

***EVALUACIÓN DEL ESQUEMA MODIFICADO DE PURIFICACIÓN
DE LA SOLUCIÓN DE SOSA CÁUSTICA EN LA TEXTILERA
“DESEMBARCO DEL GRANMA”***

***EVALUATION OF THE MODIFIED PURIFICATION SCHEME OF THE
CAUSTIC SODA SOLUTION IN THE TEXTILE
“DESEMBARCO DEL GRANMA”***

Isabel Cabrera Estada^{1}, Mercedes Arbona Cabrera¹, Maydelis González Linares²,
Yeinier Montañez Quesada³ e Isael Curbelo Tápanes⁴*

¹ Departamento de Ingeniería Química. Facultad de Química y Farmacia. Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas. Carretera a Camajuaní km 5 ½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

² Combinado Lácteo Río Zaza. Carretera Zaza del Medio km 1, Sancti Spiritus, Cuba.

³ UEB Efraín Alfonso, Ranchuelo, Autopista, km 238, Villa Clara, Cuba.

⁴ UB Combinado Textil Desembarco del Granma/Planta de Acabado. Carretera a Camajuaní km 2 ½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

Recibido: Marzo 14, 2018; Revisado: Mayo 14, 2018; Aceptado: Junio 26, 2018

RESUMEN

El proceso de mercerizado de la tela se efectúa empleando soluciones de sosa cáustica concentrada con los objetivos de aumentar el brillo del tejido y la afinidad al tinte. Resulta una necesidad recircular la solución de sosa una vez utilizada, para disminuir los costos de operación. Sin embargo, la mala calidad de la solución de sosa recirculada atenta contra la calidad del tejido obtenido en el mercerizado, por lo que se realizó esta investigación para evaluar la modificación del esquema actual de purificación de la solución de sosa cáustica a partir de la determinación de las insuficiencias que presenta. Se caracterizó la solución de sosa proveniente del mercerizado y se determinó que su concentración es 237,33 g/L, lo cual indica que presenta impurezas que mantienen la densidad correcta, pero falsean la concentración. Con el ensayo de Nessler se detecta que hay presencia de celulosa e hidrocélulosa (compuesto gelatinoso y combustible, resultado de la reacción del agua (entre 8-12%) con la celulosa) en la muestras de la solución de sosa. Para mejorar la eficiencia del proceso de recuperación de la solución de sosa cáustica, se seleccionó la alternativa que posee el filtro de peróxido antes del sistema de reconcentración, con un costo de adquisición del equipamiento de

Copyright © 2019. Este es un artículo de acceso abierto, lo que permite su uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada.

* Autor para la correspondencia: Isabel Cabrera, Email: icabrera@uclv.edu.cu

2007342,61 CUC. Con ayuda del simulador MATLAB se obtuvo el consumo de vapor que logra una economía de 2 kg de vapor evaporado/kg de vapor alimentado en correspondencia con el doble efecto que se propone para la concentración de la solución.

Palabras clave: mercerizado; recuperación; simulación; sosa cáustica.

ABSTRACT

The fabric mercerizing process is carried out using concentrated caustic soda solutions with the objectives of increasing the fabric brightness and the dye affinity. To recirculate the soda solution is necessary once it has been concentrated, in order to reduce operating costs. However, the recirculated soda solution poor quality undermines the quality of mercerized obtained fabric, so this research was conducted to evaluate a modification of caustic soda solution purification scheme from the determination of its inadequacies. The soda solution from the mercerized was characterized and its concentration was 237.33 g / L, which indicates impurities presence that maintain the correct density, but falsify the concentration. With Nessler test is detected that there is presence of cellulose and hydrocellulose in soda solution samples. To improve the efficiency of caustic soda solution recovery process, the alternative that has the peroxide filter before the reconcentration system was selected, with an equipment acquisition cost of 2007342.61 CUC. With MATLAB simulator, the steam consumption was obtained, which achieves an economy of 2 kg of evaporated steam/kg of steam fed in correspondence with the double effect proposed for solution concentration.

Key words: mercerized; recovery; simulation; caustic soda.

1. INTRODUCCIÓN

La Unidad Básica (UB) Textilera “Desembarco del Granma” de Villa Clara es responsable del suministro de una gran variedad de tejidos, hilos y gasa quirúrgica a diversos sectores del país. Uno de los procesos más relevantes que se realizan en esta fábrica es el tratamiento final de la tela en la Planta de Acabado, mediante diferentes procesos físicos y químicos dentro de los cuales tiene gran importancia el mercerizado. Este proceso se efectúa empleando soluciones de sosa cáustica concentrada con el objetivo de aumentar el brillo del tejido y la afinidad al tinte. El mismo se puede realizar en frío o caliente. Para el primero es necesario hacer una refrigeración costosa desde el punto de vista energético, mientras que en el segundo se ahorra lejía, agua de enjuague y vapor.

La impregnación caliente permite que la lejía penetre en la fibra con mayor rapidez y mejor uniformidad y llegue hasta el núcleo de la fibra. Por lo tanto, el hinchamiento de la fibra no sólo se efectúa en la superficie del tejido. En comparación con la impregnación fría, el aumento del volumen es mucho mejor e influye positivamente en la estabilidad dimensional, por lo cual es mejor la última variante (caliente), Benninger (2000) y es la que se emplea en la entidad objeto de estudio.

El mercerizado se efectúa empleando soluciones de sosa cáustica concentrada con los objetivos de aumentar el brillo del tejido y la afinidad al tinte. Es un fenómeno químico en el cual el tejido pasa por dos cubas de impregnación que contienen sosa a 25 °Be (226,4 g/L), después de cada una se exprime la tela en su paso por los rodillos compresores. Sucesivamente, el tejido se dirige a la rama la cual posee cuatro duchas de sosa a una concentración de 55 g/L en la parte superior. Continúa el tejido hacia dos secciones, la primera de exprimido que se efectúa a una presión de 294 kPa y la otra de lavado con agua a 100 °C de forma alternada. Las soluciones residuales de sosa son recuperadas, tras haber sufrido la dilución propia del proceso, Texvi (2014). Posteriormente, la sosa es reconcentrada a través de evaporadores de doble efecto para su reutilización en dicha sección.

Un mercerizado irregular tendrá su principal consecuencia en una irregularidad de afinidad por parte del sustrato textil, y por tanto dará una tintura deficiente. Este problema es difícil de solucionar, ya que las diferencias de afinidad provocadas no siempre se pueden igualar mediante otro caustificado y tintura posterior, Solé (2015).

En la Figura 1 se muestra el diagrama de bloques del proceso de mercerizado. En el traslado de la tela a través del sistema se emplea electricidad para mover los transportadores. Se observa que la solución de sosa con 5 °Be es sometida un proceso de concentración y con posterioridad es recirculada al proceso.

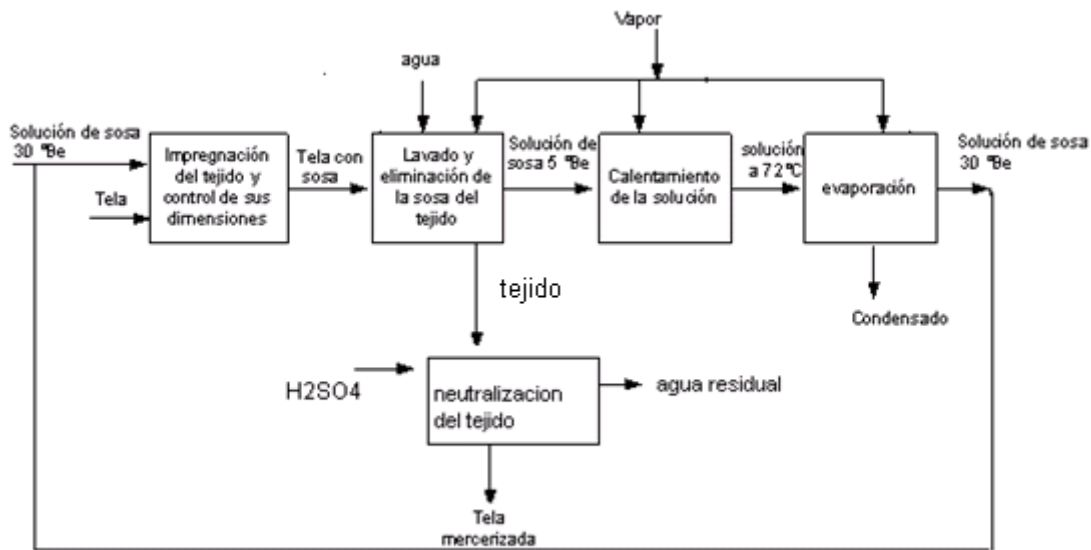


Figura 1. Diagrama de bloques del proceso de mercerizado

Se requiere determinar el efecto que las impurezas (partículas de tejido) presentes en la solución de sosa cáustica provocan sobre el proceso de concentración de la misma, por lo que se caracterizaron muestras obtenidas bajo diferentes condiciones de trabajo. Para contribuir a una mejor operación de la planta de recuperación de sosa es necesario analizar la influencia que ejercen variables como la temperatura y la concentración de la solución de sosa en el proceso, esto puede lograrse con el empleo de simuladores los cuales son poderosas herramientas de análisis de procesos que pueden llegar a ser muy oportunas, adecuadas y de apoyo para el diseño, caracterización, optimización y monitoreo de procesos industriales, Franco (2006).

El objeto de estudio de este trabajo lo constituye la etapa de recuperación de la solución de sosa. Se realizó esta investigación para evaluar la modificación del esquema de concentración de la solución de sosa cáustica debido a insuficiencias que presenta el actual, por cuanto no se logra obtener la concentración necesaria para que la solución de sosa pueda ser recirculada al proceso.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales empleados fueron soluciones de sosa recolectadas en distintas condiciones: recuperada una vez, recuperada dos veces, recuperada tres veces y sosa procedente de la empresa electroquímica de Sagua que no había circulado por el proceso.

Se emplearon métodos analíticos para caracterizar las mismas. Mediante técnicas experimentales, Alexeyev (1978), a través de la volumetría por neutralización se determinaron la concentración de NaOH y de carbonatos, Sosa (2015), a la sosa recuperada. Se empleó la ecuación fundamental de la volumetría (ecuación 1).

$$C_{(NaOH)} = \frac{V_{HCl} * C_{(HCl)}}{V_{NaOH}} \quad (1)$$

Donde:

$C_{(NaOH)}$: concentración molar equivalente de la disolución de hidróxido de sodio (sosa cáustica) (mol/L)

V_{NaOH} : volumen de la disolución de hidróxido de sodio (L)

$C_{(HCl)}$: concentración molar equivalente de la disolución de ácido clorhídrico (mol/L)

V_{HCl} : volumen de la disolución de ácido clorhídrico (L)

Se realizó la determinación de sólidos totales presentes en muestras de sosa cáustica recuperada una vez y tres veces, Alexeyev (1978).

2.1 Ensayo de Nessler

Se realizó un ensayo cualitativo mediante el empleo del reactivo de Nessler, Alexeyev (1978). Se tomaron muestras (original y réplica) de soluciones de sosa: una como patrón y las demás desde una hasta tres recuperaciones.

A estas muestras se le realizó el ensayo de Nessler el cual consiste en observar luego de adicionar unas gotas del reactivo en la muestra, la coloración manifestada que puede ser amarilla si hay celulosa, amarillo-naranja si hay hidrocélulosa y amarillo grisáceo a gris oscuro para oxicelulosa.

2.2 Ensayo de Flotación

A partir de los indicios conocidos sobre el beneficio del tratamiento con peróxido de hidrógeno para eliminar impurezas de la solución de sosa cáustica, se procedió a efectuar experimentos preliminares a nivel de laboratorio. Las variables experimentales seleccionadas fueron: concentración de peróxido de hidrógeno (valor mínimo 20%, valor máximo 50%), volumen de peróxido de hidrógeno y temperatura. Las condiciones se muestran en la Tabla 1. Para la selección de la concentración de peróxido de hidrógeno y el volumen a emplear se tuvo en cuenta el costo del reactivo, ya que de requerirse una gran cantidad del mismo se pierde el sentido económico de la

recuperación de la solución de sosa. Se conoce que las temperaturas elevadas aunque favorecen la descomposición del peróxido pueden resultar peligrosas por la inflamación del reactivo e incrementan el gasto energético, (García y col., 2004).

Tabla 1. Condiciones y especificaciones del ensayo de flotación

<i>Ensayo</i>	<i>Vs (mL)</i>	<i>Cs (°Be)</i>	<i>Vp (mL)</i>	<i>Cp (%)</i>	<i>T(°C)</i>
1	100	28	2	20	30
2	100	28	2	50	30
3	100	28	2	50	65
4	200	28	10	50	30

Leyenda empleada en el ensayo de flotación

- Vs (mL): Volumen de la solución de sosa
Cs (°Be): Concentración de la solución de sosa
Vp (mL): Volumen de peróxido de hidrógeno
Cp (%): Concentración de peróxido de hidrógeno
T (°C): Temperatura

Procedimiento:

La inyección de peróxido de hidrógeno se realizó en un vaso de precipitado que contenía la muestra de la solución de sosa en cada caso y luego se trasvasó a un embudo de separación para extraer pequeñas cantidades al paso del tiempo y comprobar la ausencia de celulosa a causa de su flotación. Se realizaron ensayos cualitativos con el reactivo de Nessler.

2.3. Posibles alternativas para recuperar la solución de sosa y reutilizarla en el proceso de mercerizado

En la concepción original del sistema de recuperación de solución de sosa (instalado en 1979) se contaba con un filtro de antracita para purificar la solución de sosa una vez concentrada, actualmente este filtro está desactivado y existe una oferta comercial que contempla colocar el filtro de peróxido de hidrógeno luego de las etapas de evaporación, se procedieron a evaluar las siguientes alternativas:

1. Reemplazar el sistema de recuperación de solución de sosa por uno nuevo que posea filtro de peróxido de hidrógeno luego de las etapas de evaporación (según la oferta que brinda el proveedor de sistemas de recuperación).
2. Reemplazar el sistema de recuperación de solución de sosa por uno nuevo que posea filtro de peróxido de hidrógeno, pero ubicado antes de la etapa de evaporación para eliminar las impurezas de la solución de sosa y evitar incrustaciones en los evaporadores

Se aplicaron balances de materiales y energía para contabilizar las corrientes del proceso. Se empleó el análisis técnico y económico para seleccionar la alternativa más adecuada para lograr la recuperación de la solución de sosa, se utilizaron indicadores económicos (dinámicos y estáticos).

Se empleó el simulador Hysys para determinar las composiciones de las corrientes del separador (filtro) donde se disminuye apreciablemente el nivel de impurezas.

Se realizó un estudio de la influencia de la temperatura de la solución de sosa a la salida

del intercambiador de calor y la masa de vapor requerida para el calentamiento, lo cual permitió corroborar la dependencia directa entre ambos. Para analizar el comportamiento del consumo de vapor en los evaporadores se empleó el programa matemático MATLAB, con ayuda de este simulador se determinó la dependencia entre la concentración de la solución de sosa y la cantidad de vapor requerido para el proceso.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores promedios de la concentración de hidróxido de sodio presente en las 12 muestras analizadas, aparecen reportados en la Tabla 2. Se compara la concentración de NaOH experimental con la que debió obtenerse para que se correspondiera con el valor de 26 °Be.

Tabla 2. Comparación de la concentración experimental y la teórica

<i>Muestra</i>	<i>c(NaOH) experimental promedio (g/L)</i>	<i>c(NaOH) teórica (g/L)</i>
Disolución de sosa con densidad 26°Be	237,33	239,7

Se realizó una prueba de hipótesis para la varianza, a fin de determinar si se cumplía con la concentración prevista teóricamente. Se consideró: como hipótesis nula H_0 , la varianza se corresponde con lo previsto y alternativa H_1 la varianza no se corresponde con lo previsto. Supuesto población normal, muestra aleatoria. Se utilizaron los parámetros $\alpha = 0,05$; $N=12$; $v= 11$. Se acepta H_1 , se rechaza H_0 porque χ^2 calculado > χ^2 crítico.

La concentración de NaOH experimental resulta inferior a la esperada teóricamente, lo cual indica que la solución de sosa presenta impurezas que mantienen la densidad correcta, pero falsean la concentración. Se determinó la concentración promedio de carbonato de sodio presente, la cual fue 13,25 g/L. Según este resultado se confirma que la concentración de carbonatos es una impureza presente en la muestra, la cual se debe a la interacción del aire con la disolución de sosa, ya que al no estar herméticamente tapados los tanques el CO_2 del aire reacciona con el hidróxido de sodio.

Los resultados promedios de la determinación del porcentaje de sólidos totales a las muestras y sus réplicas (2) se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Porcentaje de sólidos en 10 mL de muestra

<i>Solución de Sosa Recuperada</i>	<i>% masa</i>
Una vez	0,351
Tres veces	0,706

Se observa en la Tabla 3 que la concentración de sólidos presentes en la muestra se duplica al recircularse varias veces la solución. Este resultado indica que se están incorporando a la solución de sosa partículas sólidas durante la mercerización contribuyendo a disminuir su calidad.

Se corroboró la presencia de una fracción orgánica que fue recuperada por medio de la separación con un embudo decantador luego de unir las muestras de la solución de sosa (recuperada una, dos y tres veces) con el solvente orgánico éter de petróleo.

En la Tabla 4 se muestran los resultados del ensayo de Nessler, se toma como criterio de comparación la solución de sosa que no ha sido utilizada aún en el proceso de mercerizado de la tela.

Tabla 4. Resultados del ensayo de Nessler realizados a las muestras de sosa

<i>Recuperación</i>	<i>Coloración</i>	<i>Impurezas</i>
Patrón	Ninguna	Ninguna
Una vez	Amarillo	Celulosa
Dos veces	Amarillo-naranja	Hidrocelulosa
Tres veces	Amarillo-naranja	Hidrocelulosa

Realizado el ensayo a cada muestra se observa que en la muestra patrón (sin procesar) no ocurre cambio de coloración. Visualmente se nota que a mayor número de recuperaciones aumenta el contenido de impurezas y la coloración es más intensa producto del proceso de oxidación de la celulosa.

Como resultado de los ensayos de flotación se apreció que la solución de sosa se clarificó a pesar de tener aún las impurezas distribuidas en su seno. La disminución del color de la solución por el tratamiento con peróxido de hidrógeno resulta un indicador favorable para reutilizar la misma en el proceso de mercerizado que es la etapa final del proceso de blanqueo del tejido.

Las evaluaciones realizadas permiten obtener una respuesta cualitativa, manifestada en el color alcanzado por las muestras en cada caso. No obstante, sí se evidencia disminución de la turbidez de cada solución, indicando transformaciones de las mismas en cuanto a la dispersión de las partículas.

3.1 Análisis de alternativas para el sistema de recuperación de la solución de sosa cáustica.

La primera alternativa posee un filtro de peróxido de hidrógeno ubicado luego de la etapa de evaporación, este permite eliminar las impurezas de la solución de sosa reconcentrada pero su posición no es favorable, ya que estas impurezas pasan a través del intercambiador de calor y los evaporadores y provocan incrustaciones que afectan la transmisión del calor necesario para calentar la solución y luego evaporar el agua presente en la solución. A pesar de que durante años se ha empleado el equipamiento en este orden, desde el punto de vista práctico no es tan factible por lo anteriormente explicado.

La segunda alternativa propuesta tiene ubicado el filtro de peróxido de hidrógeno antes del intercambiador de calor y de los evaporadores, lo cual evita las incrustaciones mencionadas. En este caso se requiere una bomba más para garantizar la presión hidráulica de entrada al sistema de reconcentración. Se realizó un estimado del costo de adquisición del equipamiento para cada variante, lo que se muestra en la Tabla 5. Se evidencia un mayor costo del equipamiento empleado en la variante 2.

Tabla 5. Costo de adquisición del equipamiento de cada variante

<i>Variante</i>	<i>Costo actualizado CUC</i>
1	2001742,61
2	2007342,61

El costo total de inversión se calcula utilizando la tabla 17 (Peters y Timmerhaus, 1991). Se estima el costo total de producción utilizando los factores de proporción y las ecuaciones correspondientes localizadas en la tabla 27 (Peters y Timmerhaus, 1991). Se selecciona la segunda alternativa, (Figura 2) ya que aunque el precio es un poco mayor que en el primer caso, se previenen trastornos operacionales y se garantiza la pureza requerida de la sosa. El proyecto realizado es factible porque en un período de aproximadamente 3 años se recupera la inversión, el VAN tiene un valor elevado y la TIR es mayor de un 20% según se recomienda en la literatura, Portuondo (1990), esto puede observarse en la Tabla 6.

Tabla 6. Resultados del análisis económico de la inversión propuesta

<i>Parámetro evaluado</i>	<i>Valor</i>
Costo total de inversión (\$)	9613990,31
Costo total de producción (\$/año)	960407,32
VAN (\$)	1278861,13
TIR	25%
PRD (años)	3

El reúso de la corriente de solución de sosa residual del proceso de mercerizado trae consigo menor empleo de productos químicos (ácido) en el tratamiento de residuos y una disminución del impacto ambiental por ahorro de agua en el lavado del tejido de 1721 kg/h, por lo que desde el punto de vista económico se ahorran 1756,15 \$/año.

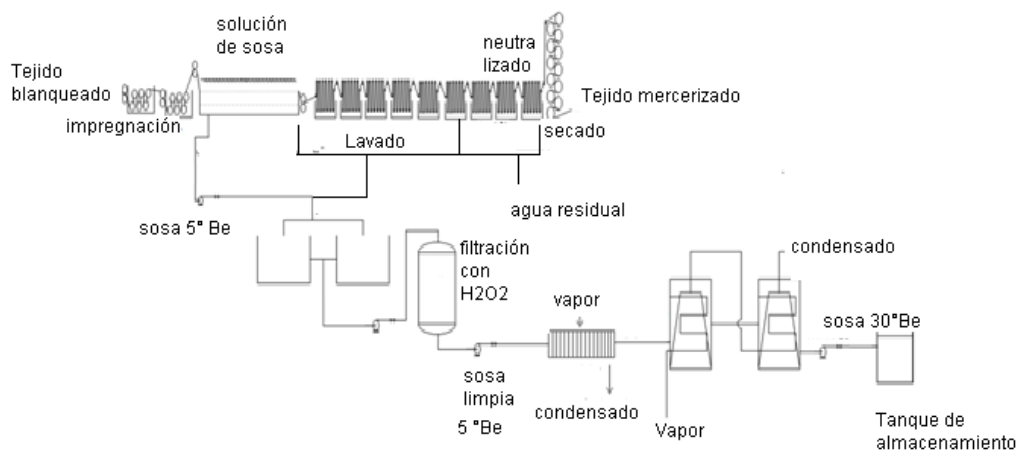


Figura 2. Diagrama de flujo del sistema de recuperación y mercerizado de la segunda variante

Con el empleo del Hysys se logró la identificación de cada corriente. En la Figura 3 y en la Tabla 7 se ejemplifica el esquema y las composiciones de las corrientes del separador.

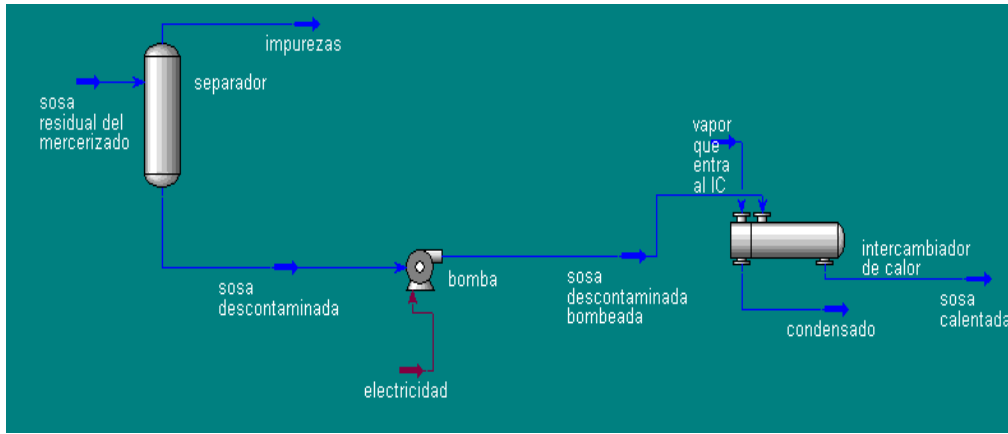


Figura 3. Sección de la planta recuperadora de la solución de sosa previa a los evaporadores

Tabla 7. Composición en fracción mol de las corrientes a la salida del separador

<i>Componente</i>	<i>Sosa residual</i>	<i>Sosa descontaminada</i>	<i>Impurezas</i>
NaOH	0,25	0,282	0
Ciclohexano	0,05	0,01	0,3626
Agua	0,7	0,708	0,6374

La solución de sosa se concentra en un sistema de evaporación de doble efecto, donde se logra finalmente una concentración de 25 a 30 °Be. Para analizar el comportamiento del consumo de vapor se empleó el MATLAB, con ayuda de este simulador se determinó la dependencia entre la concentración de la disolución de sosa y la cantidad de vapor requerido para el proceso, como se ilustra en la Figura 4. El consumo de vapor en el sistema de evaporación aumenta cuando disminuye la concentración de la disolución de sosa proveniente del mercerizado, por lo que se requiere controlar el volumen de agua que se añade en la mercerizadora.

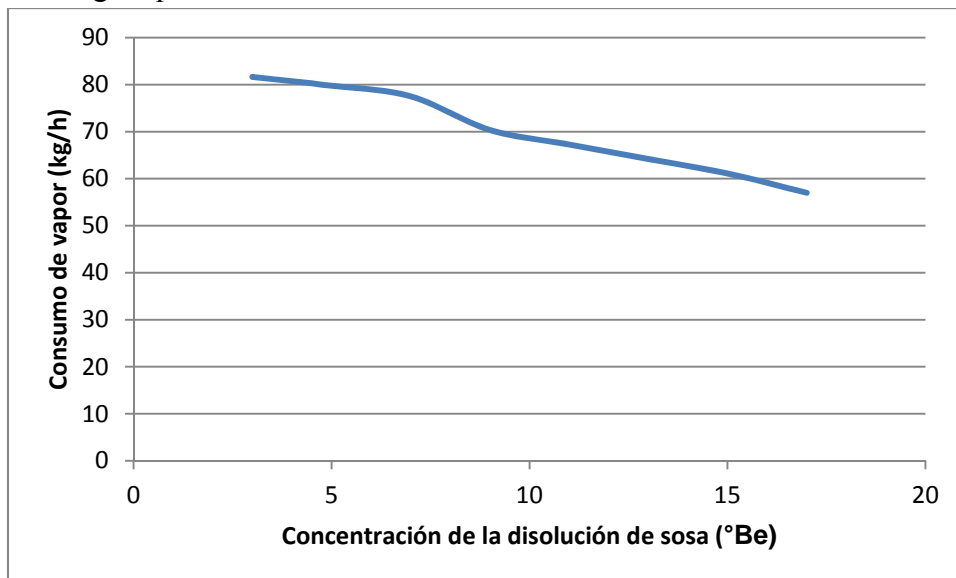


Figura 4. Dependencia entre la concentración de la disolución de sosa y la cantidad de vapor requerido para el proceso de evaporación, mediante el empleo del MATLAB

Además, se observa en la Figura 5 que la economía del doble efecto se corresponde con el valor de 2 kg de vapor evaporado/kg de vapor alimentado cuando se alimentan al

sistema 80 kg/h de vapor provenientes de la caldera. Este valor de economía indica una buena operación del doble efecto (Kern, 1999).

Se pueden obtener diferentes combinaciones al vincular la concentración de la solución que se desea tratar, el consumo de vapor y la economía del doble efecto, sin embargo, resulta adecuado señalar que la variante que se instalará se verá beneficiada cuando la solución que proviene del mercerizado tenga la concentración que permita una operación con un economía cercana a 2 kg de vapor evaporado/kg de vapor alimentado.

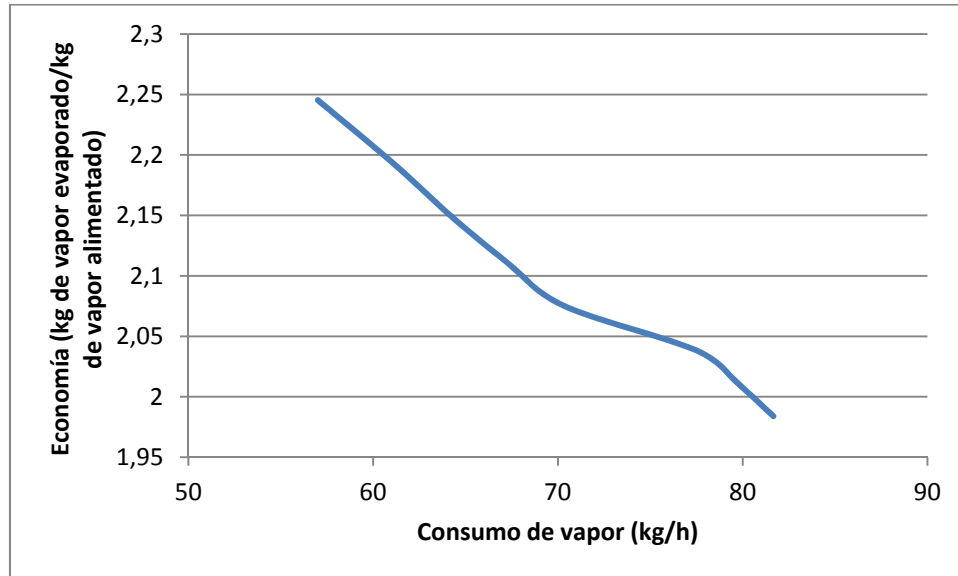


Figura 5. Relación de la economía del sistema de evaporación con el consumo de vapor (kg/h)

4. CONCLUSIONES

1. Se caracterizó la sosa proveniente del mercerizado determinando que su concentración es 237,33 g/L, lo cual indica que la solución de sosa presenta impurezas que mantienen la densidad correcta, pero falsean su concentración.
2. Se comprobó la presencia de impurezas orgánicas mediante ensayos de solubilidad. Con el ensayo de Nessler se detecta que hay celulosa en la muestras de sosa de una recuperación e hidrocélulosa en las de dos y tres recuperaciones.
3. El tratamiento con peróxido de hidrógeno clarificó la sosa lo cual es favorable para el proceso de mercerizado.
4. Para mejorar la eficiencia del proceso de recuperación de la solución de sosa cáustica, se selecciona la alternativa que posee el filtro de peróxido hidrógeno antes del sistema de reconcentración, con un costo de inversión de 9613990,31 CUC y el costo total de producción es 960407,32 CUC/año.
5. Con ayuda del simulador MATLAB se corroboró la dependencia entre la concentración de la disolución de sosa y la cantidad de vapor requerido para el proceso. Se precisó de un consumo de 80 kg de vapor/h para que la economía economía del doble efecto tenga un valor de 2 kg de vapor evaporado/kg de vapor alimentado.

REFERENCIAS

- Alexeyev, V., Quantitative Analysis., Editorial MIR, 1978, pp. 23-31.
- Benninger, C., 3D spare parts catalogs with CATALOGcreator®, 2000, pp. 1-2. [Accedido noviembre 2016], <https://www.tid-informatik.de/benninger-3d-spare-parts-catalogs-with-catalogcreator/>
- Franco, J., Diseño de un simulador por computadora de procesos de evaporación en una línea de evaporadores de múltiple efecto., Tesis presentada en opción al grado de Ingeniero Químico en la Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2006.
- García, A., Rincón, P., Nieves, R., Estudio cinético de la descomposición del peróxido de hidrógeno., Revista Tecnología y desarrollo, Vol. II, No. 2, 2004, pp. 9-12.
- Kern, D., Procesos de transferencia de calor., Trigésima primera reimpresión, Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. México, 1999, pp. 1-480.
- Peters, M., and Timmerhaus, K., Plant design and economics for Chemical Engineers, McGraw-Hill, USA, 1991, pp. 478-523.
- Portuondo, M., Economía de empresas industriales. Editorial Pueblo y Educación, 1990, pp. 58-69.
- Solé, A., Defectos producidos en tintura., [Online]. Catalunya: Asociación del colegio de ingenieros industriales de Catalunya, 2015, pp. 1-5, [Accessed diciembre de 2016].<https://www.circulotextiliberoamericano.com/single-post/2017/06/09/Defectos-m%25C3%25A1s-comunes-observados-despu%25C3%25A9s-de-un-proceso-de-tintura>
- Sosa, F., Manual de laboratorio de Química Analítica I., [Online]. Universidad de Santiago de Compostela, 2015, pp. 12-16. http://www.usc.es/export9/sites/webinstitucional/gl/centros/quimica/curso/gra0/15_16/Manual_prcticas_Qumica_Analtica_I.pdf, [Accessed enero de 2017].
- Texvi., Tratamiento previo., Proceso tecnológico, Sistema de gestión de la calidad, UB Textil Desembarco del Granma, 2014, pp. 1-5.