UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS

ESCUELA: INGENIERÍA QUÍMICA

PROYECTO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO QUÍMICO

Modalidad: Trabajo Comunitario

TEMA:

"REPOTENCIACION DEL EVAPORADOR DE DOBLE EFECTO DEL LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS"

AUTOR:

Andrade Díaz Fidel Ernesto

PORTOVIEJO - MANABÍ - ECUADOR

2015

1. DEDICATORIA

El camino ha sido largo y duro pero al final todo tiene su recompensa, siendo nosotros mismos el pilar fundamental de nuestro desarrollo, futuro y todas aquellas personas que formaron parte de este camino siendo grato contar con su ayuda, por este motivo quisiera realizar una dedicatoria muy especial.

A Dios por guiarme y mantenerme firme en mis objetivos trazados y cuidarme en todo momento.

A mis padres Alexandra Jacqueline Diaz Quiroz y Fidel Andrade Palma, pilares fundamentales de mi vida, siempre han dado todo de ellos para mí llenos de amor y paciencia, quisiera compensar todo ese amor dedicándoles esta tesis desde lo más profundo de mi corazón, sin ellos no sería nada de lo que soy en estos momentos

A mi bella novia Belén Cueva Espinales por su paciencia, entrega y amor desmedido hacia mí, por su ayuda y eterna confianza que ha significado de gran manera un apoyo muy fuerte.

A mis hermanas Melanie Andrade y Christhell Andrade ambas participan en mi vida y de una u otra manera han complementado las decisiones que he tomado en el diario andar, la confianza otorgada por ellas que me ayudo a poder alcanzar los objetivos trazados.

2. AGRADECIMIENTO

Mencionar a todos quienes me han ayudado a lo largo de esta travesía, seria plasmar una lista interminable, para ello tratare de resumir en estas pocas líneas a quienes merecen mi más sincero agradecimiento:

A Dios por ser mi principal fuerza durante toda mi etapa de estudios.

A la universidad Técnica de Manabí. A la Facultada de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas por ser mi segundo hogar y por haberme permitido desarrollar tanto como profesional. Como en la parte humano.

Al Inge. Francisco Sánchez Plaza, director de este proyecto de grado y vice-decano de mí querida escuela de Ingeniería Química por toda su atención brindada estos años de estudio.

A mi tribunal de tesis conformado por la Ing. Virginia Sánchez Mendoza, el Ing. Rodolfo Rivadeneira y la Ing. Alexandra Córdova por toda su amable asesoría durante estos seis meses de tesis.

Al estimado Ing. Carlos Moreira por su inmensa colaboración y paciencia al momento de poner a prueba mi equipo de Operaciones Unitarias.

A mi querido amigo Gabriel Burgos por su confianza y ayuda brindada a lo largo de todo mi camino universitario.

CERTIFICADO DEL DIRECTOR DE TESIS

ING. FRANCISCO SANCHEZ PLAZA, CATEDRÁTICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS, FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ:

CERTIFICA:

QUE: el señor ANDRADE DIAZ FIDEL ERNESTO, Egresado de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, ha cumplido con las observaciones realizadas por los Honorables Miembros del tribunal Examinador, por lo que la presente investigación se encuentra concluida bajo los parámetros metodológicos de una tesis de grado, cuyo tema es: **"REPOTENCIACION DEL EVAPORADOR DE DOBLE EFECTO DEL LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS DE LA ESCUELA DE INGENERÍA QUÍMICA, DE LA FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS, FÍSICAS Y QUÍMICAS, DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ".** La misma que se pone a consideración de la Autoridad Competente, para su validación previo a su defensa y sustentación.

……

Ing. Francisco Sánchez Plaza

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICADO DEL TRIBUNAL DE REVISIÓN

La presente Tesis de Grado titulada: ***"*REPOTENCIACIÓN DEL EVAPORADOR DE DOBLE EFECTO DEL LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS DE LA ESCUELA DE INGENERÍA QUÍMICA, DE LA FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS, FÍSICAS Y QUÍMICAS, DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ*"*** es trabajo original del señor: ANDRADE DIAZ FIDEL ERNESTO; la misma que ha sido revisada, evaluada y aprobada bajo nuestra apreciación.

Para dar testimonio y autenticidad, firmamos:

…….....

Ing. Virginia Sánchez Mendoza

PRESIDENTE

…….

Ing. Rodolfo Rivadeneira Zambrano

MIEMBRO

Ing. Alexandra Córdova

MIEMBRO

DECLARACIÓN SOBRE LOS DERECHOS DE AUTOR

Los autores de la presente tesis ceden todos sus derechos de autoría sobre el tema: **"REPOTENCIACIÓN DEL EVAPORADOR DE DOBLE EFECTO DEL LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS DE LA ESCUELA DE INGENERÍA QUÍMICA, DE LA FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS, FÍSICAS Y QUÍMICAS, DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ"**, a la Universidad Técnica de Manabí.

……..

Andrade Diaz Fidel Ernesto

AUTOR DE TESIS

INDICE

1. DEDICATORIA i
2. AGRADECIMIENTO ii
3. TEMA. 3
4. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO. 4
4.1 MACROLOCALIZACIÓN. 4
4.2 MICROLOCALIZACION. 5
5. FUNDAMENTACIÓN. 6
5.1 DIAGNÓSTICO DE LA COMUNIDAD. 7
5.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA. 7
5.3 PRIORIZACIÓN DEL PROBLEMA. 8
6. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA 9
7. ANTECEDENTES. 10
8. JUSTIFICACIÓN 11
9. OBJETIVOS. 12
9.1 OBJETIVO GENERAL 12
9.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 12
10. MARCO DE REFERENCIA. 13
10.1 OPERACIONES UNITARIAS 13
10.2 DEFINICION DE TRANSFERENCIA DE CALOR 15
10.3 TIPOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR 16
10.4 TRANSFERENCIA DE MASA 18
10.5 EVAPORACION 19
10.6 APLICACIONES DE LA EVAPORACIÓN 19
10.7 FACTORES DE PROCESO 19
10.8 METODOS DE OPERACIÓN PARA EVAPORADORES 21
10.9 MATERIALES DE CONSTRUCCION 24
11. METODOLOGÍA 25
11.1 CARACTERIZACIÓN DEL EVAPORADOR DE DOBLE EFECTO. 24
11.2 OPTIMIZACIÓN DEL EQUIPO 25
11.3 DIAGRAMA DEL EVAPORADOR 26
11.4 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA DEL PROBLEMA 27
11.5 BALANCE DE MATERIA 28

11.6 BALANCE DE ENERGÍA 29
11.7 PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO 30
11.8 PRIMERA PRÁCTICA. 32
11.9 SEGUNDA PRÁCTICA 36
11.10 ANÁLISIS DE ÍNDICE DE COSTOS PARA LAS PRÁCTICAS 40
11.11 ELABORACIÓN DEL MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO 42
12. BENEFICIARIOS. 46
12.1 DIRECTOS. 46
12.2 INDIRECTOS. 46
13. RECURSOS A UTILIZARSE 47
13.1 RECURSOS HUMANOS 47
13.2 RECURSOS OPERATIVOS 47
13.3 RECURSOS FINANCIEROS 47
14. ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS. 48
15. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 49
15.1 CONCLUSIONES 49
15.2 RECOMENDACIONES 50
16. PRESUPUESTO. 51
17. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES REALIZADAS 52
18. BIBLIOGRAFIA. 54
19. ANEXOS 55

RESUMEN

La iniciativa de desarrollar este trabajo comunitario tiene como objetivo primordial el repotenciado del evaporador de doble efecto para fines académicos mejorando el aprendizaje de la comunidad universitaria de la Escuela de Ingeniería Química perteneciente a la Universidad Técnica de Manabí.

Primero que nada se repotencio el equipo dándole una limpieza y cambiando los empaques que ya no servían, se le dio un rebobinado a las bombas que se encontraban en mal funcionamiento y se colocaron nuevas trampas de condensado, se cambiaron las válvulas por unas adecuadas para el paso del flujo de vapor, se colocó lana de fibra de vidrio como aislante térmico para evitar las pérdidas de calor por convección todo esto con la finalidad que el repotenciado fuera un éxito.

Una vez hechos todos estos cambios y mejoras se procedió a la realización de las prácticas experimentales para comprobar el estado del evaporador de doble efecto.

La evaporación consiste en la concentración de un soluto en un solvente, en otras palabras en la eliminación de agua de alguna solución motivo por el cual las practicas realizadas fueron la concentración de Hidróxido de Sodio de 0.1N a 0.5N y de sacarosa de 2°Brix a 5°Brix; ambas se cumplieron a cabalidad en un tiempo de 2 horas y una hora y media respectivamente.

Para la práctica de hidróxido se comprobó su normalidad con ftalato acido de potasio titulando cada muestra obtenida después de media hora, para el caso de la sacarosa se utilizó un brixómetro, este instrumento fue de mucha ayuda para saber con certeza que los grados Brix habían aumentado.

Summary

The initiative to develop this community work have as main objective the repowering of double effect evaporator for academic purposes improving learning in the university community of the School of Chemical Engineering belonging to the “Universidad Técnica de Manabí”.

First of all was repowering the equipment cleaning it and changing the packaging that was no longer usefull, later, a rewind was given to malfunctioning bombs and new condensate traps were placed, the valves were changed for adequate ones for the steam flow passage, fiberglass wool thermal insulation was placed to avoid losses of heat by convection all this in order that repowered was a success.

After making all these changes and improvements we proceeded to carry out the experimental practices to check the status of the double-effect evaporator.

Evaporation is the concentration of a solute in a solvent, in other words is the removal of water from a solution, that´s why the practices performed were the concentration of 0.1N sodium hydroxide to 0.5N and sucrose from 2 ° Brix to 5 ° Brix; both were fulfilled in a time of 2 hours and a one and a half hour respectively.

For the practice of hydroxide, normality was checked with phthalate acid potassium titrating each sample obtained after half an hour, in the case of sucrose a brixometer was used, this instrument was helpful to know with certainty that the Brix degrees had increased.

3. TEMA.

“REPOTENCIACION DEL EVAPORADOR DE DOBLE EFECTO DEL LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS FISICAS Y QUIMICAS DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE MANABÍ”

4. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.

La provincia de Manabí, cantón Portoviejo se encuentra ubicado a 30 kilómetros del Océano Pacífico, su altura promedio es de 46 m.s.n.m. (metros sobre el nivel del mar), se sitúa rodeado de colinas y del río Portoviejo quien divide a la ciudad en dos zonas.

4.1 MACROLOCALIZACIÓN.

El proyecto se llevará a cabo en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas de la Universidad Técnica de Manabí ubicado en la Avenida José María Urbina, vía a Crucita, de la Parroquia 12 de Marzo, en el Cantón Portoviejo, provincia de Manabí, Sus coordenadas Geográficas son:

Latitud: 1º 2’ 46.48” Sur

Longitud: 80º 27’ 10.92” Oeste

Elevación: 46 m

Coordenadas U.T.M.

9’869100 57185

4.2 MICROLOCALIZACION.

El área donde se realizará el proyecto es en el espacio destinado para el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la carrera de Ingeniería Química de la Universidad Técnica de Manabí.

5. FUNDAMENTACIÓN.

La Universidad Técnica de Manabí es una institución de educación superior que desde sus inicios ha buscado mejorar la formación mediante varios planes de desenvolvimiento académico y trabajos vinculados directamente con la comunidad y sus necesidades diarias.

La institución cuenta con facultades destinadas y acopladas a las exigencias de cada una de las carreras habilitadas de la misma. La Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas es una de las más sobresalientes por su visión y misión de formar profesionales capaces de destacar en distintas áreas de trabajo.

Para el desarrollo de una evaluación de un Equipo o Laboratorio se requiere de información y de la opinión de expertos en el tema, esta tesis se fundamenta principalmente en el diseño y ensamblado del evaporador de doble efecto basando en normas generales para su adecuación.

La finalidad de este proyecto es la repotenciación y la adecuación física complementaria del evaporador de doble efecto que cumpla con las exigencias de cualquier prueba o practicas impartidas por los docentes hacia los estudiantes, de esta manera se podrá obtener conocimientos completos y satisfactorios para la formación académica de los mismos beneficiando a la carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas de la Universidad Técnica de Manabí.

Parte fundamental es así mismo la preparación y capacitación del personal que será designado para el cuidado, mantenimiento y limpieza del equipo designado como evaporador de doble efecto del laboratorio de operaciones unitarias de la carrera de Ingeniería Química.

5.1 DIAGNÓSTICO DE LA COMUNIDAD.

La Universidad Técnica de Manabí es una entidad de Educación Superior altamente competitiva, comprometida con el desarrollo y fortalecimiento en los campos de la docencia, la investigación, la vinculación con la colectividad, formando profesionales con calidad humana altamente calificados, con sentido crítico, capaces de adaptarse a las nuevas tendencias y demás circunstancias cambiantes del medio interno y externo para liderar procesos de cambios.

Los estudiantes universitarios deben formarse desde los primeros semestres en la solución de problemas reales o simulados a los de su problemática profesional, en desarrollar habilidades prácticas y estimular la lógica del pensamiento. El principal problema de los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Química de la Universidad Técnica de Manabí es que no cuentan con equipos óptimos y acondicionados en el Laboratorio de Operaciones Unitarias con la capacidad que la Facultad requiere para brindar sus servicios a los estudiantes. Es así, que para el desarrollo de trabajos de prácticas y ensayos es necesario un espacio físico en condiciones adecuadas.

5.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.

Una vez realizado el diagnóstico de la comunidad se llegó a la conclusión que entre los problemas más relevantes están:

Problemas que presenta la Carrera de Ingeniería Química, Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas de la Universidad Técnica de Manabí:

- ✓ Contar con instalaciones que permitan el desarrollo de investigaciones en donde los estudiantes pongan en práctica los conocimientos experimentales.

- ✓ Repotenciar el evaporador de doble efecto del laboratorio adecuándolo y optimizándolo para que ayude en la ejecución de prácticas, evaluaciones y análisis de operaciones unitarias en condiciones óptimas y en buen funcionamiento con el objetivo de complementar y reforzar el conocimiento impartido en las aulas de clases.

- ✓ Falta de equipos e instrumentos, que impulsen las prácticas en laboratorio de Operaciones Unitarias.

5.3 PRIORIZACIÓN DEL PROBLEMA.

Después de haber analizado los principales problemas que tiene la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas de la Universidad Técnica de Manabí se evidenció que uno de los de mayor importancia es que la carrera de Ingeniería Química no cuenta con un evaporador en óptimas condiciones que pueda brindar el respectivo servicio a sus estudiantes para la mejora y el desarrollo de nuevas habilidades y conocimientos de esta operación unitaria.

La falta de un laboratorio proporcionado con los sistemas, adecuación física y equipos necesarios para una excelente práctica es el principal impedimento para una educación adecuada por eso hemos creído conveniente la repotenciación del evaporador de doble efecto acorde a la necesidad tanto de los estudiantes y docentes de la Carrera de Ingeniería Química.

Este proyecto se fundamenta en la repotenciación del evaporador de doble efecto y su adecuación óptima que va a quedar totalmente funcional para el laboratorio de Operaciones Unitarias y así poder realizar prácticas tales como concentración de hidróxido de sodio, concentración de soluciones azucaradas, entre otras.

El Evaporador de doble efecto tiene como finalidad fortalecer la formación académica de los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Química y contar con personal calificado en el mantenimiento del mismo, ofreciendo servicio de calidad y desarrollando investigaciones, para atender la problemática del sector.

6. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

CAMPO: Laboratorio de Operaciones Unitarias físicas.

AREA: Operaciones Unitarias.

ASPECTO: Adecuación física del evaporador de doble efecto del Laboratorio de Operaciones Unitarias.

DELIMITACION ESPACIAL: El presente proyecto se realizará en la Universidad Técnica de Manabí frente a la bodega.

DELIMITACION TEMPORAL*:* El presente proyecto se realizará durante el período de junio del 2014 hasta enero 2014.

7. ANTECEDENTES.

Las operaciones unitarias son parte fundamental del conocimiento de un Ingeniero Químico. El laboratorio de operaciones unitarias cuenta con los equipos necesarios para que al finalizar el periodo de enseñanza aprendizaje dentro de la universidad por parte del alumno este alcance las competencias necesarias para desempeñarse en una industria, ya que todos estos equipos se diseñaron con el objetivo de llevar la teoría a la práctica como lo exige la educación basada en competencias. La aplicación de cada uno de los equipos no se limita a una sola asignatura lo que da como resultado una gran versatilidad en su uso y aprendizajes en las diferentes asignaturas del programa de Ingeniería Química. El Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad Técnica de Manabí es un instrumento indispensable para la complementación de la educación teórica importante en la vida universitaria, porque coadyuva esfuerzos para fortalecer los proyectos que potencializan el Plan de Desarrollo del Alma Mater Manabita, creada en el año de 2007 bajo mutuo acuerdo de los Directores de Carrera y como apoyo a la docencia en la enseñanza y aprendizaje para las carreras de Ingeniería Química e Industrial, de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas.

La Universidad Técnica de Manabí cuenta hace algunos años con el laboratorio de operaciones unitarias pero al paso de los años los equipos han caído en desuso, por falta de mantenimiento y falta de personal capacitado para el uso de los mismos.

Dentro de los muchos equipos encontrados en este laboratorio está el evaporador de doble efecto el cual es un dispositivo cuyo uso es para transferir calor entre dos medios, utilizado en procesos químicos con el objetivo de concentrar un soluto de un solvente, tal es el caso de la leche condensada o la leche evaporada, también la salsa de tomate en la cual eliminamos el porcentaje de agua para concentrar la pulpa de tomate.

Este equipo dentro del laboratorio es nada utilizado en las prácticas de los estudiantes ya que no se encuentra en óptimas condiciones para su correcto funcionamiento debido a falta de mantenimiento al mismo, el paso del tiempo que arrasa con todo lo que tiene en su camino han deteriorado gravemente este equipo, esto genera incomodidad y carencia de conocimientos en lo que respecta las operaciones unitarias en los estudiantes.

8. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto estudia un problema de importancia que sufre la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y químicas y en específico la carrera de Ingeniería Química y sus estudiantes; la cual carece de un evaporador de doble efecto que esté apto para que los estudiantes de la carrera puedan realizar con mayor facilidad sus respectivas prácticas y así mejorando el índice de aprendizaje.

Las Carreras de Ingeniería Química e Industrial, de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, cuentan desde hace 8 años con una estructura técnica que no se había aprovechado por no disponer de los elementos complementarios; el presente trabajo permitirá repotenciar el evaporador de doble efecto, lo que ayudara a nuevas prácticas en el laboratorio de los estudiantes de las carreras descritas.

Debido a las nuevas exigencias universitarias para la acreditación nos hemos dado cuenta que es de gran importancia contar con un Laboratorio de Operaciones Unitarias completo con equipos acordes a la tecnología que permitan un análisis eficaz, fácil y certero.

Luego de haber analizado con detalle el evaporador de doble efecto se llegó a determinar que los problemas de su mal funcionamiento son los pocos mantenimientos que este ha tenido y el tiempo que ha pasado durante años sin utilizarlo adecuadamente, esto ha fomentado el desgaste de algunas piezas y por tal motivo se necesita urgentemente una repotenciación del mismo el cual es el objetivo primordial de este proyecto.

9. OBJETIVOS.

9.1 OBJETIVO GENERAL.

Repotenciar el evaporador de doble efecto del laboratorio de Operaciones Unitarias de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas de la Universidad Técnica de Manabí para la implementación de prácticas con esta tecnología.

9.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Poner a punto el evaporador de doble efecto del laboratorio de operaciones unitarias.
- Implementar al menos dos prácticas de laboratorio para el uso de evaporador de doble efecto.
- Calcular el costo económico de la realización de cada práctica.
- Demostrar en la práctica el uso del evaporador de doble efecto.
- Elaborar un diagrama y manual de operación del evaporador de doble efecto.

10.MARCO DE REFERENCIA.

10.1 OPERACIONES UNITARIAS

En la ingeniería química contamos con un sin número de procesos los cuales pueden ser abordados a través de las operaciones unitarias ya que el conjunto de algunas operaciones unitarias tendrían como resultado final un producto terminado.

Las operaciones unitarias abordan tanto procesos físicos y químicos, entre ellos podemos enunciar la separación de solidos o la sedimentación en las aguas residuales, incluso podríamos hablar de la evaporación del porcentaje de agua de un determinado producto.

Es importante para el estudio de las operaciones unitarias conocer determinados conceptos, algunas de ellas son leyes físicas y químicas elementales, tales como la conservación de la masa y energía, entre otros.

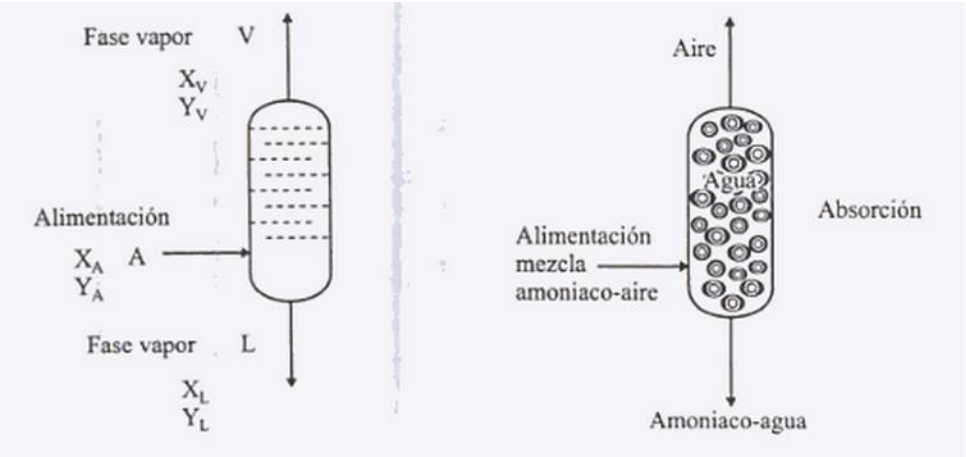
10.1.1 CLASIFICACIÓN DE LAS OPERACIONES UNITARIAS

Orozco (1998) clasifica a las operaciones unitarias de la siguiente manera en relación a la masa, calor y movimiento que podría generarse. A continuación enunciaremos los conceptos de esta clasificación:

Con base en la transferencia de masa:

Cuando se ponen en contacto dos fases que tienen diferentes composiciones es posible que ocurra la transferencia de alguno de los componentes presentes de una fase hacia la otra y viceversa. Esto constituye la base física de las operaciones de transferencia de masa. Si se permite que estas dos fases permanezcan en contacto durante un tiempo suficiente, se alcanzara una condición de equilibrio bajo la cual no habría ya transferencia neta de componentes entre las dos fases.

En la mayor parte de los casos de interés que se presentan en las operaciones unitarias de transferencia de masa, las dos fases tienen una miscibilidad limitada, de tal manera que en el equilibrio existen dos fases que pueden separarse una de otra. Los procesos de separación son los ejemplos más representativos que se fundamentan en la transferencia de masa.

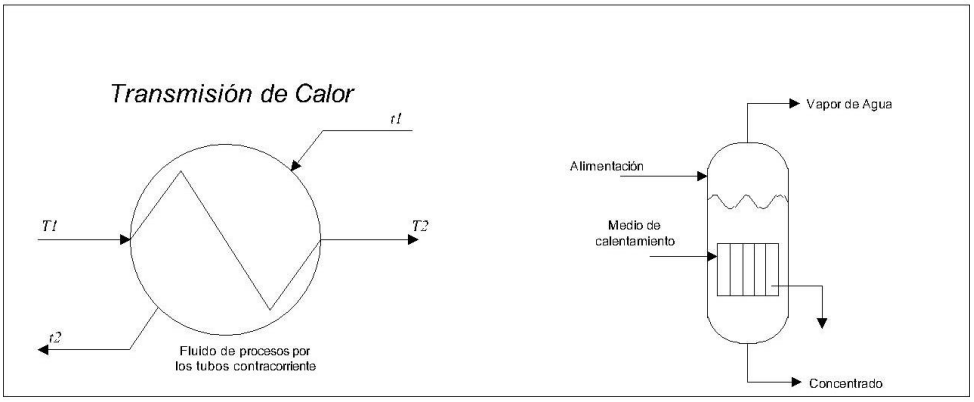


Ejemplos:

Destilación: Proceso más utilizado en la industria química. Se basa en la diferencia de volatilidad de los componentes. Absorción y Desorción de gases. La absorción de gases involucra la transferencia de un componente soluble, presente en una fase gaseosa, hacia un líquido absorbente de baja volatilidad. La desorción es el proceso inverso, es decir, la eliminación de un componente de la fase liquida por contacto con una fase gaseosa.

<u>Con base en la transferencia de calor:</u>

La transferencia de calor es un fenómeno que aplica a muchas operaciones y procesos unitarios. Sin embargo, hay un caso en el que es el mecanismo dominante y se denomina como tal: transferencia de calor.



Los ejemplos más representativos aplican al diseño de intercambiadores y como mecanismo dominante en la operación de ***evaporación***.

Con base en la trasferencia de cantidad de movimiento:

El transporte de momento ocurre en los gases y líquidos que fluyen. La operación unitaria básica es el ***flujo de fluidos o mecánica de fluidos.***

Interacción de los diferentes mecanismos de transporte en las operaciones unitarias:

Se presenta en muchas operaciones. Ejemplos: en la evaporación, humidificación, secado y destilación se presenta la transferencia de calor y masa de una manera simultánea.

10.2 DEFINICION DE TRANSFERENCIA DE CALOR

10.2.1 TRANSFERENCIA DE CALOR

Una definición sencilla, aunque general, da respuesta suficiente a la pregunta ***¿Qué es la transferencia de calos?,*** la cual responde Incropera (1999) con la siguiente definición "Transferencia de calor es la energía en tránsito debido a una diferencia de temperaturas. Siempre que exista una diferencia de temperaturas en un cuerpo o entre cuerpos, debe ocurrir una transferencia de calor."

Para Mcabe et al. (1991) la transferencia de calor se define de la siguiente manera:

> Cuando dos objetos que están a temperaturas diferentes se ponen en contacto térmico, el calor fluye desde el objeto de temperatura más elevada hacia el de temperatura más baja. El flujo neto se produce siempre en el sentido de la temperatura decreciente. Los mecanismos por los que fluye el calor son tres: conducción, convección y radiación.

Geankopolis (1998) dice que "la transferencia de calor se verifica debido a la fuerza impulsora debido a una diferencia de temperatura por la cual el calor fluye de la región de alta temperatura a la de temperatura más baja"

10.3 TIPOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR

10.3.1 CONDUCCIÓN DE CALOR

La conducción de calor según Geankopolis (1998) tiene el siguiente concepto:

> Mecanismo, por el cual el calor puede ser conducido a través de sólidos, líquidos y gases. La conducción se verifica mediante la transferencia de energía cinética entre moléculas adyacentes. Entre los ejemplos en los que la transferencia se verifica ante todo por conducción, se cuentan la transferencia a través de paredes o intercambiadores de una nevera, el tratamiento térmico en el forjado de acero, la congelación del suelo durante el invierno, etcétera.

Por otro lado para Alan S. Foust et. al. (1987) se refiere a la conducción de calor como "la transferencia de calor debida a la acción molecular"

10.3.1.1 LEY DE FOURIER PARA LA CONDUCCION DE CALOR

Centrándonos en las opiniones de Geankopolis (1987) define a la ley de Fourier de la siguiente manera:

> Los tres tipos principales de procesos de velocidad de transferencia - transferencia de momento lineal, transferencia de calor y transferencia de masa- están caracterizados en su aspecto más fundamental por el mismo tipo de ecuación básica (la transferencia de corriente eléctrica también puede incluirse en esta categoría):
>
> $$\text{Velocidad de un proceso de transferencia} = \frac{\text{fuerza impulsora}}{\text{resistencia}}$$
>
> Esta igualdad establece un principio que ya conocíamos de manera intuitiva: para que se pueda transferir una propiedad como el calor o la masa, es necesario que exista una fuerza impulsora que contrarreste la resistencia.
> La transferencia de calor por conducción también obedece esta ecuación básica y se expresa como la ley de Fourier para la conducción de calor en fluidos y sólidos.
>
> $$\frac{q_x}{A} = -k\frac{dT}{dx}$$
>
> Donde q_x es la velocidad de transferencia de calor en la dirección x, en watts (W), A es el área de corte transversal normal a la dirección del flujo de calor en m2, í" es la temperatura en K, x la distancia en m y k es la conductividad

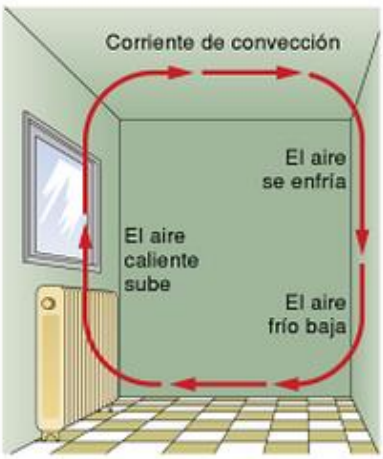
térmica en W/m * K en el sistema SI. La cantidad q_x/A se llama flujo específico (flux) de calor y se expresa en W/m2. La cantidad dT/dx es el gradiente de temperatura en la dirección x. El signo negativo de la ecuación se incluye debido a que si él flujo de calor es positivo en determinado sentido, la temperatura disminuye en ese mismo sentido.

10.3.2 CONVECCION DE CALOR

Alas S. Foust define a la convección como: "La transferencia de calor debida a un proceso de mezclado".

Walter L. Badger et al. (1970) afirma que cuando el calor se transmite por mezcla de las partes calientes con las frías de un mismo material, el mecanismo se conoce con el nombre de convección y que la convección se encuentra restringida a los líquidos.

Para Pérez (2008) la transferencia de calor por convección tiene lugar mediante el movimiento de las partículas de un fluido (líquido o gas) y, por tanto, ocurre con un transporte de materia, como por ejemplo en la calefacción de una vivienda se realiza por convección del aire calentado por un radiador-calefactor. El aire caliente se dilata y disminuye su densidad, lo que hace que ascienda hacia el techo de la habitación y provoque el desplazamiento del aire frio hacia el suelo, que, a continuación, se calentara por el radiador-calefactor para repetir el ciclo. Estos desplazamientos del aire (fluido) se llaman corrientes de convección y hacen que al cabo de un tiempo toda la masa del aire de la habitación tenga una temperatura uniforme.



↑ Transmisión de calor por convección.

Fig. 1.1 Transmisión de Calor por Convección.

10.3.3 RADIACIÓN DE CALOR

Walter L. Badger et al. (1970) enuncia que la radiación es la denominación que se da a la transmisión de la energía a través del espacio por medio de ondas electromagnéticas. Si la radiación atraviesa un espacio vacío no se transforma en calor ni en ninguna otra forma de energía y no es desviada de su camino. Si encuentra materia en su camino la radiación será transmitida, reflejada o absorbida. Únicamente la energía absorbida es la que aparece en forma de calor y su transformación es cuantitativa. Por ejemplo, el cuarzo fundido transmite prácticamente toda la radiación que le alcanza; una superficie opaca pulida o un espejo reflejará la mayor parte de la radicación que incide en él; una superficie negra o mate absorbe la mayor parte de la radiación que recibe y transformará cuantitativamente la energía absorbida en calor.

También Pérez (2008) nos dice que la radiación es un mecanismo de transmisión de energía por parte de un objeto emisor en forma de ondas electromagnéticas

10.4 TRANSFERENCIA DE MASA

10.4.1 DEFINICIÓN DE TRANSFERENCIA DE MASA

La transferencia de masa para Fogler (2002) se refiere a cualquier proceso en el que la difusión desempeña un papel. La difusión es el mezclado espontaneo de átomos o moléculas por su movimiento térmico aleatorio, y da pie a un movimiento de la especie relativo al movimiento de la mezcla.

La transferencia de masa por difusión molecular es el tránsito de masa como resultado de una diferencia de concentración en una mezcla

Existen numerosos ejemplos cotidianos de transporte de materia; la difusión de humo y otros contaminantes a la atmosfera; la transferencia de soluto entre las fases de un absorbedor de gas, un extractor o en una torre de enfriamiento; la mezcla del azúcar en un pocillo de tinto; el secado de la ropa (difusión del vapor de agua en el aire caliente).

Ahora, así como el transporte de calor, el transporte de masa según Grazales (2003) puede ocurrir tanto por difusión como por convección, esta última representa el transporte de masa que resulta del movimiento global del fluido.

10.5 EVAPORACION

En ingeniería química la evaporación es una operación mediante ebullición, la evaporación es el intercambio de un estado líquido a gaseoso en la cual se da por un incremento de temperatura.

En la mayoría de las evaporaciones el disolvente es el agua.

Podemos citar como un ejemplo la salmuera este consiste en llenar enormes embalses con agua de mar, y luego dejarlo durante algunos meses, hasta que se evapora el agua, quedando así un material sólido obteniendo cloruro de sodio y de potasio.

Uno de los principales componentes de los alimentos no procesados es el agua, ya que la cantidad de agua reducida ayuda el tiempo de conservación, una técnica usada es la evaporación que convierte el líquido en vapor, teniendo como resultado que el alimento tenga más tiempo de conservación en condiciones óptimas aumentando la vida útil del producto.

10.6 APLICACIONES DE LA EVAPORACIÓN

Una de sus numerosas aplicaciones es la de transformar agua de mar en agua potable, se usa también en la industria alimenticia, un uso que se le pueda dar es de refrigerador industrial, también se usa en el secado espray que consiste en pulverizar una sustancia (usualmente liquida o semilíquida) en un recinto metálico que atraviesa durante un instante muy corto y por el que circula gas caliente a alta temperatura. Esto evita la degradación (porque el secado es casi instantáneo) y permite la evaporación de agua o líquidos. Se utiliza para producir leche en polvo, sangre en polvo, etc.

10.7 FACTORES DE PROCESO

Las propiedades físicas y químicas de la solución que se está concentrando y del vapor que se separa tienen un efecto considerable sobre el tipo de evaporador que debe usarse sobre la presión y la temperatura del proceso. A continuación se analizan algunas propiedades que afectan a los métodos de procesamiento los cuales a determinado Geankopolis (1987):

1) ***Concentración en el líquido:*** Por lo general la alimentación liquida a un evaporador es bastante diluida, por lo que su viscosidad, bastante baja, es similar a la del agua y se opera con coeficientes de transferencia de calos bastante altos. A medida que se verifica la evaporación la solución se concentra y su viscosidad puede elevarse notablemente, causando una marcada disminución del coeficiente de transferencia de calor. Se requiere entonces una circulación o turbulencia adecuada para evitar que el coeficiente se reduzca demasiado.
2) ***Solubilidad:*** A medida que se calienta la solución y aumenta la concentración del soluto o sal puede excederse el límite de solubilidad del material en solución y se formaran cristales. Esto limita la concentración máxima que puede obtenerse por evaporación de la solución.
3) ***Sensibilidad térmica de los materiales:*** Muchos productos, en especial los alimentos y otros materiales biológicos, son sensibles a la temperatura y se degradan cuando esta sube o el calentamiento es muy prolongado. Entre ellos están los materiales farmacéuticos; productos alimenticios como leche, jugo de naranja y extractos vegetales; y materiales químicos orgánicos delicados. La cantidad de degradación está en función de la temperatura y el tiempo.
4) ***Formación de espumas:*** En algunos casos, los materiales constituidos por soluciones causticas, soluciones de alimentos como leche desnatada y algunas soluciones de ácidos grasos, forman espuma durante la ebullición. Esta espuma es arrastrada por el vapor que sale del evaporador y puede producir perdidas de material.
5) ***Presión y temperatura:*** El punto de ebullición de la solución está relacionado con la presión del sistema. Cuanto más elevada sea la presión de operación del evaporador, mayor será la temperatura de ebullición. Además, la temperatura de ebullición se eleva a medida que aumenta la concentración del material disuelto por la acción de la evaporación. Este fenómeno se llama elevación del punto de ebullición. Para mantener a un nivel bajo la temperatura de los materiales termo sensible suele ser necesario operar a presiones inferiores a 1 atm, esto es, al vacío.
6) ***Formación de incrustaciones y materiales de construcción:*** Algunas soluciones depositan materiales solidos llamados incrustaciones sobre las superficies de calentamiento. Estas incrustaciones se forman a causa de los productos de descomposición o por disminución de la solubilidad. El resultado es una reducción del coeficiente de transferencia de calor, lo que obliga a limpiar el evaporador. La selección de los materiales de construcción del evaporador tiene importancia en la prevención de la corrosión.

10.8 METODOS DE OPERACIÓN PARA EVAPORADORES

Para un mejor estudio de los evaporadores Geankopolis (1987) los ha distribuido según sus distintos métodos de operación que a continuación describimos:

1) ***Evaporadores de efecto simple***: En la figura 8.2.2 se muestra un diagrama simplificado del evaporador de una sola etapa o de efecto simple. La alimentación entra a $T_f K$ y en la sección de intercambio de calor entra vapor saturado a T_s. El vapor condensado sale en forma de pequeños chorros. Puesto que se supone que la solución del evaporador está completamente mezclada, el producto concentrado y la solución del evaporador tienen la misma composición y la temperatura T_1, que corresponde al punto de ebullición de la solución. La temperatura del vapor también es T_1, pues está en equilibrio con la solución en ebullición. La presión es P1, que es la presión de vapor de la solución a T_1.
   Si se supone que la solución que se va a evaporar es bastante diluida y parecida al agua, 1 kg de vapor de agua producirá aproximadamente 1Kg de vapor al condensarse. Esto ocurrirá siempre que la alimentación tenga una temperatura T_F cercana al punto de ebullición.
   En el cálculo de la velocidad de transferencia de calor en un evaporador se emplea el concepto de un coeficiente total de transferencia de calor. Se establece entonces la ecuación

$$q = UAAT = UA(T_s - T_1)$$

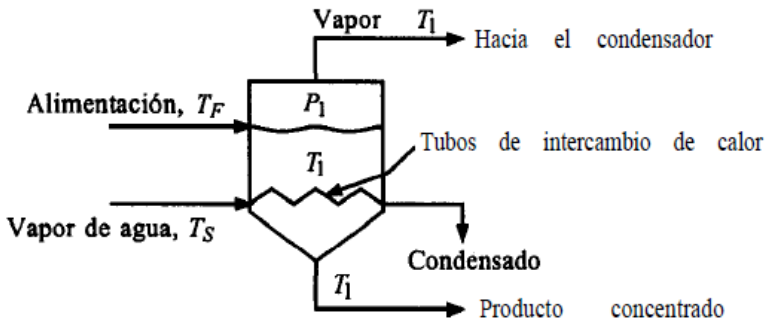
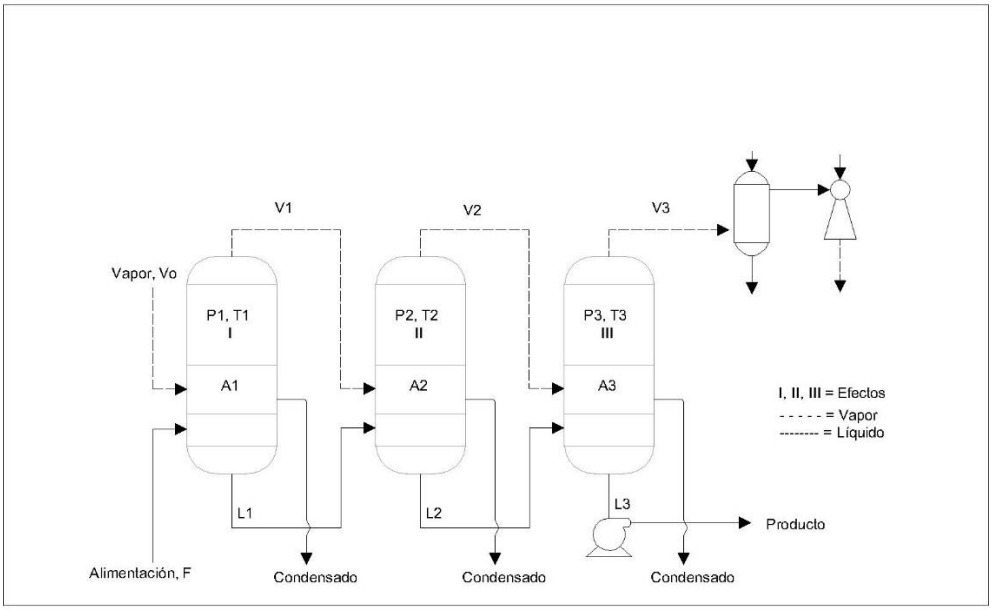


FIGURA. 8.2-2. *Diagrama* ***simplificado*** *de un evaporador de* ***efecto*** *simple.*

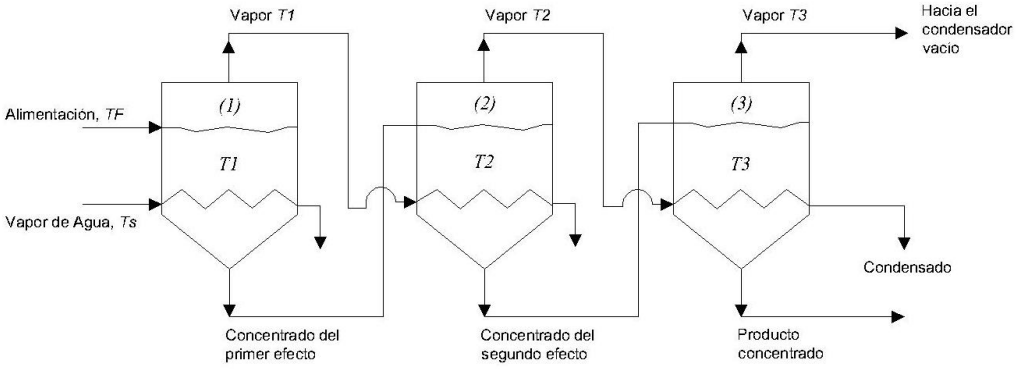
Donde q es la velocidad de transferencia de calor en W (btu/h), U es el coeficiente total de transferencia de calor en $\frac{W}{m^2}$, A es el área de transferencia de calor en m^2, T_s es la temperatura del vapor que se condensa en K (°F) y T_1.es el punto de ebullición del líquido en K (°F).

Los evaporadores de efecto simple se usan con frecuencia cuando la capacidad necesaria de operación es relativamente pequeña o el costo del vapor es relativamente barato comparado con el costo del evaporador. Sin embargo la operación de gran capacidad al usar más de un efecto reducirá de manera significativa los costos del vapor.

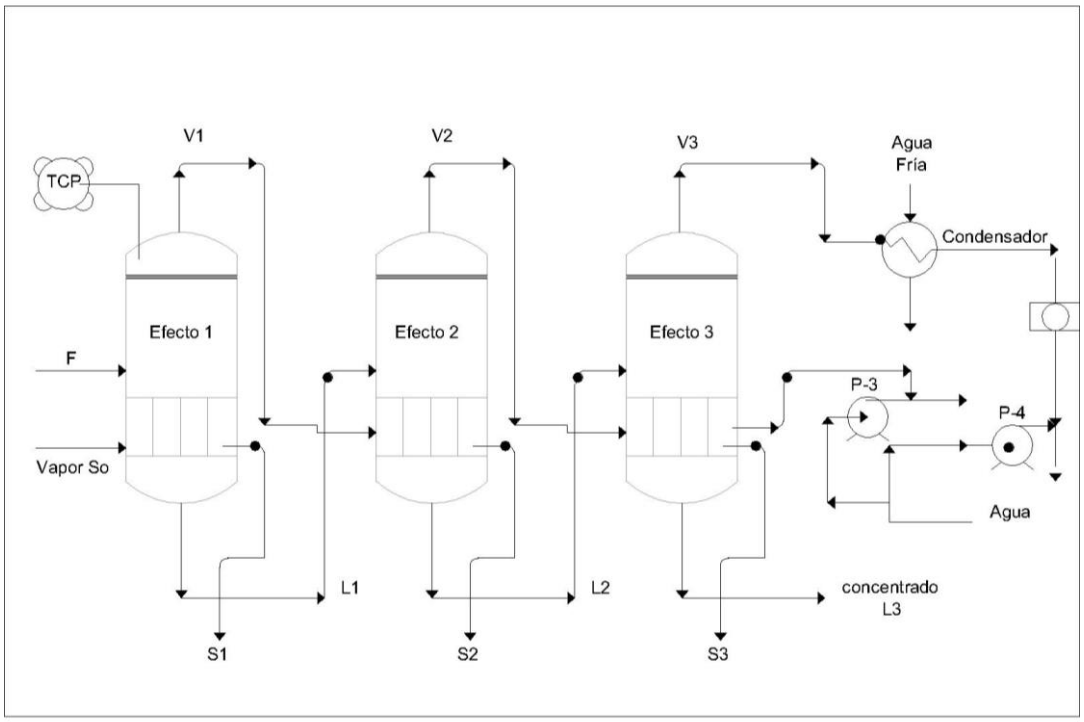
2) ***Evaporadores de efecto múltiple con alimentación hacia adelante:*** Un evaporador de efecto simple como el que se muestra en la figura 8.2-2 desperdicia bastante energía, pues el calor latente del vapor que sale no se utiliza. No obstante, una buena parte de este calor latente se recupera y se utiliza al emplear evaporadores de efecto múltiple. En la figura 8.2-3 se muestra el diagrama simplificado de un evaporador de efecto triple con alimentación hacia adelante. Si la alimentación del primer efecto está a una temperatura cercana al punto de ebullición y a la presión de operación de dicho efecto, 1 kg de vapor de agua evaporará casi 1 kg de agua. El primer efecto opera a una temperatura suficientemente alta como para que el agua que se evapora sirva como medio de calentamiento del segundo efecto. Nuevamente, en el segundo efecto se evapora casi 1 kg de agua, que se emplea como medio de calentamiento del tercer efecto. De manera aproximada, en un evaporador de efecto triple se evaporan 3 kg de agua por kilogramo de vapor de agua usado. Por consiguiente, el resultado es un aumento de la economía de vapor de agua, que es kg de vapor evaporado/kg de vapor de agua usado. Esto también resulta cierto de forma aproximada para más de tres efectos. Sin embargo, este aumento de la economía del vapor de agua en un evaporador de efecto múltiple se logra a expensas de mayor inversión en el equipo. En la operación de alimentación hacia adelante que se muestra en la figura 8.2-3, la alimentación se introduce en el primer efecto y fluye hacia el siguiente en el mismo sentido del flujo del vapor. Éste es el método de operación que se emplea cuando la alimentación está caliente o cuando el producto concentrado final puede dañarse a temperaturas elevadas. Las temperaturas de ebullición van disminuyendo de efecto a efecto. Esto significa que si el primer efecto está a Pr = 1 atm abs de presión, el último estará al vacío, a presión P3.



3) ***Evaporadores de efecto múltiple con alimentación en retroceso:*** En la operación de alimentación en retroceso que se muestra para el evaporador de efecto triple de la figura 8.2-4, la alimentación entra al último efecto, que es el más frío, y continua hacia atrás hasta que el producto concentrado sale por el primer efecto. Este método de alimentación en retroceso tiene ventajas cuando la alimentación es fría, pues la cantidad de líquido que debe calentarse a temperaturas más altas en el segundo y primer efectos es más pequeña. Sin embargo, es necesario usar bombas en cada efecto, pues el flujo va de baja a alta presión. Este método también es muy útil cuando el producto concentrado es bastante viscoso. Las altas temperaturas de los primeros efectos reducen la viscosidad y permiten coeficientes de transferencia de calor de valor razonable.



4) ***Evaporadores de efecto múltiple con alimentación en paralelo:*** La alimentación en paralelo en evaporadores de efecto múltiple implica la adición de alimentación nueva y la extracción de producto concentrado en cada uno de los efectos. El vapor de cada efecto se usa para calentar el siguiente. Este método de operación se utiliza principalmente cuando la alimentación está casi saturada y el producto son cristales sólidos, tal como sucede en la evaporación de salmueras para la producción de sal. (Geankoplis, 1998)



10.9 MATERIALES DE CONSTRUCCION

Escobar (2011) nos dice que en la evaporación de muchos materiales, determinados metales no son corroídos irregularmente, sino que contaminan el producto lo suficiente para ser inconveniente su empleo. El material más apropiado para la construcción es el acero inoxidable, ya que estos son resistentes a la corrosión y no producen contaminación al alimento a concentrar en el caso de que se utilice para concentrar algún alimento en particular.

11.METODOLOGÍA

Esta tesis tiene como objetivo primordial la repotenciación del evaporador de doble efecto que conjunto al Ing. Rafael Chica y personal capacitado se llevaron a cabo las mejoras del equipo, utilizando la técnica de la observación se dedujo que el equipo se encontraba obsoleto y se necesitaba una repotenciación urgente del mismo.

Para alcanzar los objetivos establecidos, el proyecto se estructuro en una serie de pasos primordiales para el mantenimiento adecuado del evaporador de doble efecto. Se considerara las siguientes actividades:

- Caracterización del evaporador de doble efecto.
- Optimización del equipo
- Diagrama del evaporador
- Identificación de la muestra problema
- Balance de materia.
- Balance de energía.
- Puesta en funcionamiento el equipo
- Primer Prueba
- Segunda Prueba
- Cuadro de Resultados
- Elaboración del manual para su posterior uso

11.1 CARACTERIZACIÓN DEL EVAPORADOR DE DOBLE EFECTO.

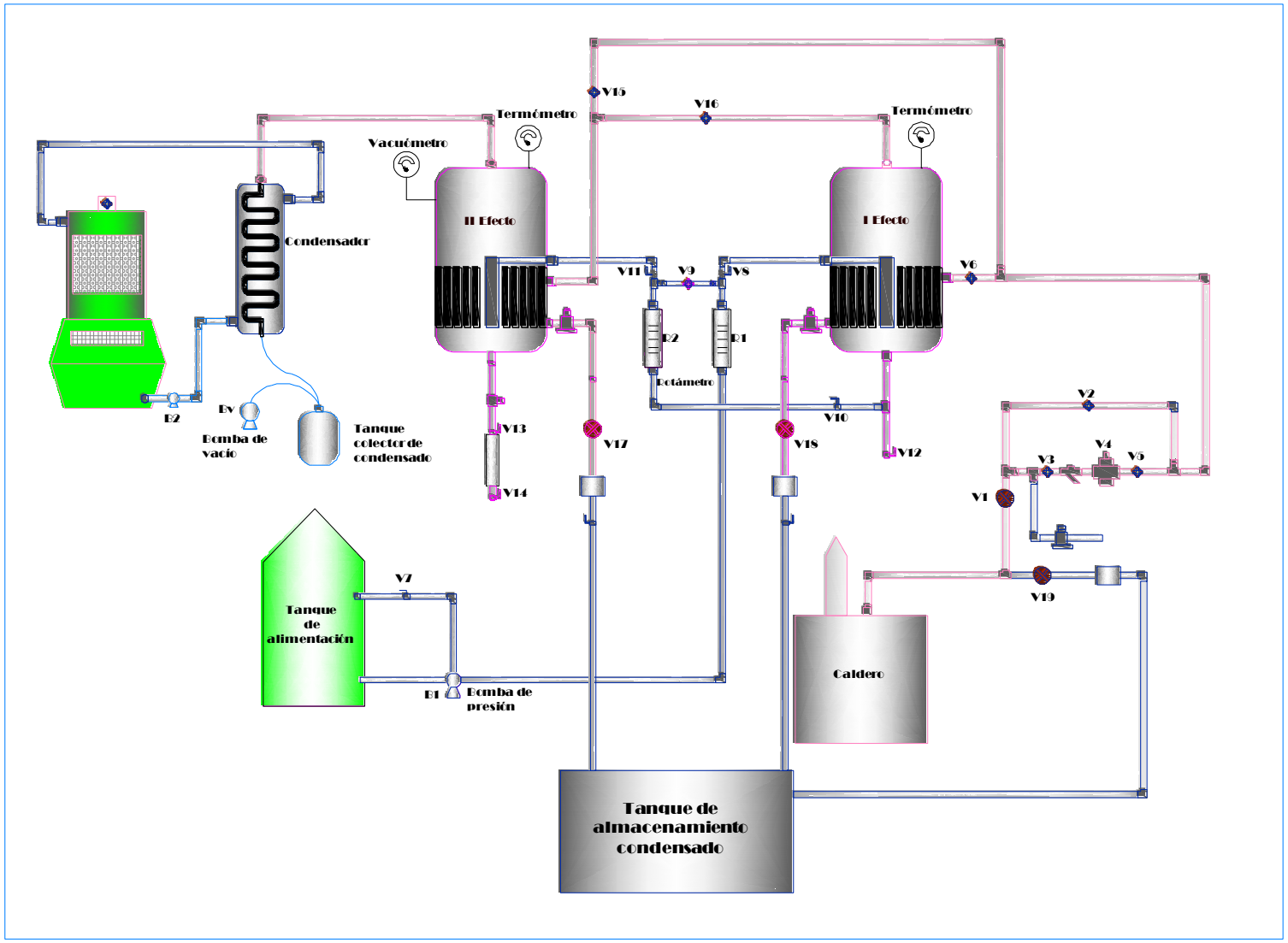
El evaporador de doble efecto del Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad Técnica De Manabí consta de:

- Dos cuerpos cilíndricos-cónicos de acero inoxidable con tubos de nivel que constituyen las cámaras de evaporación.
- Dos cuerpos cilíndricos con tubos de acero tanto de alimentación como de calentamiento que corresponden a las cámaras de calefacción con sus respectivos espejos.
- Una bomba centrifuga para alimentación y recirculación de 1/2HP.
- Una bomba de vacío de 700mmHg.
- Un condensador.
- Una válvula reguladora de presión 1/2pulg.
- Tres trampas de recuperación de vapor condensado.
- Siete Válvulas de paso de vapor
- 2 rotámetro 30litros/hora máximo.
- 1 tanque de alimentación de 60 litros.

11.2 OPTIMIZACIÓN DEL EQUIPO

- Modificar líneas de vapor
- Aislar líneas de vapor y condensados ***mejora***
- Mantenimiento trampas de vapor ***mejora***
- Colocación de manómetros nuevos
- Mantenimiento al evaporador
- Pruebas hidrostáticas
- Cambio de válvulas las que no son adecuadas para vapor ***mejora***
- Cambios de rodamientos de los motores eléctricos
- Revisión de parte eléctrica
- Puesta en Operación
- Parte Experimental

11.3 DIAGRAMA DEL EVAPORADOR



11.4 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA DEL PROBLEMA

El problema principal del evaporador radicaba en las bombas que no funcionaban por lo cual se procedió a rebobinar las mismas para su correcto funcionamiento, también podríamos decir que el ingreso de vapor desaprovechaba calor por convección al no tener un aislante que permita que no se pierda el calor.

La muestra problema es una solución homogénea compuesta principalmente de Hidróxido de Sodio y agua.

Por medio del ensayo de Ftalato acido de potasio se da paso al cálculo de la normalidad que contiene la solución de hidróxido de sodio. El ftalato acido de potasio es un estandarizador universal para el hidróxido de sodio.

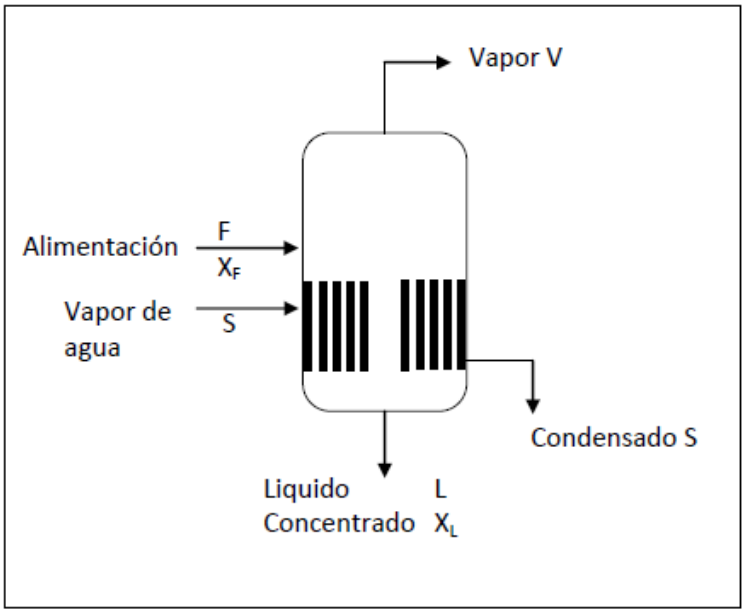
Se recomienda realizar la mezcla fuera del tanque de almacenamiento y utilizar una pequeña cantidad de calor para que la mezcla quede completamente homogenizada.

Se toman 10ml de la muestra en una probeta y se lo lleva a la balanza descartando el peso de la probeta, dándonos así valores de masa y volumen de dicho compuesto y por medio de la formula $\rho = \frac{m}{v}$, obtendremos la densidad de la solución.

$$\rho = \frac{10{,}0795\ g}{10\ ml}$$

$$\rho = 1.00795\ \frac{g}{ml}$$

11.5 BALANCE DE MATERIA



En la figura anterior están representados los flujos de alimentación y la entrada de vapor que intervienen en un proceso de evaporación de simple efecto, el balance global viene dado por:

$$F = L + V \qquad (9.1)$$

Realizando un balance específico para el soluto obtenemos la siguiente ecuación:

$$FX_f = LX_L + V_Y \qquad (9.2)$$

Para un proceso de evaporación eficiente no debe existir arrastre de sólidos en el vapor, por este motivo:

$$V_y = 0 \qquad (9.2a)$$

Y la formula (9.2) queda de la siguiente forma:

$$FX_f = LX_L \qquad (9.3)$$

De donde:

F: Solución liquida que ingresa al evaporador en (L/H)

V: Vapor que se desprende de la solución (Lb/H)

L: Solución concentrada que sale del evaporador

X_F: Concentración de la solución inicial

X_L: Concentración de la solución final

11.6 BALANCE DE ENERGÍA

Para un balance de energía que tiene lugar con variaciones despreciables en la energía cinética y energía potencial y sin trabajos eléctricos, ni mecánicos añadidos fuera de lo necesario para el flujo, el calor añadido es igual a la entalpía del sistema.

$$Q = \Delta H \qquad (9.4)$$

En un proceso de evaporación el balance de energía viene dado por:

$$Fh_F + S_s H_s = Lh_L + VH_V + S_C h_C \qquad (9.4a)$$

$$\text{Como } S_s = S_C = S$$

$$Fh_F + S(H_S - h_C) = Lh_L + Vh_V \qquad (9.4b)$$

$$S(H_S - h_C) = Lh_L + VH_V - Fh_F \qquad (9.4c)$$

La ecuación 9.4c es la ecuación desglosad de la ecuación 9.4 de donde los términos son los siguientes:

h_F= Entalpia de la solución diluida (BTU/Lbs)

H_V= Entalpia del vapor que se desprende de la solución (BTU/Lbs)

h_L= Entalpia de la solución que sale del Evaporador (BTU/Lbs)

H_S= Entalpia del vapor saturado que entra en el cilindro (BTU/Lbs)

h_C= Entalpia del vapor que se condensa en el cilindro (BTU/Lbs)

S_S= Vapor procedente de la caldera que ingresa en el cilindro (LBS/Hr)

S_C= Vapor que se condensa del cilindro (LBS/Hr)

11.7 PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO

La unidad de evaporación está diseñada para funcionar en cualquiera de las unidades desde las siguientes condiciones de proceso.

- Evaporador de doble efecto al vacío y con flujo en concurrente.
- Evaporador de simple efecto a presión atmosférica.
- Evaporador de simple efecto al vacío.

11.7.1 PROCEDIMIENTO PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL EVAPORADOR AL VACÍO

1) Se alimenta la solución a concentrarse, a él o los evaporadores, hasta un nivel determinado.
2) Se hace vacío al evaporar.
3) Se da paso al vapor procedente de la caldera y se regula la presión de operación

11.7.2 PROCEDIMIENTO PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL EVAPORADOR A PRESIÓN ATMOSFERICA

La unidad de evaporación trabaja a presión atmosférica eliminando el paso 2 del procedimiento anterior, con lo que la puesta en marcha se limita a los pasos 1 y 3. Este proceso es usado solo para la evaporación a simple efecto.

11.7.3 REGULACIÓN DEL EQUIPO

Una vez puesta en marcha el equipo se procede a la regulación del mismo, con el fin de obtener el estado estacionario.

Regulación de la presión de operación.

Se fija la presión de operación a la entrada del Efecto I, por medio de una válvula reguladora de presión, la cual mantendrá un flujo de vapor constante, y con éste una presión y temperatura constante. Esta presión regirá durante todo el proceso, debiendo referirse constantemente la presión de vapor del caldero, y el flujo de condensado de las trampas.

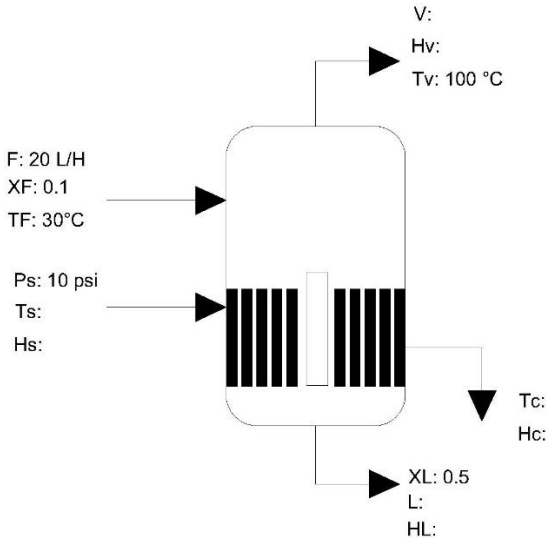
Regulación de los flujos de alimentación.

Cuando la solución que se encuentra en los evaporadores alcanza su punto de ebullición, ésta generara vapor, lo cual trae como resultado un descenso en los niveles. Para compensar este descenso alimentamos con solución, regulando el flujo de tal forma que los niveles se mantengan constates.

Regulación de la descarga de concentrado.

A medida que la solución hierve, ésta se hace más concentrada, ya sea en un doble o simple efecto. Cuando en el último efecto se ha alcanzado la concentración deseada, se abre la válvula de descarga dejando salir el concentrado (producto) ésta operación hace necesario un nuevo ajuste en los flujos de alimentación.

11.8 PRIMERA PRÁCTICA.



Cálculos de Balance de Masa.

Balance General.

$$F = L + V \quad (9.1)$$

Balance parcial para el NaOH.

Densidad de la solución = 1,00787 Kg/L

$$20L/h.\frac{1{,}00787kg}{1L} = \mathbf{20,15Kg/h}$$

$$FX_f = LX_L \qquad (9.3)$$

$$20{,}15Kg/h(0{,}13) = L(0{,}5)$$

$$\boldsymbol{L = 5,239Kg/h}$$

Se reemplaza L en la ecuación (9.1) y tenemos:

$$20{,}15 = V + 5{,}239$$

$$\boldsymbol{V = 14,911Kg/h}$$

Cálculos de Balance de Energía.

Balance global de energía

Presión de vapor = 10psi

$$10psi.\frac{1atm}{14,96}.\frac{101,325Kpa}{1atm} = 67,73Kpa$$

Por medio de las tablas de vapor que se encuentran en los anexos se calcula mediante interpolación T_S, H_S y h_C a 27.58Kpa, H_V y h_L a 100ºC y h_F a 30ºC

$T_S\ a\ 67,73Kpa$

	X	Y
1	57,83	85
2	70,14	90
	67,58	

$$Y = \frac{(Y_2 - Y_{1)}}{(X_2 - X_1)}.(X - X_1) + Y_1 \qquad (Formula\ de\ Interpolación)$$

$$Y = T_S = \frac{(90 - 85)}{(70,14 - 57,83)}.(67,58 - 57,83) + 85$$

$$\boldsymbol{T_S = 88,96°C}$$

$H_S\ a\ 67,73Kpa$

	X	Y
1	57,83	2651,9
2	70,14	2660,1
	67,58	

$$Y = H_S = \frac{(2660{,}1 - 2651{,}9)}{(70{,}14 - 57{,}83)}.(67{,}58 - 57{,}83) + 2651{,}9$$

$$\boldsymbol{H_S = 2658{,}39\frac{Kj}{Kg}}$$

$h_C\ a\ 67{,}73Kpa$

	X	Y
1	57,83	355,90
2	70,14	376,92
	67,58	

$$Y = h_C = \frac{(376{,}92 - 355{,}90)}{(70{,}14 - 57{,}83)}.(67{,}58 - 57{,}83) + 355{,}90$$

$$\boldsymbol{h_C = 372{,}54\frac{Kj}{Kg}}$$

$T_V = 100°C$

$\boldsymbol{H_V = 2676{,}1\ Kj/\mathrm{Kg}}$

$T_F = 30°C$

$\boldsymbol{h_F = 125{,}79\ Kj/\mathrm{Kg}}$

$T_V = T_L = 100°C$

$\boldsymbol{h_L = 419{,}04\ Kj/\mathrm{Kg}}$

$$S(H_S - h_C) = Lh_L + VH_V - Fh_F \qquad (9.4c)$$

$$S(2658{,}39 - 372{,}54) = 5{,}239(419.04) + 14{,}911(2676{,}1) - 20{,}15(125{,}79)$$

$$S(2285{,}85) = 39564{,}009$$

$$\boldsymbol{S = 17.30\ kg/h}$$

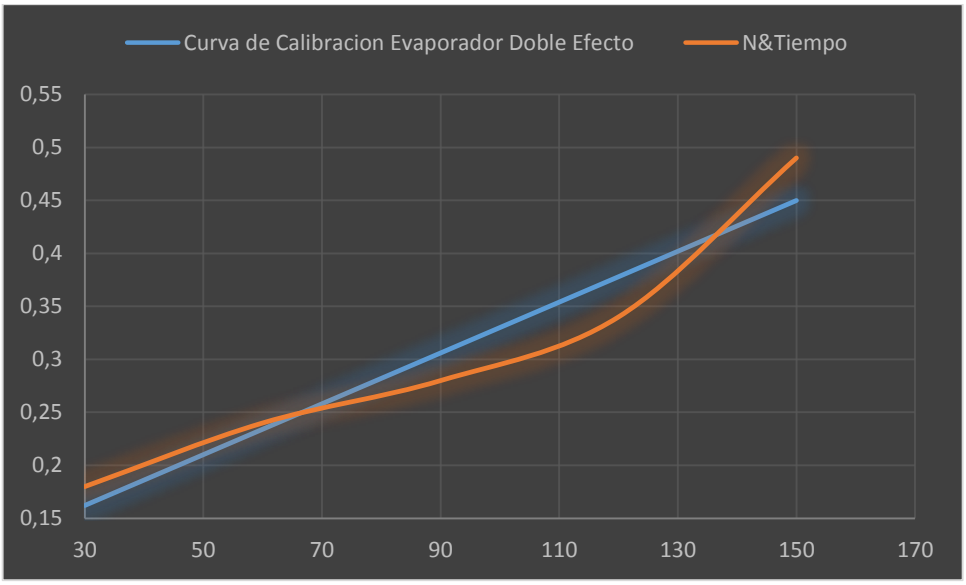
11.8.1 DATOS EXPERIMENTALES OBTENIDOS EN LA PRIMERA PRÁCTICA

Tiempo (min)	Normalidad	Volumen (ml)	Consumo (NaOH)
10H20	0,18	200	4,4
10H50	0,24	200	3,5
11H20	0,28	200	3,3
11H50	0,34	200	2,5
12H20	0,49	200	2,0

Consumo de diésel = 2,5 cm3.

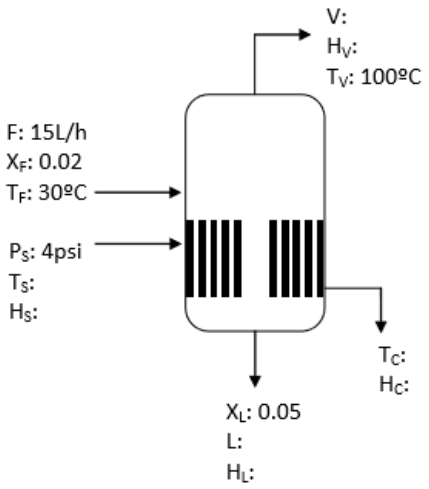
Por cada cm3 de diésel consumido equivale a 1,25 galones de diésel.

Consumo de Agua = 2 m3.



.

11.9 SEGUNDA PRÁCTICA



Cálculos de Balance de Masa.

Balance General.

$$F = L + V \quad (9.1)$$

Balance parcial para el Sacarosa.

Densidad de la solución = 1,003 Kg/L

$$\frac{20L}{h} \cdot \frac{1{,}00787kg}{1L} = \mathbf{20{,}06Kg}$$

$$FX_f = LX_L \qquad (9.3)$$

$$\frac{20{,}06Kg}{h}(0{,}02) = L(0{,}05)$$

$$\boldsymbol{L = 8{,}024Kg/h}$$

Se reemplaza L en la ecuación (9.1) y tenemos:

$$20{,}06 = V + 8{,}024$$

$$\boldsymbol{V = 12.036Kg/h}$$

Cálculos de Balance de Energía.

Balance global de energía

Presión de vapor = 10psi

$$10psi.\frac{1atm}{14,96}.\frac{101,325Kpa}{1atm} = 67,73Kpa$$

Por medio de las tablas de vapor que se encuentran en los anexos se calcula mediante interpolación T_S, H_S y h_C a 27.58Kpa, H_V y h_L a 100ºC y h_F a 30ºC

$T_S\ a\ 67,73Kpa$

	X	Y
1	57,83	85
2	70,14	90
	67,58	

$$Y = \frac{(Y_2 - Y_{1)}}{(X_2 - X_1)}.(X - X_1) + Y_1 \qquad (Formula\ de\ Interpolación)$$

$$Y = T_S = \frac{(90 - 85)}{(70,14 - 57,83)}.(67,58 - 57,83) + 85$$

$$\boldsymbol{T_S = 88,96°C}$$

$H_S\ a\ 67,73Kpa$

	X	Y
1	57,83	2651,9
2	70,14	2660,1
	67,58	

$$Y = H_S = \frac{(2660{,}1 - 2651{,}9)}{(70{,}14 - 57{,}83)}.(67{,}58 - 57{,}83) + 2651{,}9$$

$$\boldsymbol{H_S = 2658{,}39\frac{Kj}{Kg}}$$

$h_C\ a\ 67{,}73Kpa$

	X	Y
1	57,83	355,90
2	70,14	376,92
	67,58	

$$Y = h_C = \frac{(376{,}92 - 355{,}90)}{(70{,}14 - 57{,}83)}.(67{,}58 - 57{,}83) + 355{,}90$$

$$\boldsymbol{h_C = 372{,}54\frac{Kj}{Kg}}$$

$T_V = 100°C$

$\boldsymbol{H_V = 2676{,}1\ Kj/\mathrm{Kg}}$

$T_F = 30°C$

$\boldsymbol{h_F = 125{,}79\ Kj/\mathrm{Kg}}$

$T_V = T_L = 100°C$

$\boldsymbol{h_L = 419{,}04\ Kj/\mathrm{Kg}}$

$$S(H_S - h_C) = Lh_L + VH_V - Fh_F \qquad (9.4c)$$

$S(2658{,}39 - 372{,}54) = 5{,}239(419.04) + 14{,}911(2676{,}1) - 20{,}15(125{,}79)$

$S(2285{,}85) = 39564{,}009$

$$\boldsymbol{S = 17.30\ \mathrm{kg/h}}$$

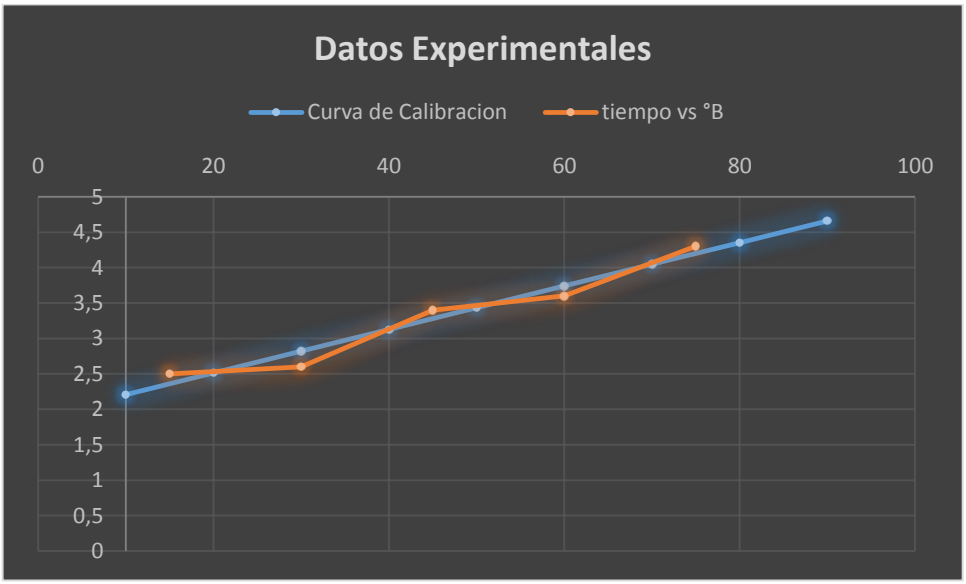
11.9.1 DATOS EXPERIMENTALES OBTENIDOS EN LA SEGUNDA PRÁCTICA

Tiempo (min)	°Brix
10H55	2.50
11H10	2.60
11H25	3.4
11H40	3.6
11H55	4.3

Consumo de diésel = 1 cm3.

Por cada cm3 de diésel consumido equivale a 1,25 galones de diésel.

Consumo de Agua = 1 m3.



11.10 ANÁLISIS DE ÍNDICE DE COSTOS PARA LAS PRÁCTICAS

Los costos de generación de vapor, donde he considerado los principales gastos calculados en base a un determinado tiempo de producción son: combustible, electricidad y agua.

Practica #1

- ***Combustible:***

Se consumió 2,5cm del nivel del tanque de combustible, el cual tiene un diámetro interno aproximado de 76cm.

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi(0.76)^2}{4} = 0.453m^2$$

$$V = Axh = (0.453)(0.025) = 0.011325m^3 = 11.325L = 2.99gal$$

$$C_{combustible} = Vx\$_{diesel} = (2.99gal)(1.04\,\$/gal) = \$3.11$$

- ***Agua de alimentación:***

Durante el funcionamiento de la caldera, se consumió 2cm de agua de la cisterna, la cual tiene unas dimensiones internas aproximadas de 1.54mx2.97m.

$$A = LxL = (1.54)(2.97) = 4.57m^2$$

$$V = Axh = (4.57)(0.02) = 0.0914m^3$$

$$C_{agua} = Vx\$_{agua} = (0.0914m^3)(0.45\,\$/m^3) = \$0.04113 \approx \$0.04$$

- ***Bombas:***

El evaporador cuenta con una bomba de 1/2HP y una bomba de vació de 1/2HP, con un consumo de 0.37KWatt y 248x10EXP-03 respectivamente.

$$B_{flujo} = Wx\$_{electricidad} = (0.37KWatt)(0.08\,\$/Kwatt) = \$0.03$$

$$B_{vacio} = Wx\$_{electricidad} = (248x10EXP - 03\ KWatt)(0.08\,\$/Kwatt) = \$0.019$$

$$C_{bombas} = B_{flujo} + B_{vacio} = \$0.03 + \$0.019 = \$0.04$$

- ***Costo de Materia Prima:***

$$C_{materiaPrima} = 375grNaOH(Sello\ Rojo) = \$2{,}50$$

- ***Sumatoria de costos:***

$$C_{total} = C_{combustible} + C_{agua} + C_{bombas} + C_{materiaPrima}$$

$$C_{total} = \$3.11 + \$0.04 + \$0.04 + \$2.50 = \$5.69$$

Practica #2

- ***Combustible:***

Se consumió 1cm del nivel del tanque de combustible, el cual tiene un diámetro interno aproximado de 76cm.

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi(0.76)^2}{4} = 0.453m^2$$

$$V = Axh = (0.453)(0.01) = 0.00453m^3 = 4.53L = 1.198gal$$

$$C_{combustible} = Vx\$_{diesel} = (1.198gal)(1.04\,\$/gal) = \$1.25$$

- ***Agua de alimentación:***

Durante el funcionamiento de la caldera, se consumió 1cm de agua de la cisterna, la cual tiene unas dimensiones internas aproximadas de 1.54mx2.97m.

$$A = LxL = (1.54)(2.97) = 4.57m^2$$

$$V = Axh = (4.57)(0.01) = 0.0457m^3$$

$$C_{agua} = Vx\$_{agua} = (0.0457m^3)(0.45\,\$/m^3) = \$0.020$$

- ***Bombas:***

El evaporador cuenta con una bomba de 1/2HP y una bomba de vació de 1/2HP, con un consumo de 0.37KWatt y 248x10EXP-03 respectivamente.

$$B_{flujo} = Wx\$_{electricidad} = (0.37KWatt)(0.08\,\$/Kwatt) = \$0.03$$

$$B_{vacio} = Wx\$_{electricidad} = (248x10EXP - 03\,KWatt)(0.08\,\$/Kwatt) = \$0.019$$

$$C_{bombas} = B_{flujo} + B_{vacio} = \$0.03 + \$0.019 = \$0.04$$

- ***Costo de Materia Prima:***

$$C_{materiaPrima} = 1kg\ de\ Azucar = \$1.10$$

- ***Sumatoria de costos:***

$$C_{total} = C_{combustible} + C_{agua} + C_{bombas} + C_{materiaPrima}$$

$$C_{total} = \$1.25 + \$0.020 + \$0.04 + \$1.10 = \$2.41$$

11.11 ELABORACIÓN DEL MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO

Este manual de operación está basado en el diagrama de proceso del evaporador de doble efecto (9.3).

11.11.1 EVAPORADOR DE SIMPLE EFECTO A PRESIÓN ATMOSFÉRICA.

Puesta en funcionamiento del equipo.

Alimentamos el efecto I de la siguiente manera. Manteniendo todas las válvulas cerradas se procede a abrir la válvula V7 y se pone en funcionamiento la bomba B1. Se abre luego lentamente la válvula V8.

Nos aseguramos que las válvulas de las trampas de condensado V17, V18 y V19 siempre deben permanecer abiertas para dejar pasar el condensado que se generara en el equipo aunque no se esté ingresando vapor al equipo o la practica haya terminado estas válvulas deberán permanecer abiertas para que sean una especie de purga del consensado que se va a recoger.

Suministramos vapor al Efecto I, solicitando vapor a la cámara del caldero y verificamos el funcionamiento normal de las trampas. Se da paso al vapor cerrando totalmente la válvula V2 y V15, y abriendo V3, V5, V6 y V16 totalmente, en seguida se abre lentamente la válvula V1, y verificamos la presión en el manómetro si la presión no es la de trabajo, regulamos ésta accionando la válvula reguladora de vapor V4.

Funcionamiento continuo de la unidad.

Cuando comienza a descender el nivel, se procede de la siguiente manera:

Se controla el nivel del evaporador I prendiendo la bomba B1, se abre luego lentamente V8 y fijamos un flujo de alimentación con el rotámetro R1, equivalente a las lb/h de agua que se están evaporando.

Toma de muestra de la solución concentrada.

Para tomar muestras del Evaporador I, abrimos lentamente la válvula V12 hasta que se llene el recolector de la muestra, se cierra luego la válvula V12, una vez obtenida la muestra en nuestro recipiente la dejamos enfriar y tomamos su concentración.

11.11.2 EVAPORADOR DE UN EFECTO AL VACIO.

Puesta en funcionamiento del equipo.

Alimentamos el efecto II de la siguiente manera. Manteniendo todas las válvulas cerradas se procede a abrir la válvula V7 y se pone en funcionamiento la bomba B1. Se abre luego lentamente la válvula V9 y V11.

A continuación ponemos en funcionamiento la bomba de vació Bv, verificando la lectura en el vacuómetro del efecto II.

Una vez alcanzado el vació de operación suministramos vapor al Efecto II, solicitando vapor a la cámara de caldero y verificamos el funcionamiento normal de las trampas. Se da paso al vapor cerrando totalmente la válvula V2, V6 y V16, y abriendo V3, V5 y V15 totalmente, en seguida se abre lentamente la válvula V1, y verificamos la presión en el manómetro si la presión no es la de trabajo, regulamos ésta accionando la válvula reguladora V4. No olvidar poner en funcionamiento la bomba B2 que es la de agua de enfriamiento para condensados provenientes de la torre de enfriamiento.

Funcionamiento continúo de la unidad.

Cuando comienza a descender los niveles, se procede de la siguiente manera: Controlamos el nivel del evaporador II prendiendo la bomba B1 y abriendo totalmente la válvula V9 manteniendo cerrada la V8, en seguida abrimos la válvula V11 y fijamos el flujo de alimentación en el rotámetro R2.

Toma de muestra de la solución concentrada.

Para tomar muestras del evaporador II, abrimos lentamente la válvula V13 y luego de unos segundos la cerramos. Se procede a abrir la válvula V14 y se elimina el vacío de la cámara y tomamos la muestra en un recipiente para medir su concentración.

11.11.3 EVAPORADOR DE DOBLE EFECTO AL VACIO.

Puesta en funcionamiento del equipo.

Alimentamos simultáneamente los dos efectos de la siguiente manera. Manteniendo todas las válvulas cerradas se procede a abrir la válvula V7 y se pone en funcionamiento la bomba B1. Se abre luego lentamente la válvula V8, V9 y V11.

A continuación ponemos en funcionamiento la bomba de vacío Bv, verificando la lectura en el vacuómetro del efecto II. Una vez alcanzado el vacío de operación suministramos vapor al Efecto I, solicitando vapor a la cámara del caldero y verificamos el funcionamiento normal de las trampas. Se da paso al vapor cerrando totalmente la válvula V2 y V15, y abriendo V3, V5 y V16 totalmente, en seguida se abre lentamente la válvula V1, y verificamos la presión en el manómetro si la presión no es la de trabajo, regulamos ésta accionando la válvula reguladora V4. No olvidar poner en funcionamiento la bomba B2 que es la de agua de enfriamiento para condensados provenientes de la torre de enfriamiento.

Funcionamiento continúo de la unidad.

Cuando comienza a descender los niveles, se procede de la siguiente manera: Se controla el nivel del evaporador I prendiendo la bomba B1, se abre luego lentamente V8 y fijamos un flujo de alimentación con el rotámetro R1, equivalente a las lb/h de agua que se están evaporando.

Controlamos el nivel del evaporador II abriendo totalmente las válvulas V10, en seguida abrimos la válvula V11 y fijamos el flujo de alimentación en el rotámetro R2.

Toma de muestras de la solución concentrada (producto).

Para tomar muestras del evaporador I abrimos lentamente la válvula V12 hasta que se llene el recolector de la muestra, se cierra luego la válvula V12, y recogemos la muestra en un recipiente, la dejamos enfriar y medimos su concentración.

Para tomar muestras del evaporador II, abrimos lentamente la válvula V13 y luego de unos segundos la cerramos. Se procede a abrir la válvula V14 y se elimina el vacío de la cámara y tomamos la muestra en un recipiente para medir su concentración.

Apagado del Equipo

Para apagar el equipo después de realizada la práctica debemos proceder con los siguientes pasos:

1. Primero debemos cerrar el ingreso de vapor a las cámaras o cilindros de evaporación para esto dejamos inhabilitadas las válvulas V6, V15 y V16..
2. Luego desactivamos todo el sistema de ingreso de vapor dejando cerrada las válvulas V3, V2 y V5.
3. Vaciamos las cámaras de evaporación de cualquier residuo de solución que permanezca en este para esto abrimos las válvulas V12 y V13 para el primer efecto y el segundo efecto respectivamente.
4. Purgamos el residuo generado en el bidón y limpiamos el tanque de alimentación de tal manera que el equipo quede listo para una próxima práctica.
5. Dejamos enfriar al equipo.

Recomendaciones para el manejo del equipo

- Se recomienda tener el bidón de la bomba de vacío lleno una cuarta parte no más arriba para evitar que la bomba de vacío succione agua averiando sus mecanismos.
- Al momento de la toma de muestra es necesario el uso de gafas, evitando así salpicaduras de los líquidos a temperaturas altas que podrían generar quemaduras debido a las altas temperaturas que se van a manejar.
- En cuanto al manejo de válvulas es aconsejable usar guantes, ya que estas válvulas tienden a calentarse y con los guantes podremos maniobrarlas de mejor manera.
- Se sugiere que los encargados de supervisar el funcionamiento de los equipos del Laboratorio de Operaciones Unitarias le den un manteniendo periódico para evitar su deterioro y no tener que hacer costosas rehabilitaciones en el futuro.
- Verificar el nivel del aceite hidráulico de la bomba de vacío para evitar posibles daños.

12.BENEFICIARIOS.

12.1 DIRECTOS.

- ✓ Estudiantes de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas.
- ✓ Estudiante que realizara el proyecto.
- ✓ Docentes de la carrera de Ingeniería Química de la Universidad Técnica de Manabí.

12.2 INDIRECTOS.

- ✓ Las autoridades competentes y el personal que observará las medidas que podrían dar solución al problema planteado.

13.RECURSOS A UTILIZARSE

13.1 RECURSOS HUMANOS

- ✓ Director de Tesis.
- ✓ Tribunal de Revisión.
- ✓ Docentes de la Carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas
- ✓ Asesores Internos y Externos.
- ✓ Autor de la tesis

13.2 RECURSOS OPERATIVOS.

- ✓ Bibliografías
- ✓ Internet
- ✓ Copias
- ✓ Transporte
- ✓ Alimentación

13.3 RECURSOS FINANCIEROS

- ✓ Compra de Materiales $ 1500
- ✓ Internet $60
- ✓ Transporte $150
- ✓ Alimentación $100
- ✓ Sustentación $300
- ✓ Impresión de tesis $150

14.ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS.

Para realizar la primera practica se tuvieron que realizar ciertos preparativos, tales como titular el sello rojo para determinar su porcentaje de pureza, esto lo realizamos para tener datos correctos al momento de realizar la dilución del Hidróxido de Sodio al 0,13N y comprobar que los resultados obtenidos sean lo más real posible.

Realizando la práctica se pudo dar cuenta que cada media hora la concentración aumentaba en 0,1N acercándonos cada vez más a nuestra meta que era 0,5N.

Se tomaron muestras cada media hora y se titulaban con ftalato acido de potasio para obtener el dato exacto de la concentración que se tenía en la disolución.

Al cabo de 2 horas con 10 minutos pudimos constatar que nuestro objetivo había sido cumplido, si se dejaba más tiempo encendido el equipo la concentración podría aumentar un poco más.

En cuanto a la realización de la segunda práctica se pesó el azúcar para la dilución de 40litros de agua a 2°Brix.

Ayudado con el brixómetro tomamos las muestras cada 15 minutos, en los primeros 15 minutos los cambios no son tan notables, pero a partir de media hora la solución aumenta en 1°Brix.

Pasada una hora con 15 minutos la solución alcanzo la concentración deseada que era de 5°Brix.

El repotenciado de este equipo servirá de base para la investigación y desarrollo de otros proyectos que tenga la Escuela de Ingeniería Química.

15. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

15.1 CONCLUSIONES

- Este trabajo comunitario tiene como objetivo primordial el Repotenciado del Evaporador de Doble efecto en el laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad Técnica de Manabí, objetivo que ha sido cumplido en su totalidad ya que el equipo se encuentra totalmente operativo y listo para prestar servicios a la comunidad universitaria.
- El equipo fue utilizado para la concentración de Hidróxido de Sodio y Sacarosa; ayudado por la titulación con ftalato ácido de potasio y un brixómetro respectivamente, estas herramientas fueron de ayuda para comprobar los valores de concentración en cada práctica; las concentraciones obtenidas fueron las deseadas.
- El costo económico se calculó determinando el consumo de vapor, energía eléctrica y combustible utilizados para la realización de cada practica siendo variable dependiendo de la concentración a la cual se desee obtener o la materia prima a utilizar; el tiempo que el equipo permanezca encendido también es un factor que determina el costo económico del mismo.
- Para demostrar el uso del equipo se llenó todo el evaporado de agua para asegurarme que no tuviera fugas de ningún tipo, una vez teniendo la certeza que no existen fugas en el equipo, procedí a la realización de las practicas comprobando que el equipo se encuentra en buenas condiciones para su operación.
- En el diagrama y manual de operación del evaporador de doble efecto se incluye la rotulación de las válvulas y bombas, el manejo del equipo para trabajarlo a distintas condiciones es decir a un solo efecto, un solo efecto con vació o con ambos efectos, este permitirá de manera muy simple la realización de prácticas por parte de los estudiantes dirigidos por un catedrático Ingeniero Químico.
- Gracias a la creación de un manual de operación del evaporador, servirá como herramienta básica para futuras prácticas que realizaras los estudiantes, ya que obtendrán una percepción adecuada del uso del mencionado equipo.

15.2 RECOMENDACIONES

- Algo que debería hacerse y es aconsejable realizar es un limpiado del equipo después de cada práctica para evitar cualquier inconveniente y que no queden restos de fluidos en las tuberías que puedan traer consigo consecuencias graves como corrosión o taponamiento de las líneas de condensado.
- Realizar las prácticas en conjunto al encargado del laboratorio y dirigidos por un catedrático Ingeniero Químico que supervisen la ejecución de las prácticas para evitar contratiempos.
- No jugar en el laboratorio, realizar las prácticas con mucha seriedad ya que se pueden sufrir accidentes indeseables.
- Realizar una limpieza y mantenimiento periódico de las trampas de condensado para evitar taponamientos y el equipo en general por personal capacitado para mantener su óptimo funcionamiento.
- En lo posible encender el equipo y trabajar con él, si dejamos inhabilitado el equipo por demasiado tiempo este tiende a averiarse y por ende se deberá realizar otra repotenciación o mantenimiento del mismo.

16.PRESUPUESTO.

TEMA DE TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO QUÍMICO:

"REPOTENCIACION DEL EVAPORADOR DE DOBLE EFECTO DEL LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS"

ENTIDAD: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

POSTULANTES: Andrade Díaz Fidel Ernesto.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	PRECIO TOTAL
1	Adquisición de materiales y mano de obra	1550,00
2	Transporte	150,00
3	Alimentación	100,00
4	Impresión de tesis	150,00
5	Sustentación	300,00
TOTAL		2250

Son: Dos mil doscientos cincuenta 00/100 dólares

Andrade Díaz Fidel Ernesto

17.CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES REALIZADAS

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES REALIZADAS
“REPOTENCIACION DEL EVAPORADOR DE DOBLE EFECTO DEL LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS”
ENTIDAD: Universidad Técnica de Manabí
AUTORES: Andrade Díaz Fidel Ernesto.

ITEM	ACTIVIDADES	PLAZO EN MESES											
		Junio-Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
1	Elaboración de las técnicas de investigación												
2	Aprobación de las técnicas de investigación												
3	Aplicación y análisis de entrevista												

4	Realizar el diagnóstico del funcionamiento del evaporador												
5	Elaboración de las prácticas de laboratorio a efectuarse en el equipo												
6	Presentación de primer avance												
7	Ejecutar la adquisición de los componentes a ser instalados en el evaporador.												
8	Instalar los sistemas y materiales para el acondicionamiento del equipo												
9	Presentación del segundo avance												
10	Presentación de prácticas en el equipo												
11	Entrega de trabajo final												
12	Corrección de trabajo final de tesis												
13	Sustentación de tesis ante el tribunal de evaluación y revisión												

18.BIBLIOGRAFIA.

http://blog.condorchem.com/tag/evaporacion/

Fogler, H. S. (2002). Elementos de Ingeniería de las Reacciones Químicas. Mexico: Prentice Hall.

Geankoplis, G. J. (1998). Procesos De Transporte Y Operaciones Unitarias. Mexico: Compañia Editoral S. A. de C. V.

Grazales, R. B. (2003). Trnasferencia molecular de calor, masa y/o cantidad de movimiento. Colombia: Universidad nacional de Colombia Sede Manizales.

Incropera, F. P. (1999). Fundamentos de Transferencia de Calor. Mexico: Prentice Hall.

Orozco. (1998). Operaciones Unitarias. Mexico D.F.: Limusa S.A.

Peréz, J. B. (2008). Física y Química. España: Editorial Editex.

Escobar, S. (2011). http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/1670. Obtenido de http://dspace.espoch.edu.ec/

Alan S. Foust, L. A. (1987). Principios de Operaciones Unitarias. Mexico: Continental S.A.

Mcabe, W. L. (1991). Operaciones Unitarias en Ingenieria Quimica. Madris: McGraw-Hill.

Walter L. Badger, J. T. (1970). Introducción a la Ingeniería Química. México: McGraw-Hill.

19. ANEXOS

Evaporador de Doble Efecto

Cilindros de Evaporación

Trampas de Condensado

Sistema de Ingreso de Vapor

Sistema de trampeo de Condensado

Sistema de Vacío

Tanque de alimentación

Llenado del tanque de alimentación

Preparando la solución

Materia Prima Practica #1 (Hidróxido de Sodio)

Pesado del Hidróxido de Sodio

Mezclado de la disolución

Determinando pureza del Hidróxido de Sodio

Toma de Muestra Practica #1

Titulando los productos

Preparando el Equipo

Titulando el Hidróxido de sodio con Ftalato acido de Potasio

Pesando el azúcar de la Segunda Practica

Preparando la disolución

Homogenizando la disolución

Toma de Muestra Practica #2

A.2-9 Unidades SI, *Continuación*

Temperatura (°C)	Presión de vapor (kPa)	Volumen específico (m^3/kg)		Entalpía (kJ/kg)		Entropía (kJ/kg · K)	
		Líquido	Vapor saturado	Líquido	Vapor saturado	Líquido	Vapor saturado
105	120.82	0.0010475	1.4194	440.15	2683.8	1.3630	7.2958
110	143.27	0.0010516	1.2102	461.30	2691.5	1.4185	7.2387
115	169.06	0.0010559	1.0366	482.48	2699.0	1.4734	7.1833
120	198.53	0.0010603	0.8919	503.71	2706.3	1.5276	7.1296
125	232.1	0.0010649	0.7706	524.99	2713.5	1.5813	7.0775
130	270.1	0.0010697	0.6685	546.31	2720.5	1.6344	7.0269
135	313.0	0.0010746	0.5822	567.69	2727.3	1.6870	6.9777
140	316.3	0.0010797	0.5089	589.13	2733.9	1.7391	6.9299
145	415.4	0.0010850	0.4463	610.63	2740.3	1.7907	6.8833
150	475.8	0.0010905	0.3928	632.20	2746.5	1.8418	6.8379
155	543.1	0.0010961	0.3468	653.84	2752.4	1.8925	6.7935
160	617.8	0.0011020	0.3071	675.55	2758.1	1.9427	6.7502
165	700.5	0.0011080	0.2727	697.34	2763.5	1.9925	6.7078
170	791.7	0.0011143	0.2428	719.21	2768.7	2.0419	6.6663
175	892.0	0.0011207	0.2168	741.17	2773.6	2.0909	6.6256
180	1002.1	0.0011274	0.19405	763.22	2778.2	2.1396	6.5857
190	1254.4	0.0011414	0.15654	807.62	2786.4	2.2359	6.5079
200	1553.8	0.0011565	0.12736	852.45	2793.2	2.3309	6.4323
225	2548	0.0011992	0.07849	966.78	2803.3	2.5639	6.2503
250	3973	0.0012512	0.05013	1085.36	2801.5	2.7927	6.0730
275	5942	0.0013168	0.03279	1210.07	2785.0	3.0208	5.8938
300	8581	0.0010436	0.02167	1344.0	2749.0	3.2534	5.7045

Referencia: Resumido de J. H. Keenan, F. G. Keyes, P.G. Hill y J. G. Moore, *Steam Tables-Metric Units*. Nueva York: John Wiley & Sons, Inc. 1969. Reimpreso con autorización de los editores.

A.2.9 Propiedades del vapor saturado y del agua (tablas de vapor)
Unidades del Sistema Inglés

Temperatura (°F)	Presión de vapor ($lb/pulg^2$ abs)	Volumen específico (pie^3/lb_m)		Entalpía (btu/lb_m)		Entropía ($btu/lb_m \cdot °F$)	
		Líquido	Vapor saturado	Líquido	Vapor saturado	Líquido	Vapor saturado
32.02	0.08866	0.016022	3302	0.00	1075.4	0.000	2.1869
35	0.09992	0.016021	2948	3.00	1076.7	0.00607	2.1764
40	0.12166	0.016020	2445	8.02	1078.9	0.01617	2.1592
45	0.14748	0.016021	2037	13.04	1081.1	0.02618	2.1423
50	0.17803	0.016024	1704.2	18.06	1083.3	0.03607	2.1259
55	0.2140	0.016029	1431.4	23.07	1085.5	0.04586	2.1099

(Continúa)

Tabla de Vapor 1

A.2-8 Capacidad calorífica del hielo

Temperatura		c_p		Temperatura		c_p	
°F	K	btu/lb$_m$·°F	kJ/kg·K	°F	K	btu/lb$_m$·°F	kJ/kg·K
32	273.15	0.500	2.093	−10	249.85	0.461	1.930
20	266.45	0.490	2.052	−20	244.25	0.452	1.892
10	260.95	0.481	2.014	−30	238.75	0.442	1.850
0	255.35	0.472	1.976	−40	233.15	0.433	1.813

Referencia: Adaptado de ASHRAE, *Handbook of Fundamentals*, Nueva York. ASHRAE, 1972

A.2-9 Propiedades del vapor saturado y del agua (tablas de vapor) Unidades SI

Temperatura (°C)	Presión de vapor (kPa)	Volumen específico (m^3/kg)		Entalpía (kJ/kg)		Entropía (kJ/kg·K)	
		Líquido	Vapor saturado	Líquido	Vapor saturado	Líquido	Vapor saturado
0.01	0.6113	0.0010002	206.136	0.00	2501.4	0.0000	9.1562
3	0.7577	0.0010001	168.132	12.57	2506.9	0.0457	9.0773
6	0.9349	0.0010001	137.734	25.20	2512.4	0.0912	9.0003
9	1.1477	0.0010003	113.386	37.80	2517.9	0.1362	8.9253
12	1.4022	0.0010005	93.784	50.41	2523.4	0.1806	8.8524
15	1.7051	0.0010009	77.926	62.99	2528.9	0.2245	8.7814
18	2.0640	0.0010014	65.038	75.58	2534.4	0.2679	8.7123
21	2.487	0.0010020	54.514	88.14	2539.9	0.3109	8.6450
24	2.985	0.0010027	45.883	100.70	2545.4	0.3534	8.5794
25	3.169	0.0010029	43.360	140.89	2547.2	0.3674	8.5580
27	3.567	0.0010035	38.774	113.25	2550.8	0.3954	8.5156
30	4.246	0.0010043	32.894	125.79	2556.3	0.4369	8.4533
33	5.034	0.0010053	28.011	138.33	2561.7	0.4781	8.3927
36	5.947	0.0010063	23.940	150.86	2567.1	0.5188	8.3336
40	7.384	0.0010078	19.523	167.57	2574.3	0.5725	8.2570
45	9.593	0.0010099	15.258	188.45	2583.2	0.6387	8.1648
50	12.349	0.0010121	12.032	209.33	2592.1	0.7038	8.0763
55	15.758	0.0010146	9.568	230.23	2600.9	0.7679	7.9913
60	19.940	0.0010172	7.671	251.13	2609.6	0.8312	7.9096
65	25.03	0.0010199	6.197	272.06	2618.3	0.8935	7.8310
70	31.19	0.0010228	5.042	292.98	2626.8	0.9549	7.7553
75	38.58	0.0010259	4.131	313.93	2635.3	1.0155	7.6824
80	47.39	0.0010291	3.407	334.91	2643.7	1.0753	7.6122
85	57.83	0.0010325	2.828	355.90	2651.9	1.1343	7.5445
90	70.14	0.0010360	2.361	376.92	2660.1	1.1925	7.4791
95	84.55	0.0010397	1.9819	397.96	2668.1	1.2500	7.4159
100	101.35	0.0010435	1.6729	419.04	2676.1	1.3069	7.3549

(Continúa)

Tabla de Vapor 2

A.2.9. Unidades del Sistema Inglés, *Continuación*

Temperatura (°F)	Presión de vapor (lb/pulg² abs)	Volumen específico (pie³/lb$_m$)		Entalpía (btu/lb$_m$)		Entropía (btu/lb$_m$ · °F)	
		Líquido	Vapor saturado	Líquido	Vapor saturado	Líquido	Vapor saturado
60	0.2563	0.016035	1206.9	28.88	1887.7	0.05555	2.0943
65	0.3057	0.016042	1021.5	33.8-9	1089.9	0.06514	2.0791
70	0.3622	0.016051	867.7	38.09	1092.0	0.07463	2.0642
75	0.4300	0.016061	739.7	43.69	1894.2	0.08402	2.0497
80	0.5073	0.016073	632.8	48.09	1096.4	0.09332	2.0356
85	0.5964	0.016085	543.1	53.08	1098.6	0.10252	2.0218
90	0.6988	0.016099	467.7	58.07	1100.7	0.11165	2.0083
95	0.8162	0.016114	404.0	63.06	1102.9	0.12068	1.9951
100	0.9503	0.016130	350.0	68.05	1105.0	0.12963	1.9822
110	1.2763	0.016166	265.1	78.02	1109.3	0.14730	1.9574
120	1.6945	0.016205	203.0	88.00	1113.5	0.16465	1.9336
130	2.225	0.016247	157.17	97.98	1117.8	0.18172	1.9109
140	2.892	0.016293	122.88	107.96	1121.9	0.19851	1.8892
150	3.722	0.016343	96.99	117.96	1126.1	0.21503	1.8684
160	4.745	0.016395	77.23	E27.96	1130.1	0.23130	1.8484
170	5.996	0.016450	62.02	137.97	1134.2	0.24732	1.8293
180	7.515	0.016509	50.20	147.99	1138.2	0.26311	1.8109
190	9.343	0.016570	40.95	158.03	1142.1	0.27866	1.7932
200	11.529	0.016634	33.63	168.07	1145.9	0.29400	1.7762
210	14.125	0.016702	27.82	178.14	1 n49.7	0.30913	1.7599
212	14.698	0.016716	26.80	180.16	1150.5	0.31213	1.7567
220	17.1 88	0.016772	23.15	188.22	1153.5	0.32406	1.7441
230	20.7 8	0.016845	19.386	198.32	1157.1	0.33880	1.7289
240	24.97	0.016922	16.327	208.44	1160.7	0.35335	1.7143
250	29.82	0.017001	13.826	218.59	1164.2	0.36772	1.7001
260	35.42	0.017084	11.768	228.76	1167.6	0.38193	1.6864
270	41.85	0.017170	10.066	238.95	1170.9	0.39597	1.6731
280	49.18	0.017259	8.650	249.18	1174.1	0.40986	1.6602
290	57.33	0.017352	7.467	259.44	1177.2	0.42360	1.6477
300	66.98	0.017448	6.472	269.73	1180.2	0.43720	1.6356
310	77.64	0.017548	5.632	280.06	1183.0	0.45067	1.6238
320	89.60	0.017652	4.919	290.43	1185.8	0.46400	1.6123
330	103.00	0.017760	4.312	300.84	1188.4	0.47722	1.6010
340	117.93	0.017872	3.792	311.30	1190.8	0.49031	1.5901
350	134.53	0.017988	3.346	321.80	1193.1	0.50329	1.5793
360	152.92	0.018108	2.961	332.35	1195.2	0.51617	1.5688
370	173.23	0.018233	2.628	342.96	1197.2	0.52894	1.5585
380	195.60	0.018363	2.339	353.62	1199.0	0.54163	1.5483
390	220.2	0.018498	2.087	364.34	1200.6	0.55422	1.5383
400	247.1	0.018638	1.8661	375.12	1202.0	0.56672	1.5284
410	276.5	0.018784	1.6726	385.97	1203.1	0.57916	1.5187
450	422.1	0.019433	1.1011	430.2	1205.6	0.6282	1.4806

Referencia: Resumido de J. H. Keenan, F. G. Keyes, P. G. Hill y J. G. Moore, *Steam Tables-English Units*, Nueva York: John Wiley & Sons, Inc., 1969. Reimpreso con autorización de los editores.

Tabla de Vapor 3