



COMPARACIÓN DEL BLANQUEO EN UNA Y DOS ETAPAS DE PULPAS QUIMIMECÁNICAS INDUSTRIALES

Area, M. C. / Felissia, F. E. / Barboza, O. M.

Programa de Investigación de Celulosa y Papel, FCEQyN, Universidad Nacional de Misiones. Félix de Azara 1552 (3300), Posadas, Misiones, Argentina

INDUSTRIAL CHEMI-MECHANICAL PULPS BLEACHING: ONE STAGE AND TWO STAGE COMPARISON

ABSTRACT

The objective of this work is to compare a one-stage and a two-stage processes performance, in hydrogen peroxide bleaching of a hardwood chemi-mechanical pulp. Cold soda pulps from Celulosa Argentina S.A. Zárate mill were used as raw material (eucalyptus-poplar mixtures). Preliminary tests were made to observe the pulp behavior using a one- or a two-stage bleaching process as a function of the reaction time. Based on laboratory results, a two stage bleaching process is considered the best option. Alternatives of process modification are proposed supported by the present mill technology.

KEY WORDS: bleaching, hydrogen peroxide, stages, high yield pulps, hardwoods.

RESUMEN

El objetivo del trabajo es comparar el blanqueo con peróxido de hidrógeno de pulpas quimimecánicas de latifoliadas implantadas, utilizando procesos en una y dos etapas. Se emplearon pulpas a la soda fría de mezclas salicáceas y eucalyptus provenientes de la fábrica Zárate de Celulosa Argentina S.A. Se realizaron ensayos preliminares con el objetivo de observar el comportamiento de la pulpa al aplicar un blanqueo en una y dos etapas, con respecto al tiempo de reacción. Sobre la base de los resultados de laboratorio, se considera superior la aplicación de un sistema de blanqueo en dos etapas. Se proponen alternativas de modificación del proceso aprovechando la tecnología disponible en la fábrica.

PALABRAS CLAVE: blanqueo, peróxido de hidrógeno, etapas, pulpas de alto rendimiento, latifoliadas.

INTRODUCCIÓN

El objetivo del trabajo es comparar el blanqueo con peróxido de hidrógeno de pulpas quimimécánicas de latifoliadas implantadas, utilizando procesos en una y dos etapas. La propuesta trata de disminuir el costo global del blanqueo de las pulpas (regulado básicamente por la cantidad de peróxido de hidrógeno consumido), sin producir modificaciones en el blanco final.

Se emplearon pulpas a la soda fría de mezclas salicáceas y eucalyptus provenientes de la fábrica Zárate de Celulosa Argentina S.A. En el momento en que se realizó el trabajo, esta fábrica presentaba la particularidad de contar con dos torres de flujo ascendente en su sistema de blanqueo funcionando en serie. Los reactivos se aplican en una carga única, en un punto previo a la primera torre. Más datos sobre el proceso de blanqueo de esta fábrica pueden encontrarse en la referencia [1].

Para la selección de las variables de mayor influencia sobre este tipo de pulpas, se realizó un trabajo de “tamizado o screening” [2]. Se observó que los valores de blanco y resistencias físico-mecánicas son mayores en los niveles superiores de las variables en estudio, y basándose en esto se decidió desplazar el rango de consistencia, concentración de peróxido de hidrógeno y temperatura.

Sin embargo, debido a que a partir de febrero de 1995 la fábrica de referencia realizó modificaciones en el proceso de producción de pulpas, entre ellas el aumento de la consistencia de refinación en la 2ª etapa, se produjeron notables variaciones en la calidad de las pulpas crudas. Por esto, se realizaron algunos ensayos preliminares ya que se hizo necesario comprobar la validez de las conclusiones del trabajo anteriormente mencionado de selección de variables y de condiciones de blanqueo, válidas para las pulpas obtenidas en el año 1994. Finalmente, en

base a estos ensayos preliminares, se decidieron las condiciones del diseño experimental definitivo [3].

METODOLOGÍA

La base de este estudio puede encontrarse en artículos anteriores [1, 4]. En ellos se describe detalladamente la metodología del blanqueo en fábrica, y la utilizada en laboratorio para obtener los resultados en una y dos etapas, así como el diseño experimental utilizado.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Se realizaron ensayos preliminares con el objetivo de observar el comportamiento de la pulpa, al blanqueo en una y dos etapas, con respecto al tiempo de reacción. Para esta prueba se utilizaron niveles fijos de las variables de los trabajos en una y dos etapas, situándolas en el punto de menor carga de peróxido de hidrógeno y mayor eficiencia de blanqueo (consistencia: 20% y temperatura: 70°C).

Los valores de consumo de peróxido e incremento de blanco obtenidos se presentan en las Tablas 1 y 2 y en la Figura 1.

En la Tabla 3 y en la Figura 2 se muestra la comparación de la ganancia de blancura y del consumo de peróxido por unidad de ganancia de blancura en 1E y 2E en las experiencias del diseño experimental utilizado.

Las Figuras 3 a 6 presentan los consumos de peróxido por unidad de ganancia de blancura en una etapa y en dos etapas, en función de las variables en estudio.

Las ecuaciones 1 y 2 muestran las predicciones de consumo de peróxido por unidad de incremento de blanco en una etapa y dos etapas en función de las variables significativas transformadas (0, -1, +1, etc.).

Tabla 1: consumos de peróxido de hidrógeno (bps) en una etapa (1E).

TIEMPO	Cons1E	Cons1E global	Blancura ISO 1E	Dblan 1E	ConsDBlan1E	ConsDBlan total**
1h	1,12	1,12	72,88	29,38	0,04	0,54
2h	0,37	1,49*	75,79	2,91	0,13	0,05
				32,29		

* Consumo en la 1ª hora + la 2ª hora. ** Consumo total/variación de blancura total.

Tabla 2: consumos de peróxido de hidrógeno (bps) en dos etapas (2E)

TIEMPO	Cons2E	Cons2E global	Blancura ISO 2E	Dblan2E	ConsDBlan2E
1h (E1)	0,57	0,57			
1h (E2)	0,32	0,89*	74,60	31,10	0,03**

* Consumo de las dos etapas. ** Consumo total/variación de blancura total.

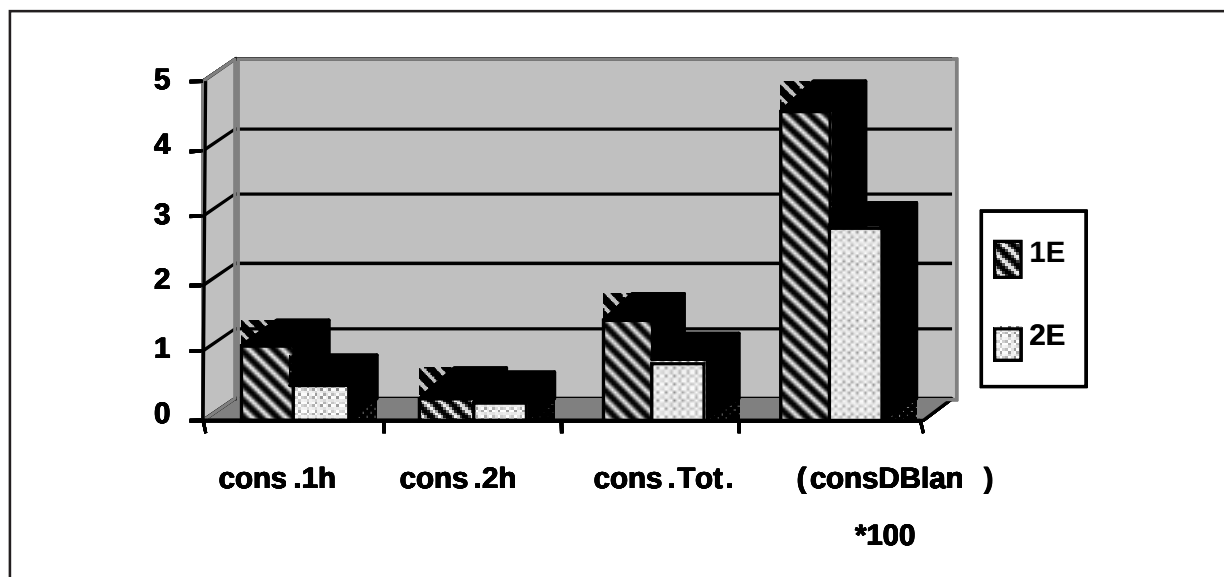


FIGURA 1: comparación del consumo de peróxido por unidad de ganancia de blancura en la primera y segunda hora de tratamiento.

Tabla 3: resultados del blanqueo en 1E y 2E

Experiencia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Consistencia (% bps)	17	23	17	23	17	23	17	23	15	25	20	20	20	20	20	20	20
H ₂ O ₂ Inicial total (% bps)	5,0	5,0	7,0	7,0	5,0	5,0	7,0	7,0	6,0	6,0	4,3	7,7	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Temperatura (°C)	65,0	65,0	65,0	65,0	75,0	75,0	75,0	75,0	70,0	70,0	70,0	70,0	61,5	78,5	70,0	70,0	70,0
DBlan1E	31,9	32,3	32,7	34,1	35,8	37,0	37,9	38,2	34,7	35,8	33,5	36,4	32,3	38,2	33,6	34,3	33,5
DBlan2E	28,2	30,6	30,1	32,0	31,7	33,9	32,9	35,2	29,7	34,0	31,1	32,6	30,0	34,5	31,5	31,6	31,6
ConsDBlan1E (x 100)	9,13	8,87	10,25	11,94	8,93	9,48	10,25	11,40	9,66	11,55	9,31	12,35	8,22	10,37	11,66	10,55	11,46
ConsDBlan2E (x 100)	4,4	4,05	4,92	3,72	2,78	5,01	4,47	5,51	4,98	6,21	2,86	3,65	5,00	5,42	4,92	4,52	4,65

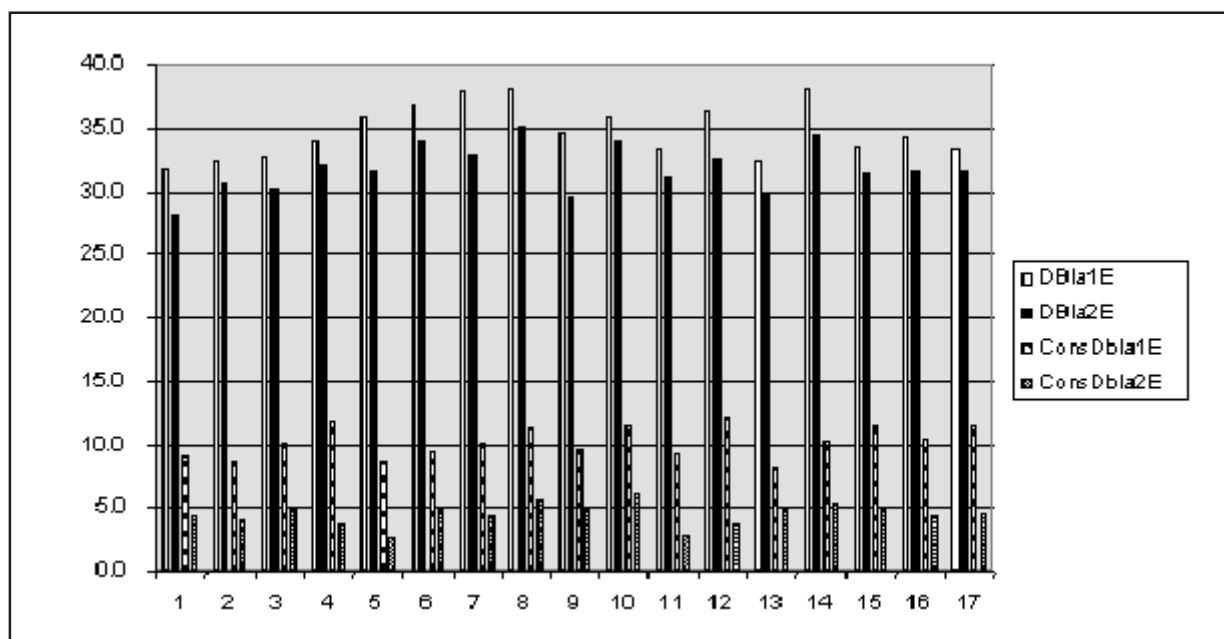


FIGURA 2: comparación de la ganancia de blancura y del consumo de peróxido por unidad de ganancia de blancura en una etapa (1E) y en dos etapas (2E).

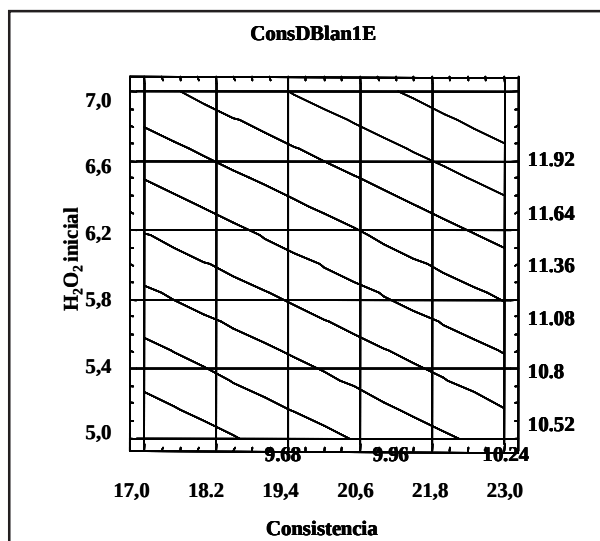


FIGURA 3: consumos de peróxido por unidad de ganancia de blancura en una etapa (1E), en función del H_2O_2 inicial y la consistencia.

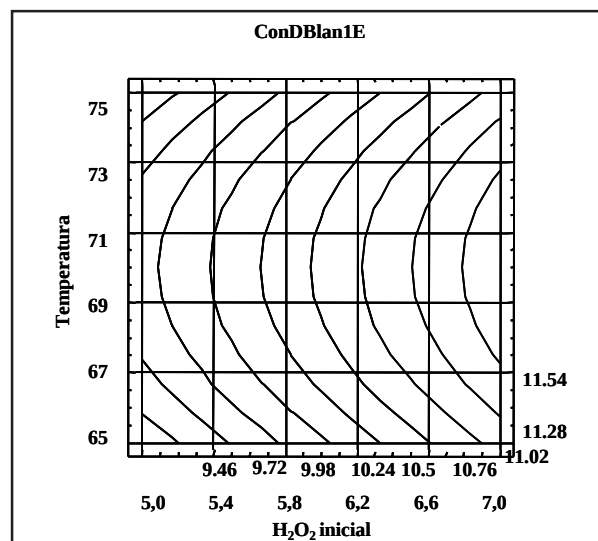


FIGURA 4: consumos de peróxido por unidad de ganancia de blancura en una etapa (1E), en función de la temperatura y el H_2O_2 inicial.

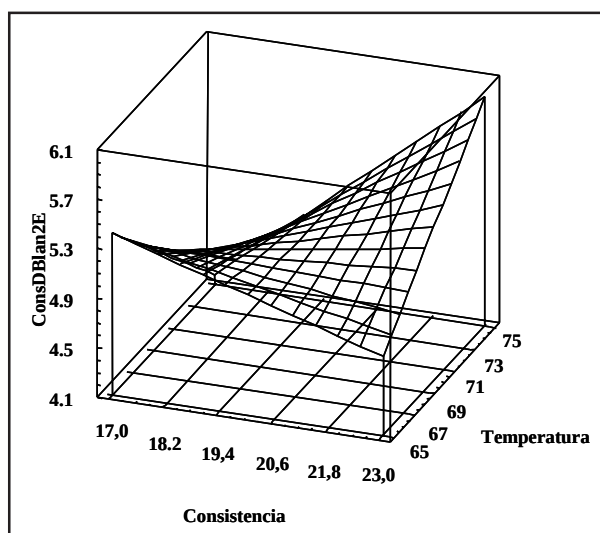


FIGURA 5: consumos de peróxido por unidad de ganancia de blancura en dos etapas (2E), en función de la temperatura y la consistencia.

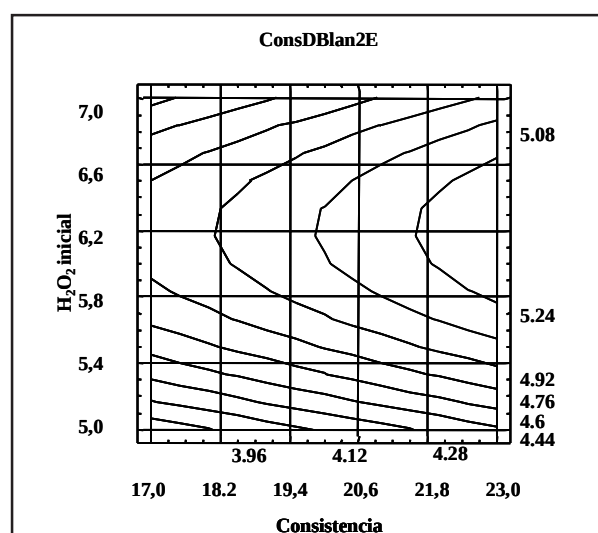


FIGURA 6: consumos de peróxido por unidad de ganancia de blancura en dos etapas (2E), en función del H_2O_2 inicial y la consistencia.

$$\text{ConsDBlan1E} = 10,81 + 0,46 * \text{consistencia} + 0,92 * H_2O_2 - 0,61 * (\text{temperatura})^2 \quad (1)$$

$$\text{ConsDBlan2E} = 5,07 + 0,27 * \text{consistencia} + 0,27 * H_2O_2 + 0,61 * (\text{consistencia} * \text{temperatura}) \quad (2)$$

Los Gráficos de valores observados *versus* valores predichos por las ecuaciones 1 y 2 se presentan en las Figuras 7 y 8.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La comparación entre el blanqueo en una etapa y en dos etapas utilizando las mismas condiciones se muestra en las Figuras 1 y 2 y en la Tabla 1. Es evidente que el consumo de reactivos en ambos casos es mayor en la pri-

mera hora, produciendo además el mayor incremento de blanco. En la hora posterior se evidencia que el sistema presenta gran dificultad en aumentar la blancura cuando este se encuentra cerca de sus valores máximos. Si bien la blancura final obtenida es prácticamente igual en una etapa que en dos etapas, la misma se logra en este último caso con la mitad de gasto del reactivo.

Los consumos de H_2O_2 por cada punto de ganancia de blancura en una etapa aumentan con la carga inicial de H_2O_2 y la consistencia, presentando un máximo en el punto central de temperatura (Figuras 3 y 4). En el caso de dos etapas, el máximo consumo por unidad de incremento de blanco se presenta en el punto central del H_2O_2 inicial, máxima consistencia y máxima temperatura (Figuras 5 y 6). La Figura 5 muestra el efecto de la interacción consistencia-temperatura en la eficiencia del blan-

queo en dos etapas. Es evidente el beneficio de trabajar a baja consistencia y elevadas temperaturas.

En las Figuras 7 y 8 se observa la calidad del ajuste de las ecuaciones obtenidas.

En la Figura 9 se observa que en ambos procesos (una y dos etapas) los residuales de peróxido son elevados.

La recirculación de esta fracción residual depende de un buen diseño del balance de agua. La excesiva dilución de los reactivos podrá solamente prevenirse a través de un reciclo efectivo y un lavado eficiente.

En un sistema típico de blanqueo en una etapa (de media o alta consistencia) la pulpa es espesada en una prensa de gran eficiencia (doble tela, tornillo, etc.) hasta una consistencia del 50%. Los reactivos de blanqueo se introducen a la entrada de la torre, que en general es de flujo descendente. Su función es mantener a la pulpa en

contacto con el licor durante el tiempo de residencia preestablecido.

A la salida de la torre, previo agregado de agua de dilución, la pulpa es espesada nuevamente, permitiendo la eventual recuperación de los reactivos residuales, que son recirculados a la entrada de la torre.

En un sistema óptimo en dos etapas, el esquema prensa-torre se repite dos veces, seguido de una tercera prensa lavadora al final del proceso [5, 6]. El licor que se incorpora en la primera torre es el residual extraído por la última prensa a la salida de la segunda torre.

A la entrada de la segunda torre se incorpora el licor conteniendo los reactivos frescos a la pulpa.

El líquido extraído por la prensa intermedia (segunda prensa) es retirado del sistema, ya que contiene una muy baja carga de residuales, y todas las sustancias contenidas en la pulpa, susceptibles de extraerse en álcalis. Estas

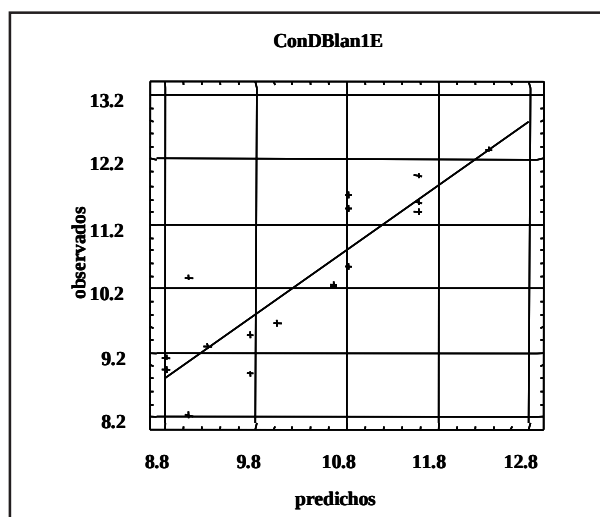


FIGURA 7: valores observados *versus* predichos de consumo sobre diferencia de blanco en una etapa (ConDBlan1E) según la ecuación 1 ($R^2 = 0,7892$).

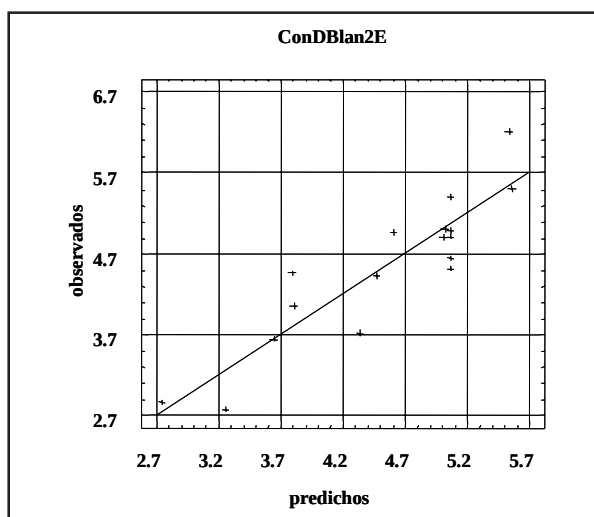


FIGURA 8: valores observados *versus* predichos de consumo sobre diferencia de blanco en dos etapas (ConDBlan2E) según la ecuación 2 ($R^2 = 0,8181$).

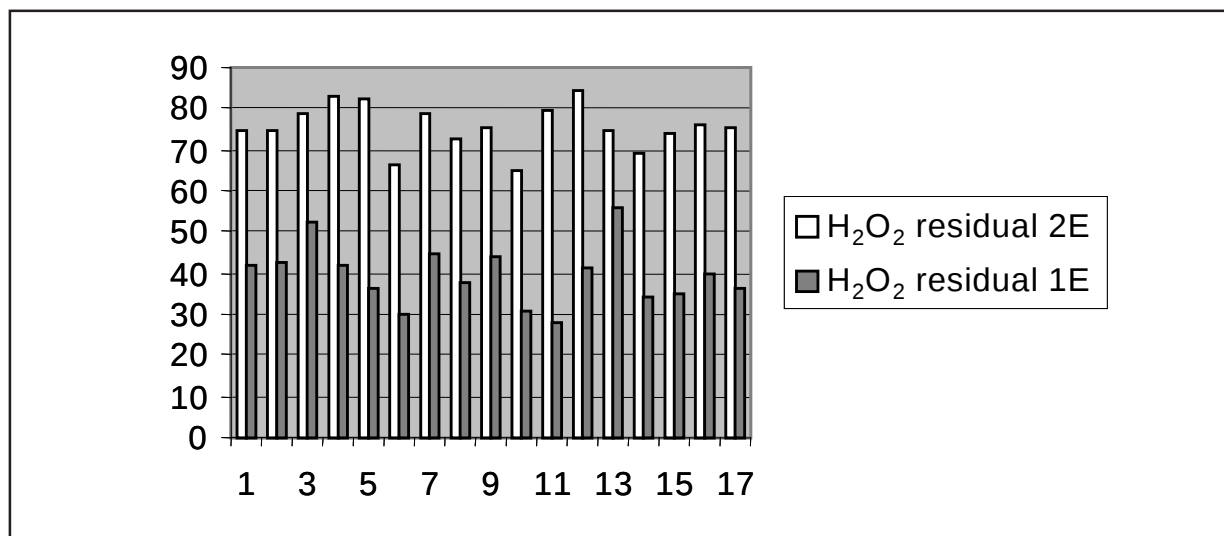


FIGURA 9: residuales de peróxido de hidrógeno del blanqueo en una y dos etapas (1E y 2E) como porcentaje de la carga inicial.

sustancias no deseadas consumen peróxido de hidrógeno vía reacciones secundarias no deseadas en el blanqueo.

Cuando los residuales son elevados, un sistema en dos etapas es ideal, ya que permite un importante porcentaje de recirculación, independientemente de la consistencia de blanqueo. Esto se debe a que la regulación de la consistencia se realiza con una sola corriente de licor en cada torre (los residuales en la primera, y el licor fresco en la segunda). Por el contrario, con una sola torre, la cantidad de licor que puede recircularse está limitada por la consistencia de entrada de la pulpa y la dilución de los reactivos que ingresan.

En este esquema en dos etapas, la existencia de las tres prensas es ampliamente justificada. La primera aumenta la capacidad de recirculación, la segunda mejora la limpieza de la pulpa, y la tercera permite la máxima recuperación de reactivos residuales.

La incorporación de agua a la salida de la segunda torre es necesaria para aumentar la recuperación de los reactivos. Los volúmenes de licor fresco de blanqueo y de agua de dilución se encuentran en el orden de 0,2 y 2 m³/ton de pulpa seca, y de 0,2 y 4 m³/ton de pulpa seca, en un blanqueo en una y dos etapas respectivamente [6].

Con dos etapas de blanqueo, cuanto mayor es la diferencia de consistencia de la pulpa entre la entrada y la salida de la prensa, mayor es la cantidad de licor residual que puede recircularse. Para maximizar el volumen de licor a recircular, la consistencia en la primera torre debe

ser mucho menor que en la segunda. Así, la utilización de media consistencia en la primera torre y alta consistencia en la segunda, permite el mayor aprovechamiento de los reactivos residuales.

La mejor propuesta para la optimización de un sistema de blanqueo, basada en la máxima recuperación de reactivos, incluye entonces la aplicación de un sistema de blanqueo en dos etapas, con tres prensas de alta eficiencia, una a la entrada de la primera torre, una intermedia, y una a la salida de la última torre. La Figura 10 ilustra este esquema.

Una representación del sistema de blanqueo existente en la fábrica se ilustra en la Figura 11.

Para aprovechar parte de la tecnología existente en la fábrica, y sobre la base de los resultados de laboratorio, se sugiere la alternativa de incorporar el 50% del licor con reactivos frescos antes de la primera torre, y 50% en el ingreso de la pulpa a la segunda. Se mantiene la primera torre de media consistencia con flujo ascendente, incorporando una prensa de alta eficiencia antes de la segunda torre, y se modifica la segunda torre para que funcione a alta consistencia con flujo descendente. El licor residual extraído en la última prensa se recircula distribuyéndolo en tres puntos: a los mezcladores previos a la primera y la segunda torre, y como agua de dilución del fondo de la segunda torre. El licor extraído de la primera prensa es enviado al filtro lavador de pulpa cruda, para

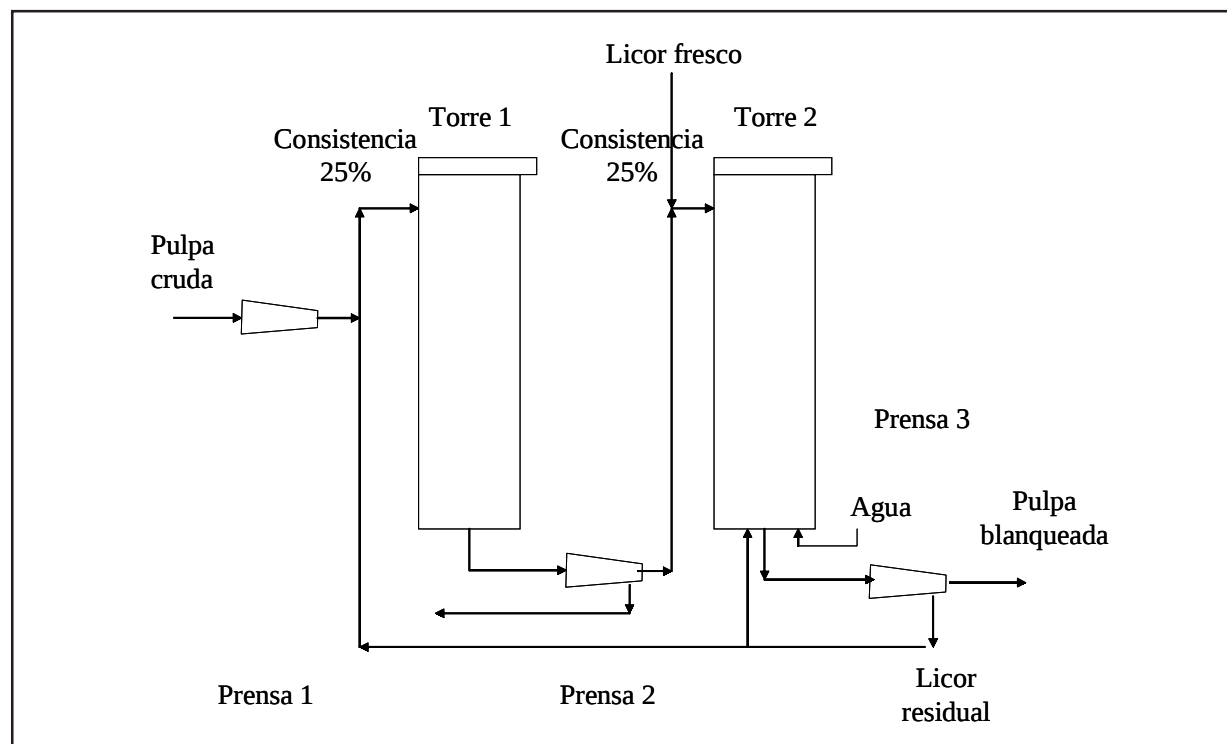


FIGURA 10: sistema óptimo de blanqueo en dos etapas [adaptado de (6)].

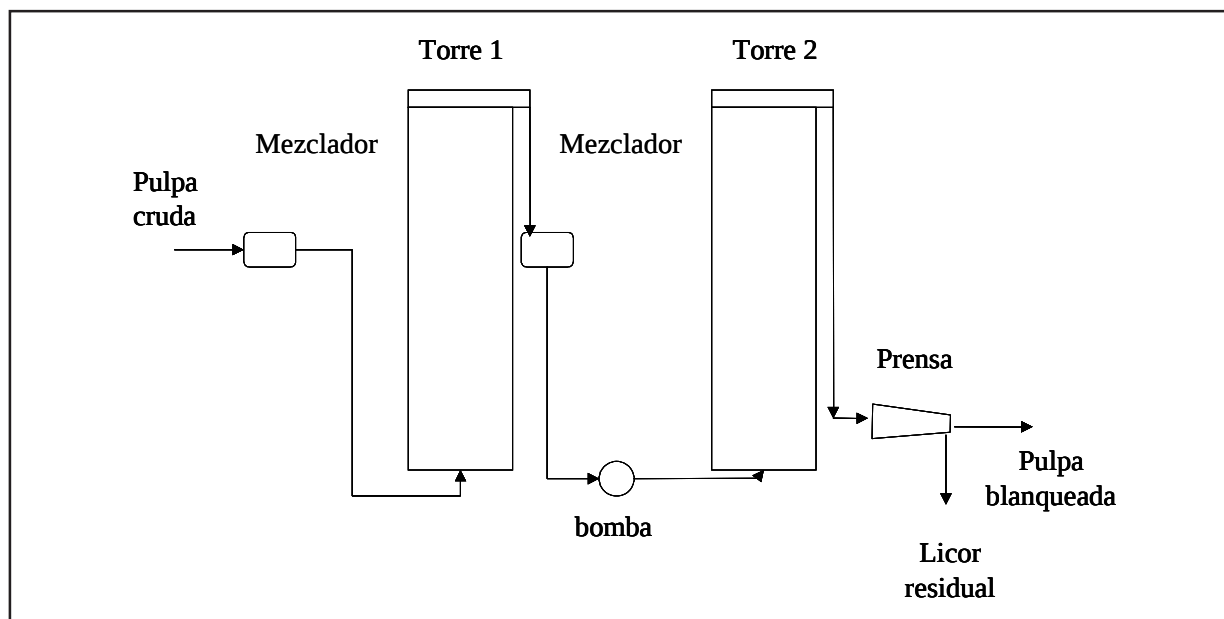


Figura 11: sistema de blanqueo en actual de fábrica (dos torres, una etapa).

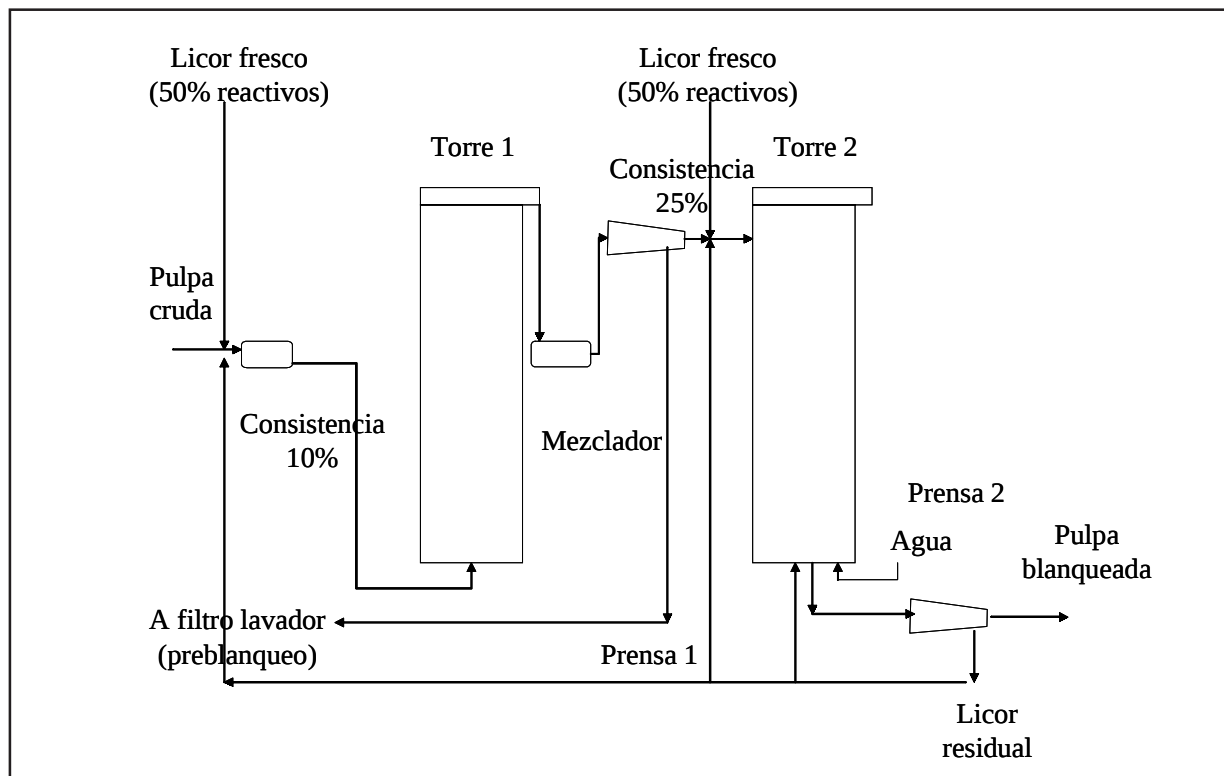


Figura 12: sistema de blanqueo en dos etapas, propuesto.

aprovechar los eventuales residuales. El sistema propuesto se presenta en la Figura 12.

Las modificaciones propuestas permitirían, de acuerdo con los resultados de laboratorio, reducir a la mitad la carga de peróxido total aplicada, con la consiguiente reducción de costos.

Por ejemplo, un blanqueo en una etapa con una carga total de 6% de H_2O_2 , a un costo aproximado de reactivos de blanqueo de U\$S 25 por tonelada de pulpa,

en la producción de 100 t/día (33.000 t/año) representa un costo de reactivos de U\$S 1.650.000.-. Por tanto, la aplicación del blanqueo en dos etapas, con la carga total repartida en partes iguales en dos etapas, suponiendo una reducción del 50% en la carga de reactivos, representa una importante disminución en los costos anuales.

De acuerdo con las inversiones a realizar (costo de incorporación de una prensa, transformación de la segun-

da torre, y otros gastos menores) puede calcularse el tiempo de amortización.

Para obtener las mejores condiciones de aplicación y recirculación de reactivos, debería realizarse la simulación del proceso propuesto, sobre la base de las ecuaciones obtenidas.

CONCLUSIONES

- Tanto en una etapa como en dos etapas se obtuvieron similares blancuras finales, siendo los valores máximos de aproximadamente de 79% ISO.

- El máximo valor de blancura obtenido con el blanqueo en dos etapas fue de 78,7% ISO. Este se obtuvo trabajando con una consistencia de 23%, 7% de peróxido, y 75°C de temperatura. Estos resultados coinciden con los obtenidos utilizando una sola etapa.

- Estas pulpas muestran dificultad para superar blancuras de 79% ISO utilizando un blanqueo en una o dos etapas y con diferentes niveles de las variables estudiadas. Hay que considerar que los resultados de laboratorio siempre son inferiores a los obtenidos en escala industrial.

- Si bien la blancura final obtenida es prácticamente igual en una etapa que en dos etapas, la misma se logra en este último caso con la mitad de gasto del reactivo.

- Se plantea la aplicación de un sistema de blanqueo en dos etapas para optimizar el sistema de blanqueo de la fábrica de referencia. ●

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Alberto Venica. A Celulosa Argentina.

REFERENCIAS

1. **Area**, M. C.; **Venica**, A. D. *Aplicación del diseño de experiencias en la optimización del blanqueo a escala industrial*. Investigación y técnica del papel, n° 135, pp.9-21, enero 1998.
2. **Area**, M. C.; **Barboza**, O. M. *Análisis de la influencia de las variables de blanqueo en las propiedades de pastas quimimécánicas*. Investigación y Técnica del Papel, n° 125, pp.487-499, 1995.
3. **Area**, M. C.; **Barboza**, O. M.; **Felissia**, F. E. *Optimización del blanqueo en una etapa de pulpas quimimécánicas industriales*. Investigación y Técnica del Papel, n° 138, pp. 635-651, octubre 1998.
4. **Area**, M. C.; **Felissia**, F. E.; **Barboza**, O. M. *Blanqueo en dos etapas de pulpas químico-mecánicas industriales*. Revista de Ciencia y Tecnología, n° 5, pp. 29-39, 2003. (En este número).
5. **Stand**, E.; **Moldenius**, S.; **Koponen**, R.; **Viljakainen**, E.; **Edwards**, L. L. *Optimization of peroxide bleaching systems*. Tappi Journal, n° 7, pp. 130-134, 1988.
6. **Meyrant**, P.; **Dodson**, M. *High consistency bleaching: a must for high brightness targets?* Tappi Journal, n° 1, 109-114, 1990.

ABREVIATURAS

1E: 1 etapa o primera etapa

2E: 2 etapas o segunda etapa

bps: base pulpa seca 100%

Cons1E: consumo de peróxido de hidrógeno en el blanqueo en 1 etapa (%bps)

Cons2E: consumo de peróxido de hidrógeno en el blanqueo en 2 etapas (%bps)

ConsDBlan: (peróxido de hidrógeno consumido / Dblan) * 100

DBlan: diferencia de blanco (blanco inicial – blanco final)