



37 24
Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE QUIMICA

"DESTILACION DE UNA MEZCLA
MEG-AGUA EN LA COLUMNA DE
PLATOS DE CAMPANA"



EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA

TESIS MANCOMUNADA

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A N
MAGDALENO GUILLERMO GALINDO HERNANDEZ
FAUSTINO GOMEZ SUAREZ

MEXICO, D. F.

1990

FALLA DE ORIGEN



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.

I N D I C E

INTRODUCCION	1
CAPITULO 1 OBJETIVO	4
CAPITULO 2 CARACTERISTICAS DE LA MEZCLA MEG-AGUA	5
CAPITULO 3 DESCRIPCION DEL EQUIPO	20
CAPITULO 4 DESCRIPCION DEL PROCESO	32
CAPITULO 5 EXPERIMENTACION Y RESULTADOS	34
CAPITULO 6 DISCUSION DE LOS RESULTADOS	56
CAPITULO 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64
APENDICE	71
BIBLIOGRAFIA	93

INTRODUCCION

INTRODUCCION

El uso de la destilación como un proceso de separación y purificación es muy antiguo. Mediante los escritos de historiadores se indica que la primera descripción registrada de una destilación ocurrió en Egipto alrededor del año 50 A.C. Sin embargo, descripciones históricas más antiguas de productos como aceites esenciales, perfumes, medicinas, bebidas, etc., pueden hacernos deducir que la destilación en alguna forma fue conocida probablemente de mil a dos mil años antes de esa fecha. Se obtuvo agua fresca por destilación de agua de mar, usando una esponja como condensador, alrededor del año 300 D.C., y aproximadamente al mismo tiempo se destiló turpentina del aceite de ricino condensándolo en una manta de lana.

Un condensador simple, consistiendo de un tubo largo expuesto al aire y conduciendo a un receptor, fue descrito en el siglo IV, y en el siglo XI se hizo el primer registro de alcohol por destilación.

A principios del siglo XVI se aplicó la destilación para la separación y recuperación de alcohol, agua, vinagre, esencias, aceites y otros numerosos productos. También a principios de ese siglo aparecieron libros con el tema de la destilación. Brunshwig y Andrew incluyeron información sobre los procesos de destilación desarrollados en ese tiempo, los cuales consistían, básicamente, en destilaciones batch en pequeña escala sin tener reflujo prácticamente sino usando tubos rectos o, en algunos casos, tubos curvos enfriados con agua como condensador.

En el proceso de la destilación la separación de una mezcla de materiales para obtener uno o más productos deseados se lleva a cabo por selección de condiciones de temperatura y presión tal que cuando menos una fase vapor y una líquida coexisten y se logra una diferencia en la concentración relativa de los materiales a ser separados en las dos fases. Cuando las dos (o más fases) están en un estado de equilibrio físico, ocurre la

máxima diferencia relativa en la concentración de los materiales en las fases. Por lo tanto, el logro de las condiciones de equilibrio es deseable en el proceso de la destilación, y en la mayoría de los métodos de diseño usan el equilibrio como una de las condiciones de frontera para cálculos de diseño cuantitativo.

La destilación, en el sentido más amplio de la palabra, significa generación de vapores de un líquido y posterior condensación de los mismos. Cuando los vapores son generados de una mezcla de líquidos, la destilación también significará la alteración de la mezcla, puesto que los vapores condensados tendrán una composición diferente de aquella de la mezcla original.

La destilación permite obtener productos de alta pureza que, en ocasiones, no requieren de un procedimiento posterior de separación. Esto ha hecho de la destilación una de las operaciones unitarias con transferencia de masa más importantes en la industria de refinación y petroquímica.

El ochenta por ciento de las separaciones de mezclas se realizan por medio de la destilación, siendo ésta la causa por la que su estudio es muy trascendente, requiriéndose de un buen conocimiento y dominio de ella en sus diferentes formas,

La práctica de la destilación, en los laboratorios de Ingeniería Química debe ser ilustrativa, acorde con la realidad y trabajar en las mejores condiciones posibles de seguridad,

En cuanto al Laboratorio de Ingeniería Química de la Facultad de Química, las prácticas de destilación que se realizaban con anterioridad utilizaban mezclas en las que alguna o varias de las sustancias presentaban situaciones de peligrosidad, esto es, eran muy inflamables, como fue el caso del etanol en la mezcla etanol agua o muy tóxicas como el benceno y el tolueno en la mezcla de ambas sustancias. El riesgo que representaba trabajar con estas mezclas motivó a que se pensara en sustituirlas por otra, que sin

dejar de ser ilustrativas del fenómeno de la destilación representara menos peligro de toxicidad e inflamabilidad.

La mezcla que se propone es la formada por monoetilenglicol y agua. El monoetilenglicol es una sustancia que no representa peligro significativo en cuanto a inflamabilidad y toxicidad como se describe en el Capítulo 2.

Para implementar el uso de esta nueva mezcla fue necesario realizar un número considerable de corridas experimentales, en las que, mediante el manejo de variables como el flujo de alimentación, flujo de reflujo, temperatura de alimentación, plato de alimentación, presión de vapor de calentamiento, flujo de destilado, composición de la alimentación, número del plato inundado al inicio de la operación, flujo de residuo, etc. se logró obtener las condiciones de operación que cumplieran con el objetivo de la práctica, las cuales se detallan en el Capítulo 5.

Como resultado de la experimentación se hacen varias recomendaciones para el mejoramiento de la operación de la columna de platos del laboratorio de Ingeniería Química, las cuales se enlistan en el Capítulo 7.

CAPITULO 1

OBJETIVO

CAPITULO 1

OBJETIVO.

En el laboratorio de Ingeniería Química las prácticas de destilación en columna de platos forman parte del módulo de destilación que incluye, además, las prácticas de Destilación Diferencial y Destilación por Arrastre con vapor.

Los objetivos del presente trabajo son:

- 1.1 Determinar las condiciones de operación para la destilación de una mezcla monoetilenglicol agua en la columna de platos instalada en el Laboratorio de Ingeniería Química de la Facultad de Química.
- 1.2 Elaborar el material de apoyo necesario para la realización de la práctica de destilación en la columna de platos, en donde se emplea la mezcla mencionada con anterioridad,

Al lograr los objetivos anteriores se podrá trabajar en la columna de platos en forma segura y el fenómeno de la destilación será ilustrativo.

CAPITULO 2 CARACTERISTICAS DE LA MEZCLA MEG-AGUA

C O N T E N I D O

- 2.1 INTRODUCCION.
- 2.2 CARACTERISTICAS QUE DEBEN CONSIDERARSE PARA IDENTIFICAR UN PRODUCTO QUIMICO.
- 2.3 CARACTERISTICAS DE LOS GLICOLES.
- 2.4 TABLA DE PROPIEDADES PARA EL MANEJO DEL MONOETILENGLICOL.
- 2.5 TABLAS FISICOQUIMICAS PARA GLICOLES.
- 2.6 CONCLUSION.

2 CARACTERISTICAS DE LA MEZCLA MEG-AGUA

2.1 INTRODUCCION

Hay miles de compuestos y mezclas químicas que presentan mayor o menor riesgo para el usuario inexperto. Debido al uso creciente de productos químicos en los laboratorios de Ingeniería Química, es necesario conocer las propiedades tanto físicas como químicas, de las sustancias empleadas para evitar riesgos en su manejo.

En los laboratorios de Ingeniería Química, los problemas de seguridad que lleva consigo el uso de dichos productos por razón de su magnitud y complejidad exigen que se evalúe sistemáticamente todas sus propiedades a fin de conocer sus riesgos; por ejemplo su toxicidad y la inflamabilidad. Después de hacer esta evaluación podrán eliminarse o controlar los riesgos, así como evitar el desperdicio de productos químicos y lesiones graves a estudiantes y profesores.

Aunque por norma general es suficiente el conocimiento genérico de como manejar con seguridad un producto químico, la evaluación debe hacerse tan pronto como se tiene conocimiento de que se va a emplear un nuevo producto químico y debe hacerse una reevaluación cuando hay algún cambio de ubicación de las instalaciones.

2.2 CARACTERISTICAS QUE DEBEN CONSIDERARSE PARA IDENTIFICAR UN PRODUCTO QUIMICO

- a) Nombre del producto químico. Debe darse siempre el nombre común lo mismo que el nombre químico de la sustancia en cuestión.
- b) Estado físico. Es importante determinar si el producto químico se recibe en estado sólido, líquido o gaseoso, aunque no necesariamente el saber su estado sirva para averiguar sus propiedades físicas generales.

Debe considerarse si se entrega o almacena el producto químico en estado inestable. Los peligros que deben considerarse son: rápida emisión debido a fugas, rápida elevación de temperatura debido a cercanías de fuego, etc. Si es un líquido, ¿por dónde será el derrame?. ¿Pueden corroerse los tanques si se les deja en terreno húmedo o corroerse internamente si se les almacena por mucho tiempo?.

Determinar las propiedades tóxicas de cualquier producto químico que se vaya a usar es muy importante, particularmente cuando la toxicidad es una forma insidiosa de conducir a un envenenamiento crónico.

2.3 CARACTERISTICAS DE LOS GLICOLAS

La experiencia humana indica que el hombre parece ser más susceptible al daño causado por el etilenglicol y el dietilenglicol que los animales de laboratorio. La dosis letal para humanos es de cerca de 1.4 ml/Kg para etilenglicol y de 1.0 ml/Kg para dietilenglicol.

Toxicidad oral crónica.- Los glicoles varían considerablemente en toxicidad oral crónica. Concretamente, el etilenglicol se considera tóxico para usos donde existe posibilidad de ingestión.

La alimentación de ratas por dos años con dietas que contenían 0.5 y 1.0 g/Kg de etilenglicol, causó acción tóxica centrada principalmente en los riñones. El etilenglicol acortó el lapso de vida de las ratas, produjo piedras de oxalato de calcio en la vejiga, atrofia renal severa y degeneración adiposa en el hígado.

Los glicoles, en especial el etilenglicol, no producen grados significativos de irritación cuando se aplican a la piel y no hay evidencia que indique que sean absorbidos a través de la piel en cantidades suficientes para producir daño sistemático. Puede resultar una acción macerante leve, comparable a la causada por la glicerina de las exposiciones prolongadas y muy severas al etilenglicol. Bajo severas condiciones de exposición, tal como bañar realmente el cuerpo con etilenglicol por períodos de tiempo prolongados, es posible que bastante del material pueda ser absorbido para causar daño sistemático. Debido a estas consideraciones el uso de los glicoles en preparaciones elaboradas para ser aplicadas sobre áreas extensivas del cuerpo se considera imprudente.

La inhalación de los vapores de los glicoles no representa riesgo significativo en aplicaciones ordinarias. Las concentraciones atmosféricas de vapores de etilenglicol del orden de 0.35 a 0.40 mg/ml (140-160 ppm) por 80 períodos de 8 horas cada uno durante 6 semanas no causó daño en ratones y ratas. Sin embargo, es prudente evitar inhalar vapores emanados de materiales y nubes calientes, particularmente si la exposición es prolongada y repetida.

A continuación se presenta la Tabla de Propiedades para el Manejo del Etilenglicol y las Tablas Fisicoquímicas para Glicoles.

2.4 TABLA DE PROPIEDADES PARA EL MANEJO DEL MONOETILENGLICOL

SINONIMOS: 1,2 - Etanodiol, Glicol, Etilenglicol, Monoetilenglicol.

LÍQUIDO INCOLORO DE SABOR DULCE, HIGROSCÓPICO .

FORMULA: $\text{Cl}_2 \text{Cl} - \text{Cl}_2 \text{Cl}$

PESO MOLECULAR: 62.1

PUNTO DE EBULLICION: 197.5 °C a 760 mm Hg

LÍMITE EXPLOSIVO INFERIOR: 3.2 %

TEMPERATURA DE FUSION: -15.6 °C

PUNTO DE INFLAMACION: 111 °C (C.C.)

DENSIDAD: 1.113 g/ml a 25° / 25°C

TEMPERATURA DE AUTOIGNICION: 400°C

DENSIDAD DEL VAPOR: 2.14

PRESION DEL VAPOR: 0.005 mm Hg a 20 °C

DATOS DE TOXICIDAD AGUDA:

- ORAL: DL_{50} (RATAS) = 5840 mg/Kg

- INTRAVENOSO (IV): DL_{50} (RATON) = 3000 mg/Kg

- IRRITACION: Moderada por vía cutánea, ojos y mucosas, vía oral, intravenosa e intraperitoneal (LA DOSIS LETAL REPORTADA PARA EL SER HUMANO ES DE 100 ml).

SI SE INGIERE OCASIONA INICIALMENTE ESTIMULO AL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL, SEGUIDO POR DEPRESION. MAS ADELANTE CAUSA DAÑOS AL RINON QUE PUEDEN TERMINAR FATALMENTE. ALTAMENTE TOXICO COMO AEROSOL CUANDO SE INHALA.

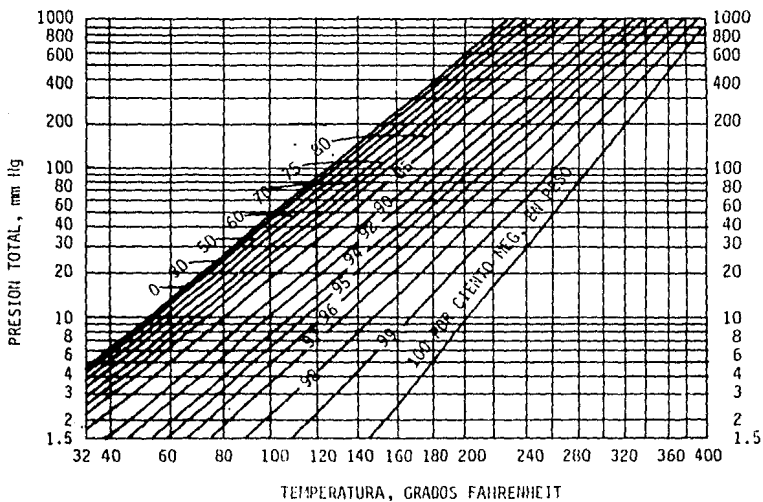
PELIGRO DE INCENDIO: BAJO, cuando se expone a calor o flama; puede reaccionar violentamente con ácido clorosulfónico, óleum y ácido sulfúrico.

CALENTAMIENTO ESPONTANEO: NO

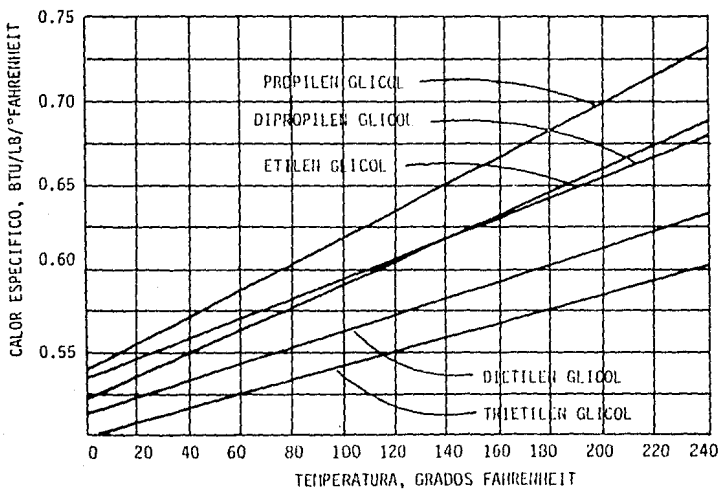
PELIGRO DE EXPLOSION: MODERADO, cuando se expone a la flama.

PARA COMBATIR EL INCENDIO USAR: ESPUMA, AGUA, CO_2 Y POLVO QUIMICO .

2.5 TABLAS FÍSICOQUÍMICAS PARA GLICOLÉS

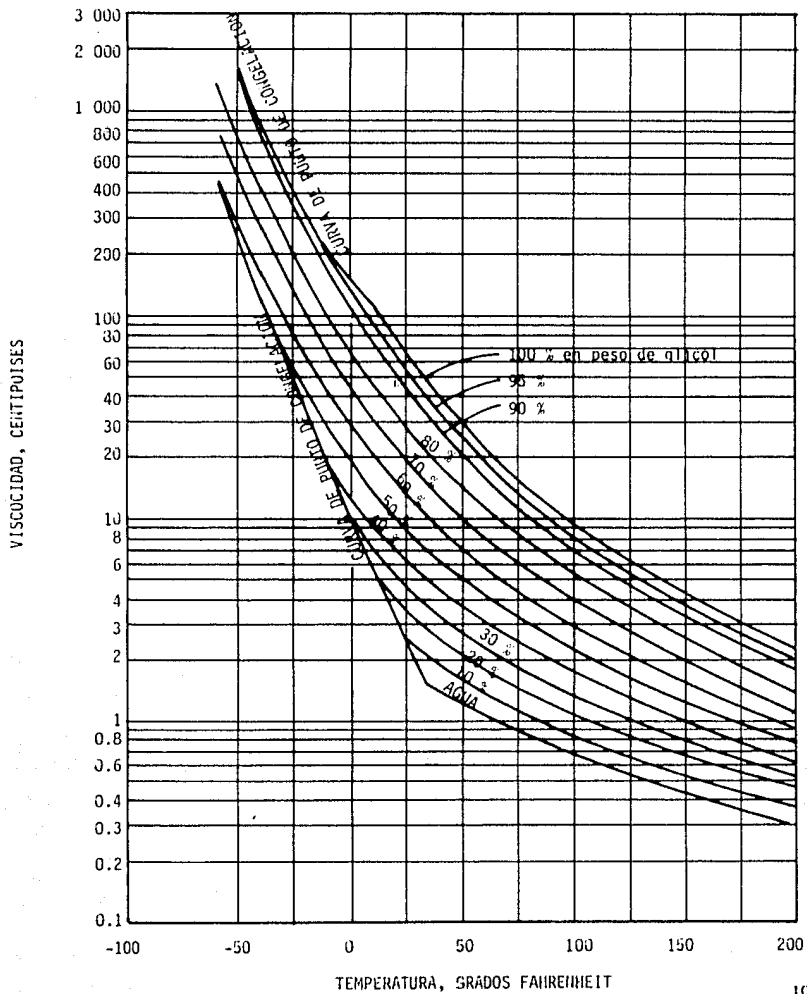


PRELACIONES DE VAPOR DE SOLUCIONES ACUOSAS DE ETILENGLICOL

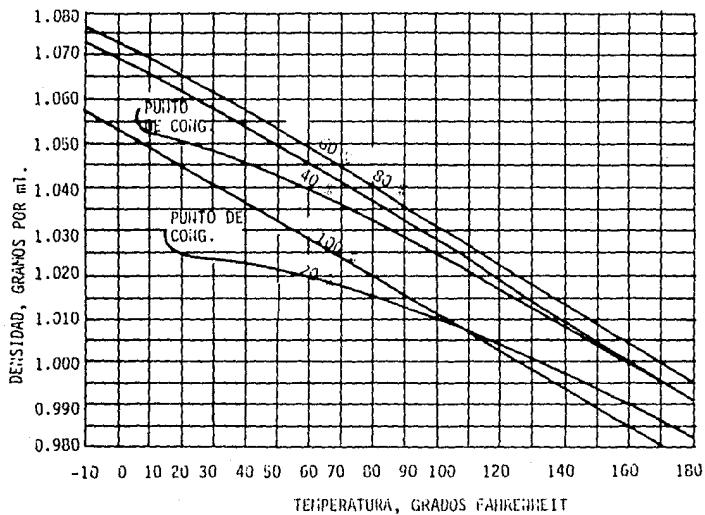


CALOR ESPECIFICO DE GLICOLÉS ANHIDROS

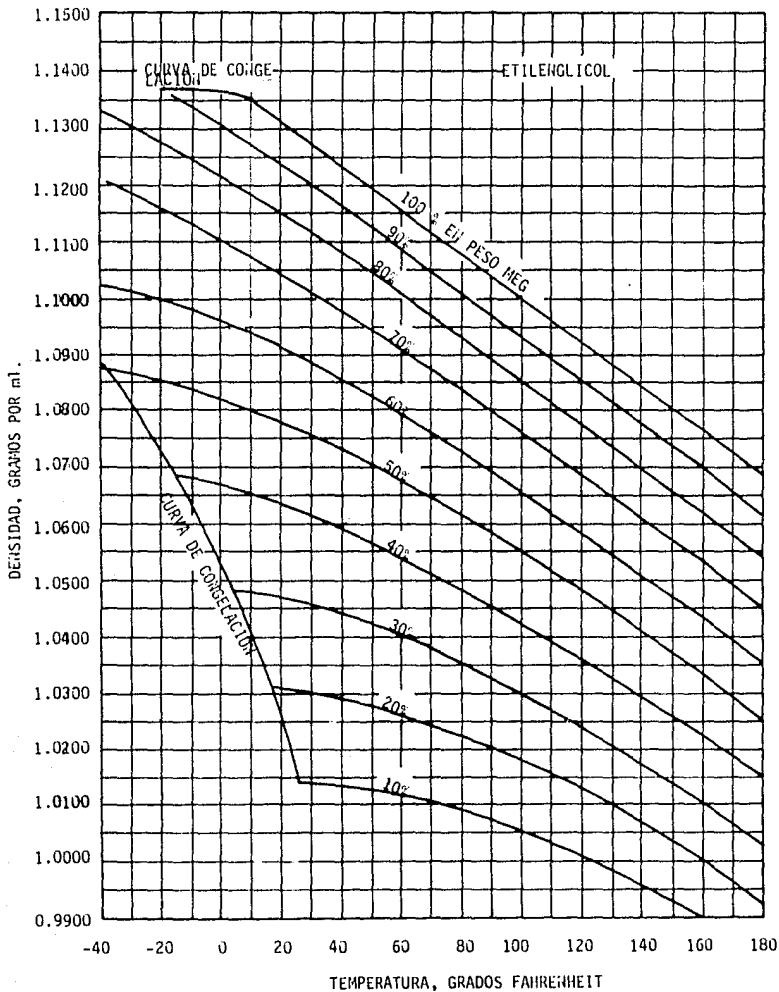
VISCOSIDADES DE SOLUCIONES ACUOSAS DE ETILENGLICOL

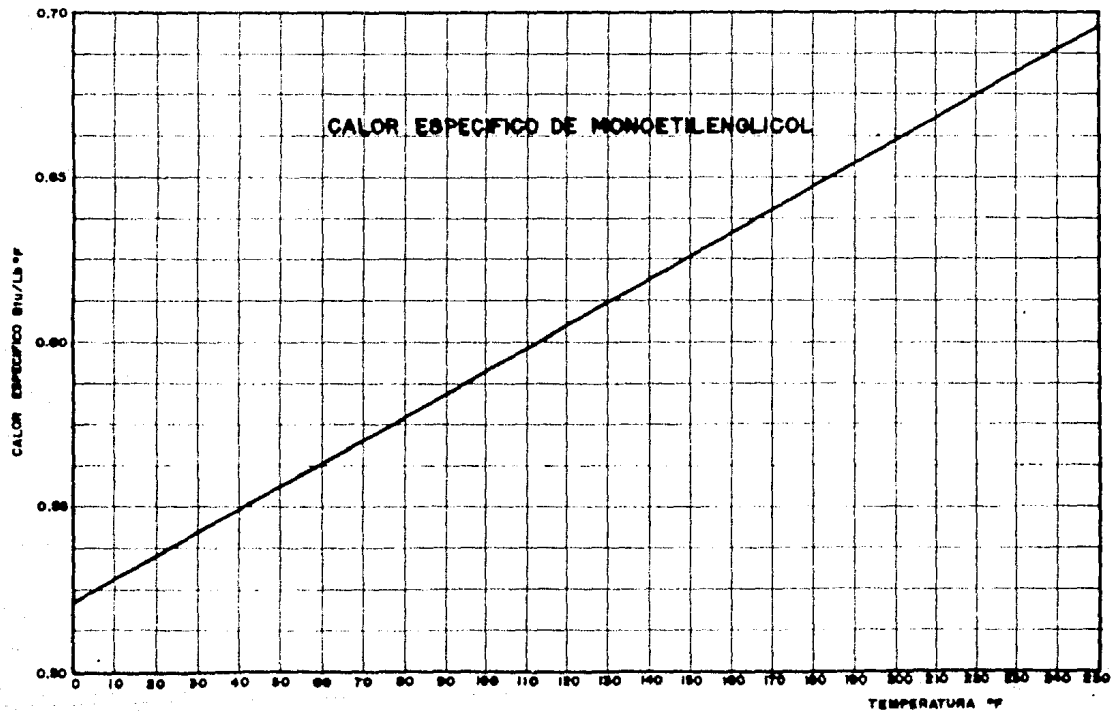


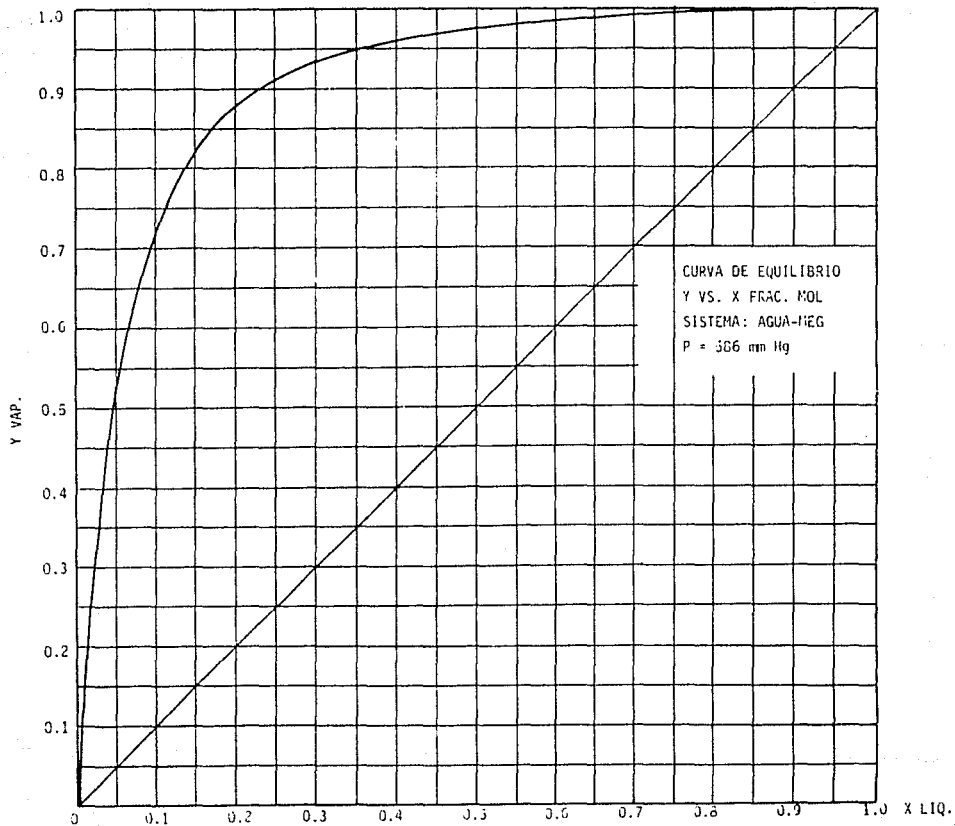
DENSIDAD DE MEZCLAS ACUOSAS DE ETILENGLICOL



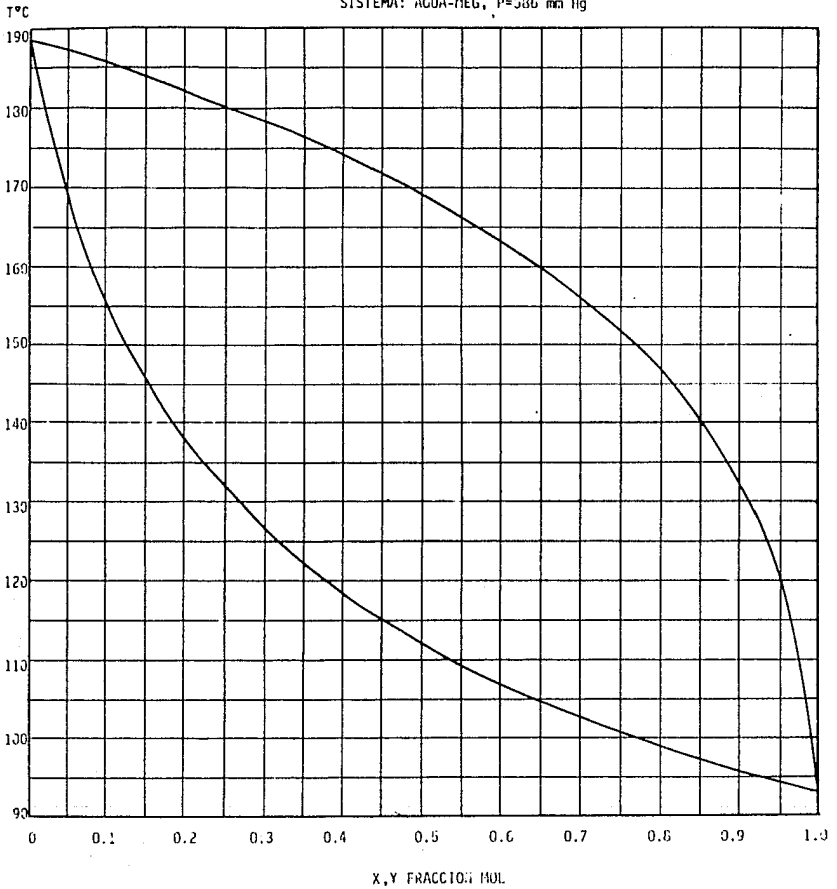
DENSIDAD DE SOLUCIONES ACUOSAS DE ETILENGLICOL.



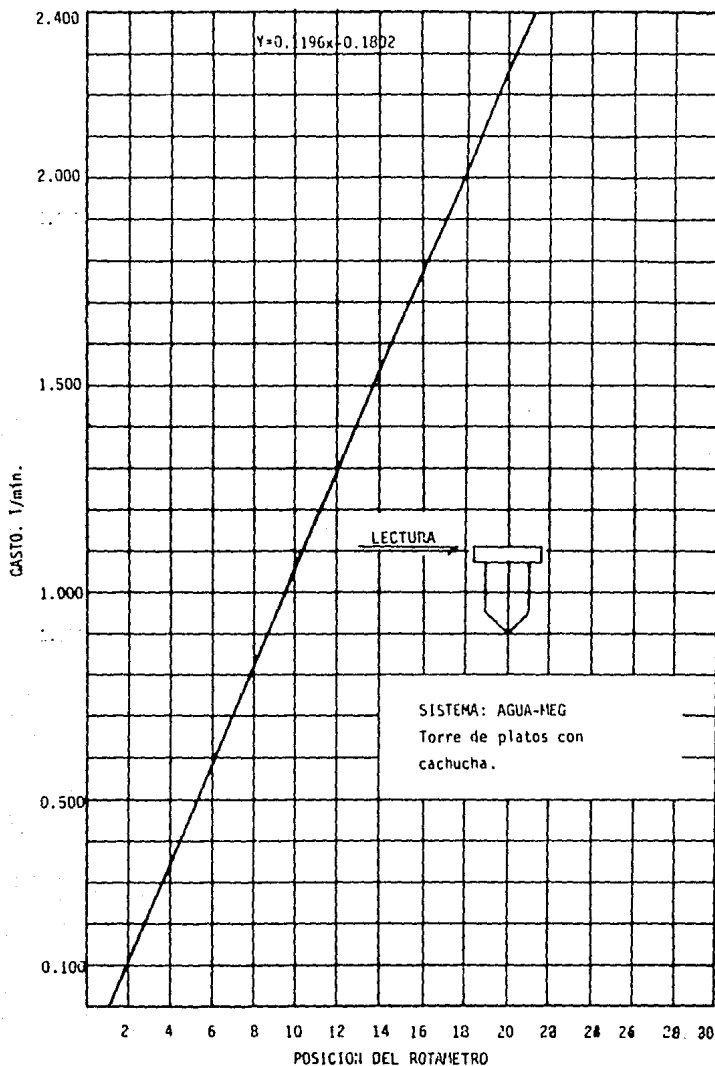


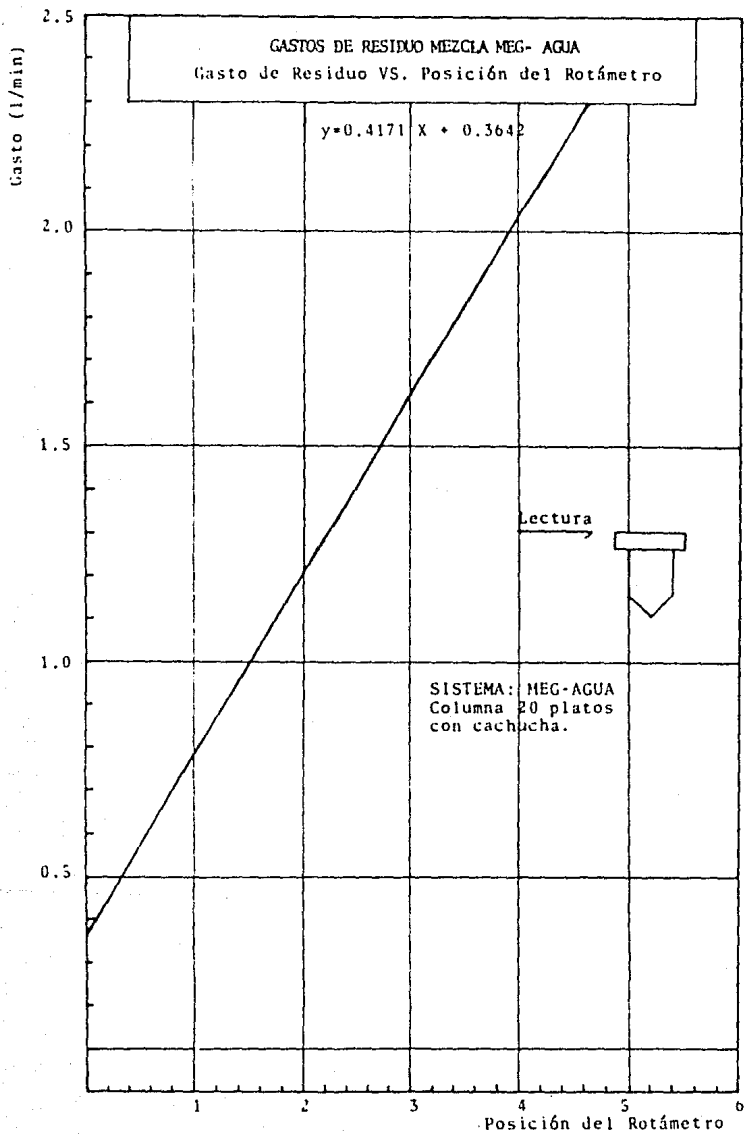


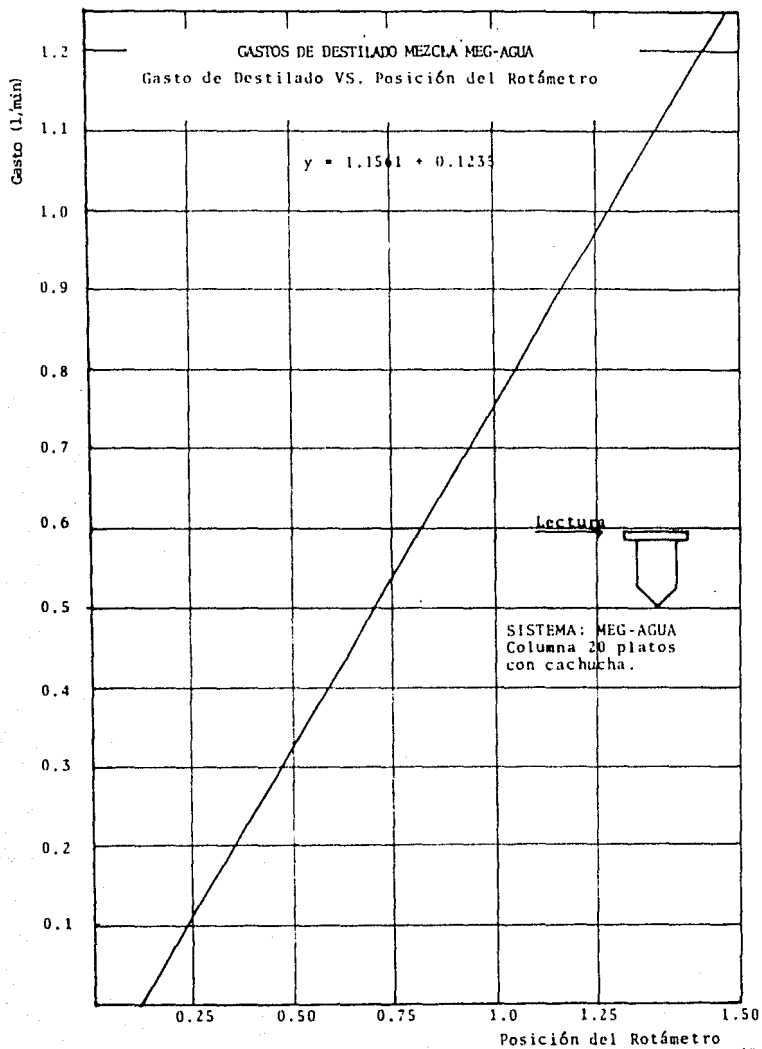
CURVA DE EQUILIBRIO
TEMPERATURA VS. X,Y
SISTEMA: AGUA-MEG, P=586 mm Hg



GASTOS DE ALIMENTACION MEZCLA MEG-AGUA







2.6. CONCLUSION

Los glicoles discutidos aquí tienen un grado de toxicidad e inflamabilidad relativamente bajo y no presentan riesgo serio en lo que a su uso y manejo industrial se refiere. El etilenglicol se encuentra dentro del grupo de glicoles tratados en este capítulo, por lo que reúne las condiciones para su uso en la realización de las prácticas de destilación en la columna de platos del Laboratorio de Ingeniería Química.

CAPITULO 3: DESCRIPCION DEL EQUIPO

C O N T E N I D O

- 3.1 FUNDAMENTOS DE DESTILACION EN LA COLUMNA DE PLATOS
- 3.2 LOCALIZACION DEL EQUIPO EN EL LABORATORIO DE INGENIERIA QUIMICA
- 3.3 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA COLUMNA DE DESTILACION
- 3.4 ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO DE DESTILACION
- 3.5 INSTRUMENTACION DE LA COLUMNA DE DESTILACION

CAPITULO 3: DESCRIPCION DEL EQUIPO

3.1 FUNDAMENTOS DE DESTILACION EN LA COLUMNA DE PLATOS

El proceso de separación denominado destilación, utiliza dos fases que son: vapor y líquido, esencialmente a la misma temperatura y a la misma presión en las zonas coexistentes. Se emplean dispositivos denominados platos para lograr que las dos fases estén en contacto íntimo. Los platos se acomodan uno sobre otro y se encierran en una cubierta cilíndrica para formar una columna.

La mezcla de alimentación a separar en sus componentes se introduce en un plato elegido previamente en la coraza de la columna. Debido a la diferencia de gravedad entre la fase de vapor y la de líquido, éste cae en cascada de plato en plato, mientras que el vapor asciende por la columna para lograr un contacto directo en cada uno de los platos. El líquido que llega al fondo de la columna se vaporiza parcialmente por medio de un calentador tipo calandria (rehervidor) para proporcionar vapor que asciende por la columna. El resto del líquido se retira como producto del fondo disminuyendo su temperatura en el enfriador de producto. El vapor que sale por la parte superior de la columna, entra a un condensador saliendo de éste para pasar a través de un enfriador retirándose como producto destilado.

Las fases de vapor y líquido en un plato se acercan a los equilibrios de temperatura, presión y composición hasta cierto grado dependiendo de la eficiencia del plato de contacto.

Los componentes más ligeros, que son los que tienen un punto de ebullición bajo, tienden a concentrarse en la fase de vapor, mientras que los más pesados (punto de ebullición alto) tienden a la fase líquida. El resultado es una fase de vapor que se hace más rica en componentes ligeros conforme va ascendiendo en la columna, y una fase líquida que se va haciendo cada vez más rica en los componentes pesados conforme desciende en cascada. La separación entre el producto superior y el del fondo se logra dependiendo primordialmente de las volatilidades relativas de los componentes.

3.2 LOCALIZACION DEL EQUIPO EN EL LABORATORIO DE INGENIERIA QUIMICA.

La torre de platos de destilación del Laboratorio de Ingeniería Química de la Facultad de Química se encuentra ubicada en el lugar denominado "foso", con coordenadas (2,B), tomadas como referencia para su localización en el plano general de planta del Laboratorio de Ingeniería Química presentado en la Tesis "Anteproyecto de un Programa de Seguridad e Higiene para el Laboratorio de Ingeniería Química". (Ver Bibliografía).

3.3 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA COLUMNA DE DESTILACION

(Ver página siguiente)

3.4 ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO DE DESTILACION

EQUIPO:	COLUMNA DE DESTILACION DE PLATOS
CLAVE:	DA-01
SERVICIO:	Separación de una mezcla binaria en sus componentes.
MARCA:	Brighton Copper WKS.
MATERIAL DE LA COLUMNA:	Fundición de bronce.
DIAMETRO:	7 5/8" (0.1936 m.) exterior.
ALTURA:	13.84 pies (4.22 m.)
NUMERO DE PLATOS:	20
TIPO DE PLATO:	De 3 campanas.
DIAMETRO DE LA BAJANTE:	1" (0.0254 m.)
NUMERO DE SERIE DEL FABRICANTE:	17006
REHERVIDOR	
NUMERO DE FLUXES:	43
SUPERFICIE DE CALENTAMIENTO:	7.034 pies ² (0.653 m ²).
MATERIAL DE LOS FLUXES:	Cobre.
DIAMETRO:	5/8 " (0.0158 m.)
LONGITUD:	12" (0.3048 m.)
MATERIAL ELEMENTO DE CALENTAMIENTO:	Fundición de bronce.
DIAMETRO:	8" (0.2032 m.)

EQUIPO: PRECALENTADOR DE LA CORRIENTE DE ALIMENTACION
CLAVE: EA-01
SERVICIO: Precalentar la alimentación a destilar.
MATERIAL DE LA ENVOLVENTE: Cobre.
DIAMETRO DE LA ENVOLVENTE: 4 1/2" (11.43 cm.)
SUPERFICIE DE CALENTAMIENTO: 1.288 pies² (0.1196 m²)
NUMERO DE FLUXES: 8 tubos.
MATERIAL: Cobre.
DIAMETRO: 3/8" (0.9525 cm.)
LONGITUD: 1.64 pies (0.50 m.)

EQUIPO: PRIMER CONDENSADOR DE DESTILADO VERTICAL.
CLAVE: EA-02 A
SERVICIO: Condensador de vapores del domo de la columna DA-01
MARCA: Brighton Copper Works N.S.
MATERIAL DE LA ENVOLVENTE: Cobre.
DIAMETRO DE LA ENVOLVENTE: 3 3/4" (9.5 cm.)
SUPERFICIE DE CALENTAMIENTO: 7.854 pies² (0.7296 m²)
NUMERO DE FLUXES: 30 tubos.
MATERIAL: Cobre.
DIAMETRO: 1/4 " (0.635 cm.)
LONGITUD: 4 pies (1.219 m.)
SERIE DEL FABRICANTE: 562

EQUIPO: SEGUNDO CONDENSADOR DE DESTILADO VERTICAL.
CLAVE: EA-02 B
SERVICIO: Condensador de vapores del domo de la columna DA-01
MARCA: Brighton Copper WKS. N.S.
MATERIAL DE LA ENVOLVENTE: Cobre.
DIAMETRO DE LA ENVOLVENTE: 3 3/4" (9.5 cm.)
SUPERFICIE DE CALENTAMIENTO: 7.854 pies² (0.7296 m²)
NUMERO DE FLUXES: 30 tubos.
MATERIAL: Cobre.
DIAMETRO: 1/4" (0.635 cm.)
LONGITUD: 4 pies (1.219 m.)
NUMERO DE SERIE DEL FABRICANTE: 563

EQUIPO: TERCER CONDENSADOR DE DESTILADO
CLAVE: EA-02 C
SERVICIO: Condensador de vapores del domo de la columna DA-01
MARCA: Brighton Copper WKS. N.S.
MATERIAL DE LA ENVOLVENTE: Cobre.
DIAMETRO DE LA ENVOLVENTE: 3 3/4" (9.5 cm.)
SUPERFICIE DE CALENTAMIENTO: 3.927 pies² (0.3653 m²)
NUMERO DE FLUXES: 30 tubos.
MATERIAL: Cobre.
DIAMETRO: 1/4" (0.635 cm.)
LONGITUD: 2 pies (0.6095 m.)

EQUIPO: Subenfriador de destilado.
CLAVE: EA-03
SERVICIO: Subenfriador de producto destilado.
MATERIAL DE LA ENVOLVENTE: Acero al carbón.
DIAMETRO DE LA ENVOLVENTE: 8" (20.3 cm.)
LONGITUD: 13 3/4 " (35 cm.)

EQUIPO: ENFRIADOR DE RESIDUO
CLAVE: FA-04
SERVICIO: Enfriador del residuo obtenido

MATERIAL DE LA ENVOLVENTE: Cobre
DIAMETRO DE LA ENVOLVENTE: 4 1/2 " (11.5 cm)
SUPERFICIE DE CALENTAMIENTO: 1.288 pies² (0.1196 m²)
NUMERO DE FLUXES: 8 tubos
DIAMETRO: 3/8" (0.9525 cm.)
LONGITUD: 1.64' (0.50 m.)

EQUIPO: TANQUE DE ALIMENTACION
CLAVE: FA-01
SERVICIO: Tanque alimentador a la torre DA-01
MATERIAL: Acero inoxidable
DIAMETRO: 22 3/4 " (57.64 cm)
LONGITUD: 35 3/4 " (90.5 cm.)
VOLUMEN: 236 lts.
TIPO: Cilíndrico vertical

EQUIPO: TANQUE RECIBIDOR DE DESTILADO
CLAVE: FA-02
SERVICIO: Tanque recibidor de destilado
MATERIAL: Acero al carbón
DIAMETRO: 16 3/16 " (41 cm)
LONGITUD: 29 2/16 " (74 cm)
VOLUMEN: 97.7 litros
TIPO: Cilíndrico horizontal

EQUIPO: TANQUE RECIBIDOR DE RESIDUO
CLAVE: FA-03
SERVICIO: Tanque recibidor de producto de residuo
MATERIAL: Acero al carbón
DIAMETRO: 16 3/16 " (41 cm)
LONGITUD: 29 2/16 " (74 cm)
VOLUMEN: 97.7 litros
TIPO: Cilíndrico horizontal

EQUIPO: BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL
CLAVE: GA-01
SERVICIO: Bomba de alimentación a la torre DA-01
ACCIONADOR: Motor eléctrico
MARCA: MASTER
H.P.: 1/4
FASES: 3
CICLOS: 50-60
R.P.M. : 1725-1425
MARCA: WESTRO

EQUIPO: BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL
CLAVE: GA-02
SERVICIO: Bomba de residuo de la torre DA-01
ACCIONADOR: Motor eléctrico
MARCA: MEIDENSHA ELECTRIC
H.P.: 1/4
FASES: 3
CICLOS: 50-60
R.P.M.: 1690
MARCA: SUPER

EQUIPO: AGITADOR DE LA ALIMENTACION
CLAVE: GD-01
SERVICIO: Agitador del Tanque de alimentación FA-01
ACCIONADOR: Motor eléctrico
TIPO: Hélice, montado sobre eje vertical

3.5 INSTRUMENTACION DE LA COLUMNA DE DESTILACION

INDICADORES DE FLUJO

Rotámetros tipo flotador, elemento primario de medición.

CLAVE	SERVICIO	CARACTERISTICAS	LOCALIZACION
FI-01	MEDIDOR DE FLUJO DE ALIMENTACION	ESCALA: 0-25; marca: Fischer & Porter	Tablero de control
FI-02	MEDIDOR DE FLUJO DE RESIDUO	ESCALA: 0-5; s/marca	Tablero de control
FI-03	MEDIDOR DE FLUJO DE DESTILADO	ESCALA: 0-1.27 LPM; marca W & T	Tablero de control
FI-04	MEDIDOR DE FLUJO DE REFLUJO	ESCALA: 0-25; marca Fischer & Porter	Tablero de control
FI-05	MEDIDOR DE FLUJO DE AGUA DE ENFRIAMIENTO	ESCALA: 0-100 % de flujo máximo; marca W & T de México.	Salida de agua de enfriamiento

INDICADORES DE PRESION

Manómetros de tubo Bourdón tipo carátula de reloj; elemento primario de medición.

CLAVE	SERVICIO	CARACTERISTICAS	LOCALIZACION
PI-01	PRESION DE VAPOR DEL PRECALENTADOR	Escala: 0-4 Kg/cm ² ; diámetro: 16 cm; marca: METRON	Entrada de vapor de la válvula neumática
PI-02	PRESION DE VAPOR DE CALENTAMIENTO A LA TORRE DA-01	Escala: 0-2 Kg/cm ² ; diámetro: 5.2 cm; marca: METRON	Tablero de control
PI-03	PRESION EN EL DOMO DE LA TORRE DA-01	Escala: 0-26 cm, vac. 0-2 Kg/cm ² ; diámetro: 9.5 cm; marca: ASHCROFT	Domo de la Torre DA-01
PI-04	PRESION DE DESCARGA DE LA BOMBA GA-01	Escala: 0-4 Kg/cm ² ; diámetro: 7 cm; marca: ASHCROFT	Tablero de Control

CLAVE	SERVICIO	CARACTERISTICAS	LOCALIZACION
PI-05	PRESION DE DESCARGA BOMBA GA-01	Diámetro: $\frac{7}{8}$ cm; Escala: 0-4 Kg/cm ² ; Marca: Ashcroft.	Tablero de Control

INDICADOR DE NIVEL DE VIDRIO

Indicadores de tubo, elemento primario de medición.

CLAVE	SERVICIO	CARACTERISTICAS	LOCALIZACION
LI-01	NIVEL DEL FONDO DE LA TORRE DA-01	Longitud: 28 $\frac{3}{4}$ " (73 cm) Diámetro 5/8 " (1.58 cm)	Fondo de la Torre DA-01.
LI-02	NIVEL DEL TANQUE DE DESTILADO FA-02	Longitud: 12 $\frac{1}{4}$ " (31 cm) Diámetro: 5/8 " (1.58 cm)	Tanque de destilado FA-02.
LI-03	NIVEL DEL TANQUE DE RESIDUO	Longitud: 12 $\frac{1}{4}$ " (31 cm) Diámetro: 5/8 " (1.58 cm)	Tanque de residuo FA-03.

INDICADOR DE TEMPERATURA

CLAVE	SERVICIO	CARACTERISTICAS	LOCALIZACION
TI-01	TEMPERATURA DE ALIMENTACION	Bulbo de mercurio; Marca: Palmer; Rango: 30-400 °F	Tablero de Control
TI-02	TEMPERATURA DEL RESIDUO	Bulbo de mercurio; Marca: Palmer; Rango: 30-300 °F	Tablero de Control
TI-03	TEMPERATURA DEL REFLUJO	Bulbo de mercurio; Marca: Palmer; Rango: 30-300 °F	Tablero de Control
TI-04	TEMPERATURA DEL DESTILADO	Bulbo de mercurio; Marca: Palmer; Rango: 30-300 °F	Tablero de Control
TI-05	TEMPERATURA DEL RESIDUO	Carátula de reloj; Marca: American; Rango: 0-200 °F Diámetro: 5.3 cm	Tablero de Control

REGISTRADOR DE TEMPERATURA

CLAVE	SERVICIO	CARACTERISTICAS	LOCALIZACION
TR-01	INDICADOR Y REGISTRADOR DE TEMPERATURA	Analgico de aguja móvil, registrador de gráfica de tira, rango: 0-160 °C, marca: BRISTOL'S	Tablero de control (lado sur de la torre DA-01)
TC-01	TEMPERATURA DE ALIMENTACION	Sistema termal de mercurio, transmisor neumático de acción reversa, válvula neumática	Tablero de control (parte inferior de la torre DA-01)

TERMOPARES

El equipo consta de 24 termopares, distribuidos en el cuerpo de la torre de destilación DA-01 para enviar la señal a un multipotenciómetro marca Honeywell con un rango de 0 a 200 °C, indicando las temperaturas en cada uno de los platos.

CLAVE	LOCALIZACION
TW-01	Plato 01 de la torre DA-01
TW-02	Plato 02 de la torre DA-01
TW-03	Plato 03 de la torre DA-01
TW-04	Plato 04 de la torre DA-01
TW-05	Plato 05 de la torre DA-01
TW-06	Plato 06 de la torre DA-01
TW-07	Plato 07 de la torre DA-01
TW-08	Plato 08 de la torre DA-01
TW-09	Plato 09 de la torre DA-01
TW-10	Plato 10 de la torre DA-01
TW-11	Plato 11 de la torre DA-01
TW-12	Plato 12 de la torre DA-01
TW-13	Plato 13 de la torre DA-01
TW-14	Plato 14 de la torre DA-01
TW-15	Plato 15 de la torre DA-01
TW-16	Plato 16 de la torre DA-01
TW-17	Plato 17 de la torre DA-01
TW-18	Domo de la torre DA-01
TW-19	Salida de agua del enfriador de residuo EA-04
TW-20	Agua de enfriamiento a la salida del condensador EA-02 C
TW-21	Flujo de alimentación a la torre DA-01
TW-22	Fondo de la torre DA-01
TW-23	Vapores que entran a los condensadores EA-02 A
TW-24	Residuo de la mezcla a la salida del enfriador EA-04

CAPITULO 4 DESCRIPCION DEL PROCESO

C O N T E N I D O

- 4.1 ALIMENTACION
- 4.2 PRECALENTAMIENTO
- 4.3 VAPOR DE CALENTAMIENTO
- 4.4 CONDENSACION
- 4.5 RESIDUO
- 4.6 AGUA DE ENFRIAMIENTO

CAPITULO 4

DESCRIPCION DEL PROCESO

4.1 ALIMENTACION

La mezcla a destilar se prepara en el tanque de alimentación FA-01, en donde se homogeniza mediante el agitador GD-01. Esta mezcla se alimenta a la columna por el plato número 3 mediante la bomba de alimentación GA-01, pasando previamente por los filtros FD-01 A, B y C y el medidor de flujo FI-01.

4.2 PRECALENTAMIENTO

La mezcla que sale del medidor de flujo FI-01 pasa por el precalentador EA-01 de donde sale a una temperatura entre 70 y 80 °C y una presión de 1.7 Kg/cm² manométricas.

La torre de destilación puede operar en tres formas diferentes, a saber, presión atmosférica, vacío y presión mayor a la atmosférica. En este caso se trabajó a presión atmosférica.

4.3 VAPOR DE CALENTAMIENTO

La carga térmica necesaria para la operación de la torre es suministrada por el rehervidor, utilizando vapor saturado que se controla mediante una válvula reguladora de presión, en un rango de 0 a 2 Kg/cm².

4.4 CONDENSACION

Los vapores obtenidos en el domo de la torre se encuentran a una temperatura de 90 °C aproximadamente, los cuales son enviados hacia los condensadores EA-02 A, B y C, de donde se obtiene un destilado con una temperatura de 65°C, que se envía al subenfriador de destilado EA-03, almacenándose posteriormente en el tanque receptor de destilado FA-02 a una temperatura aproximada de 30 °C.

4.5 RESIDUO

El residuo se obtiene por la parte inferior de la torre DA-01 con una temperatura entre 115 y 125 °C, el cual se envía al enfriador de residuo EA-04, saliendo a una temperatura de 30°C aproximadamente, almacenándose enseguida en el tanque de almacenamiento FA-03 por medio de la bomba GA-02.

4.6 AGUA DE ENFRIAMIENTO

El agua de enfriamiento se alimenta al subenfriador de destilado EA-03, luego pasa a los condensadores de destilado EA-02 A, B y C y finalmente a la rejilla recolectora. Agua de enfriamiento se alimenta también al enfriador de residuo EA-04 y posteriormente a la rejilla recolectora.

CAPITULO 5: EXPERIMENTACION Y RESULTADOS

C O N T E N I D O

- 5.1 OBJETIVO DE LA EXPERIMENTACION**

- 5.2 LISTA DE VARIABLES A MEDIR DURANTE LA EXPERIMENTACION**

- 5.3 DESCRIPCION DE VARIABLES Y SUS MODIFICACIONES DURANTE LA EXPERIMENTACION EN LA COLUMNA DE DESTILACION**

- 5.4 INFORMACION GENERADA DURANTE LA REALIZACION DEL PRESENTE TRABAJO**

CAPITULO 5: EXPERIMENTACION Y RESULTADOS

5.1 OBJETIVO DE LA EXPERIMENTACION

La experimentación se realizó con el objeto de encontrar las condiciones de operación adecuadas en la columna de destilación, para la mezcla MEG-AGUA, buscando obtener un residuo de 80% en peso y elaborar la técnica de operación para que realicen la práctica los alumnos y profesores.

Al experimentar en la columna se procuró que las condiciones de trabajo fueran fácilmente reproducibles durante la operación de la columna de destilación, por los alumnos que realizan las prácticas correspondientes a la asignatura de Transferencia de Masa, esperando resultados formativos.

A continuación se describen los pasos que se consideraron durante la experimentación.

Se propuso una secuencia de operación que consistió en:

1. Tener disponibles los servicios auxiliares que se requieren durante la experimentación como son los siguientes: vapor de calentamiento, agua de enfriamiento, aire de instrumentos y corriente eléctrica.
2. Tener el equipo en condiciones adecuadas para la operación.
3. La primera etapa de corridas experimentales en el equipo se realizó utilizando la técnica de operación del equipo propuesta en el manual de transferencia de masa. (Ver bibliografía)

Durante la experimentación se midieron las siguientes variables: temperaturas, flujo de alimentación, flujo de destilado, flujo de residuo, flujo de reflujo y la presión del vapor de calentamiento. Al analizar los resultados obtenidos se concluyó que la técnica empleada no era la adecuada para la mezcla MEG-AGUA, ya que la separación fue del 28% en peso en el residuo como se ve en las corridas 1, 2 y 3 de la Tabla 5-4. Para conocer la composición de las muestras se empleó el método de análisis por refractometría.

4. Los resultados que se obtuvieron en cada corrida se analizaron y

discutieron en un taller organizado para este fin originando las modificaciones a las variables a manejar en las futuras corridas. Para ordenar la información experimental obtenida fue necesario elaborar un formato y tablas de apoyo para realizar la práctica en forma adecuada.

5.2 LISTA DE VARIABLES A MEDIR DURANTE LA EXPERIMENTACION

a) Antes del experimento

- V_{TT} (l) Volumen inicial de mezcla en el tanque de alimentación.
- C_A (% en peso) Composición inicial de la alimentación.
- V_T (l) Volumen del tanque de alimentación después de inundar el plato N° 3.

b) Durante la operación

- | | | |
|--------|-----------------------|--|
| τ | (min) | Tiempo |
| P_v | (Kg/cm ²) | Presión de vapor de calentamiento |
| F_c | (l/min) | Flujo del condensado de vapor de calentamiento |
| V_c | (l) | Volumen acumulado del condensado |
| T_f | (°C) | Temperatura del fondo de la columna |
| T_d | (°C) | Temperatura del domo de la torre |
| T_A | (°C) | Temperatura de la mezcla de alimentación |
| F_A | (l/min) | Flujo de la mezcla de alimentación |
| F_R | (l/min) | Flujo de residuo |
| F_D | (l/min) | Flujo de destilado |
| V_D | (l) | Volumen acumulado de destilado |

C_R	(% en peso)	Composición del residuo
C_D	(% en peso)	Composición en el destilado
T_D	(°C)	Temperatura en el destilado
T_R	(°C)	Temperatura en el residuo

c) Después de la experimentación

C_D	(% en peso)	Composición del destilado acumulado
V_{RT}	(l)	Volumen total del residuo
C_{RT}	(% en peso)	Composición del residuo acumulado
P_A		Plato de alimentación
C	(% en peso)	Composición en los platos 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17 y destilado
V_{FFT-1}	(l)	Volumen final del tanque de alimentación

5.3 DESCRIPCION DE VARIABLES Y SUS MODIFICACIONES DURANTE LA EXPERIMENTACION EN LA COLUMNA DE DESTILACION

Tomando en cuenta las condiciones del equipo y los servicios auxiliares como limitantes y no perdiendo de vista que se desea obtener un residuo con 80% de composición, se diseñó un programa de experimentación donde se fueron cambiando las variables de operación, con el propósito de encontrar las condiciones fijadas.

LISTA DE VARIABLES QUE SE MANEJARON

1.	Flujo de alimentación	(l/min)
2.	Flujo de reflujo	(l/min)
3.	Temperatura de alimentación	(° C)
4.	Plato de alimentación	
5.	Presión de vapor de calentamiento	(Kg/cm ²)
6.	Flujo de destilado	(l/min)
7.	Composición de la alimentación	(% en peso MEG)
8.	Volumen inicial de operación	(l)
9.	Flujo de residuo	(l/min)

A continuación se describen como fueron modificándose las condiciones de las variables y los resultados registrados en las corridas efectuadas.

1. Flujo de alimentación

Las condiciones que se obtuvieron variando el flujo de alimentación se resumen en la tabla siguiente:

VARIACION DE LA COMPOSICION EN EL RESIDUO SEGUN EL FLUJO DE ALIMENTACION

Condición de flujo de alimentación	a	b	c
Número total de corridas efectuadas	3	5	14
Número de las corridas a que corresponde	1 a la 3	5 a la 9	10 a la 24
Intervalo del flujo de alimentación (l/min)	1.75-1.85	0.675-0.850	0.35-0.50
Composición obtenida en el residuo en fracción peso MEG	26%-37%	57%-75%	76%-81%

TABLA 5-1

*Ver tabla 5-4

Condición a: Se alimentó en un intervalo de 1.75-1.85 l/min. obteniéndose un residuo con composiciones entre 26-37%, lo cual no cumple con el objetivo establecido de obtener una composición de 80% en peso en el residuo.

También se observó que la columna vomitaba la mezcla al aumentar la presión de vapor de calentamiento, por lo que se decidió disminuir el flujo de alimentación a otra condición.

Condición b: Al disminuir el flujo entre el intervalo 0.675-0.850 l/min se

obtuvo un aumento en la composición del residuo entre 57-75 % dando como resultado que no existiera vómito de la mezcla.

Condición c : Considerando que uno de los factores limitantes del equipo son los condensadores porque su instalación no es la correcta, ya que la línea de vapores entran por la parte inferior del primer condensador, originando con esto que se acumule el destilado y posteriormente se descargue de golpe. Para disminuir este efecto se disminuyó el flujo de alimentación entre 0.35 - 0.50 l/min. Como consecuencia el equipo trabajó sin vomitar obteniéndose un residuo con una composición entre 76 - 81 % en fracción peso, cumpliéndose con esto el objetivo fijado.

2. Reflujo externo :

Como consecuencia de que el equipo no se encuentra aislado se observó que tiene un reflujo interior muy grande, que no es medible y que aumenta gradualmente al ir descendiendo a través de la columna.

Durante la primera etapa de experimentación se trabajó con el reflujo externo , dando como resultado que por debajo del plato de alimentación presentaba concentraciones menores con respecto a la composición de alimentación y por lo tanto la composición en el residuo fue baja, por lo que se decidió no utilizar reflujo exterior.

3. Temperatura de alimentación

En la primera etapa de experimentación se trabajó a temperatura ambiente en el flujo de alimentación, con esto se observó que aumentó el reflujo interno en la columna, por lo que se decidió aumentar la temperatura de alimentación hasta la temperatura de saturación de la mezcla MEG-AGUA.

La tabla siguiente muestra los cambios en la temperatura de alimentación.

Condición en la temperatura de alimentación	a	b
Intervalo de la temperatura de alimentación	68°C-76°C	80°C-90°C
Número de corridas efectuadas en cada condición	5	6
Número de las corridas que se realizaron (Ver Tabla 5-4)	9, 11, 12 17 y 20	13, 18, 19 22, 23, 24
Intervalo de la composición del residuo (% en peso)	76 - 79	79 - 82
Intervalo en la composición entre los platos 3 al 11	25 - 0.4 %	25 - 2 %

Tabla 5-2. Variación de la temperatura de alimentación.
(Ver Tabla 5-4)

Condición a : Se observó que en el residuo se obtuvo una composición entre 76-79%, el cual se encuentra muy cercano al objetivo fijado.

Condición b : Se obtuvo un residuo entre 79-82% en peso. También aumentó la composición entre los platos 3 y 11 en el intervalo 25 al 2%, condición bastante aceptable, además de que el análisis de las muestras es más fácil de realizar.

4. Plato de alimentación

Otra de las variables que se manejaron fue el plato de alimentación para la operación de la columna realizando los siguientes cambios en el número de plato de alimentación, que se describen en la tabla siguiente:

Condiciones del plato de alimentación	a	b	c	d	e
Número de plato en el cual se alimenta	15	10	6	4	3
Total de corridas realizadas	9	2	1	10	1
Corridas experimentales correspondientes	1 a 9	10, 11	12	13, 15, 17 18, 1, 23	14
Variación en las composiciones en la sección de agotamiento	N O	A C E P T A B L E S		A C E P T A B L E	

Tabla 5-3. Variación del plato de alimentación.
(Ver Tabla 5-4)

Condiciones a, b, c, d : El comportamiento en estas condiciones fue NO aceptable porque la composición en los platos en la sección de agotamiento fueron menores que la composición en el plato de alimentación. Esta composición debió ir aumentando del plato de alimentación al residuo; en algunas corridas su comportamiento fue constante; en esta condición la columna no destiló sino que trabajó como tubo; por lo cual no cumplió el

principio de la destilación en columna de platos.

Condición e : Las composiciones que se obtuvieron por debajo del plato de alimentación fueron aceptables, aumentando gradualmente desde el residuo al plato de alimentación; por esta razón se eligió el plato #3 para alimentar la columna en la práctica de la destilación intermitente.

5. Presión de vapor de calentamiento

Durante la primera etapa del trabajo experimental se utilizó al inicio de la operación una presión de vapor de calentamiento de 2 Kg/cm^2 , dando como resultado que la torre se inundara (vomitara) debido a un gran aumento del reflujo interior, lo que da origen a la disminución de la eficiencia del equipo. Cuando se disminuyó la presión de vapor de calentamiento a valores de 1 Kg/cm^2 la columna presentó lloriqueo, esto es, al ser poco el vapor de calentamiento los vapores que ascienden por los platos de calentamiento se condensan y caen como gotas en las chimeneas de las campanas en cada plato a través de toda la columna. Este fenómeno se explica porque las chimeneas de los platos están más abajo de la altura del vertedero.

Posteriormente se propuso regular el ritmo de la alimentación del vapor de calentamiento iniciando con 1 Kg/cm^2 , aumentando gradualmente 0.1 Kg/cm^2 cada 10 minutos, variando la presión de calentamiento en función del aumento de la composición del residuo y así mantener el flujo de destilado constante durante el tiempo de la experimentación.

6. Flujo del destilado

El flujo de destilado se controló únicamente con la presión de vapor de calentamiento, dejando totalmente abierta la válvula correspondiente y así lograr que el flujo de destilado sea constante.

7. Concentración de la alimentación

Se realizaron corridas con una composición en fracción peso del 50% y 25%, con lo cual no se obtuvieron cambios considerables en la composición en el residuo, por lo tanto se decidió trabajar con una composición de 20% a 25%; con esto la operación del equipo es ilustrativa.

8. Número del plato inundado al inicio de la operación

Al inicio, se inundó hasta el plato número 15, operando la columna a destilación intermitente con el propósito de concentrar el residuo y después operar la columna en forma continua; durante esta condición se observó que al alimentar el vapor de calentamiento no destiló la columna, por lo que se decidió cambiar el nivel de inundación hasta llegar al plato número 3.

Al concluir con las etapas de experimentación el total de corridas efectuadas fueron 25, obteniendo las condiciones de operación recomendables para operar la columna.

Estas condiciones se resumen enseguida:

VARIABLE	CONDICION OBTENIDA
Flujo de alimentación	0.35 a 0.50 l/min
Flujo externo	Sin reflujo
Temperatura de alimentación	80 a 90 °C
Plato de alimentación	Número 3
Presión de vapor de calentamiento	1 a 2 Kg/cm ² con variación de 0.1 Kg/cm ² cada 10 minutos
Flujo de destilado	Constante, en función de la presión de vapor
Composición en la alimentación	20 a 25 % en peso MEG
Número de plato inundado al inicio de la operación	Plato número 3

Durante la destilación en la columna de platos se observaron dos etapas principales:

1. Arranque de la columna que consiste en inundar con una mezcla MEG-AGUA hasta el plato número 3 y destilar en forma intermitente hasta que la mezcla llegue al nivel del plato número 1.

2. Reanudar inmediatamente la alimentación y destilar en forma continua, por lo que se decidió realizar la práctica en dos sesiones; la primera es de introducción, con el propósito de que el alumno conozca el equipo y realice la operación en forma intermitente. La segunda sesión tiene como propósito operar el equipo en forma continua y obtener los resultados que se tienen como objetivo, por lo que en concreto se proponen dos prácticas para destilar en la columna:

A. Práctica de Destilación Intermitente

B. Práctica de Destilación Continua

En la Tabla 5-4 se encuentra el resumen de los datos que se obtuvieron durante el trabajo de experimentación.

5.4 INFORMACION GENERADA DURANTE LA REALIZACION DEL PRESENTE TRABAJO

1. Descripción del equipo y diagrama de flujo de la columna de platos. (Ver página 22).
2. Técnica de operación para la práctica de destilación Intermitente y Continua.
3. Formatos para la información experimental requerida. (Hoja de datos)
4. Técnica para el análisis de las muestras.
5. Lista de variables a medir durante la experimentación.
6. Condiciones recomendables de operación

TABLA 5.4 RESUMEN DE CORRIDAS EXPERIMENTALES

VARIABLES MEDIBLES	NUMERO DE CORRIDA																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
PLATO DE ALIMENTACION	15	15	15	15	15	15	15	15	15	10	10	6	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	4		
COMPOSICION EN LA ALIMENTACION, % EN PESO	19	22	19	20	19	19	17	15	19	20	20	50	46	25	25	48	23	27.5	25.6	23	24.3	27.8	27.8	23.2	23.8		
PLATO INUNDADO AL INICIO DE LA OPERACION								8											3	3	3	3	3	3	3		
FLUJO PROMEDIO DE LA ALIMENTACION, lts/min	1.75	1.95	1.87		0.67	0.6	0.6	0.88	0.77	0.42	0.45	0.37	0.35	0.45	0.35	0.33	0.50	0.55	0.37	0.39	0.35	0.45	0.45	0.5	0.8		
TEMPERATURA DE LA ALIMENTACION °C	88	95	80		78				75	64	72	80	78	68	75	74	90	80	76	78	80	83	86	86			
FLUJO PROMEDIO DEL RESIDUO, lts/min	1.2	1.15	1.15		0.2	0.2	0.16	0.37	0.12		0.13	0.13	0.06	0.18	0.076	0.18	0.18	0.1	0.055	0.47	0.07	0.15	0.13	0.17	0.3		
FLUJO PROMEDIO DEL DESTILADO, lts/min	0.55	0.75	0.83	0.60	0.50	0.50	0.33	0.55	0.50	0.36	0.32		0.26	0.27	0.27	0.15	0.32	0.31	0.26	0.23	0.23	0.26	0.31	0.59	0.50		
PRESION DEL VAPOR DE CALENTAMIENTO PROMEDIO, Kg/cm ²	1.0	1.5	1.8	1.6				1.4	1.7	1.5	1.5	1.4	1.6	1.5	1.5	1.6	1.4	1.6	1.6	1.5	1.8	1.7	1.8	1.6	1.6		
PRESION DEL VAPOR DE CALENTAMIENTO AL FINAL, Kg/cm ²				2.0	2.0	2.0	2.0	1.6	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.8	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0		
FLUJO DEL VAPOR CONDENSADO PROMEDIO lts/min				0.56	0.66	0.52		0.68	0.8	0.56	0.58	0.68	0.42	0.32	0.36	0.36	0.38	0.36	0.37	0.52	0.65	0.50	0.37	0.50	0.74		
COMPOSICION DEL DESTILADO % EN PESO	0.02	0.2	0.05	0.07	0.06	0.06	0.15	0.03	0.05	0.02	0.02		0.01									0.04	0.09				
PLATO 19	0.6	0.3	4.0	0.3	0.5	0.18		2.0	7.5	0.22	0.16		0.02	0.05	0.02	0.025	0.04	0.08			0.05	1.42	1.11		0.175	0.171	
PLATO 18	1.1	14.0	5.0				0.19	3.5	9.0	0.35	0.82		0.025	0.07	0.03	0.038	0.04	0.10	0.13	0.27	0.51	1.7					
PLATO 16				5.0	5.0	2.0	2.0		15.0	0.57			0.06	0.03				0.06	0.02						0.42	0.21	
PLATO 15	18	20	18					14	17.7	1.0			0.057	0.17	0.15	1.0	0.028	0.4		0.02	0.52	3.33		0.5	0.68	0.23	
PLATO 14			20	18				12		1.1	2.0		0.16	0.24	0.16	0.25		0.6								0.23	
PLATO 13										2.0			0.29	0.29	0.2			0.136	0.9	0.2	2.62	3.44	1.8	1.008	2.03		
PLATO 12												2.0															
PLATO 11	18	20	18	23	14	11	8	12	17.5	3.0			0.342	0.84	0.55	0.166	0.41	1.6	0.65	5.22		3.44	2.02	2.52	0.5		
PLATO 10	19	20	17				7	12		18			0.707	1.0	0.66	0.378	0.85	2.0									
PLATO 9																					1.15	8.92	5.05	3.94	2.52	4.58	1.515
PLATO 8	18	20	24					11	19	16		7	1.0	3.0		1.0	0.7	1.58	9.0								
PLATO 7	19	20	24	23	14	10	7.0	10.5	19	16.5	14.0		3.0	4.0	3.0	3.12	3.0	7.0	9.15	12.52	6.07	5.05	4.55	6.07			
PLATO 6													7.0	6.0													
PLATO 5	18	20	18					9.0	11.0	20.0	16.0		10.0	11.0	8.0	8.0	9.5	13.0	22.1	18.6	10.1	29.3	8.91	5.56	5.56		
PLATO 4	19									14.5	14.5		46														
PLATO 3	18	20	17	17	16	13	34	23	20.5	17.0	17.0	45	37	27	20	36	21	25	29.2	23	25.74	26.52	14.75	15.8			
RESIDUO	26	37	35	70	75	67	72	53	68	60	65	78	80	76	80	79	76	79	79.5	79	81.04	79.01	1.04	79.975	46		



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

TABLA 5.5

LABORATORIO DE INGENIERIA QUIMICA
PRACTICA: DESTILACION CONTINUA EN TORRE DE PLATOS
FORMATO PARA LA INFORMACION EXPERIMENTAL REQUERIDA



FECHA: CORRIDA # 24 HORARIO: GRUPO: PROFESOR:

VOLUMEN INICIAL DEL TANQUE DE ALIMENTACION A₁ = 195 l
COMPOSICION DE LA ALIMENTACION C_A = 3 peso % 23.2
VOLUMEN DEL TANQUE DE ALIMENTACION DESPUES DE INICIAR PLATO 1 A₂ = 170 l
VOLUMEN FINAL DEL TANQUE DE ALIMENTACION A₃ = 150 l
COMPOSICION DEL DESTILADO ACUMULADO C_D = 0.4 peso %

CONDICIONES DE OPERACION											COMPOSICION DEL RESIDUO		
TIEMPO t	PRESION DEL VAPOR P _v	FLUJO DEL CONDENSADO F _c	VOLUMEN ACUMULADO DEL CONDENSADO V _c	Temperaturas en la torre			FLUJO DE ALIMENTACION F _a	FLUJO DE RESIDUO F _r	FLUJO DE DESTILADO F _d	VOLUMEN ACUMULADO DE DESTILADO V _d	INDICE DE REFRACCION I _r	INDICE DE REFRACCION I _c	COMPOSICION EN PESO P _r
(min)	(kg/cm ²)	(l/min)	(l)	FONDO T _f	DOMO T _d	ALIMENTACION, T _a	(l/min)	(l/min)	(l/min)	(l)			
0	1.0												
10	1.0	0.660	10.0	114	88.5						1.366	1.366	25.80
20	1.1	0.680	18.0	116	88.5				0.630	4.630	1.366	1.366	27.85
30	1.3	0.740	24.0	119	88.5				0.700	11.000	1.366	1.366	38.00
40	1.6	0.700	32.0	124	89.0				0.630	19.000	1.366	1.366	53.00
50	1.8	0.260	36.45	124	89.0	70.0	0.500	0.220	0.210	22.360	1.406	1.406	78.50
60	2.0	0.440	40.2	128	89.0	95.0	0.500	0.230	0.220	26.560	1.406	1.406	
70	2.0	0.500	43.45	128	89.0	86.0	0.500	0.170	0.390	29.290	1.406	1.406	78.50
			Int. 47.45							Int. 33.10			

VOLUMEN TOTAL R₂ = 16 L

COMPOSICION DEL RESIDUO ACUMULADO C_R = 3.8 peso %

TEMP. EN EL DESTILADO 34.0 °C

TEMPERATURA EN EL RESIDUO 26.0 °C

PLATO DE ALIMENTACION: 3

PLATOS	COMPOSICION EN LOS PLATOS																	
	PLATO # 1	PLATO # 1	PLATO # 5	PLATO # 7	PLATO # 9	PLATO # 11	PLATO # 13	PLATO # 15	PLATO # 17	DESTILADO								
CORRIDA	I _c	peso	I _c	peso	I _c	peso	I _c	peso	I _c	peso	I _c	peso	I _c	peso	I _c	peso		
A			1.325	19.75	1.336	5.568	1.330	6.07	1.3375	4.55	1.335	2.52	1.336	1.203	1.332	0.691	1.334	0.72
B																		

$\frac{1}{2}$ PESO MEG = 1 013.17 I_c - 1 350.56

I_c = 1 + 0.002

DESTILACION EN TORRE DE PLATOS
TECNICA DE OPERACION

OPERACION INTERMITENTE

- 1 Preparar en el tanque de alimentación FA-01 150 litros, aproximadamente de una mezcla MEG-AGUA, que tenga una composición entre 20 y 30 % en peso MEG.
- 2 Agitar durante 5 minutos para obtener una mezcla homogénea mediante el agitador GD-01.
- 3 Alinear la alimentación desde el tanque FA-01 al plato # 3, haciéndola pasar por los filtros FD-01 A, B y C y el tablero de control.
- 4 Alinear el destilado, mandando las vaporizaciones del domo de la torre a los condensadores EA-02 A, B y C (en ese orden); y el total de esos condensados al tanque receptor de destilado FA-02 a través del tablero de control.
- 5 Cerrar la válvula de descarga del residuo.
- 6 Alinear agua de enfriamiento al subenfriador de destilado EA-03, a los condensadores EA-02 A, B y C, al rotámetro FI-05 y a la rejilla recolectora (en ese orden).
- 7 Alinear el vapor de calentamiento, verificando su trayectoria desde la caldera, hasta la válvula reguladora de presión que abastece la torre.
- 8 Alimentar la mezcla mediante la bomba GA-01, hasta inundar el plato # 3. Parar en ese momento la bomba y cerrar la válvula de alimentación a la torre.
- 9 Alimentar agua de enfriamiento a los equipos indicados en 6

y descargarla al drenaje a través del rotámetro FI-05 totalmente abierto.

- 10 Alimentar vapor de calentamiento a la calandria de la torre a una presión de 1.0 Kg/cm^2 . Purgar la descarga de condensados a través del by-pass de la trampa de vapor y alinear ésta cuando se haya eliminado el total de condensados acumulados. Incrementar la presión del vapor, aproximadamente en 0.1 Kg/cm^2 cada 10 minutos, hasta alcanzar una presión máxima de 2.0 Kg/cm^2 . cuidando que el flujo de condensado de la calandria no sea menor de 0.250 l/min , ni mayor de 1.0 l/min .
- 11 Cada 10 minutos, y en forma simultánea, a partir del momento en que se registre destilado en el rotámetro FI-02:
 - Muestrear residuo y destilado.
 - Medir el flujo de destilado y el flujo de condensados de la calandria.
- 12 Terminar la operación cuando la concentración en el residuo esté entre 65 y 75 %.
- 13 Cerrar la válvula de suministro de vapor a la calandria de la torre.
- 14 Cerrar la válvula de suministro de agua de enfriamiento a los condensadores EA-02 A, B y C y al subenfriador de destilado EA-03.
- 15 Medir el volumen final de destilado y determinar su composición.
- 16 Medir el volumen final de residuo y determinar su composición.
- 17 Determinar el volumen total de condensados generados en la calandria de la torre.

DESTILACION EN TORRE DE PLATOS
TECNICA DE OPERACION

OPERACION CONTINUA

Para iniciar la operación continua se procede a operar la torre en forma intermitente hasta llegar a las condiciones establecidas en el punto 11. Enseguida continuar con el punto 18.

- 18 Iniciar la alimentación continua en el plato #4, con un flujo entre 0.3 y 0.5 l/min., precalentándolo en EA-01 a una temperatura aproximada de 80°C, mediante el ajuste del controlador de temperatura colocado en la alimentación de vapor del EA-01.
- 19 Mantener la presión del vapor de calentamiento para estas condiciones, en 2.0 Kg/cm², en la calandria de la torre.
- 20 Suministrar agua de enfriamiento al enfriador de residuo EA-04.
- 21 Desalojar el residuo al tanque de almacenamiento FA-03 con la bomba GA-02 a un flujo entre 0.060 y 0.100 l/min. Medir el flujo de residuo en la línea de muestreo con probeta y cronómetro.
- 22 Fijar el flujo de residuo para mantener constante el nivel marcado en el plato # 1.
- 23 Cada 10 minutos, a partir de haber alcanzado el nivel marcado en el plato # 1 :
 - Registrar condiciones de operación (Temperatura, Presión, Nivel).
 - Muestrear: Destilado, residuo y fase líquida de por lo menos 8 platos representativos, para determinar composiciones.

- 24 Terminar la operación cuando la información mencionada en el punto 23 esté completa.
- 25 Parar: alimentación, descarga de residuo, vapor de calentamiento y agua de enfriamiento.
- 26 Medir el volumen final de destilado y determinar su composición.
- 27 Medir el volumen final de residuo y determinar su composición.
- 28 Determinar el volumen total de condensados generados en la calandria de la torre.

Técnica para el análisis de las muestras.

Para el análisis de las muestras que se obtienen durante la operación se propone la siguiente técnica de análisis.

En el análisis se usa el método por refractometría, que consiste en leer el índice de refracción de la mezcla. Con este valor se utiliza posteriormente una ecuación algebraica en lugar de gráfica para obtener lecturas más exactas de las composiciones en fracción peso MEG.

A continuación se describe la técnica de análisis para las muestras MEG-AGUA.

1. Con el refractómetro se lee el índice de refracción, posteriormente con este dato se emplea la siguiente ecuación para calcular la composición:

$$\% \text{ en fracción peso} = 1013.17 I_c - 1350.56 \quad (1)$$

2. Se obtienen lecturas directas en el refractómetro de las siguientes muestras: alimentación, residuo, plato N° 3 al 11.

3. Para las muestras del plato N° 12 al 20 y el destilado se obtienen composiciones menores de 1% en fracción peso, estas lecturas no se alcanzan a leer en forma directa en el refractómetro dando valores del índice de refracción inferiores a 1.3350; para estas muestras se sigue el tratamiento siguiente:

- a) Se pesa un vaso de precipitados de 100 ml.
- b) Se coloca la muestra en el vaso, según el volumen establecido, según se indica en la Tabla 5-7.

- c) Al peso anterior (b) se le resta el peso del vaso vacío (a) para obtener el peso de la muestra diluída.
- d) Se calienta la muestra (c) hasta ebullición para concentrarla hasta un volumen de 1 ml. aproximadamente; se pesa el vaso con la muestra concentrada.
- e) Al peso del vaso con muestra concentrada (d) se resta el peso del vaso vacío (a) obteniéndose el peso de la muestra concentrada.
- f) Se calcula la relación de pesos mediante el peso de la muestra concentrada (b) entre el peso de muestra diluída (c).
- g) Se determina el índice de refracción de la muestra concentrada, obteniéndose el valor de (1).
- h) Se hace la corrección del índice de refracción de la muestra concentrada sumándole 0.002, quedando:

$$I_c = I + 0.002$$

- j) Mediante la ecuación (1) se calcula el por ciento en peso de la muestra concentrada.
- k) Para obtener la concentración en fracción peso de la muestra original buscada se multiplica el por ciento en peso de la muestra (d) por la relación del peso de la muestra (f) y se divide entre 100.

NUMERO DE PLATO	VOLUMEN DE LA MUESTRA (ml)
10	2
11	3
12	4
13	8
14	15
15	25
16	30
17	40
18	50
19	75
Destilado	200

Tabla 5-7. Volumen de muestra diluida que se recomienda concentrar, según el plato de la columna a que corresponde. Se concentran todas las muestras hasta 1 ml. aproximadamente.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

LABORATORIO DE INGENIERIA QUIMICA

PRACTICA: DESTILACION CONTINUA EN TORRE DE PLATOS

HOJA DE DATOS DE MUESTRAS CON INDICE DE REFRACCION INFRIOPPS A 1.3150

FECHA: CORRIDA NQ 24		HORARIO:					GRUPO:					PROFESOR:					
NO. de Muestra CONCEPTO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
A	PESO RECIPIENTE VACTO (g.)						48.25	50.15	49.5	55.3	48.63	49.7					
B	PESO RECIPIENTE CON MUESTRA (g.)						59.95	62.45	64	88.8	114	106					
C	PESO MUESTRA (g.)																
= B - A							11.7	12.3	14.5	33.5	65.37	56.3					
D	PESO RECIPIENTE CON MUESTRA CONCENTRADA (g.)						50.65	52.15	51.52	58.5	49.4	50.6					
E	PESO CONCENTRADO (g.)																
= D - A							2.4	2.0	2.02	3.2	0.77						
F=E/C	RELACION DE PESO DE LAS MUESTRAS						0.2050	0.1626	0.1393	0.0955							
I	INDICE DE REFRACCION DE LA MUESTRA CONCENTRADA	1.3305	1.3370	1.3365	1.3353	1.3335	1.3368	1.3352	1.3340	1.3328	1.3305	1.3305					
Ic=I+0.002	INDICE DE REFRACCION CORREGIDO DE LA MUESTRA CONC.	1.3325	1.3390	1.3385	1.3375	1.3355	1.3388	1.3372	1.3360	1.3348	1.3325	1.3325					
J=1013.17 Ic-1350.56	POR CIENTO EN PESO DE LA MUESTRA CONCENTRADA						5.87	4.25	3.03	1.819							
K=J*F/100	COMPOSICION EN FRACCION PESO DE LA MUESTRA ORIGINAL	19.75	6.07	5.56	4.55	2.52	1.203	0.691	0.422	0.173							

* DESTILADO

+ DESTILADO ACUMULADO

CAPITULO 6: DISCUSION DE LOS RESULTADOS

CONTENIDO

- 6.1 INTRODUCCION
- 6.2 LISTA DE LITERALES UTILIZADAS
- 6.3 DATOS REQUERIDOS PARA REALIZAR LOS CALCULOS
- 6.4 ECUACIONES QUE SE REQUIEREN PARA REALIZAR LOS CALCULOS
- 6.5 SECUENCIA PARA REALIZAR EL BALANCE DE MATERIA
- 6.6 SECUENCIA PARA REALIZAR EL BALANCE DE ENERGIA TOTAL
- 6.7 CALCULOS PARA DETERMINAR LAS PERDIDAS DE CALOR
- 6.8 EJEMPLO DE CALCULO (EJEMPLO DETALLADO QUE MUESTRA COMO SE LLEGO A LOS RESULTADOS)
- 6.9 ANALISIS DE LOS RESULTADOS

CAPITULO 6: DISCUSION DE LOS RESULTADOS

6.1 INTRODUCCION

Tomando en cuenta las condiciones de instalación del equipo y los resultados obtenidos durante la experimentación, los cálculos que se pueden realizar son: a) el balance de materia y b) el balance de energía en el equipo, ya que si se pretenden realizar los cálculos para los métodos de McCabe-Thiele o Ponchon Savarit, sería necesario contar con los datos de la relación de reflujo, el cual no es medible por las siguientes razones: el reflujo interno es muy grande, los flujos molares no son constantes en cada una de las secciones de la columna (las líneas de operación no son rectas) y la columna presenta pérdidas de calor por radiación debido a que no está aislada. Por consiguiente, no pueden realizarse los cálculos por métodos gráficos.

En los siguientes puntos se presenta la metodología para realizar los cálculos.

6.2 LISTA DE LITERALES UTILIZADAS PARA EL CALCULO

Volumen inicial del tanque de alimentación	V_{A1} lts.
Volumen final del tanque de alimentación	V_{A3} lts.
Volumen acumulado de destilado	V_d lts.
Volumen total del residuo	V_{rt} lts.
Volumen acumulado del condensado	V_c lts.
Composición de la alimentación	C_A % peso
Composición del destilado acumulado	C_d % peso
Composición del residuo acumulado	C_r % peso
Temperatura del flujo de alimentación	T_A °C
Temperatura en el destilado	T_d °C
Temperatura en el residuo	T_r °C
Presión del vapor de calentamiento	P_v Kg/cm ²
Intervalo de tiempo durante la experimentación	Θ min.

6.3 DATOS REQUERIDOS PARA REALIZAR LOS CALCULOS

Nota.- Para realizar estos cálculos se tomaron en cuenta los datos de la corrida experimental N^o 24 (Tabla 5-5)

Volumen total alimentado	V_{TA}	49.00 lts.
Volumen total destilado	V_{Td}	33.10 lts.
Volumen total del residuo	V_{Tr}	16.00 lts.
Volumen del vapor condensado	V_{vc}	47.40 lts.
Concentración de la alimentación	V_A	23.23 % peso
Composición del destilado	C_D	0.040 % peso
Composición del residuo	C_R	64.33 % peso
Temperatura de la alimentación	T_A	20.00 °C
Temperatura del destilado	T_d	20.00 °C
Temperatura del residuo	T_R	20.00 °C
Temperatura del vapor	T_v	122.30 °C
Densidad de la alimentación	ρ_A	1.03 Kg/l
Densidad del destilado	ρ_D	1.00 Kg/l
Densidad del residuo	ρ_R	1.098 Kg/l
Densidad del vapor	ρ_v	1.00 Kg/l
Presión del destilado	P_D	0.79 Kg/cm ²
Presión del vapor de calentamiento	P_v	2.17 Kg/cm ²
Calor latente del destilado	λ_D	544 cal/Kg
Calor latente del vapor	λ_v	524.4 cal/Kg

6.4 ECUACIONES QUE SE REQUIEREN PARA REALIZAR LOS CALCULOS

$$Q_P = Q_T - Q_L$$

donde: Q_P = Pérdidas de calor

Q_T = Calor total

Q_L = Calor latente

$$Q_T = w_c \lambda_c \quad \text{calor total del vapor de calentamiento a la presión de operación.}$$

$$Q_L = w_D \lambda_D \quad \text{calor del destilado}$$

$$\% \text{ Pérdidas de calor} = Q_p / Q_T \times 100$$

6.5 SECUENCIA PARA REALIZAR EL BALANCE DE MATERIA

6.5.1 Volumen de la mezcla que se manejó durante la experimentación

6.5.1a Volumen de alimentación $V_{A1} - V_{A3} = 180 - 131 = 49 \text{ lts.}$

6.5.1b Volumen de destilado $V_D = 33.11 \text{ lts.}$

6.5.1c Volumen del residuo $V_R = 16 \text{ lts.}$

6.5.1d Volumen de destilado + residuo $V_{D+R} = 33.11 + 16 = 49.11 \text{ lts.}$

6.5.1e Volumen del condensado del vapor $V_V = 47.45 \text{ lts.}$

6.5.2 Composiciones de las corrientes

6.5.2a Composición de la alimentación $C_A = 23.23 \%$ peso MEG

6.5.2b Composición del destilado $C_D = 0.040 \%$ peso MEG

6.5.2c Composición del residuo $C_R = 64.33 \%$ peso MEG

6.5.3 Temperaturas de las corrientes (Balance global)

6.5.3a Temperatura de la alimentación $T_A = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

6.5.3b Temperatura del destilado $T_D = 20 \text{ }^\circ\text{C}; 35 \text{ }^\circ\text{C}$

6.5.3c Temperatura del residuo $T_R = 20 \text{ }^\circ\text{C}; 23 \text{ }^\circ\text{C}$

6.5.4 Densidades de las corrientes

6.5.4a Densidad de la alimentación $\rho_A = 1.03 \text{ Kg/l}$

6.5.4b Densidad del destilado $\rho_D = 1.00 \text{ Kg/l}$

6.5.4c Densidad del residuo $\rho_R = 1.098 \text{ Kg/l}$

6.5.4d Densidad del condensado del vapor de calentamiento $\rho_V = 1.00 \text{ Kg/l}$

6.5.5 Peso en las corrientes

6.5.5a Peso de la alimentación: $w_A = \rho_A V_A = 1.03 \times 49 = \underline{50.47 \text{ Kg}}$

6.5.5b Peso del destilado: $w_D = \rho_D V_D = 1.00 \times 33.11 = 33.11 \text{ Kg}$

6.5.5c Peso del residuo: $w_R = \rho_R V_R = 1.098 \times 16 = 17.57 \text{ Kg}$

6.5.5d Peso del destilado + residuo:

$$w_{D+R} = w_D + w_R = 33.11 + 17.57 = \underline{50.68 \text{ Kg}}$$

6.5.5e Peso del condensado del vapor de calentamiento

$$w_V = \rho_V V_V = 1.00 \times 47.45 = 47.45 \text{ Kg}$$

6.5.6 Peso del MEG

6.5.6a Peso del MEG de la alimentación

$$w_{\text{MEG-A}} = x_{\text{MEG-A}} w_A = 0.2323 \times 50.47 = 11.72 \text{ Kg}$$

6.5.6b Peso del MEG en el destilado

$$w_{\text{MEG-D}} = x_{\text{MEG-D}} w_D = 0.0004 \times 33.11 = 0.0132 \text{ Kg}$$

6.5.6c Peso del MEG en el residuo

$$w_{\text{MEG-R}} = x_{\text{MEG-R}} w_R = 0.6433 \times 17.57 = 11.290 \text{ Kg}$$

6.5.6d Peso del MEG del destilado + residuo

$$w_{\text{MEG-D+R}} = 0.0132 + 11.290 = 11.3032 \text{ Kg}$$

6.5.7 Peso del agua de las corrientes

6.5.7a Peso del agua de la alimentación

$$w_{\text{AGUA}} = x_{\text{AGUA}} w_A = 0.7677 \times 50.47 = 38.75 \text{ Kg}$$

6.5.7b Peso del agua del destilado

$$w_{\text{AGUA-D}} = x_{\text{AGUA-D}} w_D = 0.9996 \times 33.11 = 33.0967 \text{ Kg}$$

6.5.7c Peso del agua del residuo

$$w_{\text{AGUA-R}} = x_{\text{AGUA-R}} w_R = 0.3563 \times 17.57 = 6.28 \text{ Kg}$$

6.5.7d Peso del agua de destilado + residuo

$$w_{\text{AGUA D+R}} = w_{\text{AGUA-D}} + w_{\text{AGUA-R}} = 33.096 + 6.28 = 39.376 \text{ Kg}$$

6.6 SECUENCIA PARA REALIZAR EL BALANCE DE ENERGIA TOTAL

6.6.1 Presión de operación

6.6.1a Presión del destilado: $P_D = 0.79 \text{ Kg/cm}^2$

6.6.1b Presión de vapor de calentamiento: $P_V = 2.17 \text{ Kg/cm}^2$

6.6.2 Calor latente

6.6.2a Calor latente del destilado: $\lambda_D = 544 \text{ cal/Kg}$ (De Tablas de Vapor)

6.6.2b Calor latente del vapor de calentamiento: $\lambda_V = 524.4 \text{ cal/Kg}$
(De Tablas de Vapor)

6.6.5 Cálculo de las pérdidas de calor

6.6.5a Calor total abastecido por el vapor de calentamiento

$$Q_T = w_v \lambda_v = 47.45 \times 524.4 = 24\,884.69 \text{ cal.}$$

6.6.5b Calor usado para la destilación

$$Q_L = w_D \lambda_D = 33.11 \times 544 = 18\,011.84 \text{ cal.}$$

6.7 Cálculos para determinar las pérdidas de calor

6.7.1 Pérdidas de calor durante el tiempo de operación

$$Q_P = Q_T - Q_L = 24\,884.69 - 18\,011.84 = 6\,872 \text{ cal.}$$

6.7.2 Tiempo de operación: 55 minutos

6.7.3 Pérdidas de calor en una hora de operación

$$Q_P = 6\,872.84 \text{ cal} \times \frac{60 \text{ min/hr}}{55 \text{ min}} = 7\,497.65 \text{ cal/hr}$$

6.7.4 Por ciento de las pérdidas de calor

$$\% \text{ Pérdidas de calor} = Q_P / Q_T \times 100 = 7\,497.65 / 24\,884.69 \times 100 = \underline{30.12}$$

6.8 EJEMPLO DE CALCULO (EJEMPLO DETALLADO QUE MUESTRA COMO SE LLEGO A LOS RESULTADOS)

TABLA N° 6-1. RESUMEN DE LOS CALCULOS DE UNA CORRIDA EXPERIMENTAL

Puntos de la secuencia	DESTILACION CONTINUA								
	6.5.1	6.5.2	6.5.3	6.5.4	6.5.5	6.5.6	6.5.7	6.6.1	6.6.2
CONCEPTO	VOLUMEN V (l)	CONCENTRACION C (% PESO MEG)	TEMPERATURA T °C	DENSIDAD ρ (Kg/l)	PESO TOTAL W (KG)	PESO MEG W MEG (KG)	PESO H2O w H2O (Kg)	RESION PABS (KG/CM2)	CALOR LATENTE λ (CAL/KG)
A) ALIMENTACION	49	23.23	20	$\rho_A=1.031$	50.47	11.72	38.75		
B) DESTILADO	33.11	0.04	20	$\rho_D=1.00$	33.11	0.001324	33.096	$P_D=0.79$	$\lambda_V=544$
C) RESIDUO	16	64.33	20	$\rho_R=1.098$	17.57	11.29	6.28		
D) DESTILADO + RESIDUO	49.11				50.68	11.291	39.377		
E) VAPOR (condensado)	47.45		20	$\rho=1.00$	47.45			$P_V=2.17$	$\lambda_V=524.4$

$$C_A = \frac{11.303}{50.47} \times 100 = 22.39 \%$$

$$\rho_A = 1.022 \text{ Kg/l}$$

$$w_A = V_A \rho_A = 49 \times 1.022 = 50.078 \text{ Kg}$$

$$C_A = \frac{11.303}{50.078} \times 100 = 22.57 \%$$

Pérdidas de calor = Calor total - Calor latente

$$Q_P = Q_T - Q_L$$

$$Q_T = w_C \lambda_C = 47.45 \times 524.4 = 24\,884.69 \text{ cal}$$

$$Q_L = w_D \lambda_D = 33.11 \times 544 = 18\,011.84 \text{ cal}$$

$$Q_P = 6\,872.84 \text{ cal/55 min}$$

$$Q_P = 7\,497 \text{ cal/h}$$

$$\% \text{ Pérdidas de calor} = \frac{Q_P}{Q_T} \times 100 = 30.12$$

6.9 ANALISIS DE LOS RESULTADOS

La incongruencia observada en el balance de materia puede ser debido a que la muestra de la carga no haya sido representativa por falta de agitación. Esta hipótesis se basa en los valores del agua y el MEG en el destilado y residuo.

La comprobación de esta hipótesis consiste en que al ajustar el contenido del MEG en el residuo se ajusta el balance de agua.

Partiendo del peso $w_{\text{MEG D+R}} = 0.0132 + 11.290 = 11.303 \text{ Kg}$

Peso de la alimentación = 50.47 Kg

$$C_A = 11.303 / 50.47 \times 100 = 22.39 \%$$

$$\rho_A = 1.022 \text{ Kg/l}$$

$$w_A = V_A \rho_A = 49 \times 1.022 = 50.078 \text{ Kg}$$

$$C_A = 11.303 / 50.078 \times 100 = 22.57 \% \text{ peso MEG}$$

para $w_{\text{MEG}} = 11.303 \text{ Kg}$ y $w_{\text{MEG}} = 50.078 \text{ Kg}$

CAPITULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPITULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Conclusiones sobre la mezcla MEG-AGUA: Se encontró que los glicoles tienen un grado de toxicidad relativamente bajo y no representan riesgos serios en lo que a uso y manejo industrial se refiere; la inhalación de los vapores no presenta riesgos significativos en aplicaciones ordinarias; la irritación es moderada por vía cutánea; el peligro de incendio y explosión es bajo cuando se expone a calor o flama; es poco volátil, por lo que en el domo se obtiene agua como destilado, la que no presenta peligro de explosión.
2. Conclusiones para las condiciones de operación en la columna de platos con la mezcla MEG-AGUA: Al concluir la experimentación, los rangos de operación obtenidos son satisfactorios y reproducibles para la realización de la práctica de destilación y se recomienda trabajar con las siguientes condiciones:

VARIABLE	CONDICION
1. Flujo de alimentación	0.35 a 0.50 l/min
2. Flujo externo	Sin reflujo
3. Temperatura de alimentación	80 a 90 °C
4. Plato de alimentación	Número 3
5. Presión de vapor de calentamiento	1 a 2 Kg/cm ² con variación de 0.1 Kg/cm ² cada 10 minutos
6. Flujo de destilado	Constante en función de la presión de vapor
7. Composición de la alimentación	20 a 25 % en peso MEG
8. Número de plato inundado al inicio de la operación	Número 3

3. La destilación en la columna se puede llevar a cabo en dos etapas para simplificar la familiarización con el equipo y por razones de tiempo de laboratorio se proponen dos prácticas con los siguientes nombres:

- Destilación intermitente en columna de platos
- Destilación continua en columna de platos

Durante la realización del presente trabajo de tesis se generó el instructivo para las prácticas propuestas con el material de apoyo necesario para integrarlo, el cual consiste en lo siguiente:

- I Objetivo
- II Descripción del equipo y Diagrama de Flujo
- III Tabla de propiedades para el manejo del MEG
- IV Técnica de Operación
- V Formato para la información experimental requerida
- VI Contenido del Informe de la Práctica
- VII Bibliografía
- VIII Apéndice

Estas prácticas cumplen con los objetivos buscados, proporcionando al alumno una experiencia más acorde con la realidad como se trabaja en la industria. Por lo tanto es de gran valor en la formación del futuro Ingeniero Químico.

En la práctica de Destilación Intermitente se pretende mostrar al alumno el arranque de una columna de destilación como se realiza en la industria, además de que se prepara al alumno a conocer y familiarizarse con el equipo para que en la siguiente

práctica realice la destilación en forma continua, o sea, que el trabajo experimental en la columna se completa al final de la segunda práctica.

Para realizar otro tipo de cálculos en la columna como ya los mencionamos se necesita acondicionar el equipo para obtener los datos necesarios, por lo que se hacen las siguientes recomendaciones para el mejoramiento del equipo:

1. Aislamiento de la columna y de las líneas de alimentación del domo a los condensadores.

Esta modificación propuesta es una de las más importantes pues se tendrá la operación de la columna en forma correcta, se evitarán las pérdidas de calor y por lo tanto el reflujo debido a la condensación de vapores por falta de aislamiento, teniendo también un ahorro de energía y el alumno observará la columna de destilación del Laboratorio de Ingeniería Química como la verá en la industria.

El aislamiento de las líneas de alimentación y líneas de vapores del domo a los condensadores, se requiere que estén aisladas para no tener pérdidas de calor y evitar que las líneas funcionen como torres de pared húmeda, agravando el problema del reflujo interno, el cual no es medible.

2. Cambio en la instalación de los condensadores de los vapores.

Se propone el cambio de instalación de los condensadores en las siguientes formas: Cambio de la línea de alimentación de los vapores que van del domo al primer condensador, cambiarla de la parte inferior del condensador a la parte superior quedando en contracorriente con el agua de enfriamiento. Otra alternativa es cambiar de posición los condensadores, instalándolos horizontalmente evitando así la inundación de los mismos.

3. Cambio del plato de vidrio de la parte superior de la columna al extremo inferior.

Con esto se podrá mejorar el control en la operación de la columna; con el plato de vidrio se observará el nivel de la mezcla a destilar, nos ayudará a regular los flujos de alimentación, residuo y destilado para que el nivel se mantenga constante.

4. Instalación de un medidor de nivel del fondo hasta el plato No. 3 de la columna de destilación.

Para la operación de la columna de destilación cuando se alimenta la mezcla MEG-AGUA hasta el plato No. 3, con el indicador de nivel se medirá el volumen de manera directa.

5. Cambio del medidor de flujo del residuo.

El rotámetro que se encuentra instalado en la línea de descarga del residuo es de una capacidad más grande a la requerida, por lo que se recomienda instalar otro de una capacidad aproximada de 0 a 1.5 l/min.

6. Calibración de todos los instrumentos de medición.

Para obtener datos más exactos se recomienda calibrar los indicadores de flujo, termopares, manómetros, así como el multipotenciómetro.

7. Instalación de un medidor de volumen para el tanque de alimentación.

Es necesario adaptar un medidor de volumen al tanque de alimentación de la mezcla para obtener lecturas más precisas del volumen que contiene en cada una de las etapas de la operación.

8. Calibración de la válvula reguladora de presión.

Se recomienda la calibración de la válvula reguladora de presión de la línea de vapor de calentamiento que entra a la calandria de la columna hasta una presión de 2.0 Kg/cm^2 .

9. Instalar colector de condensados del vapor de calentamiento con un medidor de nivel.

El propósito es recuperar y medir los condensados para calcular el calor alimentado.

10. Señalar las claves del equipo.

Indicar con letreros adecuados los equipos principales auxiliares y de instrumentación con sus nombres y claves de acuerdo al servicio y características que presentan según se establece en el diagrama de flujo.

11. Cambiar la válvula de compuerta en la línea de alimentación del vapor de calentamiento.

Esta válvula se localiza en la entrada a la calandria de la columna; es una válvula de tipo compuerta. Se recomienda cambiarla por una válvula de globo para tener un mayor control de flujo de vapor.

12. Calibración de la válvula automática que controla la temperatura en la línea de alimentación.

Se recomienda la calibración de esta válvula ya que se observan variaciones en la temperatura del flujo de alimentación durante la operación de la columna.

13. Instalación de un medidor de presión en el fondo de la columna.

Este medidor permitirá controlar la operación de la columna.

14. Instalación de un medidor de flujo en la línea de agua de enfriamiento del cambiador de calor EA-04.

Conociendo el gasto del agua que se utiliza como enfriamiento del residuo se pueden realizar cálculos de balance parcial de energía.

15. Instalación de una pierna barométrica.

En la línea del residuo de la columna se propone instalar una pierna barométrica a la altura del plato número 1, con el propósito de mantener el nivel de la mezcla que se destila en el primer plato y así controlar la operación de manera estable.

16. Cambio del tipo de plato de la columna de destilación.

Se propone cambiar los platos de campana que se encuentran instalados en la columna de destilación, por platos de válvulas. Actualmente los platos de campanas ya no se usan en la industria por su ineficiencia y difícil control. En la operación de la columna, el funcionamiento de los platos de válvulas es más versátil, trabajan con presión hidrostática, regulando las vaporizaciones durante la operación de la columna.

Este trabajo es una etapa, de varias, en la reestructuración de la torre de platos del laboratorio de ingeniería química que servirá como base para futuras experimentaciones en las que se implementan prácticas más apegadas a los conceptos de la destilación.

Para realizar el presente trabajo de tesis se consideró la seguridad como un elemento importante en el trabajo experimental. La seguridad debe ser, por lo tanto, un concepto primordial para la formación profesional del estudiante y que se tome en cuenta al instalar los equipos de laboratorio, así como al proponer y realizar las prácticas experimentales.

Por último, esperamos que este trabajo sirva de apoyo al personal que labora en el laboratorio de Ingeniería Química para que pueda evaluar las necesidades y requerimientos del equipo de laboratorio y de esta manera lo acondicione y lo actualice para que se obtenga el mejor aprovechamiento posible en la impartición de las prácticas.

A P E N D I C E

CONTENIDO

INSTRUCTIVO DE LA PRACTICA:

DESTILACION EN TORRE DE PLATOS



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE QUIMICA

DIVISION DE INGENIERIA

LABORATORIO DE INGENIERIA QUIMICA

I N S T R U C T I V O

D E L A

PRACTICA: DESTILACION EN TORRE DE PLATOS

C O N T E N I D O

- I OBJETIVO
- II DESCRIPCION DEL EQUIPO
- III TABLA DE PROPIEDADES PARA EL MANEJO DEL MEG
- IV TECNICA DE OPERACION
- V FORMATO DE LA INFORMACION EXPERIMENTAL REQUERIDA
- VI CONTENIDO DEL INFORME DE LA PRACTICA
- VII BIBLIOGRAFIA
- VIII APENDICE

PRÁCTICA: DESTILACION EN TORRE DE PLATOS

I OBJETIVO

DESTILACION INTERMITENTE

Operar la torre de platos en forma intermitente para separar una mezcla MEG-AGUA con una composición inicial entre 20 y 30 % hasta una composición final entre 65 y 75 % en el residuo.

DESTILACION CONTINUA

Operar continuamente la torre para separar una mezcla MEG-AGUA con una composición inicial entre 20 y 30 %, para obtener del domo una mezcla MEG-AGUA con una composición de 0.1 % máximo y del fondo un residuo con una composición de 65 % mínimo.

II DESCRIPCION DEL EQUIPO

Nº CLAVE	SERVICIO	CARACTERISTICAS
DA-01	TORRE DE DESTILACION	Cilíndrica vertical de 7 5/8 " (0.193 m) de diámetro, por 4.22 m de altura, de 20 platos con 3 campanas en arreglo triangular por cada plato; material de fundición de bronce.
EA-01	PRECALENTADOR DE LA ALIMENTACION	Vertical con 8 fluxes de 3/4" de diámetro por 1.64' (0,5 m) de longitud y 185.5 in ² (0.119 m ²) de su superficie de calentamiento; material de cobre.
EA-02 A	PRIMER CONDENSADOR DE DESTILADO	Vertical con 30 fluxes de 1" de diámetro por 4' (1.22 m) de longitud y 1130.97 in ² (0.729 m ²) de superficie de calentamiento; material de cobre.
EA-02 B	SEGUNDO CONDENSADOR DE DESTILADO	Vertical con 30 fluxes de 1" de diámetro por 4' (1.22 m) de longitud y 1130.97 in ² (0.729 m ²) de superficie de calentamiento; material de cobre.
EA-02 C	TERCER CONDENSADOR DE DESTILADO	Vertical con 30 fluxes de 1" de diámetro por 2' (0.609 m) de longitud y 565.5 in ² (0.365 m ²) de superficie de calentamiento; material de cobre.

N° CLAVE	SERVICIO	CARACTERISTICAS
EA-03	SUBENFRIADOR DE DESTILADO	Vertical con 8" (0.2 m) de diámetro por 13 3/4" (0.35 m) de longitud.
EA-04	ENFRIADOR DE RESIDUO	Horizontal con 8 fluxes de 3/4" de diámetro por 1,64' (0.5 m) de longitud y 185.5 in ² (0.119 m ²) de superficie de calentamiento; material de cobre.
FA-01	TANQUE DE ALIMENTACION	Vertical con 236 litros de capacidad, 23" (57.64 cm) de diámetro y 35 2/16" (90.5 cm) de longitud; material de acero inoxidable.
FA-02	TANQUE RECIBIDOR DE DESTILADO	Horizontal con 97.7 litros de capacidad, con 16 3/16" (41 cm) de diámetro y 29 2/16" (74 cm) de longitud; material de acero al carbón.
FA-03	TANQUE RECIBIDOR DE RESIDUO	Horizontal con 97.7 litros de capacidad, con 16 3/16" (41 cm) de diámetro y 29 2/16" (74 cm) de longitud, material de acero al carbón.
FD-01 A,B y C	FILTRO DE ALIMENTACION	Filtro de porcelana.
GA-01	BOMBA DE ALIMENTACION	Bomba centrífuga horizontal de 1/2 HP marca WESTRO.
GA-02	BOMBA DE RESIDUO	Bomba centrífuga horizontal de 1/2 HP marca SUPER.
GD-01	AGITADOR DE LA ALIMENTACION	Motor eléctrico de 1/2 HP tipo hélice.

I N S T R U M E N T A C I O N

INDICADORES DE FLUJO

Rotámetros tipo flotador, elemento primario de medición.

N° CLAVE	SERVICIO	CARACTERISTICAS	LOCALIZACION
FI-01	MEDIDOR DE FLUJO DE ALIMENTACION	Escala: 0-25; marca: Fischer & Porter	Tablero de control
FI-02	MEDIDOR DE FLUJO DE RESIDUO	Escala: 0-5; s/marca	Tablero de control
FI-03	MEDIDOR DE FLUJO DE DESTILADO	Escala: 0-1.27 LPM; marca: W & T.	Tablero de control
FI-04	MEDIDOR DE FLUJO DE REFLUJO	Escala: 0-25; marca: Fischer & Porter.	Tablero de control

Nº CLAVE	SERVICIO	CARACTERISTICAS	LOCALIZACION
FI-05	MEDIDOR DE FLUJO DE AGUA DE ENFRÍAMENTO	Escala: 0-100 % de flujo máximo; marca: Wallace & Tieman de México.	Salida de agua de enfriamiento.

INDICADORES DE PRESION

Manómetros de tubo Bourdón tipo carátula de reloj; elemento primario de medición.

Nº CLAVE	SERVICIO	CARACTERISTICAS	LOCALIZACION
PI-01	PRESION DE VAPOR DEL PRECALENTADOR EA-01	Escala: 0-4 Kg/cm ² ; diámetro: 16 cm; marca: METRÓN	Entrada de vapor de la válvula neumática.
PI-02	PRESION DE VAPOR DE CALENTAMIENTO DE LA TORRE DA-01	Escala: 0-2 Kg/cm ² ; diámetro: 5.2 cm; marca: METRÓN	Tablero de control
PI-03	PRESION EN EL DOMO DE LA TORRE DA-01	Escala: 0-76 cm vac. (0-2 Kg/cm ²); diámetro: 9.5 cm; marca: Ashcroft	Domo de la torre DA-01
PI-04	PRESION DE DESCARGA DE LA BOMBA GA-01	Escala: 0-4 Kg/cm ² ; diámetro: 7 cm; marca: Ashcroft.	Tablero de control
PI-05	PRESION DE DESCARGA DE LA BOMBA GA-02	Diámetro: 7 cm; escala: 0-4 Kg/cm ² ; marca: Ashcroft	Tablero de control

INDICADORES DE NIVEL DE VIDRIO

Indicadores de tubo, elemento primario de medición.

Nº CLAVE	SERVICIO	CARACTERISTICAS	LOCALIZACION
LI-01	NIVEL DEL FONDO DE TORRE DA-01	Longitud: 73 cm; diámetro: 5/8" (1.58 cm)	Fondo de la torre DA-01
LI-02	NIVEL DE TANQUE DE DESTILADO FA-02	Longitud: 30 cm; diámetro: 5/8" (1.58 cm)	Tanque de destilado FA-02
LI-03	NIVEL DE TANQUE DE RESIDUO FA-03	Longitud: 30 cm; diámetro: 5/8" (1.58 cm)	Tanque de residuo FA-03

INDICADOR DE TEMPERATURA

Nº CLAVE	SERVICIO	CARACTERISTICAS	LOCALIZACION
TI-01	TEMPERATURA DE ALIMENTACION	Bulbo de mercurio, marca: Palmer, rango: 30-400 °F	Tablero de control

Nº CLAVE	SERVICIO	CARACTERISTICAS	LOCALIZACION
TI-02	TEMPERATURA DEL RESIDUO	Bulbo de mercurio, marca: Palmer, rango: 30-300 °F	Tablero de control
TI-03	TEMPERATURA DEL REFLUJO	Bulbo de mercurio, marca: Palmer, rango: 30-300 °F	Tablero de control
TI-04	TEMPERATURA DEL DESTILADO	Bulbo de mercurio, marca: Palmer, rango: 30-300 °F	Tablero de control
TI-05	TEMPERATURA DEL RESIDUO DE LA TORRE DA-01	Carátula de reloj, marca: American, rango: 0-200 °C diámetro: 5.3 cm	Fondo de la torre DA-01

REGISTRADOR DE TEMPERATURA

Nº CLAVE	SERVICIO	CARACTERISTICAS	LOCALIZACION
TR-01	INDICADOR Y REGISTRADOR DE TEMPERATURA DE ALIMENTACION	Analgico de aguja móvil, registrador de gráfica de tira, rango: 0-160 °C, marca: BRISTOL'S	Tablero de control (lado sur de la torre DA-01)
TC-01	TEMPERATURA DE ALIMENTACION	Sistema termal de mercurio, transmisor neumático de acción reversa, válvula neumática.	Tablero de control (parte inferior de la torre DA-01)

TERMOPARES

Consta de 24 termopares, distribuidos en el equipo de torre de destilación DA-01 para enviar la señal a un multipotenciometro marca Honeywell con un rango de 0-200 °C, indicando las temperaturas en los sitios instalados.

CLAVE	LOCALIZACION
TW-01	Plato 01 de la torre DA-01
TW-02	Plato 02 de la torre DA-01
TW-03	Plato 03 de la torre DA-01
TW-04	Plato 04 de la torre DA-01
TW-05	Plato 05 de la torre DA-01
TW-06	Plato 06 de la torre DA-01
TW-07	Plato 07 de la torre DA-01
TW-08	Plato 08 de la torre DA-01
TW-09	Plato 09 de la torre DA-01
TW-10	Plato 10 de la torre DA-01
TW-11	Plato 11 de la torre DA-01
TW-12	Plato 12 de la torre DA-01
TW-13	Plato 13 de la torre DA-01
TW-14	Plato 14 de la torre DA-01
TW-15	Plato 15 de la torre DA-01
TW-16	Plato 16 de la torre DA-01
TW-17	Plato 17 de la torre DA-01
TW-18	Domo de la torre DA-01
TW-19	Salida de agua de enfriador de residuo EA-04
TW-20	Agua de enfriamiento de salida de condensador EA-02K
TW-21	Flujo de alimentación a la torre DA-01
TW-22	Fondo de la torre DA-01
TW-23	Vapores que entran a los condensadores EA-02 A
TW-24	Residuo de la mezcla, salida de enfriador EA-04

III TABLA DE PROPIEDADES PARA EL MANEJO DEL MONOETILENGLICOL

SINONIMOS: 1,2-Etanodiol, Glicol, Etilenglicol, Monoetilenglicol.

LÍQUIDO INCOLORO DE SABOR DULCE, HIGROSCÓPICO.

FÓRMULA: $\text{CH}_2\text{OHCH}_2\text{OH}$

PESO MOLECULAR: 62.1

PUNTO DE EBULLICIÓN: 197.5 °C a 760 mm Hg.

LÍMITE EXPLOSIVO INFERIOR: 3.2 %

TEMPERATURA DE FUSIÓN: - 15.6 °C

PUNTO DE INFLAMACIÓN: 111 °C (C.C.)

DENSIDAD: 1.113 g/ml a 25°/25°C

TEMPERATURA DE AUTOIGNICIÓN: 400°C

DENSIDAD DEL VAPOR: 2.14

PRESIÓN DE VAPOR: 0.05 mm a 20 °C

DATOS DE TOXICIDAD AGUDA:

ORAL: DL_{50} (RATAS) = 5840 mg/Kg

INTRAVENOSO (IV): DL_{50} (RATON) = 3000 mg/Kg

INTRAPERITONEAL (IP): DL_{mp} (CONEJO) = 1000 mg/Kg

IRRITACIÓN = Moderada por vía cutánea, ojos y mucosas, vía oral, intravenosa e intraperitoneal (LA DOSIS LETAL REPORTADA PARA EL SER HUMANO ES DE 100 ml).

SI SE INGIERE OCASIONA INICIALMENTE ESTÍMULO AL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL, SEGUIDO POR DEPRESIÓN. MAS ADELANTE CAUSA DAÑOS AL RIÑÓN QUE PUEDEN TERMINAR FATALMENTE. ALTAMENTE TÓXICO COMO AEROSOL CUANDO SE INHALA.

PELIGRO DE INCENDIO: BAJO, cuando se expone a calor o flama; puede reaccionar violentamente con ácido clorosulfónico, óleum y ácido sulfúrico.

CALENTAMIENTO ESPONTÁNEO: NO

PELIGRO DE EXPLOSIÓN: MODERADO, cuando se expone a la flama.

PARA COMBATIR EL INCENDIO USAR: ESPUMA, AGUA, CO_2 Y POLVO QUÍMICO.

DESTILACION EN TORRE DE PLATOS
IV TECNICA DE OPERACION

OPERACION INTERMITENTE

- 1 Preparar en el tanque de alimentación FA-01 150 litros, aproximadamente de una mezcla MEG-AGUA, que tenga una composición entre 20 y 30 % en peso de MEG.
- 2 Agitar durante 5 minutos para obtener una mezcla homogénea mediante el agitador GD-01.
- 3 Alinear la alimentación desde el tanque FA-01 al plato # 3, haciéndola pasar por los filtros FD-01 A, B y C y el tablero de control.
- 4 Alinear el destilado, mandando las vaporizaciones del domo de la torre a los condensadores EA-02 A, B y C (en ese orden); y el total de esos condensados al tanque receptor de destilado FA-02 a través del tablero de control.
- 5 Cerrar la válvula de descarga del residuo.
- 6 Alinear agua de enfriamiento al subenfriador de destilado EA-03, a los condensadores EA-02 A, B y C, al rotámetro FI-05 y a la rejilla recolectora (en ese orden).
- 7 Alinear el vapor de calentamiento, verificando su trayectoria desde la caldera, hasta la válvula reguladora de presión que abastece a la torre.
- 8 Alimentar la mezcla mediante la bomba GA-01, hasta inundar el plato # 3. Parar en ese momento la bomba y cerrar la válvula de alimentación a la torre.
- 9 Alimentar agua de enfriamiento a los equipos indicados en 6 y descargarla al drenaje a través del rotámetro FI-05 totalmente abierto.
- 10 Alimentar vapor de calentamiento a la calandria de la torre a una presión de 1.0 Kg/cm². Purgar la descarga de condensados a través del by-pass de la trampa de vapor y alinear ésta cuando se haya eliminado el total de condensados acumulados. Incrementar la presión del vapor, aproximadamente, en 0.1 Kg/cm² cada 10 minutos, hasta alcanzar una presión máxima de 2.0 Kg/cm², cuidando que el flujo de condensado de la calandria no sea menor de 0.250 l/min, ni mayor de 1.0 l/min.
- 11 Cada 10 minutos, y en forma simultánea, a partir del momento en que se registre destilado en el rotámetro FI-02:
Muestrear residuo y destilado.
Medir el flujo de destilado y el flujo de condensados de la calandria.
- 12 Terminar la operación cuando la concentración en el residuo esté entre 65 y 75 %
- 13 Cerrar la válvula de suministro de vapor a la calandria de la torre.
- 14 Cerrar la válvula de suministro de agua de enfriamiento a los condensadores EA-02 A, B y C y al subenfriador de destilado EA-03.
- 15 Medir el volumen final de destilado y determinar su composición.
- 16 Medir el volumen final de residuo y determinar su composición.
- 17 Determinar el volumen total de condensados generados en la calandria de la torre.

DESTILACION EN TORRE DE PLATOS
IV TECNICA DE OPERACION

OPERACION CONTINUA

Para iniciar la operación continua se procede a operar la torre en forma intermitente hasta llegar a las condiciones establecidas en el punto 11. Enseguida continuar con el punto 18.

- 18 Iniciar la alimentación continua en el plato # 4, con un flujo entre 0.3 y 0.5 l/min, precalentándolo en EA-01 a una temperatura aproximada de 80 °C, mediante el ajuste del controlador de temperatura colocado en la alimentación de vapor del EA-01.
- 19 Mantener la presión del vapor de calentamiento para estas condiciones, en 2.0 kg/cm², en la calandria de la torre.
- 20 Suministrar agua de enfriamiento al enfriador de residuo EA-04.
- 21 Desalojar el residuo al tanque de almacenamiento FA-03 con la bomba GA-02 a un flujo entre 0.060 y 0.100 l/min. Medir el flujo de residuo en la línea de muestreo con probeta y cronómetro.
- 22 Fijar el flujo de residuo para mantener constante el nivel marcado en el plato # 1.
- 23 Cada 10 minutos, a partir de haber alcanzado el nivel marcado en el plato # 1:
 - Registrar condiciones de operación (Temperatura, Presión, Nivel).
 - Muestrear: Destilado, residuo y fase líquida de por lo menos 8 platos representativos, para determinar composiciones.
- 24 Terminar la operación cuando la información mencionada en el punto 23 esté completa.
- 25 Parar: alimentación, descarga de residuo, vapor de calentamiento y agua de enfriamiento.
- 26 Medir el volumen final de destilado y determinar su composición.
- 27 Medir el volumen final de residuo y determinar su composición.
- 28 Determinar el volumen total de condensados generados en la calandria de la torre.

NOTA:

Ecuación para determinar la composición en peso de las muestras de la mezcla de MEG-agua.

$$C = 10013.17 (I_C) - 1350.56$$

C = composición en peso

I_C = Índice de refracción, corregido.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

LABORATORIO DE INGENIERIA QUIMICA

PRACTICA: DESTILACION INTERMITENTE EN TORRE DE PLATOS

HOJA DE DATOS DE MUESTRAS CON INDICE DE REFRACCION INFRAROJOS A 1.3350



F. de Q.
DEQ

FECHA:		HORARIO:				GRUPO:				PROFESOR:							
CONCEPTO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
A	PESO RECIPIENTE VACIO (g)																
B	PESO RECIPIENTE CON MUESTRA (g)																
C = B-A	PESO MUESTRA (g)																
D	PESO RECIPIENTE CON MUESTRA CONCENTRADA (g)																
E = D-A	PESO CONCENTRADO (g)																
F = E/C	RELACION DE PESO DE LAS MUESTRAS																
I	INDICE DE REFRACCION DE LA MUESTRA CONCENTRADA																
$I_c = I + 0.002$	INDICE DE REFRACCION CORREGIDO DE LA MUESTRA CONC.																
$J = 1013.17$ $K = 1350.56$	POR CIENTO EN PESO DE LA MUESTRA CONCENTRADA																
$R = J * F / 100$	COMPOSICION EN FRACCION PESO DE LA MUESTRA ORIGINAL																



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

LABORATORIO DE INGENIERIA QUIMICA

PRACTICA: DESTILACION CONTINUA EN TORRE DE PLATOS

HOJA DE DATOS DE MUESTRAS CON INDICE DE REFRACCION INFERIORES A 1.3350



FECHA:	HORARIO:	GRUPO:	PROFESOR:
--------	----------	--------	-----------

No. de Muestra		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
A	PESO RECIPIENTE VACIO (g.)																
B	PESO RECIPIENTE CON MUESTRA (g.)																
C	PESO MUESTRA (g.)																
- B - A																	
D	PESO RECIPIENTE CON MUESTRA CONCENTRADA (g.)																
E	PESO CONCENTRADO (g.)																
- D - A																	
F=E/C	RELACION DE PESO DE LAS MUESTRAS																
I	INDICE DE REFRACCION DE LA MUESTRA																
Ic=I+0.002	INDICE DE REFRACCION CORREGIDO DE LA MUESTRA CONC.																
J=1013.17 Ic-1350.36	POR CIENTO EN PESO DE LA MUESTRA CONCENTRADA																
K=J*F/100	COMPOSICION EN FRACCION PESO DE LA MUESTRA ORIGINAL																

TABLA DE TEMPERATURA DE EBULLICION MEZCLA MEG-AGUA

Temp. °C	P ^o H ₂ O (mmHg)	P ^o MEG (mmHg)	X agua	Y agua	α
93.025	586.000	11.466	1.00	1.00	51.11
95	630.50	12.757	0.9280	0.9985	49.42
100	755.88	16.612	0.7702	0.9935	45.50
105	901.26	21.454	0.6417	0.9869	42.01
110	1069.00	27.486	0.5363	0.9783	38.89
115	1261.64	34.943	0.4492	0.967	36.11
120	1481.91	44.090	0.3769	0.9531	33.61
125	1732.69	55.227	0.3164	0.9355	31.37
130	2017.06	68.698	0.2655	0.9139	29.36
135	2338.25	84.889	0.2224	0.8874	27.54
140	2699.70	104.234	0.1856	0.8551	25.90
145	3104.99	127.213	0.1541	0.8165	24.41
150	3557.89	154.361	0.1268	0.7699	23.05
155	4062.35	186.267	0.1031	0.7147	21.81
160	4622.46	223.577	0.0824	0.6500	20.68
165	5424.50	266.998	0.0619	0.5730	20.32
170	5926.87	317.300	0.0479	0.4845	18.68
175	6680.15	375.319	0.0334	0.3807	17.80
180	7507.07	441.957	0.0204	0.2613	16.99
185	8412.48	518.186	0.0086	0.1235	16.23
188.957	9241.41	586.000	0.0000	0.0000	15.77

VI CONTENIDO DEL INFORME DE LA PRACTICA

- 1 OBJETIVO
- 2 INFORMACION EXPERIMENTAL OBTENIDA
- 3 DESARROLLO DE LOS CALCULOS
- 4 CONCLUSIONES
- 5 RECOMENDACIONES

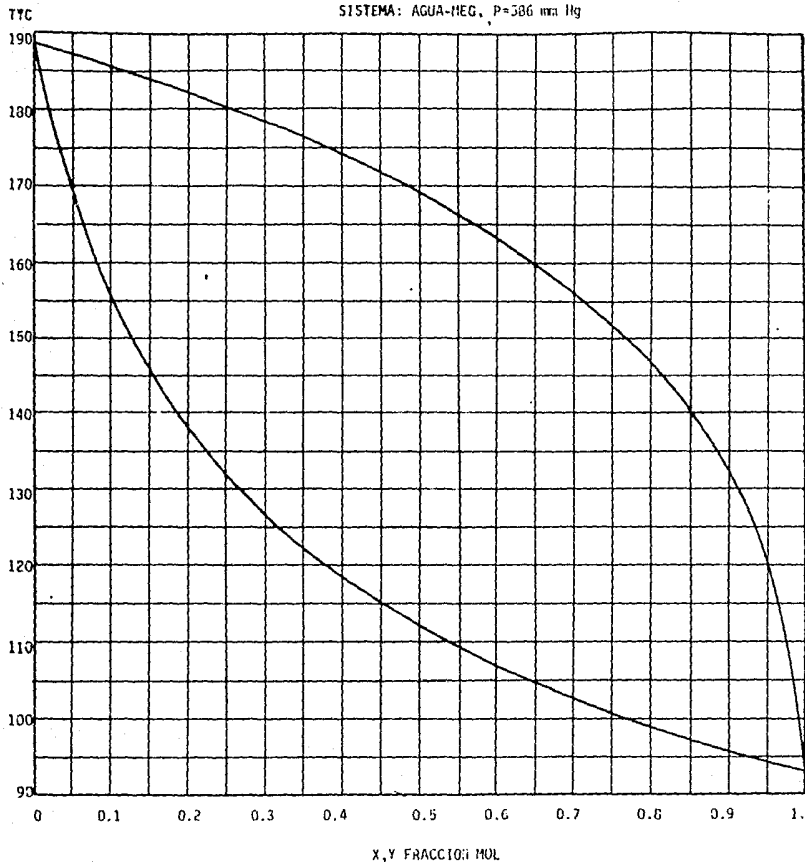
VII BIBLIOGRAFIA

- 1 McCabe, Smith, Operaciones Básicas en Ingeniería Química, Ed. Reverté.
- 2 Treybal R., Mass Transfer Operations, McGraw Hill, 1968.
- 3 Ocón y Tojo, Problemas de Ingeniería Química, Tomo I, Aguilar.
- 4 Ludwig, Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants, 2nd Ed., Gulf Pub., 1977.
- 5 Van Winkle M., Distillation, New York, McGraw Hill, 1977.
- 6 Norman W. S., Absorption, Distillation and Cooling Towers, New York, J. Wiley, 1961.

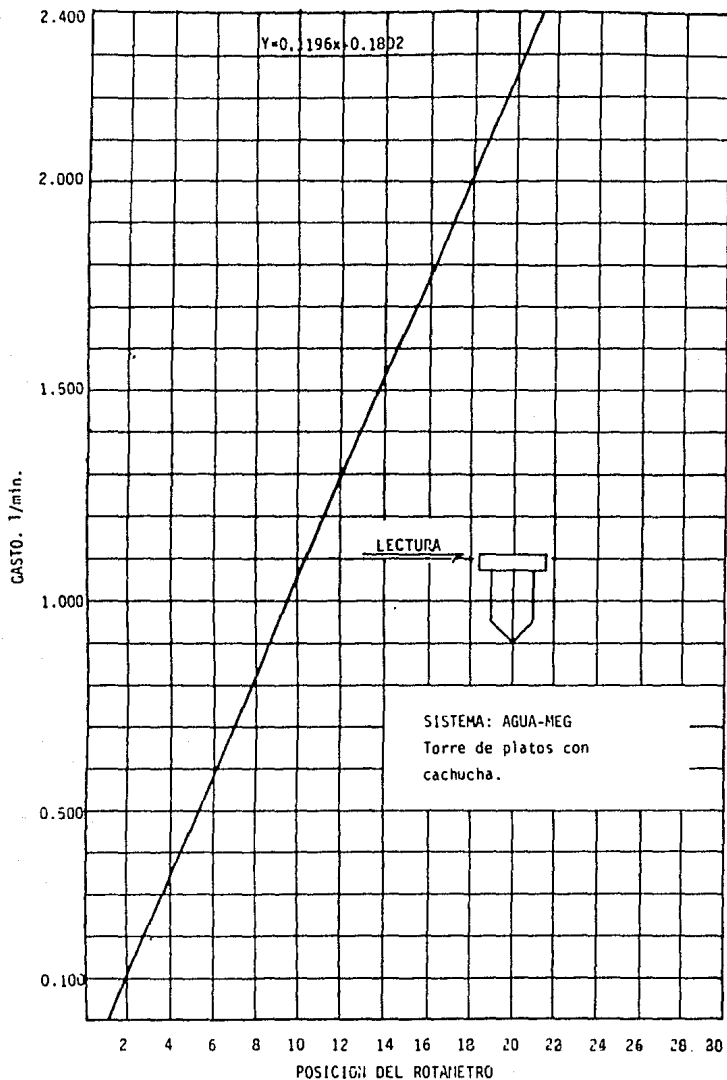
VIII A P E N D I C E

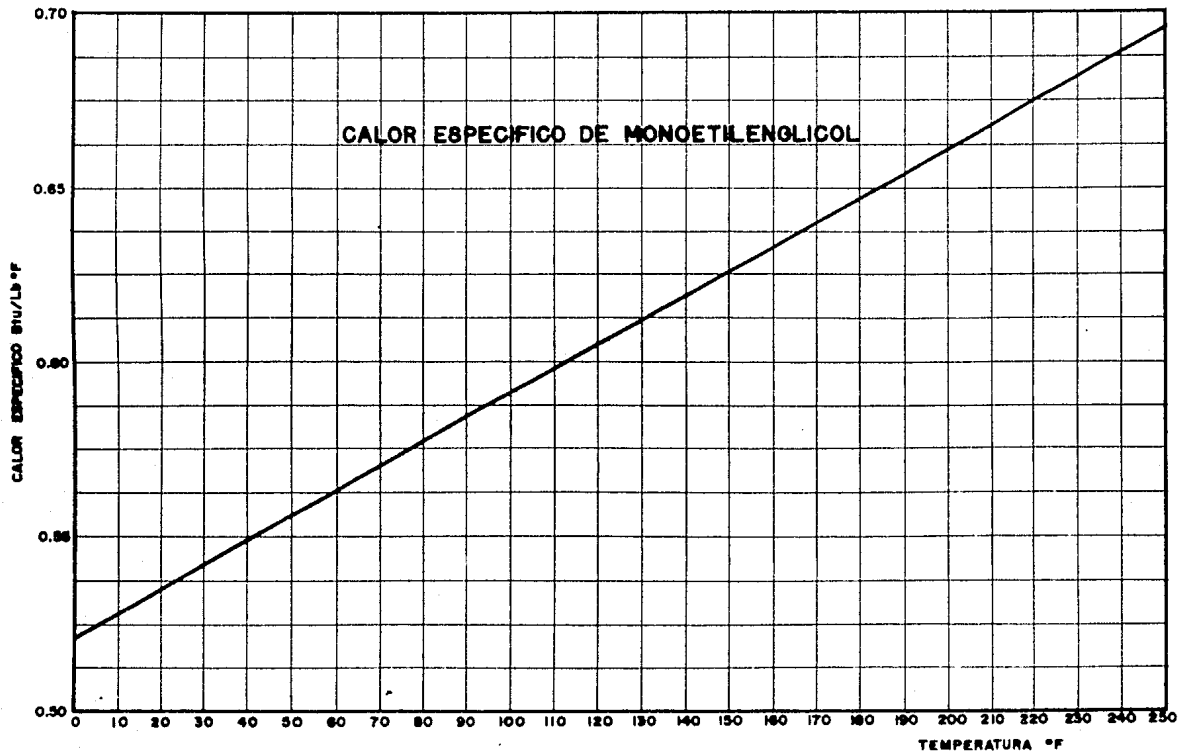
- 1 Tabla de Temperatura de Ebullición.Mezcla MEG-AGUA.
- 2 Curva de Ebullición.Mezcla MEG-AGUA.
- 3 Gráfica de Gasto de Alimentación vs Posición del Rotámetro.
- 4 Gráfica de Calor Específico de Etilenglicol.
- 5 Gráfica de Densidad vs Temperatura.Mezcla MEG-AGUA.
- 6 Curva de Equilibrio.Mezcla MEG-AGUA.
- 7 Ejemplo de Cálculo. Destilación Intermitente y Destilación Continua.

CURVA DE EQUILIBRIO
TEMPERATURA VS. X, Y
SISTEMA: AGUA-HEC, P=586 mm Hg

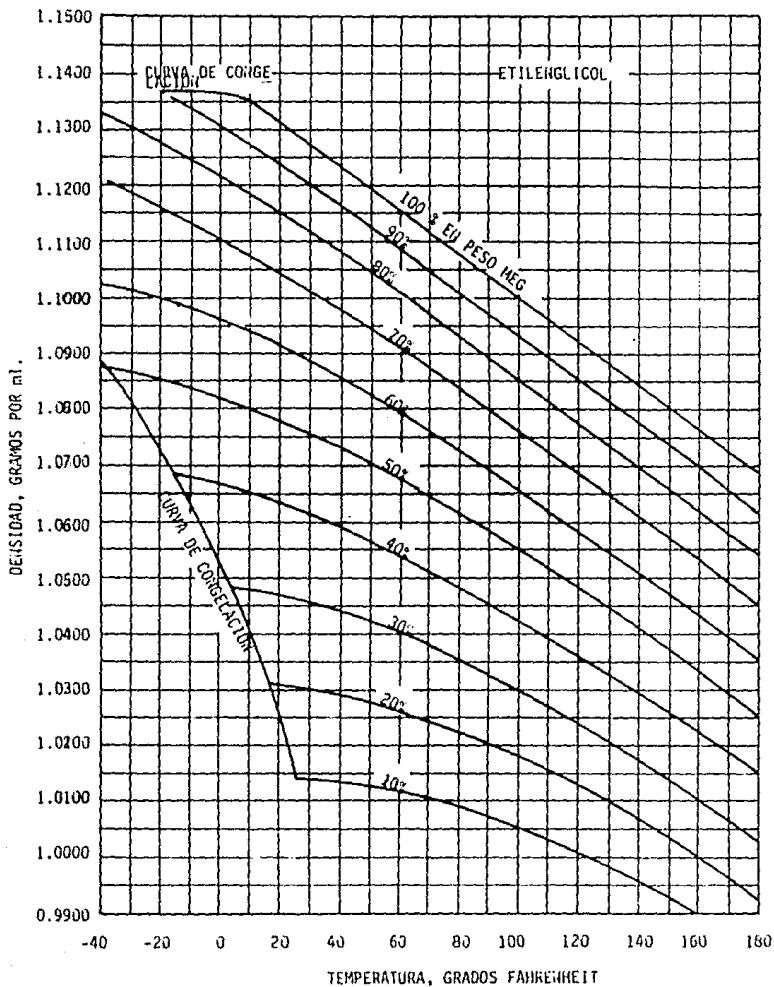


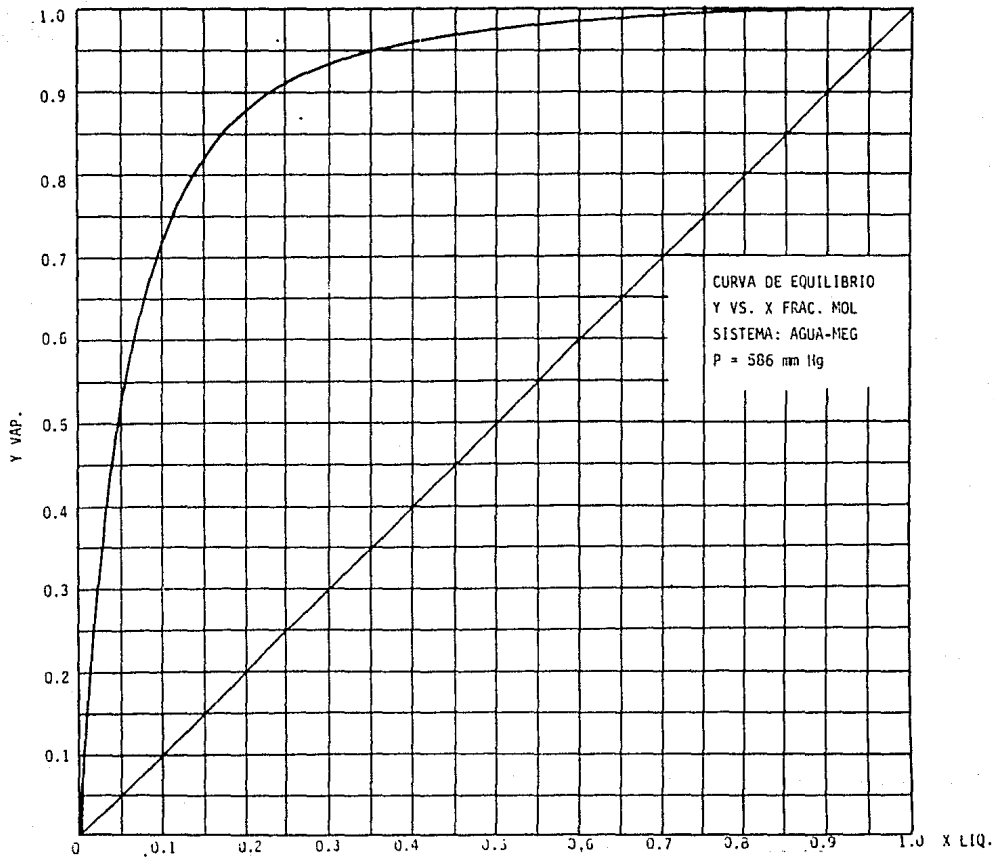
GASTOS DE ALIMENTACION MEZCLA MEG-AQUA





DENSIDAD DE SOLUCIONES ACUOSAS DE ETILENGLICOL.





DESTILACION CONTINUA
(CALCULOS)

	VOLUMEN (l)	CONCENTRA- CION % PESO NEG	TEMPERATURA (°C)	DENSIDAD (Kg/l)	PESO TOTAL W (kg)	PESO NEG (Kg)	PESO H ₂ O (Kg)	PRESION Fabs.	CALOR LATENTE (Cal/Kg)
ALIMENTACION	49	23.23	20	$\rho_A = 1.03$	50.47	11.72	38.75		
DESTILADO	33.11	0.0004	20	$\rho_D = 1.00$	33.11	0.013	33.097	$P_D = 0.79$	$\lambda_v = 544$
RESIDUO	16	64.33	20	$\rho_R = 1.098$	17.57	11.29	6.28		
DESTILADO + RESIDUO	49.11				50.68	11.303	39.377		
VAPOR (Cond)	47.45		20	$\rho_v = 1.00$	47.45			$P_V = 2.17$	$\lambda_v = 524.4$

$$C_A = \frac{11.303}{50.47} \times 100 = 22.39\%$$

$$F_A = 1.022$$

$$W_A = V_A \rho_A = 49 \times 1.022 = 50.078$$

$$C_A = \frac{11.303}{50.078} \times 100 = 22.57\%$$

$$Q_P = Q_T - Q_L$$

$$Q_T = V_C \lambda_c = 47.45 \times 524.4 = 24\,884.69$$

$$Q_L = W_D \lambda_D = 33.11 \times 544 = 18\,011.84$$

$$Q_P = 6\,872.84 \text{ Cal/55 min}$$

$$Q_F = 7497.64 \text{ Cal/hr}$$

$$\% \text{ Perdidas de Calor} = \frac{Q_P}{Q_T} \times 100 = 30.12$$

PRACTICA: DESTILACION INTERMITENTE
EJEMPLO DE CALCULO

	VOLUMEN (l)	COMPOSICION (% PESO MEG)	TEMP. (°C)	DENSIDAD (Kg/l)	PESO (Kg)	PESO MEG (Kg)	PESO AGUA (Kg)	PRESION (Kg/cm ²)	λ Kcal/Kg
ALIMENTACION	32	22.69	20	1.027	32.864	7.4568	25.4072		
DESTILADO	20	0.02584	37	1.000	20	0.5168	19.4832	$P_D = 0.79$	544
RESIDUO	12	57.23	20	1.073	12.876	7.368	5.508		
RESIDUO + DESTILADO	32				32.876	7.8848	24.9912		
CONDENSADOS VAPOR DE CALENTAMIENTO	28.520		87	1.000	28.520		28.520	$P_v = 2.17$	524.44

$$W_{MEG} (D + R) = 7.8848 \text{ Kg}$$

$$W_A = 32.864 \text{ Kg}$$

$$C_A = \frac{7.8848}{32.8640} \times 100 = 23.99 \%$$

$$\lambda_A = 1.029 \text{ Kg/l}$$

$$W_A = V_A \lambda_A = (32)(1.029) = 32.928 \text{ Kg}$$

$$C_A = \frac{7.8848}{32.9280} \times 100 = 23.945 \%$$

$$W_{MEG} = 7.8848 \text{ Kg}$$

$$W_{AGUA} = 24.9912 \text{ Kg}$$

TIEMPO DE OPERACION: 40 min.

PERDIDAS DE CALOR = CALOR TOTAL - CALOR LATENTE

$$Q_P = Q_T - Q_L$$

$$Q_T = W_C \lambda_C = (28.520)(524.44) = 14\,957.029 \text{ Kcal}$$

$$Q_L = W_D \lambda_D = (20)(544) = 10\,880 \text{ Kcal}$$

$$Q_P = 4077.0288 \text{ Kcal}, 40 \text{ min}$$

$$Q_P = 6115.5432 \text{ Kcal/h}$$

% PERDIDAS DE CALOR = 40.88

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

1. Foust, Alan S. Principios de Operaciones Unitarias, C.E.C.S.A., México, 1983
2. Handley, William; Manual de Seguridad Industrial, McGraw-Hill, 1980
3. Instituto Mexicano del Petróleo; Instrumentos de Medición y Control. Medición de Flujo, Subdirección de Capacitación, 1976
4. Instituto Mexicano del Petróleo; Manual de Operación, Planta Combinada, Tula, Hidalgo.
5. Licona Ranchero, José; Análisis de riesgos y recomendaciones de seguridad para el evaporador del Laboratorio de Ingeniería Química de la Facultad de Química de la UNAM; Tesis, Facultad de Química, 1986.
6. López Santiago, Luis; Anteproyecto de un Programa de Seguridad e Higiene para el Laboratorio de Ingeniería Química; Tesis, Facultad de Química, 1986
7. Ludwig, E.E.; Applied Process Design For Chemical and Petrochemical Plants 2nd, Ed.; Vol. 2; Gulf Publishing, 1977
8. McCabe, W.L. y Smith, J.C.; Operaciones Básicas de Ingeniería Química, Ed. Reverté, 1968.
9. Manual de Prácticas de Laboratorio de Transferencia de Masa; Facultad de Química, U.N.A.M; 1982
10. Norman, W.S.; Absorption, Distillation and Cooling Towers; New York; John Wiley & Sons; 1961
11. Ocón y Tojo, Problemas de Ingeniería Química: Tomo I: Ed. Aguilar, 1974
12. Perry, Robert H.; Manual del Ingeniero Químico; 5ª Edición; McGraw-Hill; 1982.

13. Petróleos Mexicanos; Reglamento de Seguridad e Higiene, México, 1985.
14. Rase, H.F. y Barrow, M.H.; Ingeniería de Proyectos para Plantas de Proceso; C.E.C.S.A.; 1981.
15. Sawistowski, H.; Métodos de Cálculo en los Procesos de Transferencia de Materia; Alhambra; 1967.
16. Treybal, Robert E.; Mass Transfer Operations; Second Edition; McGraw Hill; 1968.
17. Valiente, A., Stivalet, R.P.; Problemas de Balance de Energía; Alhambra, 1982.
18. Valiente, A.; Problemas de Balance de Materia; Alhambra Mexicana, S.A. 1981.
19. Van Winkle, M.; Distillation; New York; McGraw Hill; 1967.