



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS QUÍMICAS Y AMBIENTALES**

Año: 2017	Período: PRIMER TERMINO
Materia: OPERACIONES UNITARIAS II	Profesor: ING. PABLO TEJADA HINOJOSA
Evaluación: Tercera	Fecha: 12 de septiembre de 2017

**COMPROMISO DE HONOR**

Yo, ..... al firmar este compromiso, reconozco que el presente examen está diseñado para ser resuelto de manera individual, que puedo usar una calculadora *ordinaria* para cálculos aritméticos, un lápiz o esferográfico; que solo puedo comunicarme con la persona responsable de la recepción del examen; y, cualquier instrumento de comunicación que hubiere traído, debo apagarlo y depositarlo en la parte anterior del aula, junto con algún otro material que se encuentre acompañándolo. No debo además, consultar libros, notas, ni apuntes adicionales a las que se entreguen en esta evaluación. Los temas debo desarrollarlos de manera ordenada.

*Firmo al pie del presente compromiso, como constancia de haber leído y aceptar la declaración anterior.*

"Como estudiante de ESPOL me comprometo a combatir la mediocridad y actuar con honestidad, por eso no copio ni dejo copiar".

Firma

NÚMERO DE MATRÍCULA: ..... PARALELO: .....

**EVALUACION TEORICA**

- 1) Concepto de Percolación y cite 1 ejemplo.
- 2) En la lixiviación explique el fenómeno que se produce cuando el sólido inerte adsorbe al líquido extractor.
- 3) Indique como opera el extractor Rotocel.
- 4) Escriba la reacción básica del proceso de cianuración para la extracción del oro.
- 5) Describa brevemente el extractor sólido-líquido empleado en la industria alimenticia.
- 6) Mencione los tipos de secado que conoce.
- 7) Concepto de capilaridad.
- 8) Brevemente detalle el secado por fluidización.
- 9) Brevemente detalle el secado por liofilización.
- 10) Qué precauciones se deben tener para secar sólidos termos-sensibles y para sólidos deleznales.
- 11) Por qué en el secado a través del sólido no se evidencian los períodos de velocidades de secado.
- 12) Explique brevemente en que consiste la destilación flash.
- 13) Cómo influye la presión del sistema en el proceso de destilación binaria.
- 14) Por qué en los sistemas con valores muy elevados de volatilidad, el proceso de separación se dificulta.
- 15) En la carta de O'Connell por qué el valor máximo de eficiencia global es de alrededor de 85%.
- 16) En la carta de Brown Souders por qué considera que no contempla distancia entre platos pequeñas.
- 17) Concepto de azeótropo y por qué es el máximo punto de separación.
- 18) Describa la teoría bipelicular de Whitman.
- 19) Describa la teoría de penetración en el transporte de masa.
- 20) Qué significa gas enriquecido en la absorción de gases.
- 21) Concepto de velocidad de inundación.
- 22) En qué consiste la regla de la palanca.
- 23) Determine el número de grados de libertad para la extracción L-L.
- 24) Concepto de Refinado y Extracto en extracción L-L.

- 1) En una torre de absorción que contiene Anillos Raschig de cerámica de 1", se trata una mezcla de aire-SO<sub>2</sub> con una concentración del 15% en volumen de SO<sub>2</sub> empleando agua como líquido-absorbente. El proceso se efectúa a 30°C y 2 atm. La concentración a la salida del gas debe ser de 0,4 % volumen de SO<sub>2</sub>. La velocidad másica media del aire es  $G' = 1000 \text{ kg/m}^2\cdot\text{h}$  y la del líquido ha de ser el doble de la mínima. Calcular: a) La altura del relleno b) El diámetro de la torre para una alimentación de 300 m<sup>3</sup>/h. Se dispone de la siguiente información adicional:  
 $k_x a = 0,65 \text{ L}^{(0,82)}$  ;  $k_y a = 0,10 \text{ G}^{(0,70)} \text{ L}^{(0,25)}$   
 $k_x a$  ;  $k_y$  en kmol/m<sup>3</sup>·h·fracción molar L; G en kg/h·m<sup>2</sup>

x	y	x	y	x	y
20,7x10 <sup>(-3)</sup>	0,453	1,96x10 <sup>(-3)</sup>	0,034	0,28x10 <sup>(-3)</sup>	3,1x10 <sup>(-3)</sup>
13,86x10 <sup>(-3)</sup>	0,300	1,40x10 <sup>(-3)</sup>	0,024	0,14x10 <sup>(-3)</sup>	1,1x10 <sup>(-3)</sup>
7,00x10 <sup>(-3)</sup>	0,142	0,84x10 <sup>(-3)</sup>	0,013	0,056x10 <sup>(-3)</sup>	0,40x10 <sup>(-3)</sup>
4,20x10 <sup>(-3)</sup>	0,082	0,56x10 <sup>(-3)</sup>	7,8x10 <sup>(-3)</sup>		
2,80x10 <sup>(-3)</sup>	0,052	0,42x10 <sup>(-3)</sup>	5,3x10 <sup>(-3)</sup>		

- 2) Un material de placas de 7,5 mm de espesor y humedad 20% (base húmeda) de densidad global para esta humedad de 800 kg/m<sup>3</sup>, se seca por ambas caras hasta una humedad final de 8% en base húmeda. La velocidad de secado en las condiciones de la humedad inicial es de 4,5 kg/h·m<sup>2</sup> y de 1,2 kg/h·m<sup>2</sup> para la humedad final. Si la humedad inicial es inferior la humedad crítica (no hay período de velocidad de secado constante) y se supone que la velocidad de secado varía linealmente con la humedad :  $N = mX + b$  ; calcular:  
 a) El tiempo de secado total.  
 b) Si se desea secar hasta 4,5% de humedad final (base húmeda), cuál será el tiempo adicional de secado.
- 3) Se ha de proyectar una columna de rectificación continua para separar 1500 kg/h de una mezcla Sulfuro de Carbono (CS<sub>2</sub>)-Tetracloruro de Carbono (CCl<sub>4</sub>) de composición 0,30 en fracción molar de sulfuro de carbono en un producto de cabeza de composición 0,97 y en producto de cola de 0,05. La alimentación ingresará a la columna como una mezcla líquido-vapor (60-40 respectivamente). Calcular: a) La altura de la torre para una distancia de 60 cm entre platos. b) Calcular el diámetro medio de la torre para velocidad de fase vapor de 80 cm/s.  
 Se dispone de la siguiente información adicional:

Datos de equilibrio:

T(°C)	X	Y	T(°C)	X	Y
76,7	0	0	53,7	0,60	0,787
70,6	0,10	0,227	51,6	0,70	0,846
65,9	0,20	0,412	49,6	0,80	0,898
62,2	0,30	0,550	47,9	0,90	0,950
59,0	0,40	0,642	46,5	0,97	0,985
56,0	0,50	0,720	46,3	1	1

Sulfuro Carbono:  $M = 76,13$  ;  $\mu = 0,30 \text{ cP}(60^\circ\text{C})$  ;  $\delta = 1263 \text{ kg/m}^3 (25^\circ\text{C})$

Tetracloruro de Carbono:  $M = 153,84$  ;  $\mu = 0,70 \text{ cP}(60^\circ\text{C})$  ;  $\delta = 1590 \text{ kg/m}^3 (25^\circ\text{C})$



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS QUÍMICAS Y AMBIENTALES

Año: 2017	Período: PRIMER TERMINO
Materia: OPERACIONES UNITARIAS II	Profesor: ING. PABLO TEJADA HINOJOSA
Evaluación: Primera	Fecha: 27 de junio de 2017

COMPROMISO DE HONOR

Yo, Jorge Roberto Neelma Andrade al firmar este compromiso, reconozco que el presente examen está diseñado para ser resuelto de manera individual, que puedo usar una calculadora ordinaria para cálculos aritméticos, un lápiz o esférico; que solo puedo comunicarme con la persona responsable de la recepción del examen; y, cualquier instrumento de comunicación que hubiere traído, debo apagarlo y depositarlo en la parte anterior del aula, junto con algún otro material que se encuentre acompañándolo. No debo además, consultar libros, notas, ni apuntes adicionales a las que se entreguen en esta evaluación. Los temas debo desarrollarlos de manera ordenada.  
*Firmo al pie del presente compromiso, como constancia de haber leído y aceptar la declaración anterior.*

"Como estudiante de ESPOL me comprometo a combatir la mediocridad y actuar con honestidad, por eso no copio ni dejo copiar".

Firma

NÚMERO DE MATRÍCULA: 20100351..... PARALELO: 1.....

EVALUACION TEORICA

- 1) Explique en qué consiste la teoría bipequeña.
- 2) Detalle cuáles son los números adimensionales que relacionan los tres fenómenos de transporte.
- 3) Concepto de fenómeno de Dufour y fenómeno de Soret.
- 4) Concepto de difusividad másica, molar y térmica.
- 5) La clásica primera Ley de Fick que consideraciones tiene?
- 6) Mencione al menos 2 ecuaciones para estimar la difusividad de gases y al menos 2 para estimar La difusividad de líquidos.
- 7) Concepto de operación unitaria de absorción de gases.
- 8) Concepto de fracciones molares en el equilibrio, recta de operación e interfase.
- 9) Gráficamente en un diagrama Y-X ubicar las fracciones molares de equilibrio, interfase y de operación.
- 10) Por qué la recta de operación se encuentra sobre la curva de equilibrio?
- 11) Explique la influencia de una reacción química en la absorción de gases.
- 12) Cuáles son las variables que influyen en el diámetro de una torre de absorción de gases.
- 13) Concepto de velocidad de inundación y por qué se recomienda que la velocidad de operación sea el 50% de ésta?
- 14) Mencione al menos 4 características que debe tener el relleno en una torre.
- 15) Por qué la altura del empaque se puede calcular en función de la fase líquida y gas, y conduce al mismo resultado.
- 16) Por qué la velocidad de difusión es la misma en la fase líquida y en la fase gaseosa?
- 17) Concepto de coeficientes individuales de transporte de masa en la absorción,  $k_y$  &  $k_x$ .
- 18) Cuando la pendiente de la curva de equilibrio es mucho mayor a 1, desde el punto de vista de resistencia A la transferencia de masa, explique cuál fase rige y por qué?
- 19) Cuáles características deben existir para optar por un torre de platos en la absorción de gases.
- 20) Mediante 1 ejemplo detalle la OU de extracción L-L en la industria alimenticia.
- 21) Detalle el proceso de obtención de la penicilina desde el punto de vista de Extracción L-L.
- 22) Concepto de Extracción Líquido-Líquido.
- 23) Por qué en la Extracción L-L no se maneja el modelo de velocidad de difusión, sino el de etapas

de contacto?

- 24) Concepto de Corriente Extracto y Corriente refinado.
- 25) Concepto de regla de la palanca de brazo.
- 26) Concepto de equilibrio en una etapa "n" en la extracción L-L.
- 27) Mediante 1 ejemplo detalle la Extracción L-L para recuperar compuestos aromáticos.
- 28) Mencione al menos 3 diferencias entre la extracción L-L y la destilación.
- 29) Si en un triángulo equilátero grafica 2 sistemas para extracción L-L, el sistema A tiene una zona de 2 Fases más amplia que el sistema B; en cuál sistema se facilitará la extracción y por qué?

**EVALUACION: PROBLEMAS (27 Junio 2017)**

NOMBRE: \_\_\_\_\_

**NOTA:** Los problemas 1 y 4 son obligatorios; de los problemas 2 y 3 debe escoger uno para su resolución.

- 1) (35 PUNTOS) Usted ha sido contratado como ingeniero de procesos en una empresa en la cual existe una torre de absorción rellena con monturas Berl de 38 mm.
- En la planta la torre de absorción existente se utiliza para liberar el aceite ligero (benceno) del gas de alumbrado (Peso molecular=11), utilizando un aceite pesado (Peso molecular= 270). La torre tiene una altura de relleno de 13 m y tiene un diámetro de 500 mm; el gas de alumbrado ingresa con benceno en una concentración de 2% molar. El flujo másico del benceno libre de aceite es de  $1,787 \times 10^{-3}$  kgmol/s. El flujo de entrada es de 0,01051 kgmol/s sin considerar el benceno.
- Se dispone de la siguiente información adicional:  
 $k_{ya} = 0,0734$  kgmol/m<sup>3</sup>.s ;  $k_{xa} = 0,01541$  kgmol/m<sup>3</sup>.s  
 Datos equilibrio: Y-X (fracción mol)

Y	0	0.002	0.004	0.006	0.008	0.010	0.012	0.014	0.016	0.020
X	0	0.018	0.035	0.050	0.070	0.080	0.113	0.134	0.140	0.170

El gerente le solicita elaborar un proyecto para mejorar el porcentaje de recuperación actual en un 20% más. Por lo tanto deberá calcular:

- Fracción molar del benceno en la corriente de salida (fase líquida).
  - Qué altura adicional de relleno requerirá para cumplir la solicitud del gerente?
  - Con los mismos flujos másicos, calcular la fracción de benceno en la fase líquida de salida para alimentaciones de 3.5% y 1.7% de benceno en la alimentación.
- 2) (35 PUNTOS). Para un proceso de absorción de una mezcla gaseosa de NH<sub>3</sub> y aire que se separará con agua con el 0,5% de trazas de NH<sub>3</sub>, se dispone de la siguiente información adicional:  
 Relleno de anillos Pall de plástico de 1 pulg. Par tratar una alimentación de 30000 ft<sup>3</sup>/h. El contenido de ingreso es un gas enriquecido con 10% volumen de NH<sub>3</sub>. Las dos fases ingresan a 17°C y Presión de 542 mmHg. La relación entre el flujo de gas y del líquido es de 0.8 lb de gas por lb de líquido. La caída de presión es de 1 in. H<sub>2</sub>O/ft relleno.  
 Calcular:
- El diámetro de la torre por el método de Eckert y el de Strigle.
  - Por temas de deterioro del empaque, tiene que cambiar el tipo de relleno por monturas intalox de cerámica de 1/2 inche. Con el diámetro determinado en el punto anterior, al igual que el resto de condiciones; cuál debería ser el flujo másico de entrada para obtener los mismos resultados que con el relleno anterior.
  - Si por experiencia usted conoce que, la velocidad de operación puede llegar a ser hasta el 75% de la velocidad de inundación, cuál sería el nuevo valor de caudal de alimentación?
- 3) (35 PUNTOS) En la misma empresa de la compañía del ejercicio (1), desean conocer si la torre que disponen, con la misma altura de relleno, puede servir para otro sistema como lo es el de acetona-aire y como líquido absorbente agua pura. Determinar la factibilidad o no, en base a la siguiente información:  
 Porcentaje de recuperación acetona = 95%  
 Concentración molar de acetona en alimentación de gases= 14%  
 Concentración molar de acetona en línea de salida = 5%  
 Concentración acetona en alimentación de agua = 0,02%.  
 También le indican que la torre funciona al 50% de la velocidad de inundación.
- El flujo de gas, medido a 1 atm. y 32 °F es de 500 ft<sup>3</sup>/min?  
 Para el equilibrio suponga que  $p(A) = P'(A) \cdot (Aa)$ . X      Donde:  $\ln(Aa) = 1,95(1-X)^2$       La  
 $p(A)$  = Presión parcial del componente A  
 $P'(A)$  = Presión de vapor del componente A  
 $Aa$  = Coeficiente de actividad del componente A

$X$  = fracción molar del componente A en el líquido.

- 4) (30 PUNTOS) Se emplea MIK puro para extraer una solución acuosa de 150 kg/h con 45% en peso de Acetona (A) mediante un proceso a contracorriente en etapas múltiples. La concentración de salida de la acetona en la fase acuosa es de 6% en peso.
- Calcule la concentración del punto M ( $X_m$ ;  $X_{cm}$ ) para un sistema que tiene 4 etapas de contacto.
  - Determine las concentraciones de la fase extracto y de la fase refinado al igual que sus caudales másicos, en cada etapa de contacto.
  - Determine el flujo másico mínimo de solvente y su respectiva concentración.
  - Cuál será el punto de mezcla para el mínimo número de etapas (1) y cuál para el máximo (determinar gráficamente)
    - Utilice el método gráfico.
    - Compare los resultados con el método de McCabe Thiele riguroso.

Datos adicionales:

DATOS COMPOSICION, % PESO			DATOS DISTRIBUCION ACETONA, (% PESO)	
MIK	Acetona	Agua	Fase Acuosa	Fase MIK
98.0	0.0	2.0	2.5	4.5
93.2	4.6	2.33	5.5	10.0
77.3	18.95	3.86	7.5	13.5
71.0	24.4	4.66	10.0	17.5
65.5	28.9	5.53	12.5	21.3
54.7	37.6	7.82	15.5	25.5
46.2	43.2	10.7	17.5	28.2
12.4	42.7	45.0	20.0	31.2
5.01	30.9	64.2	22.5	34.0
3.23	20.9	75.8	25.0	36.5
2.12	3.73	94.2	26.0	37.5
2.20	0.0	97.8		