

Estrategias para la incorporación de la investigación en los procesos de aprendizaje

Introduciendo Investigación en un Curso de Licenciatura (Transferencia de Masa II)

José Antonio Rocha Uribe



Proyecto cofinanciado por la Unión Europea



Proyecto coordinado por la Universidad Veracruzana, México

2011



Proyecto cofinanciado
por la Unión Europea



Universidad Veracruzana

Proyecto coordinado
por la Universidad Veracruzana,
México

«La presente publicación ha sido elaborada con la asistencia de la Unión Europea. El contenido de la misma es responsabilidad exclusiva de los autores y en ningún caso refleja los puntos de vista de la Unión Europea».



Esta obra está bajo la licencia de Reconocimiento-No comercial – Sin trabajos derivados 2.5 de Creative Commons. Puede copiarla, distribuirla y comunicarla públicamente, siempre que indique su autor y la cita bibliográfica; no la utilice para fines comerciales; y no haga con ella obra derivada.

Introduciendo Investigación en un Curso de Licenciatura (Transferencia de Masa II)

Dr. José Antonio Rocha Uribe¹

Enero 11 del 2011

Resumen

Se describe el plan para introducir investigación en el curso de Ingeniería Química: Transferencia de Masa II que se da a estudiantes del 7° y 9° semestres de la carrera de Ingeniería Industrial Química en la Facultad de Ingeniería química de la Universidad Autónoma de Yucatán, México. Se presentan el caso de estudio que se utilizara para cubrir las unidades del curso y los instrumentos que se piensa utilizar para recopilar información tanto sobre la aplicación de Aprendizaje Basado en Problemas como en la introducción de investigación

Palabras clave: Aprendizaje basado en problemas; Aprendizaje basado en el tema; Investigación científica; Aplicación de ingeniería

1. Contexto de la intervención

Introducción. Durante gran parte de mi carrera magisterial en programas de Ingeniería Química, utilice Aprendizaje Basado en el Tema: (ABT), normalmente:

- i. Introducía el tema presentando la unidad
- ii. Mostraba su relación con otras unidades
- iii. Comentaba la importancia de la operación unitaria a estudiar
- iv. Combinando balances de materia, y en ocasiones de energía, con relaciones de equilibrio, deducía las ecuaciones de diseño de los equipos
- v. Aplicaba las ecuaciones de diseño obtenidas a uno o dos casos
- vi. Pedía a los estudiantes, de tarea, resolver uno o dos ejercicios de final de capítulo.
- vii. Después de recoger las tareas mostraba una forma de resolver los ejercicios.
- viii. Si le alcanzaba el tiempo, explicaba los conceptos para dimensionar los equipos, calculando diámetro (mediante velocidad de inundación), y altura de columna (mediante eficiencia global y platos reales).

Seguido por explicar temas y resolver problemas intermedios, no alcanzaba a cubrir todo el programa y los últimos temas de dimensionamiento de las columnas no los alcanzaba en todos los casos.

El dimensionamiento de equipo es muy atractivo para los estudiantes, al conectar la teoría y ecuaciones de diseño con el mundo real promueve aprendizaje significativo y seguido jala el interés de los estudiantes.

¹ FIQ-UADY, Mérida, Yucatán; México

Las últimas veces, he utilizado Aprendizaje Basado en Problemas, (ABP) poniendo como meta y problema el dimensionamiento de un par de columnas. Los estudiantes trabajando en equipos de 5 personas, han terminado bien los dimensionamientos y recomendado utilizar la columna con menor costo total anual.

Ahora, aparte de seguir utilizando ABP, se intenta introducir la investigación en este curso, se piensa que el pensamiento complejo y la realización de investigación ayudara a los estudiantes a estar mejor preparados para su ejercicio profesional.

Reflexionando sobre aplicación de ingeniería y sobre investigación. Después de terminar mi carrera me inicié como maestro de química de tercero de secundaria. Como lo hice bien me ascendieron a dar clases en preparatoria, y como también lo hice bien me subieron a dar clases en profesional, al inicio a los primeros semestres y después a los últimos. Lo hice bien con todos los grupos, hasta que en una ocasión me tocó un grupo donde había varios estudiantes que eran profesores normalistas y eran algo problemáticos. Como en aquel tiempo yo era duro y exigente, esos estudiantes se quejaron y pidieron cambio de profesor... Me había alcanzado el principio de Peter: *A una persona que hace bien su trabajo, lo suben de nivel. Si en el nuevo puesto sigue haciendo bien su trabajo lo vuelven a ascender... Hasta que alcanza su nivel de incompetencia... y entonces ya no lo ascienden mas.*

En Ingeniería química un curso importante es el de fenómenos de transporte en donde se ve que para que exista el fenómeno de transporte o transferencia, que puede ser de momentum, calor, o masa, se necesita que exista un gradiente de presión, velocidad o altura, temperatura, o concentración respectivamente. Como profesor, me parecía que para que se diera la transferencia de conocimientos maestro → estudiante se requiere un gradiente de conocimientos que cuando daba clase a los últimos semestres de ingeniería el gradiente era muy pequeño y me dificultaba lograr el aprendizaje de los alumnos.

Decidí estudiar la maestría para aumentar el gradiente y aprendí, fenómenos de transporte que no sabía, computación y programación Fortran IV, perforando tarjetas para correr el programa. En los cursos de la maestría en el Instituto Politécnico Nacional aprendí a leer artículos técnicos para complementar la comprensión de los temas de los cursos y vi que algunos artículos presentaban alguna aplicación específica de la ingeniería química para resolver un problema particular, mientras que otros describían una investigación científica básica o aplicada y generalmente establecían una hipótesis que tenían que verificar o rechazar.

Al final de la maestría cuando hice mi tesis sobre simulación en computadora de reactores químicos tuve que investigar que se había hecho hasta esa fecha en cuanto a simulación de reactores tubulares y en cuanto a reactores continuos agitados tipo tanque.

Recuerdo que la actividad de Seminario de investigación me gustó mucho en la maestría y también en el doctorado, pues en un lapso de 60 a 90 minutos, nos presentaban proyectos de investigación desde su origen hasta su terminación y me parecía curioso la gran diversidad de temas y la gran similitud en la secuencia o pasos del proyecto.

Considero que la investigación se aprende haciendo y pensaba que la investigación era cosa de cursos y programas de posgrado, pero parece que ahora conviene que los estudiantes de licenciatura se introduzcan en este nivel a esta interesante actividad.

2. Descripción de la intervención: Aplicación en FIQ-UADY

Se ha seleccionado un caso de estudio que además de requerir el dimensionamiento de columnas, ahora analice el cambio de platos de válvula por empaque estructurado utilizando la misma coraza para una alimentación 30 % mayor. El borrador del caso de estudio, se incluye como apéndice A.

Aparte de dimensionamiento de columna de platos ahora se analizan las columnas empacadas, en este caso con empaques estructurados que ofrecen una caída de presión muy por debajo de los platos, y por lo tanto se pueden aumentar los flujos de líquido y vapor sin que la columna se inunde.

En el libro de Martínez Sifuentes y colaboradores (2003) se presenta un método para calcular la caída de presión en columnas con empaques aleatorios y estructurados, y también ecuaciones que permiten dimensionar o analizar la altura de columnas empacadas.

Cuando los empaques a utilizar son estructurados, hay que investigar, normalmente en artículos científicos o ingenieriles, secuencias de cálculo que aun no llegan a los libros de texto. En este caso se remite a los estudiantes a varios artículos realizados parcialmente por el autor en estancia posdoctorales en el Separations Research Program de la Universidad de Texas en Austin y también a artículos de otros autores como el de Lockett (1998).

3. Métodos empleados para el seguimiento y observación del cambio

Se utilizaron:

- i Tareas y presentaciones de los equipos
- ii Observaciones del maestro
- iii Reportes del caso de estudio
- iv Cuestionarios sobre el caso de estudio-investigación
- v Encuesta institucional de calificación al profesor

Las referencias a utilizar se listan en el apartado 8

4. Resultados

- a Se aplicó el caso de estudio a 29 estudiantes divididos en seis equipos de 4 a 6 estudiantes.
- b Las actividades del semestre se vinieron muy rápido y no fue posible hacer pre-exámenes o pre-cuestionarios.
- c Todos los grupos entregaron a tiempo su reporte sin carta introductoria y sin hacer énfasis en la recomendación que se les pidió que hicieran
- d En general todos los grupos pudieron hacer los programas generalmente en Excel para calcular la caída de presión de los empaques y la eficiencia de los empaques estructurados vía el cálculo del HETP (Altura Equivalente de un Plato Teórico).
- e La mitad de los reportes mostraron inconsistencias en los valores calculados para DP o HETP que deberían variar en orden según los tamaños de los empaques.
 - i La caída de presión debería ser mayor para empaques con mayor superficie de contacto por unidad de volumen de columna
 - ii El HETP debería ser más eficiente (menor valor numérico del HETP) para empaques con mayor superficie de contacto por unidad de volumen de columna.
- f Me parece que aunque un poco más de la mitad de los estudiantes pudieron realizar el análisis bien, no se dan cuenta de la importancia; como que para ellos fue una actividad más, una tarea más. A mí se me hace interesante y me deja complacido que tres de los seis grupos hayan realizado y reportado bien el proyecto. Mi conclusión personal es: ***¡Los estudiantes de la carrera de IQI sí pudieron hacer lo que 1987 fue una aplicación de ingeniería y que ahora trata de adaptarse como un proyecto de investigación!***

5. Discusión o análisis

Por los resultados obtenidos, parece que la limitante en la capacidad de los estudiantes está en la mente de los maestros. Yo al principio pensaba que sería difícil que los alumnos resolvieran bien el proyecto de investigación, pero ya después durante el curso los fui preparando encargándoles que realizaran programas de cómputo en Excel para varios cálculos que podrían necesitarse con posterioridad.

Pedí a los estudiantes repartidos en equipos que resolvieran en el salón un problema asignado que finalmente nos llevaría al dimensionamiento y costeo de la columna de destilación y sus equipos periféricos importantes como el condensador y re-hervidos. El orden aproximado de las tareas para el cálculo y dimensionamiento de una columna de destilación con platos perforados fue:

- a Con método de McCabe-Thiele calcular para una relación de $Rop/Rmin$ (de 1.1, 1.3, 1.5, 1.7, 2.0, 4.0) Nt , V , L , V_{test} , L_{test} . Se veía que a mayor relación de reflujo, se necesitaba menor número de platos teóricos y los valores de los flujos internos de vapor y líquido aumentaban.
- b Cargas térmicas y áreas de transferencia para condensador y re-hervidor. Se veía que cuando las relaciones de $Rop/Rmin$ aumentaban, también lo hacían las cargas térmicas y las áreas de condensador y re-hervidor
- c Con método de velocidad de inundación y trabajando a una velocidad de operación del flujo de gas de aproximadamente el 80 % de de la velocidad de inundación calcular el área transversal del área neta y luego el área de la columna y de aquí el diámetro. Por otro lado, prediciendo la eficiencia global de la columna, calcular el número de platos reales y fijando un espaciamiento entre platos de 0.60 metros y adicionando el equivalente a 10 platos para la separación de fases arriba y debajo de la columna, establecer la altura total de la coraza.
- d Estimando un tiempo de vida de los equipos de 10 o 20 años, calcular el costo anual de equipo: columna, condensador y re-hervidor. Con las necesidades de fluido de enfriamiento y vapor de calentamiento, estimar el costo total anual de gastos de operación y sumando los dos costos anteriores, calcular el costo total anual para los diferentes casos de $Rop/Rmin$. Se veía que hay un óptimo de costo total anual contra $Rop/Rmin$ que es cercano a la relación $Rop/Rmin = 1.1$

Cuando terminamos el dimensionamiento y costeo de columnas de platos, pasamos a dimensionar columnas empacadas utilizando empaques aleatorios modernos ejemplificados por anillos Pall.

- a Se calculaba primero la caída de presión utilizando las graficas de Eckert y el método analítico o numérico de Stichmaier y colaboradores para la determinación del diámetro que resultara en una caída de presión adecuada.
- b Posteriormente se calculaban con el método general de Billet y Schultes la Altura Equivalente de un Plato Teórico (HETP) o la Altura de una Unidad de Transferencia.

Se pidió a los equipos que guardaran los programas de cómputo para ser utilizados posteriormente en el caso de estudio de investigación.

Posteriormente se presento el caso de investigación en donde se utilizaban ahora empaques estructurados para sustituir platos de válvulas.

Los estudiantes no tuvieron mucha dificultad para comprender la situación y para adaptar las rutinas de cálculo utilizadas anteriormente en diseño en donde las incógnitas eran el diámetro y la altura de las columnas, para aplicarlas ahora en una situación de simulación o de análisis en donde el diámetro y la altura disponible ya están dadas y ahora se requería calcular las caídas de presión de tres empaques estructurados de diferente tamaño (125, 250 y 350 m^2/m^3) así como los HETP de cada empaque para situaciones de flujo incrementado en 31 %.

Los estudiantes tuvieron que utilizar un tipo de empaques (Melapak de Sulzer) porque para esos empaques se disponían de todas las constantes requeridas para los cálculos de caída de presión y de eficiencia o predicción de la altura de unidad de transferencia y posteriormente HETP

Como se comento antes, tres de 6 grupos lo pudo hacer bien y los otros tres grupos estuvieron muy cerca, pero ninguno escribió un reporte formal con carta introductoria.

Ahora veo que no lo hicieron así porque no se los pedí específicamente. Para mí era obvio que lo deberían entregar formalmente, pero para ellos con tantas ocupaciones y asignaciones de sus otros cursos no lo era y por eso no lo entregaron así.

Parece que el adagio de que los estudiantes con tal de aprobar el curso, saltan la altura que les ponga el maestro es verídico, aun en este caso de estudio de investigación que se fue desarrollando poco a poco y que se integro a ejercicios normales de dimensionamiento primero de una columna de platos y posteriormente de una columna empacada. El salto a analizar o simular una columna empacada no represento gran problema para los muchachos y lo vieron como una extensión más de los temas del curso.

En el apéndice B se muestran las respuestas de los estudiantes a la pregunta: ¿Qué aprendió al realizar el proyecto de investigación de la sustitución de platos por empaque estructurado?

Agrupando los comentarios que se repiten queda lo siguiente:

i	Cambio de platos por empaque estructurado en c. de destilación	8 menciones
ii	Calculo de eficiencia o HETP	7 menciones
iii	Calculo de caída de presión con método fenomenológico	6 menciones
iv	Dimensionamiento de columnas	5 menciones
v	Comprensión de artículos de revistas internacionales	4 menciones
vi	Selección de empaques	3 menciones

6. Conclusiones

La limitación de la capacidad de los estudiantes parece estar en la mente de los profesores. Yo era incrédulo al inicio, pero una vez que lo planee, lo programe y lo establecí en el silabario que les entregue al inicio yo mismo me fui acostumbrando a la idea de que si podrían y desarrolle y utilice la estrategia de pedir que realizaran y presentaran sus rutinas de cálculos a sus compañeros.

En las encuestas aplicadas los estudiantes manifiestan gusto por la realización de esta actividad que anticipan los forma mejor y los prepara para la práctica profesional de la ingeniería química.

7. Recomendaciones

Aplicar con otro caso diferente a otro grupo, pero teniendo cuidado de no atiborrar el calendario de los estudiantes. Si sale bien, como espero, será cuestión de dosificar los temas que el profesor desea cubrir y en medio de estos, cerca del final del tema de destilación introducir el proyecto de investigación explicándolo y dando tiempo y asesoría para aumentar la probabilidad de éxito de los alumnos.

Pienso que lo que pasaría es que estaríamos expandiendo y en lugar de solo llegar a aplicación (con el dimensionamiento), podríamos llegar a los últimos niveles en la taxonomía de Bloom:

- i Memorización
- ii Comprensión
- iii Aplicación
- iv Síntesis**
- v Evaluación**

Y por supuesto los estudiantes estarían mejor preparados para la vida profesional o para continuar un posgrado.

8. Referencias bibliográficas

Chen G. K, K. T. Chuang: Recent developments in distillation (Hydrocarbon Processing, Feb 1989, paginas 37-45

Martínez-Sifuentes, V. H., J. A. Rocha Uribe, J. López Toledo, B. E. Galván López, "*Procesos de Separación en Ingeniería Química*", Editorial ACD, 2003. ISBN: 968-5354-59 6

Rocha, J. A., J. L. Bravo y J. R. Fair, "Distillation Columns Containing Structured Packings: A Comprehensive Model for Their Performance. 2. Mass-Transfer Models", Ind. Eng. Chem. Res., Vol. 35, No. 5, Pages 1660-1667, 1996

Woods, D. R., "*Aprendizaje Basado en Problemas: Como Obtener el Máximo Beneficio de ABP*", Editorial ACD, Puebla, México (2002); ISBN: 968-5354-34-0

Michael J. Lockket, "*Easily Predict Structured-Packing HETP*", Chemical Engineering Progress, January 1998, paginas 60-66

Apéndice A

Caso de estudio propuesto: *Cambio de platos de válvulas por empaque estructurado en una columna de destilación para aumentar capacidad*

Una compañía de Guanajuato tenía en 1985 una columna de destilación con 80 platos para separar una mezcla de ciclohexanona ($T_{eb}=155.6\text{ }^{\circ}\text{C}$) y ciclohexanol ($T_{eb}=161.1\text{ }^{\circ}\text{C}$) que se reporta como Caso 3 del artículo de Chen y Chuang: Recent developments in distillation (Hydrocarbon Processing, Feb 1989, paginas 37-45). La columna estaba cerca de inundación y se requería aumentar la capacidad de la columna en 31 %.

Tenía un diámetro $D_{c1}= 3.81$ metros en la zona de rectificación (arriba de la alimentación) y $D_{c2}=3.36$ metros de diámetro en la sección de agotamiento (abajo). Tenía 14 platos de válvulas con separación entre plato y plato de 0.45 en la sección de rectificación, y 64 platos con la misma separación de 0.45 metros en la zona de agotamiento. La eficiencia global era de 0.50. Las purzas deseadas de anona en domo y fondo eran de 0.99 y 0.02 en fracción mol.

La alimentación como líquido saturado a 0.33 bar consistía de 58 kmol/h de ciclohexanona (anona) y 54 kmol/h de ciclohexanol (anol). La presión de la columna en domo y fondo era de 0.06 y 0.32 bar respectivamente.

La primera idea para aumentar la capacidad era construir otra columna en paralelo con el 31 % de área de la columna actual y con el mismo número y tipo de plato. Al conectar las dos columnas en paralelo se rompería el cuello de botella que representaba esa columna que ya no podía aumentar su capacidad.

Se recomendó analizar la posibilidad de sustituir los platos por empaque estructurado que decía la literatura que podía aumentar la capacidad hasta en 50 % utilizando la coraza de la columna de platos, disminuir la caída de presión, y quizás hasta lograr más platos teóricos y una disminución del reflujo.

Los empaques que se consideraron fueron los Mellapak 125 Y, 250 Y y 350 Y de Sulzer, aunque también se hubieran podido considerar los F1Y, F2Y, F3Y de Flexipac, o los Montz B100, B200 y B300.

Para las condiciones y las propiedades físicas aproximadas de la tabla siguiente, realice un programa en Excel, Matlab o Mathcad para determinar:

1. El porcentaje de inundación a la que están trabajando los platos de la zona de rectificación y agotamiento. ¿Cuál es la zona crítica: El domo o el fondo?
2. La caída de presión por el método de Stichmaier de los tres empaques propuestos, con los flujos internos aumentados en 31 %, utilizando la coraza de la columna de destilación actual y suponiendo que se quitan los platos y se introduce empaque estructurado
3. Utilizando el método de Billet y Shultes estime valores de HTU y HETP para los tres tipos de empaque propuestos, a las condiciones de flujos aumentados en 31%.
4. Utilizando el artículo de Rocha, Bravo y Fair (1996): Distillation Columns Containing Structured Packings: A Comprehensive Model for Their Performance. 2. Mass-Transfer Models, Ind. Eng. Chem. Res., Vol. 35, No. 5, Pages 1660-1667, 1996, estime valores de HTU y HETP
5. Analice los resultados de los cálculos anteriores y diga si el aumento de capacidad se puede lograr cambiando los platos por empaque estructurado. En caso positivo, señale que empaque recomendaría.

Las condiciones anteriores y deseadas eran:

	Col platos	de	Col. emp			
S. de Rectificación						
D (m)	3.81		3.81			
P (bar)	0.060		0.060			
T (°C)	71		71			
D (kmol/h)	57			Peso molecular	(kg/kmol)	98.18
L_0 (kmol/h)	257		336.67	Densidad-liq	(kg/m ³)	896.0
L (kg/s)	6.98		9.14	Densidad-vap	(kg/m ³)	0.27
RR=L ₀ /D	4.5			Viscosidad-liq	kg/(m·s)	0.00092
V (kmol/h)	314		411.34	Viscosidad-vap	kg/(m·s)	8.5E-6
V (kg/s)	8.54		11.19	Tension superf	N/m	0.028
S. de Agotamiento						
D (m)	3.36		3.36			
P (bar)	0.32		0.32			
T _b (°C)	126		126			
B (kmol/h)	55			Peso molecular	(kg/kmol)	100.02
\bar{V} (kmol/h)	262		343.22	Densidad-liq	(kg/m ³)	855.0
\bar{V}' (kg/s)	7.32		9.59	Densidad-vap	(kg/m ³)	0.95
$BR = \bar{V}'/B$				Viscosidad-liq	kg/(m·s)	0.001
\bar{L} (kmol/h)	317		415.27	Viscosidad-vap	kg/(m·s)	9.5E-6
\bar{L}' (kg/s)	8.85		11.59	Tension superf	N/m	0.023

Apéndice B

¿Qué aprendió al realizar el proyecto de investigación de la sustitución de platos por empaque estructurado?

1. Que existen diferentes maneras de encontrar el dimensionamiento de la columna, utilizando datos de correlaciones sacadas experimentalmente o empíricamente, y que al final tienen la misma validez que lo teórico, es decir que lo teórico no está peleado con lo empírico.
2. La utilidad del cambio a empaque estructurado que nos permite mejorar la columna, así como ahorros en vapor de calentamiento.
3. Para empezar, una forma más eficiente de utilizar empaques a platos y por lo demás los diferentes tipos de empaques y métodos cortos que se utilizan.
4. Diferentes métodos para dimensionar una columna empacada o de platos dependiendo de las condiciones del problema, así como diferentes formas de obtener los parámetros usados en los métodos.
5. Que el cálculo de la altura de las torres y la separación entre plato y plato se realiza de una manera muy distinta que con empaques, y a manejar diferentes correlaciones para su cálculo y a no solo basarnos en lo que muestra el libro
6. La eficiencia mejora al usar empaques estructurados, pero la caída de presión aumenta con el tamaño de los mismos. En si la cantidad de empaque mejora el numero de platos porque con el método de Billet y Shultes el numero de platos teóricos subió más que el mínimo requerido de la columna con platos.
7. Que el empaque estructurado es más eficiente, produce menor caída de presión y para flujos iguales se utiliza una columna más pequeña con respecto a una columna con platos.
8. La manera de buscar los valores de parámetros requeridos y la manera de entregar un reporte organizado.
9. Se notaron las ventajas y desventajas del empaque contra platos así como se pudo comparar la eficiencia entre los distintos empaques y nos proporciono una idea del ahorro que se podía tener.
10. Que utilizando los empaques adecuados es posible mejorar el rendimiento de una columna que originalmente se diseño para operar con platos. Los empaques ofrecen una excelente opción.
11. Que hay ecuaciones muy importantes para el diseño de una columna que se aplican a condiciones específicas.
12. A utilizar datos de artículos para hacer cálculos más resumidos a los métodos completos y a compararlos para ver las variaciones positivas y negativas con el fin de hacer la mejor selección de empaque.

13. La aplicación de los mismos, además de sus diferencias, así como los cálculos para ambos casos, con lo cual se ven las ventajas y desventajas además de sus áreas de aplicación.
14. Que definitivamente el uso de empaques en columnas mejora el rendimiento de ellas en varios aspectos.
15. Aprendí no solo a realizar los cálculos para dimensionar una columna empacada, sino también a tener criterio a la hora de elegir un empaque según las necesidades requeridas a las condiciones de mi proceso, así como la relación de la caída de presión respecto al tipo de empaque, tipos de empaque y sus unidades.
16. Las diferentes características que se pueden tener al utilizar empaques o platos
17. Aprendí a diseñar columnas empacadas, además de las múltiples formas de calcular el HETP por métodos cortos y rigurosos.
18. Que se puede eficientar el proceso de destilación y aumentar la capacidad de flujos en general. Se puede lograr una menor caída de presión y evitar construir e invertir en una columna utilizando empaque estructurado.
19. Que la columna empacada es más eficiente que la de platos
20. Aprendí que a partir de una columna de platos puedo pasar a una de empaques para obtener una mayor eficiencia y aprendí a elegir el empaque más eficiente de entre varias opciones.
21. Que existen otras opciones para mejorar la separación en una destilación, no solo se emplean platos, sino que también el empaque resulta eficaz e incluso reduce los costos de inversión.
22. Diferentes maneras de realizar los cálculos y que no se puede considerar solo un parámetro a la hora de tomar una decisión, aprendí a analizar un diseño y proponer una mejora.
23. Aprendí a comparar ambas columnas, de platos y empacadas, aprendí a usar métodos para calcular HETP como el de Lockett y con más datos y resultados pude deducir que columna conviene más dependiendo de lo que se desea obtener.
24. Aprendí a comprender mejor un artículo científico y también a calcular la altura y diámetro de una columna con empaque estructurado, así como también a evaluar el porcentaje de inundación de una columna de platos.
25. Que dependiendo del sistema muchas veces es posible aumentar la producción de una columna de destilación de platos cambiando estos por empaque estructurado, que muchas veces necesita una altura menor para realizar el mismo desempeño y que aprovechando una columna más alta se puede obtener una mejor pureza.
26. Primeramente que la caída de presión era mucho menor, la altura también era menor. Se obtenían mejores resultados, pero también que depende de muchos factores para elegir si se usan platos o empaques.

27. Que una columna existente se puede rediseñar y que puede aumentar enormemente su capacidad y eficiencia al sustituir los platos por empaques, lo que aumenta la transferencia de masa.
28. Que puede haber formas de optimizar los procesos sin tener que comprar equipo nuevo o hacer gastos extras.