



Estudio de tratamiento de encolado alcalino en pasta de fibra de bagazo de caña de azúcar respecto de los ciclos de uso

MOLINA TIRADO, Liliana Beatriz ⁽¹⁾; AREA, María Cristina ⁽²⁾

⁽¹⁾INTI-Celulosa y Papel

⁽²⁾Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Cs. Exactas, Químicas y Naturales, Programa de Celulosa y Papel

Introducción

En la actualidad, los papeles componentes de cartón corrugado son fabricados principalmente a partir de papel reciclado, lo cual es un factor económico fundamental para este tipo de productos.

Pero las fibras secundarias o recicladas no presentan la misma calidad que las vírgenes; son más cortas, más resistentes al hinchamiento, menos voluminosas y están acompañadas por mayor cantidad de finos (pequeñas partículas fibrosas que traspasan la malla de 200 mesh) que la pulpa original. Para devolverle en parte sus cualidades originales, es necesario realizar nuevamente un buen tratamiento mecánico (refinación) con el fin de generar nuevos puntos de unión interfibra y desarrollar la resistencia de la fibra.

Entre las fibras encontradas en este tipo de productos, las de pulpa de bagazo de caña de azúcar son cada vez más comunes tanto en papel liner como en papel onda, componentes del cartón corrugado.

Los cartones, además, presentan deficiencias cuando son destinados a soportar cambios importantes de humedad, lo cual debilita sus propiedades mecánicas. Para lograr papeles que presenten una resistencia a la absorción de humedad, es fundamental la etapa de encolado en la formación del papel.

El tratamiento de encolado confiere propiedades de "barrera" a la penetración de líquidos en el papel, mejorando la resistencia de la unión interfibras, mediante un agente encolante.

Este agente presenta un grupo reactivo que se une a la fibra y una parte voluminosa hidrófoba. La parte reactiva de la molécula es la que determina la velocidad de reacción. Sin embargo, la parte hidrófoba es la que cumple el

objetivo de aumentar la resistencia del papel a la absorción de agua.

El retardo de la absorción de agua es provocado por la creación de una capa de baja energía superficial (hidrofóbica) en la interfase fibra – agua que incrementa el ángulo de contacto formado entre la gota del líquido y la superficie. La capa formada es irregular, por lo que no cubre la totalidad de la superficie fibrosa y no interfiere con la unión interfibras.

El desarrollo de la hidrofobicidad (encolado), depende esencialmente de las siguientes etapas evolutivas:

1. Retención de las partículas catiónicas de encolante sobre la superficie fibrosa aniónica por coagulación
2. Distribución del agente encolante sobre la superficie de la fibra por difusión parcial en la forma de un precursor monocapa autofóbico,
3. Reacción química (posiblemente covalente en el caso de encolado en medio alcalino) de los agentes encolantes con los grupos químicos dispuestos en la superficie de la fibra.

Las etapas 2 y 3 son conocidas generalmente como de curado, que se desarrolla durante la etapa de secado y continúa después de la fabricación del papel, durante el período de almacenamiento.

Para mejorar la funcionalidad del agente encolante se adiciona al conjunto, almidón catiónico que actúa como coloide protector del encolante. Encapsula la partícula encolante, protegiéndola de la hidrólisis. La carga catiónica es atraída por las fibras, y la combinación encolante – almidón es adsorbido en la superficie de las mismas. El almidón mantiene al encolante en posición sobre la fibra mientras ésta se acomoda sobre la tela. Durante el

secado, el encolante y el almidón contribuyen a la unión entre fibras.

Además del agregado del almidón, es preciso el uso de agentes, con el fin de mejorar la retención de finos y cargas. Normalmente el agregado de este tipo de agente lleva consigo una mejora en el drenado, pues la mecánica del filtrado en la máquina de papel es favorecida con la retención de finos y cargas, fijándolos sobre las fibras al aumentar su afinidad. El secreto de los agentes de retención son las cargas iónicas aportadas y/o largas cadenas moleculares que enlazan a las fibras y partículas entre sí.

Los pocos estudios realizados que han podido encontrarse, sugieren que el uso de grandes cantidades de fibras secundarias requiere una mayor cantidad de aditivos, aunque algunas plantas que usan grandes proporciones de fibras recicladas no notaron cambios en el consumo de agentes encolantes y de retención ^[1].

El objetivo de este trabajo es estudiar la variación de la dosificación de aditivos químicos en el tratamiento de encolado de papeles liner u onda respecto al número de ciclos de uso, alcanzando el mismo grado de encolado en cada ciclo. En otras palabras, verificar si existen diferencias entre encolar una pulpa virgen y una reciclada.

Metodología / Descripción Experimental

Se utilizó pulpa semiquímica de bagazo de caña de azúcar de una fábrica argentina, apta para la fabricación de papeles para conversión a cartón corrugado (papeles liner y onda). La pulpa se depuró en un equipo plano ranurado Weverk, con abertura de 0,15 mm. En una primera etapa se caracterizó la pulpa depurada, realizando medición de longitud de fibras, grado de refinado y porcentaje de finos presentes.

La pulpa se trató mecánicamente en un refinador PFI con registro de consumo de energía, de acuerdo al grado de refinado usado en la industria (35 °SR) para este tipo de materia prima.

El encolante utilizado es el dímero de alquilceteno (AKD). También se agregaron al empaste, almidón catiónico y un agente de retención (polietilenimina modificada de alto peso molecular) con el fin de mejorar el funcionamiento del encolante. Como efecto secundario de estos aditivos se logra mejorar la unión interfibras, la retención de finos y cargas, y limpiar las aguas blancas del sistema.

Los aditivos se adicionaron a la pulpa al 1% de consistencia y se agitaron durante 30 segundos a alta velocidad (desintegrador TAPPI). El pH del medio para el tratamiento químico se fijó en 7,5 con H₂SO₄ 1N, según lo especificado por el fabricante en cuanto al rango de pH de trabajo del encolante y del agente de retención. El agregado de los aditivos a la pulpa respetó el siguiente orden: 1) almidón catiónico, 2) agente de encolado alcalino sintético (dímero de alquilceteno, AKD) y 3) agente de retención (polietilenimina de alto peso molecular).

Se aplicó un diseño de experimentos tipo Central Compuesto (CCD) de tres factores (encolante, almidón y agente de retención). El rango de concentraciones estudiado para cada aditivo fue tomado de la bibliografía para el caso del almidón catiónico (0,25 a 0,50% bps), y de la hoja de especificación en el caso del encolante (1 a 2% bps) y del agente de retención (0,1 a 0,25% bps), éstos últimos expresados en porcentaje de producto comercial. El almidón catiónico se cocinó a 90 – 95 °C durante 15 minutos y luego se preparó una solución al 1%. Para el encolante y agente de retención se formularon soluciones en el momento del agregado, según lo recomendado por el fabricante.

Sobre el empaste resultante de cada punto del diseño, se determinaron: carga de partículas mediante la Demanda Catiónica Total (Técnica provista por fabricante) y formación de hojas de ensayo (120 g/m²), realizadas en un formador de hojas Rapid Köethen. Este equipo cuenta con un sistema de secado con temperatura y vacío simulando el secado industrial. Se fijaron las condiciones de secado en 5 minutos a 120° C para el curado del AKD.

Sobre las hojas formadas se midió absorción de agua por el método Cobb (Norma IRAM P – 3045). La condición óptima se definió por una absorción de agua mediante el método de Cobb (120 segundos) de 35 ± 1 y una demanda catiónica de cero o cercana a cero con signo negativo.

Establecida la dosificación óptima para lograr los objetivos de absorción de agua y demanda catiónica, se formaron suficientes hojas (120 g/m²) como para obtener materia prima para los siguientes usos. El uso del material se simuló sometiendo las hojas durante 24 horas a los siguientes estadíos de humedad relativa ambiente y temperatura: 50% - 23°C; 75% - 27°C; 90% - 30°C; 75% - 27°C y 50% - 23°C, debido a que estos dos parámetros son los

principales responsables del deterioro en el comportamiento del papel.

Finalizado este proceso, el papel pasa a una etapa de reciclado donde se convierte en materia prima en una nueva formación de papel en materia prima para la formación de papel en una etapa de reciclado. Para el repulpe, las hojas se desintegraron en pulper de 15 litros de capacidad a temperatura ambiente, con una consistencia del 5% durante 20 minutos. La caracterización de la pasta reciclada consistió en la medición de longitud de fibras, porcentaje de finos; grado de refino y absorción de agua por el método Cobb.

La pasta nuevamente caracterizada se refinó en PFI hasta volver al grado de refino de partida, midiéndose la energía necesaria. Sobre la pasta refinada se repitió el estudio de optimización del agregado de aditivos, para lograr la misma calidad de papel (Cobb = 35 ± 1), y la formación de hojas. Se realizaron 2 ciclos de reuso, denominados segundo y tercer uso.

Resultados

1º Etapa: Caracterización y Preparación de las pastas

Tabla I: Caracterización de las pulpas al comienzo de los tratamientos (resultados de longitud expresados en promedio \pm desviación estándar)

Pasta	Longitud (μm)	Grado de refino inicial ($^{\circ}\text{SR}$)	Finos (%)
1 ^{er} Uso	1360 \pm 458	18	17,3
2 ^{do} Uso	980 \pm 489	26	16,2
3 ^{er} Uso	893 \pm 361	39	20,2

En el primer uso, la pulpa presentó cualidades que dependen absolutamente del tratamiento de pulpado al que fue sometido y de la morfología de las fibras que lo constituyen (ver Tabla I).

La longitud de fibra presentó una disminución de la media del 30% en el segundo uso con respecto al primero, debido a los cortes por el tratamiento sufrido. El tercer uso no mostró diferencias significativas respecto del segundo uso.

Tabla II: Refinación con medición de Energía (resultados expresados en promedio \pm desviación estándar.)

Pasta	$^{\circ}\text{SR}_{\text{final}}$	Energía (J)	Energía / $^{\circ}\text{SR}$
1 ^{er} Uso	35	46607 \pm 1454	2742
2 ^{do} Uso	35	7260 \pm 134	807
3 ^{er} Uso	44	9204 \pm 214	1841

Estudiando el comportamiento de la pasta de primer uso respecto de su segundo uso (ver Tabla II), puede verse que la pasta disminuyó en 9 puntos su grado de refino, haciendo

necesaria la reposición del 16% de la energía suministrada en el primer uso para restablecer la calidad de la fibra respecto de su tratamiento mecánico. Asimismo, la energía suministrada por unidad de grado de refino ganado fue inferior en la pasta reciclada que en la virgen. En una pasta reciclada, el grado de refino disminuye por la rigidización u hornificación de las fibras. Esta característica de la fibra es más importante que el efecto de los finos secundarios generados.

Al comienzo del tercer uso, la pasta presenta un grado de refino mayor que el de trabajo (35°SR) (ver Tabla I). Igualmente, se refinó la totalidad de la pasta con el fin de abrir la estructura fibrosa para generar nuevos puntos de unión (mejorando el hinchamiento de las fibras) y generar finos secundarios que ayuden a mejorar las propiedades de resistencia [2].

En este uso, el consumo de energía fue mayor que en los otros usos (ver Tabla II). Esto se justifica por la necesidad de romper los flocs que se han creado por el agregado del agente de retención en cada uno de los ciclos de uso [3]. El grado de refino real de las fibras se enmascara a partir de una cierta cantidad de aditivos proveniente de los anteriores usos.

2º Etapa: Optimización del tratamiento de encolado (aplicación del diseño CCD)

Tabla III: Dosificación óptima de aditivos

Pasta	Encolante (% bps)	Almidón (% bps)	Retención (% bps)	DCT (meq/L)
1 ^{er} Uso	2,45	0,10	0,27	-0,17
2 ^{do} Uso	2,15	0,42	0,175	-0,06
3 ^{er} Uso	1,60	0,17	0,35	-0,15

La pasta reciclada presentó un medio menos aniónico respecto de la pulpa virgen (ver Tabla III), lo cual verifica la presencia de cantidades residuales de agente de retención y de almidón catiónico [4].

A continuación se exponen los gráficos de Pareto (ver Figura 1), de Efectos (ver Figura 2) y de Interacciones (ver Figura 3) para la pulpa estudiada en el primer uso.

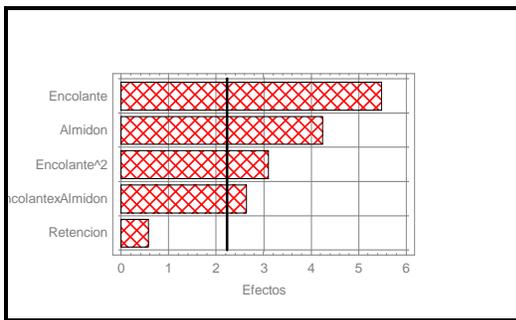


Figura 1: Gráfico de Pareto (Primer Uso)

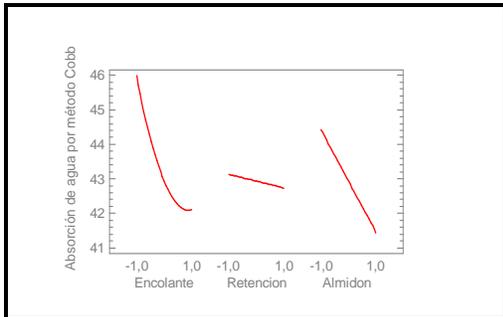


Figura 2: Gráfico de efectos (Primer Uso)

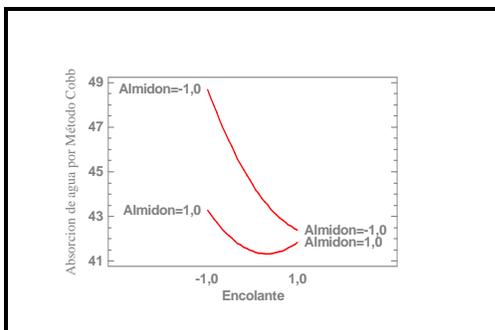


Figura 3: Gráfico de interacciones (Primer Uso)

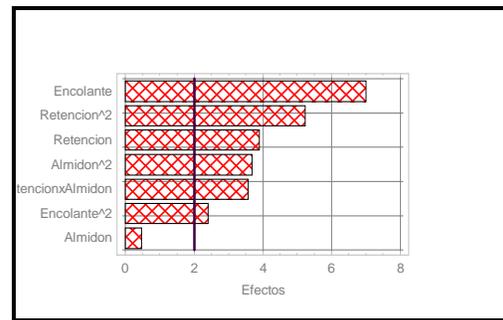


Figura 4: Gráfico de Pareto (Segundo Uso)

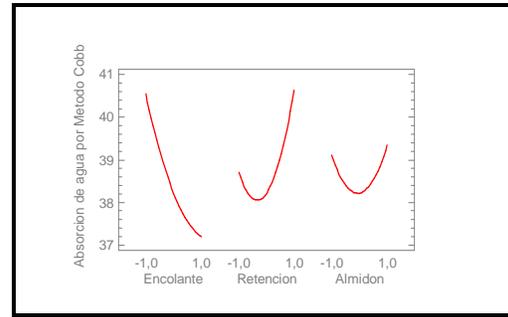


Figura 5: Gráfico de efectos (Segundo Uso)

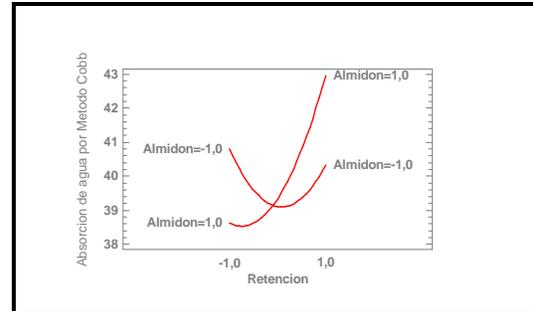


Figura 6: Gráfico de interacciones (Segundo Uso)

De los gráficos se deduce que tanto el encolante como el almidón y la interacción entre ambos son factores muy influyentes en la respuesta. Con respecto al agente de retención, éste no presenta una influencia significativa en el rango de trabajo propuesto por el fabricante.

A continuación se exponen los gráficos de Pareto (ver Figura 4), de Efectos (ver Figura 5) y de Interacciones (ver Figura 6) para la pasta estudiada en el segundo uso.

De los gráficos, se deduce que el encolante y el agente de retención son los factores más influyentes en la respuesta. El almidón no es significativo en forma lineal pero es influyente su relación polinomial de segundo grado con la respuesta.

A continuación se exponen los gráficos de Pareto (ver Figura 7) y de Efectos (ver Figura 8) para la pasta estudiada en el tercer uso.

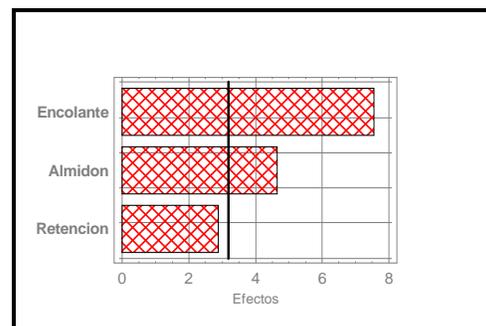


Figura 7: Gráfico de Pareto (Tercer Uso)

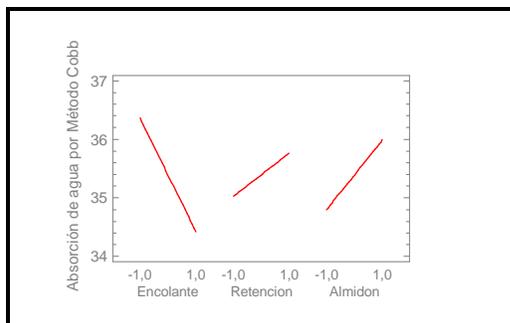


Figura 8: Gráfico de efectos (Tercer Uso)

De los gráficos se deduce que el encolante y en segundo orden, el almidón, son los factores más influyentes en la respuesta.

Observaciones respecto a los ciclos de uso

De los tratamientos de encolado en la pulpa de bagazo reciclada en comparación con la virgen, se observa que:

1. El efecto del encolante sobre la absorción de agua presenta similares comportamientos en cada uso. Esto concuerda con el resultado del ensayo de Cobb realizado al inicio de cada ciclo (donde el papel ha perdido todo tratamiento de encolado al pulparse).
2. El efecto del almidón y del agente de retención sobre la absorción de agua, pasa de ser directamente proporcional (primer uso) a indirectamente proporcional (tercer uso), presentando un mínimo en el segundo uso. Esto demuestra la saturación paulatina del sistema respecto de éstos aditivos. En un estudio futuro podría omitirse el agregado de estos aditivos, con el fin de observar si es posible el desarrollo del encolante en los casos en que los agentes promotores y ayudantes provengan de un uso anterior.
3. Considerando los mismos límites de estudio respecto de la dosificación de aditivos, la absorción de agua (método Cobb) disminuye con los ciclos de uso. En términos generales, la pulpa de bagazo reciclada no requiere de tantos aditivos como en el primer uso. Esto no se debería a un efecto residual del encolado, sino a la presencia del agente de retención y del almidón catiónico provenientes del uso anterior, que promueven la formación de microflocs que disminuyen la superficie expuesta ^[4], y, por otra parte, a la hornificación de las fibras (que no permite el paso libre del agua). Debe tenerse en cuenta además, que debido a la metodología utilizada, este sistema está libre de la basura aniónica y de grandes cantidades de finos existentes en las pulpas recicladas industriales.

Éstos, por su carga y gran superficie específica respectivamente, serían los principales responsables de un mayor consumo de aditivos.

4. En el último ciclo de uso, la cantidad de agente de retención y almidón catiónico presentes enmascaran ciertos comportamientos de la fibra (por ejemplo, las variaciones de °SR).

Observaciones respecto del encolante

El encolante (AKD) presenta un comportamiento muy similar en los tres ciclos de uso. Dentro del rango estudiado (agregado de 1 a 2% bps) y para todos los ciclos de uso, la absorción de agua es más sensible al encolante que a los demás aditivos. En los dos primeros usos, el efecto es representado por una curva (relación polinomial de segundo grado), sugiriendo que a partir del límite superior propuesto por el fabricante, la ganancia en la respuesta no presentaría una buena relación costo – beneficio. No es posible asegurar un efecto cuadrático en el tercer uso mas allá del rango estudiado.

Observaciones respecto del almidón

El comportamiento del almidón con respecto a la absorción de agua es variable con los ciclos de uso. Sin embargo siempre es influyente, ya sea en forma lineal como cuadrática para cada uno de los usos. Con respecto a las interacciones con los otros aditivos, presenta un efecto sinérgico con el encolante en el primer uso; no así respecto del agente de retención en el segundo uso, interfiriendo en las reacciones de las fibras con el agente de retención catiónico ^[5].

Observaciones respecto del agente de retención catiónico (Polietilenimina modificada de alto peso molecular)

La bibliografía ^[4] demuestra que en un medio neutro, la naturaleza iónica del agente de retención juega un papel importante. Frente a otros agentes de retención, la polietilenimina presenta una cadena molecular corta, basando su acción en la formación de microflocs, como se detalló anteriormente. Por otro lado, favorece la disminución de la viscosidad del agua, mejorando el drenaje en la mesa de formación.

Con respecto al primer uso, se observa que la influencia de este agente no es significativa en el rango estudiado en la pulpa de bagazo.

En las etapas de reciclo, el comportamiento del aditivo varía. Sin embargo, según lo ya explicado, la polietilenimina vuelve a flocularse con las fibras y finos.

Conclusiones

1. La cantidad de aditivos utilizado para encolar a una misma calidad, disminuye con los ciclos de uso.
2. Dado que el tratamiento de encolado se pierde con los reusos, el efecto del AKD sobre la absorción de agua (método Cobb) en cada uso, es similar.
3. El almidón catiónico y el agente de retención (polietilenimina de alto peso molecular) se mantienen a través de los usos a pesar de todos los efectos mecánicos que sufre la fibra en la preparación de la pasta.
4. El porcentaje de reposición de energía para bagazo (16 %) es interesante desde el punto de vista económico, comparado con estudios que demuestran que, en general, el porcentaje de reposición es cercano al 33%.

Referencias

- [1] Gess, J. M.; "Fiber reactivity versus chemical use", Secondary fiber recycling, Tappi Press, pp. 37 – 40 (1993).
- [2] Mark, R. E., "Handbook of physical and mechanical testing of paper and paperboard", Vol. 2, 2da edición, pp. 103 – 121, (1984).
- [3] Strazdins, E.; "Factors affecting retention of wet – end additives"; Tappi Journal 53 (1): pp. 80 – 83 (1970).
- [4] Bianchin, B., Gervason, G., Vallette P. y Sauret, G.; "Retention and zeta potential: trials on a pilot paper machine with various retention aids", Fibre – water interactions in paper making, Vol. 1, Transactions of the symposium held at Oxford, Londres, pp. 151 – 163, Septiembre 1977
- [5] Ellis, Rl. L. & Sedlachek, K. M., "Secondary fiber recycling", Tappi Press, Atlanta, Georgia, pp 7 – 19, pp. 37 - 40 (1993).
- [6] Hu, K.; Ni, Y.; Zou, X.; "Substituição de polpa kraft de folhosa por pasta de alto rendimento de choupo em papéis de imprimir / escrever e seu efeito na colagem AKD"; O Papel / Tappi Journal IV (2): pp. 5 - 11, 2004

Para mayor información contactarse con:
Liliana B. Molina Tirado – lmolina@inti.gov.ar