

EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SULFATO DE CALCIO ANHIDRO COMO CARGA EN LA FABRICACIÓN DE PAPELES

Ricardo Silva S.¹
Javier González M.¹

INTRODUCCIÓN

La industria de la celulosa y el papel es, a nivel mundial, una de las principales consumidoras de madera. En Chile, y considerando sólo el recurso *Pino radiata*, materia prima básica de esta industria, tal consumo bordea actualmente los siete millones de metros cúbicos anuales; lo que equivale al 40% de la producción nacional de madera de esta especie.

Entre los papeles de mayor valor comercial se encuentran aquellos destinados a la impresión y escritura, los cuales llevan entre sus componentes ciertas sustancias, denominadas cargas, las que son incorporadas para reemplazar material fibroso en porcentajes variables de entre 10 a 40% (Belisle, 1985). Las cargas modifican la

estructura del papel, mejorando las propiedades ópticas, pero afectando negativamente sus propiedades mecánicas (Silva, 1995).

La blancura de las cargas varía entre 80 y 98%, mientras que la de las pastas celulósicas lo hace entre 80 y 88 % (Belisle, 1985). Por otra parte el proceso de blanqueo de las pastas es caro, además de ser potencialmente contaminante, por lo que puede resultar más conveniente utilizar pastas semiblanqueadas en unión con cargas para obtener un grado de blancura determinado.

Con respecto al valor de la opacidad, su incremento se debe a un aumento de la luz dispersada, provocado por la mayor refracción y reflexión de la luz en papeles

¹ Departamento de Tecnología de la Madera, Facultad de Ciencias Agrarias V Forestales, Universidad de Chile. Casilla 9206, Santiago

Las cargas, en comparación con aquello formados únicamente por fibras y aire (Hagemeyer, 1984) Las cargas, al depositarse entre las fibras, interfieren los enlaces entre ellas, lo que se traduce en una pérdida de la resistencia a la tracción, explosión y rasgado del papel (Gussinyer, 1985).

Por razones económicas, ambientales y de calidad del papel debe controlarse la retención de la carga, para lo cual es necesario, en muchos casos, agregar agentes de retención. La dosificación se hace en soluciones muy diluidas para producir una buena homogenización de la pasta. Las diluciones típicas son del orden de 0,01 % y los consumos varían de acuerdo al tipo de papel (CICELPA, 1993).

El sulfato de calcio natural, si bien es considerado una carga para papel, tiene una mínima utilización como tal, debido principalmente a su alta solubilidad en agua y consecuente baja retención al momento de la formación del papel (Vidal, 1981). Existen, sin embargo, técnicas que permiten tratar el sulfato de calcio natural, de modo que el compuesto pasa de la forma hidratada a la forma anhidra, disminuyendo considerablemente su solubilidad (González, 1989).

Gussinyer (1985), a partir de sus trabajos en pro del uso del sulfato de calcio como carga para papel, atribuye a los enlaces formados entre los cristales de sulfato y la celulosa, y a la electropositividad de dicho compuesto, las siguientes ventajas:

- para iguales características de resistencia, se puede emplear hasta un 15% más de sulfato de calcio en relación a otras cargas, lo que conlleva ventajas económicas al favorecer un incremento en el porcentaje de celulosa sustituida;
- se presenta una mejoría en la rigidez del papel;
- la blancura aumenta entre 3 y 10 puntos, dependiendo del grado de blanqueo de la pasta utilizada;

- mejora la formación de la hoja;
- si se emplea un buen agente de retención la concentración de las aguas coladas disminuye en forma importante.

El objetivo de este estudio es evaluar la aptitud del sulfato de calcio anhidro para ser utilizado como carga en la fabricación de papeles para impresión-escritura, la que esta determinada por los valores que, tanto en sus propiedades físico-mecánicas como ópticas, presenta el papel cuando se le ha incorporado sulfato de calcio anhidro en distintos porcentajes, y bajo distintas condiciones de trabajo.

MATERIAL y MÉTODO

Sulfato de Calcio

El sulfato de calcio empleado en el estudio corresponde al tipo anhidro no rehidratable y tiene las siguientes características:

- Densidad (g/cm³): 2,87
- Contenido de humedad (%): 0,26
- Blancura (%): 92,8
- Índice de refracción: 1,57
- Abrasividad (g/m²): 0,82
- Granulometría: 62% <= 2 μ
2μ < 32% < 10μ
6% >= 10μ
- pH: 6,98
- Solubilidad Tyler (seg): 9

Caracterización y dilución de la Pasta La pasta empleada para fabricar el papel tiene la siguiente composición:

- 40% Pulpa mecánica, fibra larga de Pino Radiata.
- 40% Pasta química semiblanqueada, fibra corta de *Eucalyptus globulus*.
- 20% 'Pasta química semiblanqueada, fibra larga de Pino Radiata.**

Se utilizaron dos grados de refino para el material fibroso; 30 y 40 grados Schopper Riegler (OSR). Este material fue llevado a una consistencia del 1 %, para lo cual

se diluyó en agua a dos temperaturas distintas, 20 y 50 °C.

Adición de la Carga y el Encolante

Se preparó una mezcla de sulfato de calcio anhídrido y almidón (este último actúa como encolante) en una solución acuosa al 8%. Los porcentajes de adición de la carga fueron 10%, 15% y 20%, mientras que el almidón se adicionó en un 2%; todos con respecto a peso seco de fibra. La solución carga-encolante fue vertida en la pasta, procediéndose luego a homogeneizar en forma manual.

Ajuste del pH y adición del agente de Retención

Una vez homogeneizada la pasta se procedió a regular su pH a uno de los tres valores siguientes: 5,0; 7,0 ó 9,0. Para llevar a pH 5 se utilizó sulfato de aluminio al 3%, mientras que para llevar a pH 9 se empleó hidróxido de sodio al 2 %. La mezcla sin aditivo tiene pH neutro.

Ajustado el pH se procedió a formar las hojas, etapa en la que se incorporó el agente de retención (AR) en un porcentaje de 0,1 % respecto al peso seco de fibra. El AR empleado corresponde a una poliacrilamida catiónica y la formación del papel sigue la secuencia definida en la normativa TAPPI.

Propiedades Evaluadas

Las propiedades evaluadas en el papel de acuerdo a normas TAPPI son:

- Volumen específico (Ve)
- Longitud de ruptura (LR)
- Índice de explosión (IE)
- Índice de rasgado (IR)
- Blancura (B)
- Opacidad (O)

Además se determinó el porcentaje de carga retenida mediante análisis de

cenizas, de acuerdo a la norma TAPPI NFO 03-47.

Nomenclatura

Como indica la metodología, el estudio contempló la aplicación de 48 tratamientos, producto de la combinación de los distintos niveles de las variables de entrada. La nomenclatura empleada para designar los tratamientos es la siguiente:

- Grado de refino: R1=30°SR; R2= 40°SR
- Temperatura del agua de dilución: T1= 20°C; T2=50°C
- pH: P1 = 5; P2 = 7; P3 = 9
- Porcentaje de adición de sulfato de calcio anhídrido: CO=0%, (Testigo); C1=10%, C2=15% y C3=20%

En atención a los objetivos del estudio, se hizo necesario establecer valores mínimos aceptables para las propiedades del papel obtenido. Tales valores se basan en estándares de comercialización preestablecidos para los papeles de impresión escritura. Lo anterior permitió seleccionar un subgrupo, de entre los 36 tratamientos con carga, conformado por aquellos que cumplieran con los valores mínimos en sus propiedades, según lo antes expuesto.

En forma análoga se seleccionó un tratamiento testigo, para efectos de compararlo con los anteriores. Se optó por aquel testigo que presentara los mayores valores en blancura y opacidad, y que al mismo tiempo cumpliera con los estándares mínimos para las propiedades mecánicas.

RESULTADOS

El Cuadro 1 muestra, para cada tratamiento seleccionado, los valores determinados en las propiedades del papel.

Cuadro 1: Valores medios de las propiedades evaluadas en los tratamientos seleccionados

Tratamiento	Ve cm ³ /g	LR m	IE KPa	IR mN	B %	O %	Retención %
R1T1P1C0	2,00	3637	2,14	1248	62,7	83,5	0
R1T1P1C1	1,99	3605	1,95	1168	67,7	93,1	34,5
R1T1P1C2	1,98	3592	1,93	1146	69,2	93,1	36,0
R1T1P1C3	1,96	3537	1,90	1127	71,5	94,9	37,5
R2T1P1C2	1,95	3550	1,86	1136	66,4	87,3	39,4
R2T1P1C3	1,94	3533	1,80	1120	67,4	89,7	41,0

De entre las variables de entrada consideradas en el estudio. El grado de refino y el porcentaje de adición de carga resultaron ser las más incidentes. Las figuras 1 a la 7 muestran la evolución de

las propiedades del papel cuando se hace variar el porcentaje de carga incorporada, para los dos grados de refino considerados.

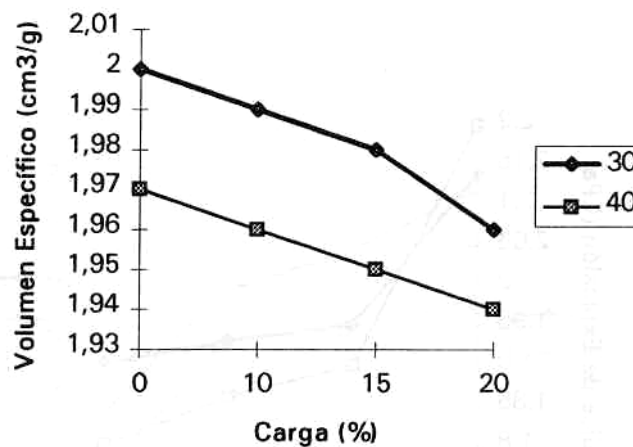


Figura 1: Volumen Específico v/s Porcentaje de Carga para 30 y 40°SR

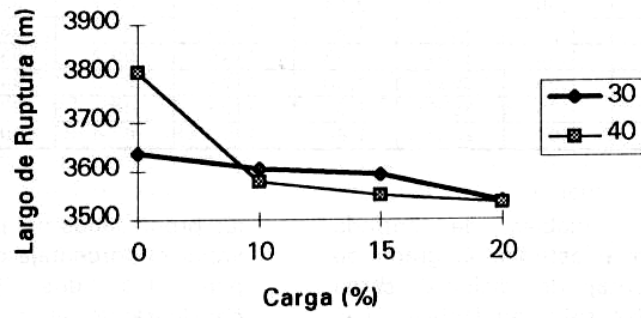


Figura 2: Largo de Ruptura v/s Porcentaje de Carga para 30 y 40°SR

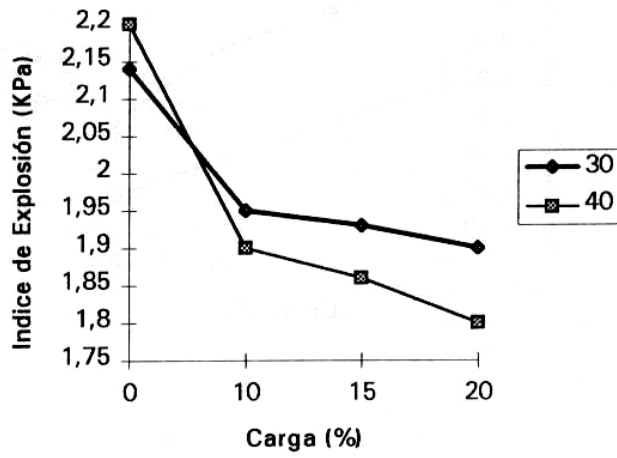


Figura 3: Índice de Explosión v/s Porcentaje de Carga para 30 y 40°SR

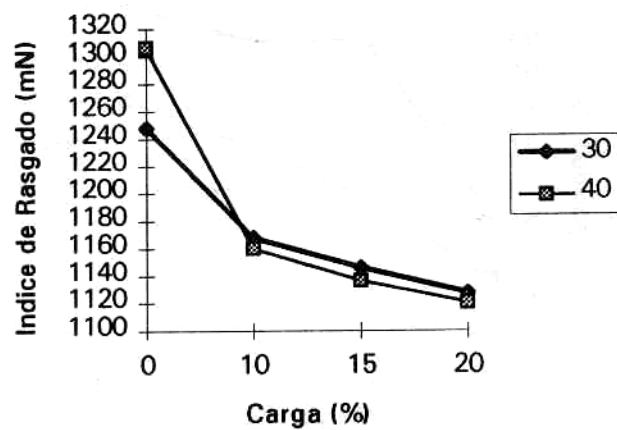


Figura 4: Índice de Rasgado v/s Porcentaje de Carga para 30 y 40°SR

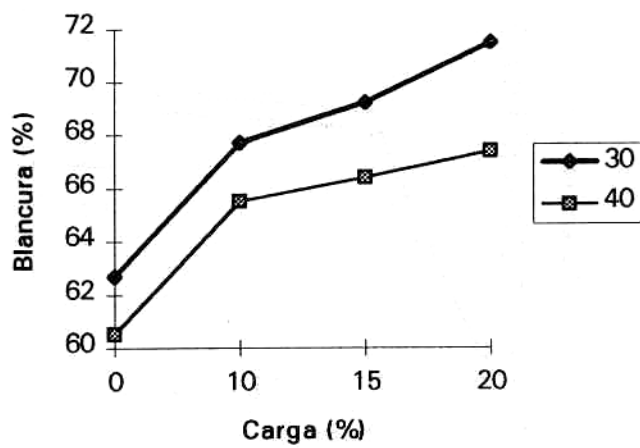


Figura 5: Blancura v/s Porcentaje de Carga para 30 y 40°SR

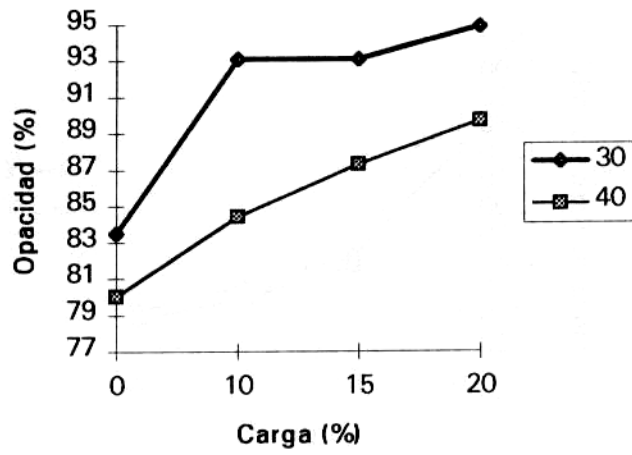


Figura 6: Opacidad v/s Porcentaje de Carga para 30 y 40°SR

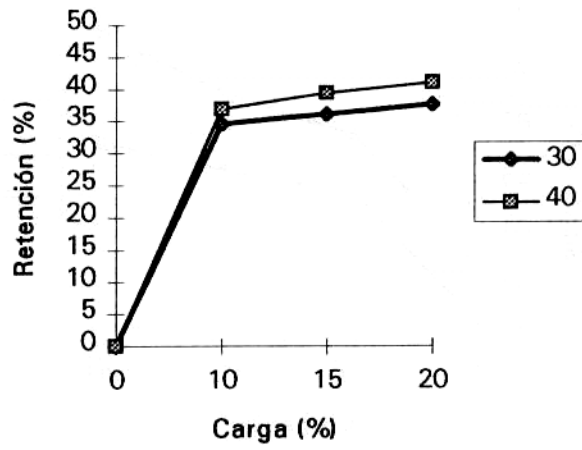


Figura 7: Retención v/s Porcentaje de Carga para 30 y 40°SR

ANÁLISIS DE RESULTADOS

La propiedad volumen específico, inverso de la densidad, no presenta diferencias significativas entre los distintos tratamientos seleccionados. Según muestra el Cuadro 1, el mayor valor lo presenta el testigo, con un nivel de refino de 30° SR y sin carga, seguido del tratamiento con 10% de carga e igual grado de refino. El valor menor lo presenta el tratamiento que combina 40°SR con 20% de sulfato de calcio.

Considerado en forma separada, un mayor grado de refino está asociado a una mayor hidratación, fibrilación y pérdida de rigidez de las fibras. Lo anterior se refleja en que, al momento del prensado, sea posible eliminar una mayor cantidad de agua de ellas, produciéndose una mayor compactación y por ende una disminución en el espesor de las hojas. Dado que el volumen específico corresponde al cociente entre los valores de espesor y gramaje, y puesto que este último es constante, una disminución en el espesor se traduce en un menor volumen específico; es decir, una mayor densidad del papel.

En términos generales, tanto el índice de explosión como la longitud de ruptura crecen conforme lo hace el grado de refino, alcanzando valores máximos entre los 60 y 70° SR, dependiendo del tipo, composición fibrosa y grado de blanqueo de la pasta. Sin embargo, esta situación puede cambiar radicalmente cuando existe presencia de sustancias no fibrosas. En efecto, los tratamientos con mayor grado de refino presentan el valor más bajo de largo de ruptura. Esto se explica porque si bien un nivel de refino más alto predispone un mayor grado de enlace entre fibras, la presencia de partículas de carga ubicándose entre ellas, no permite que tales enlaces realmente se produzcan. Aún más, un refino mayor genera gran cantidad de elementos finos, los que disminuyen la porosidad de la hoja al ubicarse entre las fibras. Esto permite que una mayor cantidad de carga se deposite entre y sobre las fibras, magnificando el efecto de interposición al enlace entre ellas.

La afirmación anterior es corroborada por el hecho de que, a iguales niveles de adición

de sulfato de calcio, tratamientos con más alto grado de refino presentan mayores retenciones. El análisis anterior es válido también para la propiedad índice de explosión.

El índice de rasgado, que tiene gran importancia en los papeles para impresión y escritura, presenta un comportamiento similar al de las propiedades mecánicas analizadas anteriormente. Mirado desde el punto de vista del refino, éste tiene como objetivo final permitir un mayor número de enlaces entre fibras, generado por un incremento en la superficie específica de éstas. Lo anterior se logra a través de la fibrilación, proceso que rompe las uniones entre fibrillas de celulosa de una misma fibra, para permitir la unión con fibrillas de fibras contiguas. Cuando partículas de carga ocupan tales zonas de contacto, inhibiendo el enlace interfibrilar y generando enlaces fibra-carga-fibra, de menor resistencia que los del tipo fibra-fibra, la resistencia del papel al rasgado disminuye. Al incrementar la presencia porcentual de carga, se potencia el efecto antes mencionado. Además, asociado al mayor grado de refino, se produce una reducción en el largo de las fibras y una pérdida en la resistencia individual de ellas, lo que va en desmedro del índice de rasgado. La rigidización del papel producto del mayor refino también contribuye a reducir el valor de esta propiedad.

En cuanto a las propiedades ópticas, las figuras 5 y 6 muestran que la presencia de carga incrementa la blancura y la opacidad, a los grados de refino considerados. El tratamiento testigo presenta los valores menores para ambas propiedades, hecho que aparece como lógico considerando la ausencia de carga. Le siguen en orden creciente los dos tratamientos a 40°SR, con 15 y 20% de adición de carga respectivamente. Si bien en estos tratamientos se reemplazó un mayor porcentaje de fibra por sulfato de calcio, lo que se manifiesta en la mayor retención que ellos presentan, esto no se refleja en mejores propiedades ópticas. Más aún, de los tratamientos con carga, ellos presentan los valores más bajos de blancura y opacidad.

La explicación a esta aparente contradicción radica en la predominancia del efecto del refino sobre el de la carga. Como se sabe, durante el refinado las fibras van perdiendo su capacidad de reflexión, volviéndose más permeables a la luz y disminuyendo de esta forma la blancura y opacidad del papel del cual forman parte. La mayor presencia de carga no es suficiente para contrarrestar el efecto del mayor grado de refino, aunque si lo es para no permitir un mayor número de enlaces entre fibras, por lo que las propiedades mecánicas tampoco se ven favorecidas.

Los tratamientos que combinan el nivel 30°SR en refino, con los distintos porcentajes de adición de carga, presentan los mejores valores en sus propiedades ópticas, De aquí se desprende que el nivel 30°SR aparezca como óptimo, en términos de permitir que la carga ejerza su efecto, sin provocar detrimentos significativos en las propiedades mecánicas, a excepción del índice de rasgado.

La Figura 7 evidencia la relación directa que existe entre el grado de refino, el porcentaje de adición de carga y la retención de ésta. Un nivel de refino más alto produce una mayor cantidad de finos, los que al obturar los poros durante la formación del papel, permiten que un mayor número de partículas inorgánicas queden atrapadas en la hoja. Al aumentar la cantidad de sulfato de calcio presente en el sistema, el efecto anterior se manifiesta a través de una mayor retención.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

-El sulfato de calcio anhídrido es una sustancia utilizable como carga, en la fabricación de papeles para impresión y escritura que presenten en su composición un porcentaje importante de pulpa mecánica.

-Queda de manifiesto que la presencia de material inorgánico, específicamente carga, tiene un efecto negativo sobre las propiedades mecánicas, y un efecto positivo

sobre las propiedades ópticas. Tales efectos se hacen más relevantes en la medida que el reemplazo de fibra por carga es mayor; al menos dentro del rango empleado en este estudio.

-El nivel de refino que presenta los mejores resultados, tanto para las propiedades ópticas como para las físico-mecánicas, corresponde a 30° SR.

-Las condiciones de menor temperatura (20°C) y pH ácido a neutro favorecen la acción del sulfato de calcio anhídrido. Esto porque una temperatura más baja evita una sobredilución de la carga, al tiempo que un pH ácido a neutro permite la retención de partículas de granulometría más fina, lográndose un papel con mejores propiedades ópticas.

-El tratamiento que entrega los mejores resultados en sus propiedades, consideradas en su conjunto, es aquél que combina 300SR en refino, 20°C en la temperatura del agua de dilución, pH 5 y 20% de adición de sulfato de calcio anhídrido.

-A la luz de los resultados obtenidos se hacen las siguientes recomendaciones:

- a) Continuar los estudios tendientes a incorporar definitivamente al sulfato de calcio como carga para papel, lo que pasa necesariamente por realizar experiencias a nivel industrial o de planta piloto.
- b) Incluir en los ensayos al caolín, de modo de evaluar las respuestas de ambas cargas en iguales condiciones de trabajo.
- c) Operar con niveles de refino comprendidos en el rango de 25 a 35°SR.
- d) Restringir el pH al rango de 4,5 a 7.
- e) Utilizar, para el agua de dilución, temperaturas no superiores a 30°C.

- f) Incluir mayores porcentajes de reemplazo de fibra por carga; por ejemplo 15 a 40%.
- g) Evaluar la real potencialidad de producción de sulfato de calcio anhidro, ante eventuales incrementos en la demanda.

LITERATURA CITADA

Belisle, M. 1985. Influencia de un agente de retención en las propiedades del papel de impresión. Tesis de Magister en Ciencias Forestales. Universidad de Chile.

CICELPA. 1993. Apuntes II Curso Latinoamericano de Investigación y Entrenamiento en Celulosa, Pulpa y Papel. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia. 106 p.

González, J. 1989. Evaluación de una carga inorgánica para la industria del papel. Informe de Asistencia Técnica. Universidad de Chile.

Gussinyer, J. 1985. Reduction des Coûts. 380 Congrès Association Technique de L'industrie Papetière. Grenoble, Francia.

Hagemeyer, R. W. 1984. Pigments for paper. Tappi Press. U.S.A. 293 p.

Silva, R. 1995. Evaluación técnica del Sulfato de Calcio como carga para papeles de impresión y escritura. Tesis Ingeniería Forestal. Universidad de Chile.. 93 p.

Vidal, J: 1981. El sulfato cálcico como pigmento para estucado. II Congreso Latinoamericano de Celulosa y Papel. Málaga, España. pp 333-340.