NO, DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE EL CAMINO SEGUIDO DURANTE LAS CORRIDAS DE LAS DESTILACIONES CONTINUAS. (PARA MAYOR INFORMACIÓN SOBRE ESTA PRUEBA CONSULTAR EL APÉNDICE IV.)

DE ACUERDO A LOS RESULTADOS QUE ARROJA EL APÉNDICE IV SE TIENE LO SIGUIENTE:

EN LA PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV PARA UN TOTAL DE $n = 16$, CON UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA (α) DE 5%, SE OBTIENE UNA $D = 0.327$
(8)

POR LO TANTO LA HIPÓTESIS NULA ES VERDADERA, PUESTO QUE "a" ES MENOR QUE "D" EN TODAS LAS DIFERENCIAS, ES DECIR; NO EXISTE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS TRES CORRIDAS SELECCIONADAS.

CAPITULO VI

OBSERVACIONES Y DISCUSIÓN
DE
RESULTADOS

VI. - OBSERVACIONES Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

DURANTE EL DESARROLLO EXPERIMENTAL DE ESTE TRABAJO SE PRESENTARON LOS SIGUIENTES PROBLEMAS: MANTENER CONSTANTE LA MINI-INUNDACIÓN; ESTABLECER LA CONCENTRACIÓN ÓPTIMA DE LA MEZCLA PARA TENER UN CONTROL DE LA TORRE; LA ADAPTACIÓN DE UNA VÁLVULA QUE PERMITIERA LA ENTRADA DE LIQUIDO PERO NO LA SALIDA DE VAPORES, YA QUE LA ENTRADA DE ALIMENTO SE CONECTÓ A LA PARTE SUPERIOR DEL CALDERÍN (EN LA VÁLVULA DE VAPORES); CONTROLAR LA SALIDA DEL PRODUCTO DE OBLAS Y PARA ELLO SE ADAPTÓ UNA VÁLVULA PARA CAUDALES PEQUEÑOS.

EL PROBLEMA MÁS IMPORTANTE FUE CONTROLAR LA MINI-INUNDACIÓN DE LA TORRE YA QUE DEPENDE DE PARÁMETROS COMO TEMPERATURA, EL PORCENTAJE Y NÚMERO DE RESISTENCIAS UTILIZADAS Y LA CONCENTRACIÓN DE LA MEZCLA, YA QUE ÉSTA ES MUY SENSIBLE A CUALQUIER CAMBIO.

HABIÉNDOSE LOGRADO ESTO, SE REALIZARON VARIAS PRUEBAS DE LAS CUALES, UNAS NO FUERON CONCLUIDAS POR PROBLEMAS QUE SE ENUNCIAN EN EL CAPÍTULO DE RESULTADOS EXPERIMENTALES (PAG. 37), Y DEL RESTO DE LAS CORRIDAS SE SELECCIONARON AQUELLAS QUE FUERON CONSTANTES. PARA APLICAR LAS PRUEBAS ESTADÍSTICAS QUE ACONTINUACIÓN SE DISCUTEN.

AL REALIZAR EL ANÁLISIS DE LAS TRES CORRIDAS SELECCIONADAS PARA DETERMINAR SI EXISTE O NO DIFERENCIA SIGNIFICATIVA EN LAS CONCENTRACIONES OBTENIDAS DURANTE EL TRANSURSO DE LA DESTILACIÓN CONTINUA, SE PUEDE OBSERVAR QUE DE LAS TRES COMBINACIONES RESISTENCIAS PARA ESTAS TRES CORRIDAS EXISTE ESTADÍSTICAMENTE EVIDENCIAS DE QUE LA TORRE DESTILACIÓN PUEDE OPERAR EN PROCESO CONTINUO, PERO ADEMAS ES UN PROCESO REPLICABLE PARA LA MEZCLA

RESUMEN

EL OBJETIVO PLANTEADO EN ESTE TRABAJO, FUE LA ADAPTACIÓN DE LA TORRE DE DESTILACIÓN POR CARGAS EXISTENTE EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICA, A UNA TORRE QUE TRABAJARA ADEMÁS EN PROCESO CONTINUO. PARA ELLO SE REALIZARON LAS SIGUIENTES MODIFICACIONES:

SE LE ADAPTÓ UNA ENTRADA DE ALIMENTO EN LA VÁLVULA DE NUESTRO DE VAPORES DEL MATRAZ DE CARGA. DICHO ALIMENTO ERA PROPORCIONADO POR MEDIO DE UN SISTEMA DE DOSIFICACIÓN, CONSISTENTE EN UNA BOMBA DE CAUDAL VARIABLE Y UN ROTÁMETRO.

CON RESPECTO A LA SALIDA DE RESIDUO (PRODUCTO DE COLAS), TAMBIÉN UBICADA EN EL MATRAZ DE CARGA (EN LA PARTE INFERIOR DE ÉSTE), SE LE ACADICIONÓ UNA VÁLVULA QUE PERMITIERA CONTROLARLA.

LA RUTINA DE OPERACIÓN ERA DE LA SIGUIENTE MANERA:

- a).- PREPARACIÓN DE LA MEZCLA, Y LUEGO CARGAR LA TORRE.
- b).- POSTERIORMENTE SE ENCIENDE EL SISTEMA DE CALENTAMIENTO, Y AL MISMO TIEMPO SE INICIA LA CIRCULACIÓN DE AGUA EN LOS REFRIGERANTES.
- c).- ESPERAR A QUE SE FORME LA MINI - INUNDACIÓN Y ÉSTA SE MANTENGA CONSTANTE, GARANTIZÁNDOSE CON ELLO UNA PRODUCCIÓN DE LÍQUIDO Y VAPOR EN FORMA TAMBIÉN CONSTANTE.
- d).- SE ABREN LAS VÁLVULAS DE ALIMENTO, PRODUCTO DE COLAS Y DE REFLUJO, Y SE CONTROLAN DE ACUERDO A LOS VALORES ESTABLECIDOS.
- e).- CONSEGUIDO EL ESTADO ESTACIONARIO EN EL SISTEMA, SE PROCEDE AL CHEQUEO DE LAS CONCENTRACIONES CADA QUINCE MINUTOS, Y OBSERVAR QUE ÉSTAS SE MANTENGAN.

LOS RESULTADOS OBTENIDOS SE ANALIZARON ESTADÍSTICAMENTE

MEDIANTE LA PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIKNOV, CON LA QUE SE COMPROBÓ QUE LA TORRE SÍ SE PUEDE OPERAR EN PROCESO CONTINUO.

C O N C L U S I O N E S

EL OBJETIVO DE LA REALIZACIÓN DE ESTE TRABAJO DE TESIS FUE SATISFACTORIO, YA QUE LOS DATOS OBTENIDOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS CORRIDAS EFECTUADAS EN PROCESO CONTINUO MUESTRAN QUE NO HAY DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ENTRE LAS DIFERENTES CORRIDAS ANALIZADAS; ESTO CON RESPECTO AL CAMINO QUE SIGUEN LAS CONCENTRACIONES DE PRODUCTOS DE COLAS Y ALIMENTO HASTA ALCANZAR EL ESTADO ESTACIONARIO.

ELLO QUIERE DECIR QUE EL PROCESO PARA LOGRAR EL ESTADO ESTACIONARIO ES REPETITIVO.

POR LO TANTO SE CONCLUYE QUE LA TORRE DE DESTILACIÓN INTERMITENTE, TAMBIÉN PUEDE OPERARSE EN CONTINUO.

SE SUGIERE LA REALIZACIÓN DE OTROS ESTUDIOS DE MEZCLAS EN PROCESOS CONTINUOS ASÍ COMO LA DESTILACIÓN CONTINUA CON VACÍO PARA DESPLAZAR EL AZEÓTROPO DE LA MEZCLA .

BIBLIOGRAFIA

- (1) BADGER, W.L. Y BANCHERO, J.T.
" INTRODUCCION A LA INGENIERIA QUIMICA "
MC GRAW HILL
MADRID, 1964
- (2) BARRON R.
" DISTILLATION OF ALCOHOL "
PUBLISHED BY DIVISION OF. EQ. LOUISVILLE, KENTUCKY; 1944
- (3) HOLMES H.C. Y VAN WINCLE M
" IND. AND ENGINERY CHEMICAL "
VOL 62, NUM 1 ENERO 1970
- (4) KREYSZIG ERWIN
" INTRODUCCION A LA ESTADISTICA MATEMATICA "
LIMUSA.
MEXICO, 1976
- (5) MAINTOSH G. G .
" INDUSTRIAL ALCOHOL "
SECOND REVISED ED.
- (6) OODN, J. Y TOJO
" PROBLEMAS DE INGENIERIA QUIMICA "
EDITORIAL MEDICAR S.A.
2a ED. MEXICO; 1968
- (7) PERRY R. H AND CHILTON C.H.
" CHEMICAL ENGINEER'S HANDBOOK "
MC GRAW HILL
FOURTH EDITION. NEW YORK, 1963
- (8) SMITH, VAN NESS.
" INTRODUCCION A LA TERMODINAMICA EN INGENIERIA QUIMICA "
MCGRAW-HILLBOOK.

(7) TROYANI, R.E.
" OPERACIONES CON TRANSFERENCIA DE MASA "
EDITORIAL HISPANO AMERICANA S.A.
BUENOS AIRES; 1973

(10) ENCICLOPEDIA DE LA TECNOLOGIA QUIMICA
TOMO I
UTEHA
MÉXICO, 1970

APÉNDICE I

A CONTINUACIÓN SE PRESENTA UNA TABLA DE VALORES PARA LA CURVA ESTANDARD; POSTERIORMENTE UNA TABLA DE DENSIDADES DE LA MEZCLA BINARIA CONTRA EL PORCENTAJE EN PESO, UTILIZÁNDOSE SÓLO A PARTIR DEL 40 %, QUE ES DONDE SE EMPIEZA CON EL PROBLEMA DE DUPLICACIÓN DE ÍNDICES DE REFRACCIÓN PARA DOS CONCENTRACIONES DIFERENTES.

TABLA 1-1

CURVA DE CALIBRACION
 INDICE DE REFRACCION VS. PORCENTAJE EN PESO

No.	WA	WB	n	WA	% WA
1	0.0000	10.0000	1.0320	0.00000	0.000
2	1.0062	9.0311	1.0393	0.04175	10.005
3	1.9993	8.0667	1.0467	0.08815	19.523
4	3.0019	7.0550	1.0533	0.14257	29.004
5	4.0006	6.0293	1.0579	0.20614	34.906
6	5.0525	5.0146	1.0610	0.28264	50.138
7	5.0020	4.0404	1.0631	0.36745	59.767
8	7.0369	3.0169	1.0646	0.47702	69.992
9	8.0028	2.0428	1.0649	0.60503	79.565
10	9.0000	1.0186	1.0650	0.77561	89.537
11	10.0000	0.0000	1.0608	1.00000	100.000

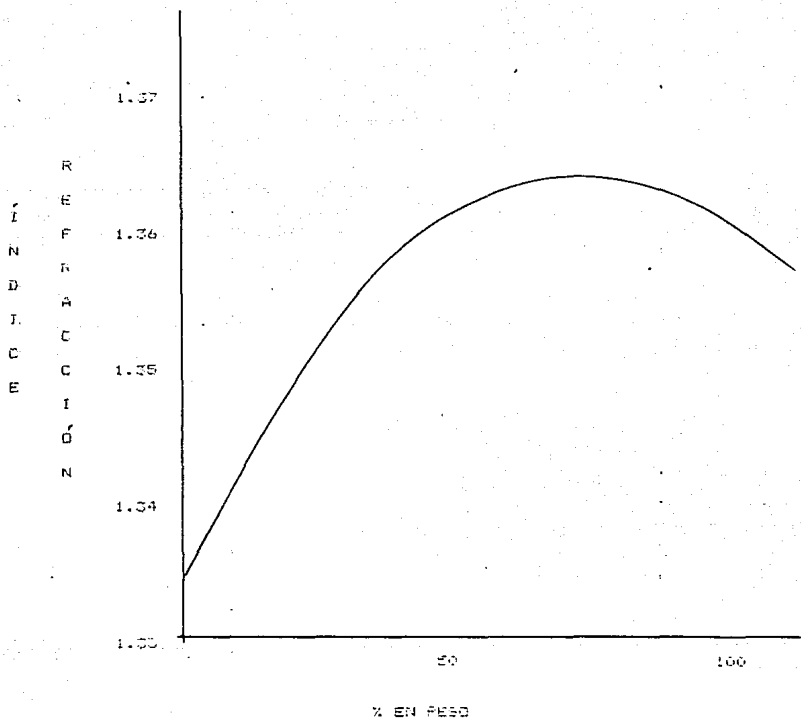


FIGURA I-1 CURVA DE CALIBRACIÓN

TABLA 1 - 2

TABLA DE DENSIDADES PARA LA MEZCLA HIDRO - ETANOLICA

(Temperatura de 20 C)

% EN PESO ETANOL	DENSIDAD	% EN PESO ETANOL	DENSIDAD

40	0.9368	72	0.8692
42	0.9327	74	0.8644
44	0.9285	76	0.8598
46	0.9242	78	0.8498
48	0.9198	80	0.8449
50	0.9154	82	0.8399
52	0.9109	84	0.8349
54	0.9064	86	0.8298
56	0.9019	88	0.8246
58	0.8973	90	0.8194
60	0.8927	92	0.8140
62	0.8880	94	0.8084
64	0.8833	96	0.8028
66	0.8786	98	0.7968
68	0.8739	100	0.7907
70	0.8692		

APÉNDICE II

DETERMINACIÓN DEL EQUILIBRIO DE LA MEZCLA ETANOL-AGUA A LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE LA CIUDAD DE GUADALAJARA.

LA ECUACIÓN ES LA SIGUIENTE :

$$A_{ij} = \frac{V_j}{V_i} \exp - \frac{(\lambda_{ij} - \lambda_{ii})}{RT} \quad (2-1)$$

EN DONDE V_i Y V_j SON LOS VOLÚMENES ESPECÍFICOS A LA TEMPERATURA (T) EN GRADOS ABSOLUTOS. LAS CONSTANTES PARA LA MEZCLA ETANOL- AGUA SON :

$$\text{SI : ETANOL} = 1 \quad \lambda_{12} - \lambda_{11} = 382.30 \text{ cal / g mol}$$

$$\text{AGUA} = 2 \quad \lambda_{12} - \lambda_{22} = 955.45 \text{ cal / g mol}$$

SE CALCULAN LOS PARÁMETROS A_{12} Y A_{21} USANDO LOS VOLÚMENES ESPECÍFICOS QUE SE OBTIENEN DE TABLAS (9 , 10)

$$\ln 1 = - \ln (X_1 + A_{12}X_2) + X_2 \frac{A_{12}}{X_1 + A_{12}X_2} - \frac{A_{21}}{A_{21}X_1 + X_2} \quad (2-2)$$

$$\ln 2 = - \ln (X_2 + A_{21}X_1) - X_1 \frac{A_{12}}{X_1 + A_{12}X_2} - \frac{A_{21}}{A_{21}X_1 + X_2} \quad (2-3)$$

Y EN DONDE LA PRESIÓN TOTAL ES :

$$PT = X_1 \gamma_1 P_{1sat} + X_2 \gamma_2 P_{2sat} \quad (2-4)$$

EL PROCEDIMIENTO PARA OBTENER LOS VALORES FUE EL SIGUIENTE: SE SELECCIONAN TEMPERATURAS INTERMEDIAS A LAS DOS DE EBULLICIÓN DE LOS LÍQUIDOS Puros; SE BUSCA EN TABLAS LAS PRESIONES DE SATURACIÓN Y SUS VOLUMENES ESPECÍFICOS, Y A PARTIR DE ÉSTOS, SE CALCULAN LOS VALORES A12 Y A21 ; CON LA AYUDA DEL PROGRAMA Y LA MICROCOMPUTADORA, SE LE ASIGNAN VALORES A X1 PARA OBTENER UNA PRESIÓN DE 630 mmHg MEDIANTE EL PROCEDIMIENTO DE PRUEBA Y ERROR. CON ESTOS RESULTADOS SE VA ELABORANDO EL EQUILIBRIO PARA ESTA MEZCLA.

A CONTINUACIÓN SE MUESTRAN LAS TABLAS DE ESTOS CÁLCULOS.

CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS DE WILSON

* TEMP * * (C) *	* V1 * * ETANOL *	* V2 * * H2O *	* P1 sat * * mmHg *	* P2 sat * * mmHg *	* A12 *	* A21 *
73.4	62.2347	18.441	623.46	271.37	0.17007	0.84265
73.5	62.243	18.446	626.01	272.48	0.1701	0.8429
74.0	62.265	18.452	638.89	278.02	0.1702	0.8449
75.0	62.363	18.463	665.32	289.10	0.1702	0.8624
76.5	62.484	18.481	706.67	308.90	0.1706	0.8546
78.0	62.604	18.498	750.13	328.70	0.1708	0.8605
79.0	62.685	18.509	780.33	341.90	0.1710	0.8645
80.0	62.765	18.521	811.53	355.10	0.1711	0.8684
82.5	62.966	18.549	894.08	388.10	0.1715	0.8782
85.0	63.166	18.582	983.49	433.60	0.1719	0.8878
90.0	63.568	18.646	1184.58	525.76	0.1727	0.9070

CÁLCULO DE LAS CONCENTRACIONES DE LÍQUIDO Y VAPOR A 630 mmHg

" VALORES GENERADOS A PARTIR DEL PROGRAMA DE COMPUTADORA "

TEMP (C)	X1	Y1	P1 mmHg	P2 mmHg	1	2	P TOT.
73.4	0.8790	0.8790	553.74	76.23	1.0104	2.3216	629.97
73.5	0.7960	0.8156	513.86	116.21	1.0312	2.0906	630.06
74.0	0.6605	0.7342	462.54	167.46	1.0960	1.7742	629.99
75.0	0.5160	0.6668	420.10	209.90	1.2237	1.5000	630.04
76.5	0.3320	0.5917	372.85	257.27	1.5892	1.2468	630.12
78.0	0.2200	0.5401	340.87	289.10	2.0655	1.1276	629.97
79.0	0.1715	0.5121	322.67	307.36	2.4111	1.0851	630.04
80.0	0.1370	0.4853	305.86	324.43	2.7511	1.0587	630.03
82.5	0.0843	0.4216	268.64	364.46	3.5245	1.0255	630.01
85.0	0.0507	0.3399	214.20	415.80	4.2959	1.0103	630.05
90.0	0.0176	0.1791	112.84	517.22	5.4128	1.0014	630.07

AFÉNDICE III

DETERMINACIÓN DEL EQUILIBRIO PARA UNA MEZCLA ETANOL- AGUA A LA
 PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE GUADALAJARA, POR MEDIO DE UN PROGRAMA DE
 COMPUTADORA EN LENGUAJE BASIC.

```

100 INPUT "DAR VALORES A12, A21, Psat1, Psat2" ; A12, A21, S1, S2
200 PRINT " X1      GAMA 1      GAMA 2      P1      P2      PT      Y1"
300 FOR X1=0 TO 1.1 STEP .1
400 X2=1-X1
500 K1=X1+X2*A12
600 K2=X2+X1*A21
700 K3=A12/K1-A21/K2
800 G1=EXP(-LOG(K1)+X2*K3)
900 G2=EXP(-LOG(K2)-X1*K3)
1000 P1=X1*G1*S1
1100 P2=X2*G2*S2
1200 PT=P1+P2
1300 Y1=P1/PT
1400 PRINT USING "hhk kk.kkk kk.kkk kk.k kk.k kk.k kk.k"; X1;
      G1; G2; P1; P2; PT; Y1
1500 NEXT X1
1600 END

```

APÉNDICE IV

PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV PARA FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS (BONDAD DE AJUSTE)

ESTA PRUEBA SE UTILIZA PARA PROBAR LA HIPÓTESIS DE QUE CIERTA FUNCIÓN $F(x)$ ES LA FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS ACUMULADAS DE UNA POBLACIÓN CUYA VARIABLE ES CONTINUA.

EN ESTA PRUEBA LA HIPÓTESIS NULA ES $F(x_1) = F(x_2) = F(x_3)$ Y LA HIPÓTESIS ALTERNATIVA QUE $F(x_1) \neq F(x_2) \neq F(x_3)$.

PARA RECHAZAR O NO LA HIPÓTESIS NULA SE TIENE QUE CONOCER QUÉ TANTO PUEDE VARIAR $F(x_1)$ DE $F(x_2)$, $F(x_1)$ DE $F(x_3)$ Y $F(x_2)$ DE $F(x_3)$, AUNQUE ESTA HIPÓTESIS SEA CIERTA (DADO QUE ESTA VARIACIÓN SE SUPONE DEBIDA A ERRORES AL AZAR).

PROCEDIMIENTO SEGUIDO

- a).- SE ENUMERARON LA PRIMERAS DIECISEIS MUESTRAS TOMADAS DEL PRODUCTO DE COLAS DURANTE LA DESTILACIÓN.
- b).- SE CALCULÓ LA FRECUENCIA RELATIVA DIVIDIENDO EL VALOR DE CADA MUESTRA ENTRE LA SUMA TOTAL DE LOS DIECISEIS .
- c).- SE CALCULÓ LA FRECUENCIA ACUMULADA SUMANDO EL VALOR DE LA MUESTRA EN CUESTIÓN A LA SUMA DE LA MUESTRAS ANTERIORES A ELLA.
- d).- SE DETERMINÓ LA DIFERENCIA ENTRE LAS FRECUENCIAS ACUMULADAS DE LAS DOS MUESTRAS PARA OBTENER :

$$a = (n+1 \text{ Facum1} - n \text{ Facum2}).$$

- e).- SE DETERMINÓ LA DIFERENCIA ENTRE LAS DOS FRECUENCIAS ACUMULADAS DE LAS DOS MUESTRAS PARA OBTENER :

$$a = (n) \text{Facum1} - (n) \text{Facum2.}$$

- f).- SE DETERMINÓ LA DIFERENCIA MÁXIMA " a " .

- g).- SE ESCOGIÓ EL NIVEL DE SIGNIFICANCIA (α).

- h).- SE DETERMINÓ EL VALOR MÁXIMO PERMISIBLE " D " , DE LAS TABLAS PARA EL TAMAÑO DE LA MUESTRA Y EL NIVEL DE SIGNIFICANCIA ESCOGIDO. (θ)

- i).- SE COMPARÓ EL " a MAX." CON " D " PARA RECHAZAR O NO LA HIPÓTESIS NULA.

A CONTINUACIÓN SE MUESTRAN LOS TRES ANÁLISIS DE LAS CORRIDAS SELECCIONADAS .

EN LA PRIMER COLUMNA, SE MUESTRA CON UN NÚMERO PROGRESIVO EL NÚMERO DE LA MUESTRA, EN DONDE LA MUESTRA DE TIEMPO CERO SERÁ LA NÚMERO UNO Y POSTERIORMENTE CADA UNO CON UN INTERVALO DE 15 min. ENTRE UNA MUESTRA Y OTRA.

LA SEGUNDA COLUMNA, ES EL PORCENTAJE EN PESO DE ETANOL DEL PRODUCTO DE COLAS.

LA TERCER COLUMNA, LA FRECUENCIA RELATIVA CON RESPECTO AL VALOR TOTAL DE LAS DIECISEIS MUESTRAS.

LA CUARTA, MUESTRA LA FRECUENCIA ACUMULADA PARA ESTA DISTRIBUCIÓN DE VALDRES .

EN LA QUINTA COLUMNA a_1 , ESTABLECE LA DIFERENCIA ENTRE $(n + 1) F \text{ ACUM1} - (n) F \text{ ACUM2}$.

LA COLUMNA CON a_2 ESTABLECE LA DIFERENCIA ENTRE $(n) F \text{ ACUM1} - (n) F \text{ ACUM2}$ EN DONDE n INDICA EL NÚMERO DE LA MUESTRA UTILIZADA.

LA HIPÓTESIS PARA ESTE ANÁLISIS ES QUE AMBAS DISTRIBUCIONES
SIGUEN LA MISMA RUTA HASTA LLEGAR AL EQUILIBRIO.

TABLA 4 - 1

ANALISIS DE REPETITIVIDAD PARA UN PROCESO DE DESTILACION CONTINUA

PRUEBA 1 CON LA 2

No.	% PESO W	F rel 1	F acum 1	a1	a2
1	38.0	0.0745	0.0745	-	0.0015
2	37.5	0.0736	0.1481	0.0751	0.0050
3	34.0	0.0667	0.2148	0.0718	0.0058
4	33.0	0.0647	0.2795	0.0705	0.0045
5	32.5	0.0637	0.3432	0.0682	0.0032
6	31.5	0.0618	0.4050	0.0650	0.0010
7	31.5	0.0618	0.4668	0.0628	0.0012
8	31.0	0.0608	0.5276	0.0596	0.0014
9	30.5	0.0598	0.5874	0.0584	0.0016
10	30.0	0.0588	0.6462	0.0572	0.0008
11	30.0	0.0588	0.7050	0.0580	0.0000
12	30.0	0.0588	0.7638	0.0588	0.0002
13	30.0	0.0588	0.8226	0.0586	0.0004
14	30.0	0.0588	0.8814	0.0584	0.0006
15	30.0	0.0588	0.9402	0.0582	0.0008
16	30.0	0.0588	1.0000	0.0590	0.0000
<hr/>					
	509.5				

No.	% PESO W	F rel 2	F acum 2
1	36.5	0.0730	0.0730
2	35.0	0.0700	0.1430
3	33.0	0.0660	0.2090
4	33.0	0.0660	0.2750
5	32.5	0.0650	0.3400
6	32.0	0.0640	0.4040
7	32.0	0.0640	0.4680
8	30.5	0.0610	0.5290
9	30.0	0.0600	0.5890
10	29.0	0.0580	0.6470
11	29.0	0.0580	0.7050
12	29.5	0.0590	0.7640
13	29.5	0.0590	0.8230
14	29.5	0.0590	0.8820
15	29.5	0.0590	0.9410
16	29.5	0.0590	1.0000
<hr/>			
	500.0		

* DIFERENCIA MAYOR

TASLA 4 - 2

ANÁLISIS DE REPETITIVIDAD PARA UN PROCESO DE DESTILACIÓN CONTINUA

PRUEBA 2 CON LA 5

No.	% PESO W	F rel 2	F acum 2	a1	a2
1	36.6	0.0730	0.0730	-	0.0006
2	35.0	0.0700	0.1430	0.0694 *	0.0052
3	33.0	0.0660	0.2090	0.0608	0.0109
4	33.0	0.0660	0.2750	0.0551	0.0087
5	32.5	0.0650	0.3400	0.0563	0.0075
6	32.0	0.0640	0.4040	0.0565	0.0053
7	32.0	0.0640	0.4680	0.0587	0.0022
8	30.5	0.0610	0.5290	0.0588	0.0021
9	30.0	0.0600	0.5890	0.0579	0.0020
10	29.0	0.0580	0.6470	0.0560	0.0039
11	29.0	0.0580	0.7050	0.0541	0.0038
12	29.5	0.0590	0.7640	0.0552	0.0027
13	29.5	0.0590	0.8230	0.0563	0.0016
14	29.5	0.0590	0.8820	0.0574	0.0015
15	29.5	0.0590	0.9410	0.0575	0.0004
16	29.5	0.0590	1.0000	0.0586	0.0000
500.0					

No.	% PESO W	F rel 3	F acum 3
1	37.5	0.0736	0.0736
2	38.0	0.0746	0.1482
3	36.5	0.0717	0.2199
4	32.5	0.0638	0.2837
5	32.5	0.0638	0.3475
6	31.5	0.0618	0.4093
7	31.0	0.0609	0.4702
8	31.0	0.0609	0.5311
9	30.5	0.0599	0.5910
10	30.5	0.0599	0.6509
11	29.5	0.0579	0.7088
12	29.5	0.0579	0.7667
13	29.5	0.0579	0.8246
14	30.0	0.0589	0.8835
15	29.5	0.0579	0.9414
16	29.5	0.0579	1.0000
509.0			

* DIFERENCIA MAYOR

TABLA 4 - 3

ANÁLISIS DE REPETITIVIDAD PARA UN PROCESO DE DESTILACIÓN CONTINUA

PRUEBA 1 CON LA 2

No.	% PESO W	F rel 1	F acum 1	a1	a2
1	38.0	0.0745	0.0745	-	0.0009
2	37.5	0.0736	0.1481	0.0745 *	0.0001
3	34.0	0.0667	0.2148	0.0666	0.0051
4	33.0	0.0647	0.2795	0.0596	0.0042
5	32.5	0.0637	0.3432	0.0595	0.0043
6	31.5	0.0618	0.4050	0.0575	0.0043
7	31.5	0.0618	0.4668	0.0575	0.0034
8	31.0	0.0608	0.5276	0.0574	0.0035
9	30.5	0.0598	0.5874	0.0563	0.0036
10	30.0	0.0588	0.6462	0.0552	0.0047
11	30.0	0.0588	0.7050	0.0541	0.0038
12	30.0	0.0588	0.7638	0.0550	0.0029
13	30.0	0.0588	0.8226	0.0559	0.0020
14	30.0	0.0588	0.8814	0.0568	0.0021
15	30.0	0.0588	0.9402	0.0567	0.0012
16	30.0	0.0588	1.0000	0.0566	0.0000

509.5

No.	% PESO W	F rel 3	F acum 3
1	37.5	0.0736	0.0736
2	38.0	0.0746	0.1482
3	36.5	0.0717	0.2199
4	32.5	0.0638	0.2837
5	32.5	0.0638	0.3475
6	31.5	0.0618	0.4093
7	31.0	0.0609	0.4702
8	31.0	0.0609	0.5311
9	30.5	0.0599	0.5910
10	30.5	0.0599	0.6509
11	29.5	0.0579	0.7088
12	29.5	0.0579	0.7667
13	29.5	0.0579	0.8246
14	30.0	0.0589	0.8835
15	29.5	0.0579	0.9414
16	29.5	0.0579	1.0000

509.0

* DIFERENCIA MAYOR

APÉNDICE

V

RESTO
DE
CORRIDAS
EXPERIMENTALES

E X P E R I M E N T O N o 1

CARGA INICIAL
 ÍNDICE DE REFRACCIÓN
 COMPOSICIÓN XF
 3 RESISTENCIAS AL 90 %
 TEMPERATURA DEL DISCO

8 KILOS
 1.3602
 .265
 145 G.C.

TIEMPO HR MIN	TEMPERAT. VAPORES	TEMPERAT. CALDERIN	ÍNDICE REFRACCIÓN	% PESO D	ÍNDICE REFRACCIÓN	% PESO W
0	73	82.0	1.3630	93.00	1.3481	22.0
15	73	82.5	1.3627	94.00	1.3495	24.0
30	73	82.8	1.3626	94.50	1.3481	22.0
45	73	83.0	1.3624	95.00	1.3474	21.0
1:00	73	83.5	1.3624	95.00	1.3461	19.0
1:15	73	84.0	1.3624	95.00	1.3461	19.0
1:30	73	84.0	1.3624	95.00	1.3454	18.0
1:45	73	84.3	1.3624	95.00	1.3454	18.0
2:00	73	84.4	1.3624	95.00	1.3439	16.0
2:15	73	84.5	1.3624	95.00	1.3439	16.0
2:30	73	84.8	1.3624	95.00	1.3426	14.0
2:45	73	85.0	1.3624	95.00	1.3419	13.0
3:00	73	85.2	1.3624	95.00	1.3422	13.5
	*	*	*	*	*	*

* SE SUSPENDIÓ POR ESTAR INESTABLE EL VOLUMEN DEL DESTILADO COMO EL PORCENTAJE DE W.

EXPERIMENTO No 2

CARGA INICIAL 8 KILOS
 INDICE DE REFRACCIÓN 1.3610
 COMPOSICIÓN XF .2750
 3 RESISTENCIAS AL 90 %
 TEMPERATURA DEL DISCO 145 G.C.

TIEMPO ! HR MIN !	TEMPERAT. ! VAPORES !	TEMPERAT. ! CALDERÍN !	INDICE ! REFRACCIÓN !	% PESO ! D !	INDICE ! REFRACCIÓN !	% PESO ! W !
0	77	83.0	1.3626	94.50	1.3478	21.5
15	77	83.0	1.3626	94.50	1.3454	18.0
30	78	83.0	1.3624	95.00	1.3450	17.5
45	79	84.2	1.3624	95.00	1.3436	15.5
1:00	80	85.0	1.3624	95.00	1.3419	13.0
1:15	80	85.0	1.3624	95.00	1.3416	12.5
1:30	80	85.5	1.3624	95.00	1.3405	11.0
1:45	81	86.0	1.3624	95.00	1.3401	10.5
2:00	81	86.0	1.3624	95.00	1.3394	9.5
2:15	81	86.5	1.3624	95.00	1.3394	9.5
2:30	81	86.5	1.3624	95.00	1.3394	9.5
*	*	*	*	*	*	*

* SE SUSPENDIÓ POR ESTAR INESTABLE EL VOLUMEN DE DESTILACIÓN,
 COMO EL PORCENTAJE DE W.

E X P E R I M E N T O N o 3

CARGA INICIAL
 ÍNDICE DE REFRACCIÓN
 COMPOSICIÓN XF
 3 RESISTENCIAS AL 90 %
 TEMPERATURA DEL DISCO

8 KILOS
 1.3596
 .2350
 145 G.C.

TIEMPO HR MIN	TEMPERAT. VAPORES	TEMPERAT. CALDERIN	ÍNDICE REFRACCIÓN	% PESO D	ÍNDICE REFRACCIÓN	% PESO W
0	76	83.0	1.3627	94.00	1.3454	18.0
15	76.3	83.8	1.3627	94.00	1.3446	17.0
30	78.5	84.3	1.3626	94.50	1.3441	16.5
45	78	84.5	1.3624	95.00	1.3439	16.0
1:00	78	84.9	1.3624	95.00	1.3429	14.5
1:15	78	84.9	1.3624	95.00	1.3429	14.5
1:30	78	85.0	1.3624	95.00	1.3426	14.0
1:45	78	85.2	1.3624	95.00	1.3426	14.0
	*	*	*	*	*	*

* SE SUSPENDIÓ POR ESTAR INESTABLE EL TAPÓN DE LA MINI-INUNDACIÓN, COMO LA CONCENTRACIÓN DEL PRODUCTO DE COLAS.

EXPERIMENTO No 4

CARGA INICIAL 8 KILOS
 INDICE DE REFRACCION 1.3616
 COMPOSICION XF .2900
 3 RESISTENCIAS AL 90 %
 TEMPERATURA DEL DISCO 145 G.C.

TIEMPO HR MIN	TEMPERAT. VAPORES	TEMPERAT. CALDERIN	INDICE REFRACCION	% PESO D	INDICE REFRACCION	% PESO W
0	73	83.0	1.3639	89.00	1.3575	39.0
15	73	83.5	1.3637	90.00	1.3567	37.0
30	73	84.0	1.3636	90.50	1.3558	35.0
45	73	84.0	1.3635	91.00	1.3534	30.0
	*	*	*	*	*	*

* SE SUSPENDIÓ POR INUNDACIÓN TOTAL DE LA TORRE.

EXPERIMENTO No. 6

CARGA INICIAL
 INDICE DE REFRACCIÓN
 COMPOSICIÓN XF
 3 RESISTENCIAS AL 90 %
 TEMPERATURA DEL DISCO

8 KILOS
 1.3613
 .2850

ESTA TESIS NO DEBE
 SALIR DE LA BIBLIOTECA

145

TIEMPO HR MIN	TEMPERAT. VAPORES	TEMPERAT. CALDERIN	ÍNDICE REFRACCIÓN	% PESO D	ÍNDICE REFRACCIÓN	% PESO W
0	73	62.5	1.3642	87.50	1.3569	37.5
15	73	62.5	1.3640	88.50	1.3565	36.5
30	73	62.5	1.3638	89.50	1.3554	34.0
45	73	63.8	1.3637	90.00	1.3549	33.0
1:00	73	63.8	1.3637	90.00	1.3547	32.5
1:15	73	63.8	1.3635	91.00	1.3544	32.0
1:30	73	63.8	1.3635	91.00	1.3554	34.0
1:45	73	63.6	1.3636	90.50	1.3554	34.0
	*	*	*	*	*	*

* SE SUSPENDIÓ DEBIDO A QUE EL TAPÓN DE LA MINIINUNDACIÓN BAJÓ AL CALDERÍN.

EXPERIMENTO No 7

70

CARGA INICIAL 8 KILOS
 INDICE DE REFRACCION 1.3600
 COMPOSICION XF .2450
 3 RESISTENCIAS AL 90 %
 TEMPERATURA DEL DISCO 145 G.C.

TIEMPO HR MIN	TEMPERAT. VAPORES	TEMPERAT. CALDERIN	ÍNDICE REFRACCIÓN	% PESO D	ÍNDICE REFRACCIÓN	% PESO W
0	73	81.0	1.3630	93.00	1.3549	33.0
15	73	81.0	1.3630	93.00	1.3549	33.0
30	73	81.0	1.3630	93.00	1.3539	31.0
45	73	81.0	1.3639	89.00	1.3539	31.0
1:00	73	81.0	1.3639	89.00	1.3541	31.5
1:15	73	81.0	1.3639	89.00	1.3544	32.0
1:30	73	81.0	1.3639	89.00	1.3541	31.5
1:45	73	81.0	1.3639	89.00	1.3541	31.5
2:00	73	81.0	1.3639	89.00	1.3541	31.5
	*	*	*	*	*	*

* SE SUSPENDIO DEBIDO A QUE EL TAPON DE LA MINIINUNDACION BAJÓ AL CALDERIN.

E X P E R I M E N T O N o 9

CARGA INICIAL
 ÍNDICE DE REFRACCIÓN
 COMPOSICIÓN XF
 3 RESISTENCIAS AL 90 %
 TEMPERATURA DEL DISCO

8 KILOS
 1.3602
 .2500
 145 G.C.

TIEMPO HR MIN	TEMPERAT. VAPORES	TEMPERAT. CALDERIN	ÍNDICE REFRACCIÓN	% PESO D	ÍNDICE REFRACCIÓN	% PESO W
0	73	80.5	1.3631	92.50	1.3592	43.5
15	73	80.5	1.3627	94.00	1.3595	44.5
30	73	80.6	1.3631	92.50	1.3585	41.5
45	73	80.8	1.3631	92.50	1.3575	39.0
1:00	73	80.8	1.3651	92.50	1.3564	37.5
1:15	73	80.8	1.3621	92.50	1.3564	37.5
1:30	73	80.8	1.3621	92.50	1.3567	37.0
1:45	73	80.6	1.3630	93.00	1.3551	33.5
2:00	73	80.6	1.3637	94.50	1.3544	32.0
2:15	73	82.0	1.3626	94.50	1.3541	31.5
2:30	73	81.6	1.3626	94.50	1.3530	29.5
2:45	73	81.0	1.3624	95.00	1.3530	29.5
3:00	73	82.0	1.3624	95.00	1.3530	29.5
	*	*	*	*	*	*

* SE SUSPENDIÓ DEBIDO A LA INESTABILIDAD DEL TAPÓN DE LA MINI-INUNDACION.

E X P E R I M E N T O N o 11

CARGA INICIAL
 INDICE DE REFRACCION
 COMPOSICION XF
 3 RESISTENCIAS AL 90 %
 TEMPERATURA DEL DISCO

8 KILOS
 1.3592
 .225
 145 G.C.

TIEMPO HR MIN	TEMPERAT. VAPORES	TEMPERAT. CALDERIN	INDICE REFRACCION	% PESO D	INDICE REFRACCION	% PESO W
0	73	80.8	1.3647	84.50	1.3581	40.5
15	73	80.9	1.3640	88.50	1.3581	40.5
30	73	81.4	1.3636	90.50	1.3564	37.5
45	73	81.6	1.3635	91.00	1.3558	35.0
1:00	73	81.6	1.3632	92.00	1.3558	35.0
1:15	73	81.7	1.3632	92.00	1.3556	34.5
1:30	73	81.8	1.3627	94.00	1.3554	34.0
1:45	73	81.8	1.3627	94.00	1.3551	33.5
2:00	73	82.0	1.3627	94.00	1.3549	33.0
2:15	73	82.0	1.3627	94.00	1.3647	32.5
2:30	73	82.0	1.3624	95.00	1.3544	32.0
2:45	73	82	1.3627	94.00	1.3544	32.0
3:00	73	82	1.3627	94.00	1.3544	32.0
3:15	73	82	1.3627	94.00	1.3544	32.0
3:30	73	82	1.3627	94.00	1.3544	32.0
	*	*	*	*	*	*

* SE SUSPENDIO DEBIDO A LA INESTABILIDAD DEL TAPON DE LA MINI-INUNDACION.

S E R I E N T I C O N O 10

CANTIDAD DE MUESTRAS 4 MILONES
 MODO DE SEPARACION 1.3627
 TEMPERATURA DE SEPARACION 31.0
 TEMPERATURA AL 40% 31.0
 TEMPERATURA DEL DIFUSOR 145 G.C.

TIEMPO DE CUI	TEMPERAT. VAPORES	TEMPERAT. CALDERIN	INDICE REFRACCION	% PESO D	INDICE REFRACCION	% PESO N
00	70	81.0	1.3644	24.00	1.3627	37
15	70	81.2	1.3644	24.00	1.3627	37
30	70	81.4	1.3640	26.50	1.3626	34.5
45	70	81.6	1.3639	29.00	1.3625	30.5
1:00	70	81.9	1.3638	29.50	1.3624	31.0
1:15	70	82.0	1.3625	24.00	1.3627	31.0
1:30	70	82.0	1.3626	24.00	1.3627	31.0
1:45	70	82.0	1.3624	25.00	1.3624	30.0
2:00	70	82.2	1.3624	25.00	1.3626	29.5
2:15	70	80.0	1.3624	25.00	1.3620	29.5
2:30	70	81.8	1.3625	24.30	1.3624	30.0
2:45	70	81.6	1.3625	24.30	1.3626	30.5
3:00	70	81.2	1.3617	24.00	1.3626	30.5
3:15	70	81.2	1.3627	24.00	1.3626	30.5
3:30	70	81.0	1.3629	20.50	1.3626	30.5
3:45	70	81.0	1.3629	20.50	1.3626	30.5
4:00	70	81.0	1.3629	20.50	1.3626	30.5

- SE SUSPENDIÓ ORBITO A QUE PRESENTABA UNA ALTA CONCENTRACION EN EL
 PRODUCTO DE COLAS.