

ESTUDIO DE LA RELACIÓN ENTRE LAS PROPIEDADES DEL PAPEL PRENSA RECICLADO Y EL *PRINT THROUGH*

STUDY OF RELATIONSHIP BETWEEN RECYCLED NEWSPAPER PROPERTIES AND PRINT THROUGH

Gómez, N.*; Molleda, C**.; Villar, J.C*.; Rodriguez, A.***; Vida, V**.; Quintana, E.**

*Laboratorios de Celulosa y Papel CIFOR-INIA. Ctra. de La Coruña Km 7,5. 28040 MADRID.

Teléfono: (34) 91 3476781 Fax: (34) 91 347676, e-mail: nuria@inia.es; villar@inia.es.

**Departamento de Ciencias Básicas Aplicadas a la Ingeniería Forestal; E. U.I.T. Forestal, Universidad Politécnica de Madrid. Ramiro de Maeztu s/n, 28040 – Madrid.

Teléfono: (34) 91 3367656 Fax: (34) 91 5446025, e-mail: cristina.molleda@upm.es

*** Holmen Paper Madrid, Polígono Industrial La Cantueña; C/ Papel nº 1; 28947– Madrid. Teléfono: (34) 91 6420603 Fax: (34) 916422470 e-mail: alejandro.rodriquez@holmenpaper.com

RESUMEN

Uno de los problemas más frecuentes en la impresión de papel prensa es el denominado *print through*, que consiste en la percepción visual de la imagen impresa por la cara contraria del papel. En la impresión *cold-set*, el *print through* es debido a las características físicas y ópticas del papel y a las interacciones tinta-papel.

El objetivo del trabajo ha sido evaluar la influencia de las propiedades superficiales, ópticas y estructurales del papel prensa sobre el *print through*, así como obtener un modelo que lo prediga en función de las propiedades del papel.

Para el estudio se han seleccionado diversos papeles prensa fabricados con fibra reciclada, siguiendo un diseño experimental donde las variables independientes son: la porosidad Bendtsen, la rugosidad Bendtsen y la luminosidad (L^*). Se determinaron las propiedades físicas y ópticas, antes y después de la impresión a densidad comercial. La cuantificación del *print through* se realizó utilizando diversos índices obtenidos en base a cálculos experimentales y bibliográficos.

Los diferentes índices empleados no consiguen explicar satisfactoriamente el efecto visual que genera la impresión sobre un observador. El *print through* se puede minimizar mejorando las propiedades ópticas del papel y consiguiendo impresiones uniformes.

PALABRAS CLAVES / PALABRAS-CHAVE

Print through, papel prensa reciclado, impresión *cold-set*, calidad de impresión.

ABSTRACT

One of the most frequent problems in printed newspaper is known as print through, which consists on the visual appreciation of printed image on the opposite side of paper. In cold-set printing the print through is influenced by two factors the physical and optical paper properties and the ink / paper interactions.

The objective of this study has been to evaluate the influence of surface, optical and structural properties of newspaper on print through and also to obtain a model which predicts the print through as a function of paper properties.

Different newspapers were selected according to an experimental design. The independent variables are: Bendtsen porosity, Bendtsen roughness and lightness (L^*). The physical and optical properties of paper were determined, before and after laboratory printing. The print through was determined through different indexes based on experimental calculations and literature.

The different print trough indexes did not manage to explain the printed effect in an observer. The print through can be reduced by improving the optical properties of newspaper and printing homogeneity.

KEYWORDS

Print through, recycled newspaper, cold-set printing, printing quality.

INTRODUCCIÓN

El denominado *print through* es uno de los principales defectos de calidad de impresión que presentan los periódicos. Este fenómeno consiste en la apreciación visual de la imagen impresa en una cara por la contraria. En la impresión cold-set, el *print through* es debido principalmente a la calidad del papel y a las interacciones tinta-papel. Dentro de las características del papel las que más influyen en la aparición del *print through* son sus propiedades estructurales y ópticas.

Oittinen y Saarelma (1998), Dickson et al. (2005) y Gómez et al.(2007) estudiaron el efecto que tiene la estructura de la hoja papel sobre el *print through*. En sus trabajos se establece que la macroestructura del papel, es decir el gramaje, el espesor y la rugosidad, tienen una mayor influencia sobre este defecto que la microestructura, entendiéndose por ésta, la distribución de finos y el tamaño de poros.

Entre de las propiedades ópticas del papel, la relación entre la opacidad y el *print through* ha sido la más estudiada, ya que la capacidad de un papel para no dejar pasar la luz a través de él y que la imagen impresa en una cara de la hoja no sea visible por la otra, es directamente proporcional a la opacidad del mismo. Levin y Norman (1967) y Eriksen y Gregersen (2005) afirmaron que el aumento de finos en el papel reduce el *print through* debido a un aumento del coeficiente de dispersión de la luz, aumentando, por tanto, la opacidad propia del papel.

Sin embargo, en este aspecto hay otros autores, como Grâce (1993), que opinan lo contrario. En su trabajo, se establece que un elevado contenido de finos puede provocar un aumento del *print through*. Esto es debido a que los finos reducen el tamaño medio de los poros, de tal forma que al penetrar las tintas *coldset* en la estructura de la hoja se produce una mayor saturación de los mismos. Es decir el aceite, componente mayoritario de la tintas *coldset* (más del 90 %), llena todos los espacios vacíos y hace que el coeficiente de dispersión de luz de la estructura fibrosa disminuya, provocando una disminución de la opacidad.

Estas aparentes contradicciones entre los trabajos de los diferentes autores pueden explicarse, en gran medida, por la cantidad de tinta aplicada. Si es pequeña, predomina el efecto de la opacidad, pero si es grande puede predominar el efecto de la saturación de los poros. Debido a la variación de la opacidad que experimenta el papel durante el proceso de impresión, se ha establecido que la variable óptica que

más influencia tiene en el *print through* es la luminosidad (L^*) (O'Neill et al., 2002; Gómez et al., 2007).

La composición de la tinta con la que se imprime el papel tiene una importante influencia sobre el *print through*. El secado de las tintas *coldset* se produce por la penetración de los aceites en el interior del papel quedando en superficie los pigmentos y las resinas, y la profundidad a la que llegan cada uno de los componentes depende principalmente de las propiedades del papel (Grâce, 1993; Mattila et al., 2003).

Eriksen y Gregersen (2005) establecieron que el *print through* generado en un papel prensa es proporcional a la penetración del pigmento en la estructura del papel y el efecto equivale a una disminución efectiva del espesor del papel. También la penetración del aceite en la estructura del papel tiene influencia sobre el *print through*, ya que, como se ha indicado anteriormente, provoca una disminución de la capacidad de dispersión de la luz del mismo.

Diferentes autores (Larsson y Trollsås, 1972; Grâce, 1993; Gómez et al., 2007) han establecido índices para la cuantificación del *print through*, todos ellos están basados en diferencias en las propiedades ópticas y densitométricas del papel antes y después de su impresión. Los que más han sido empleados por los diferentes autores en la cuantificación del defecto son:

- El establecido por Larsson y Trollsås (1972), basado en la distancia en el espacio $L^*a^*b^*$.

$$PT_{CIELAB} = \sqrt{(L_p - L_u)^2 + (a_p - a_u)^2 + (b_p - b_u)^2} \quad [1]$$

Donde: L, a y b: valores CIE L^* , a^* y b^*

p: papel impreso por la retira

u: papel sin imprimir.

- El establecido en la norma SCAN-P 36:02 basado en la reducción de reflectancia.

$$PT_Y = \log\left(\frac{R^\infty}{R_p}\right) \quad [2]$$

Donde: R^∞ : reflectancia del papel sin imprimir (valor de Y)

R_p : reflectancia del papel impreso por la retira (valor de Y)

Así pues, la elección del índice que cuantifique el *print through* de los papeles debe ser cocordante con la apreciación visual del defecto. Es decir, que las sensaciones que tiene el observador al examinar el impreso sean coherentes con el valor del índice empleado en su cuantificación. Algunos trabajos (Eadie et al., 1998; O'Neill, et al., 2002; Gómez et al., 2007) han hallado que no existe mucha coherencia entre el valor de estos índices y la apreciación del defecto. Un observador tiene en cuenta

además de la penetración de la tinta otros factores como la uniformidad de la mancha.

El presente estudio tiene por objetivo principal evaluar la influencia de las propiedades físico-ópticas del papel prensa sobre el problema conocido como *print through*. Como propiedades más importante en la aparición de este defecto de impresión se han elegido la rugosidad, la luminosidad (L^*) y la porosidad del papel. Con los resultados se construirá un modelo estadístico que prediga el índice de *print through* calculado a partir de las propiedades del papel. De esta forma se pretende disponer de una forma sencilla de conocer a priori el tipo de papel con mayores posibilidades de generar *print trough*.

Se pretende resolver también el problema que supone la elección de un índice de *print through* que refleje adecuadamente la percepción de observador. Para ello los índices propuestos en la literatura se cotejarán con la percepción del defecto por un grupo de observadores.

METODOLOGÍA

El estudio de la influencia de las variables: rugosidad Bendtsen (R), porosidad Bendtsen (P) y luminosidad (L^*) se ha realizado mediante un diseño experimental factorial a dos niveles 2^3 más dos puntos centrales. Esto ha supuesto un total de 10 condiciones diferentes que se corresponden con otros tantos papeles prensa.

Todos los papeles seleccionados se fabricaron a partir de fibra reciclada en un formador vertical y con un gramaje nominal de 45 g/m^2 . En el diseño experimental, los niveles teóricos de las variables independientes fueron:

- Rugosidad Bendtsen (R): entre 140 ml/min (-1) y 230 ml/min (+1).
- Porosidad Bendtsen (P): entre 165 ml/min (-1) y 390 ml/min (+1).
- Luminosidad (L^*): entre 82,0 (-1) y 84, 0 (+1).

En la práctica, no pueden encontrarse papeles que reproduzcan fielmente cada una de las distintas combinaciones de las variables independientes (el diseño experimental no es un cubo perfecto). Así por ejemplo, la combinación de baja rugosidad y alta porosidad es difícil de darse simultáneamente. Por tanto, se ha de considerar que la elección de los papeles se hará de forma que se aproximen lo más posible a cada uno de los puntos del diseño.

Una vez seleccionados los papeles en los que previamente se ha determinado la rugosidad Bendtsen (UNE 57080-2), la porosidad Bendtsen (UNE 57066-2) y la luminosidad (ISO 5631), se imprimieron en un equipo Prüfbau cuatro probetas de cada cara del papel. Todos ellos se imprimieron a una densidad comercial de 1,3.

En la impresión se utilizó una tinta coldset cian comercial suministrada por Sun Chemical. Las condiciones de ensayo fueron: dirección del ensayo longitudinal

(alimentación en bobina), disco impresor de caucho, presión de apriete del disco de 1000 N y velocidad de trabajo constante de 1 m/s.

Transcurridas 24 h de la impresión se determinó la densidad óptica de la tira en un densitómetro GRETAG D19C. Asimismo, se evaluaron las propiedades ópticas de la retina: triestímulos (X, Y, Z) (ISO 5631), los valores del sistema CIELAB (L^* , a^* y b^*) (ISO 5631) y el mottling. Para esto último se ha empleado un scanner Epson 1680 Pro y el software *Papeye* de "Only solution GMBH". Esta medida da un índice relacionado con la falta de uniformidad colorimétrica de una superficie. Por último se calculó el *print through* en cada papel aplicando las ecuaciones [1] y [2].

Para evaluar la sensación visual que genera el *print through* sobre un observador, se ha empleado el método de intercambio directo *Bubble Sort*. En él cada observador analiza todas las probetas de papel por la cara no impresa y las compara 2 a 2, de tal forma que siempre se queda con aquella que le genera menor impacto visual (menor *print through*). De esta forma, una probeta es comparada con todas y se obtiene una lista ordenada de mayor a menor impacto visual.

En este trabajo, el procedimiento se aplicó sobre los 10 papeles impresos y participaron 15 personas de diferentes entornos profesionales. La observación fue realizada en una mesa de luz "Just Norwlicht" con luz cenital y el iluminante empleado ha sido el D₅₀. Para la cuantificación se dio el valor de 1 a la probeta de mayor impacto visual y el valor de 10 a la de menor. Se realizó un promedio de los valores otorgados a cada papel por cada observador y se obtiene un nuevo índice denominado *print through observado* (PT_{Obs}), expresado como el valor entero medio.

RESULTADOS

Las propiedades físicas y ópticas medias de los papeles seleccionados se recogen en la tabla 1. En ella se muestra que no existen importantes diferencias en la rugosidad obtenida entre las dos caras, ya que la repetibilidad del método es del mismo orden que las diferencias encontradas (Seppälä, 1996). También se puede observar que ha sido imposible conseguir papeles con un valor alto de porosidad y un valor bajo de rugosidad (papeles 4 y 7), ya que estas variables están relacionadas pues los tratamiento de alisado en máquina inevitablemente cierran los poros del papel (Wicks, 1982).

Papel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Porosidad Bendtsen (ml/min)	200 (-1)	170 (-1)	263 (0)	419 (+1)	360 (+1)	339 (+1)	350 (+1)	267 (0)	205 (-1)	200 (-1)
Rugosidad Bendtsen (ml/min)										
Cara A	124 (-1)	224 (+1)	217 (0)	203 (-1)	214 (+1)	211 (+1)	225 (-1)	222 (0)	119 (-1)	218 (+1)
Cara B	125 (-1)	219 (+1)	206 (0)	225 (-1)	209 (+1)	212 (+1)	193 (-1)	187 (0)	133 (-1)	231 (+1)
L^*										
Cara A	83.12 0 (-1)	84.23 (+1)	83.53 (0)	85.07 (+1)	84.84 (+1)	82.12 (-1)	83.06 (-1)	83.41 (0)	83.97 (+1)	82.67 (-1)
Cara B	83.23 (-1)	84.28 (+1)	83.61 (0)	85.08 (+1)	84.83 (+1)	82.21 (-1)	83.15 (-1)	83.49 (0)	84.02 (+1)	82.74 (-1)

Tabla 1. Propiedades físicas y ópticas medias de los papeles. (Puntos del diseño)

En la tabla 2 se muestran los resultados de los valores de *print through* calculados con las ecuaciones [1] y [2], el obtenido en la observación visual y el mottling por la retina. Se puede observar que los papeles con un valor medio de las propiedades (puntos centrales 3 y 8) son los que mejor valor de *print through* obtienen mediante observación visual. Asimismo, todos los observadores identificaron con facilidad los papeles que les producían peor sensación visual (papeles 6 y 10) y que tienen en común un alto valor de la rugosidad y bajo valor de la L^* .

Papel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PTCIELAB										
Cara A	4,941	5,746	4,885	6,465	5,850	4,634	4,602	4,643	5,872	5,234
Cara B	5,117	5,726	5,013	6,634	6,022	4,808	4,708	4,635	6,134	5,348
PTY										
Cara A	0,0395	0,0479	0,0397	0,0544	0,0496	0,0400	0,0369	0,0389	0,0474	0,0428
Cara B	0,0458	0,0480	0,0443	0,0580	0,0527	0,0452	0,0412	0,0414	0,0515	0,0470
PTOBS										
Cara A	6	7	9	5	8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Cara B	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	2	6	8	5	1
Mottling retina										
Cara A	7,982	8,123	8,172	9,730	9,475	9,196	8,429	7,342	8,035	9,116
Cara B	8,250	8,342	7,690	9,154	9,867	9,351	8,220	7,333	8,429	9,304

Tabla 2. Resultados medios de PT_{CIELAB} , PT_Y , PT_{Obs} y Mottling retina (n.d.: no disponible el valor) Estudio estadístico.

El análisis estadístico de los resultados de PT_{CIELAB} y PT_Y se realizó por separado para cada cara del papel. Mediante análisis de varianza se detectaron aquellas variables independientes (L^* , rugosidad (R) y porosidad (P)) y sus interacciones con influencia sobre la variación del *print through*. Mediante un estudio de correlación se estableció un modelo estadístico que explica la variación del *print through* calculado con las propiedades del papel (ver tabla 3).

En la variación del PT_{CIELAB} , la única variable independiente que tiene influencia es el valor de la luminosidad del papel de origen (L^*). Por el contrario, en el PT_Y , todas las variables consideradas tienen influencia estadísticamente significativa.

Las ecuaciones de correlación para ambos índices se muestran en la tabla 3.

Índice	Ecuación de regresión	R ²
CARA A	$PT_{CIELAB} = -44,1088 + 0,59084L^*$ [3]	0.71
CARA B	$PT_{CIELAB} = -45,6965 + 0,6109L^*$ [4]	0.65
CARA A	$PT_Y = -0,3850 + 0,0006R + 0,0006P + 0,0036L^* - 0,0000030PR$ [5]	0.88
CARA B	$PT_Y = -0,1260 - 0,0004R - 0,0004P + 0,0032L^* - 0,0000021PR$ [6]	0.87

Tabla 3: Regresión: *print through* calculados frente a L^* , rugosidad (R) y porosidad (P)

DISCUSIÓN

La figura 1 muestra los valores de los índices de *print through* calculados para cada cara del papel. Se puede observar que para PT_{CIELAB} no existen diferencias importantes entre caras, mientras que estas diferencias son mayores en el PT_Y .

Los papeles que presentan un mayor valor de luminosidad de inicio (2, 4, 5 y 9) presentan unos valores mayores de *print through* independientemente del índice elegido: PT_{CIELAB} o PT_Y . Esto puede ser debido a que unos mayores valores de L^* e Y en el papel de origen suponen también, mayores reducciones en estos valores tras imprimir, pues se ha trabajado a una densidad óptica fija.

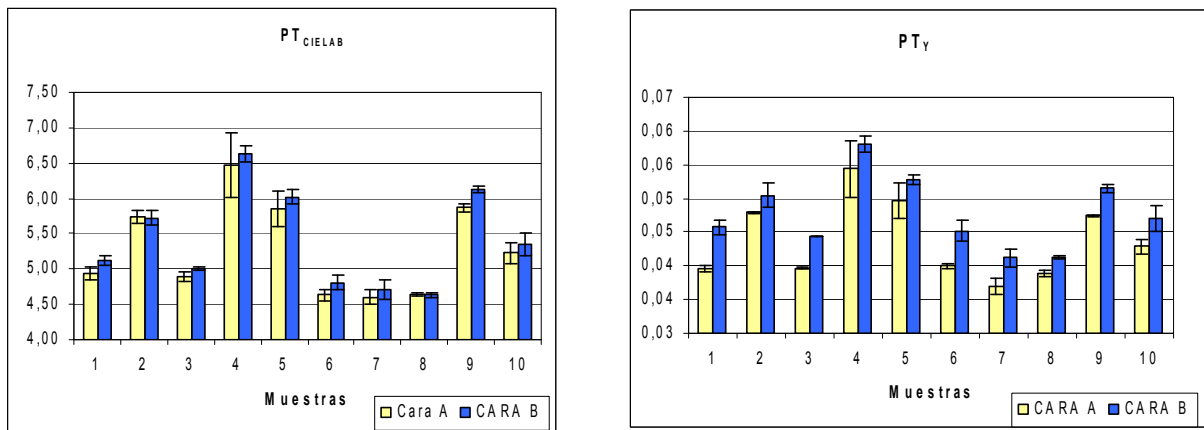


Figura 1. *Print through* calculado: PT_{CIELAB} y PT_Y para cada cara del papel.

Modelos de predicción del *print through* calculado

En la variación del PT_{CIELAB} , la luminosidad del papel L^* ha sido la única variable independiente con influencia (Tabla 3). Esta dependencia no debe deducirse de la expresión del PT_{CIELAB} (ecuación [2]) pues en ella interviene la diferencia en luminosidad (antes y después de imprimir) pero no la L^* inicial exclusivamente.

A diferencia del PT_{CIELAB} , en el PT_Y existe una influencia significativa no solo de la luminosidad (L^*), sino también de la porosidad Bendtsen (P), de la rugosidad Bendtsen (R) y de su interacción (PR). No obstante, como se desprende de los parámetros de ajuste, los coeficientes de correlación de P, R y PR son mucho menores que los de L^* y la contribución de estas variables al valor final del PT_Y es, por tanto, mucho menor.

La influencia simultánea de porosidad y rugosidad se explica porque, como es bien conocido, los principales procesos de acabado del papel de impresión (alisado, encolado,...) tienen el efecto de mejorar la lisura del papel y reducir el volumen de poros (Dooley, 2006). Puede resultar paradójico que los efectos de la porosidad y la rugosidad aparecen con efectos contrarios en las dos caras del papel. Atribuimos esta diferencia a que, como ya se ha mencionado, su contribución al *print through* calculado es de un orden de magnitud menor que la luminosidad y el ajuste

matemático solo busca un elevado R^2 sin considerar el sentido físico de los parámetros del ajuste.

Comparación entre el *print through* observado y calculado

Para estudiar la coherencia que existe entre los índices calculados de *print through* y el valor obtenido mediante la observación directa de las muestras, en la figura 2 se han representado, para cada valor de PT_{OBS} , los valores calculados PT_{CIELAB} y PT_Y que corresponden a esas condiciones de ensayo (cara A o B).

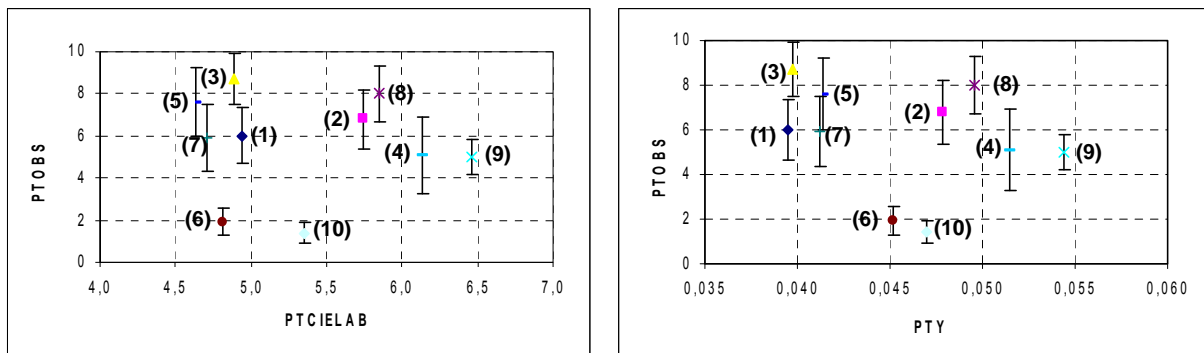


Figura 2. Relación entre el *print through* observado y calculados (PT_{CIELAB} y PT_Y).

Aunque, aparentemente, no se observa una buena correlación entre valores calculados y observados, un análisis más detallado muestra que, en ambos casos, existen dos papeles que se apartan significativamente de la tendencia general. Estos papeles (6 y 10) fueron identificados por todos los observadores como los de mayor *print through* y la coincidencia entre los observadores fue grande (dispersión baja en torno al valor medio). En el resto de papeles, la variabilidad es mayor como consecuencia de las mayores dificultades de los observadores para apreciar diferencias en papeles que no presentan tanto defecto de *print through*. Si se omiten los papeles 6 y 10 se aprecia ahora una correlación aceptable entre los valores observados y calculados. La pendiente negativa es consecuencia de que en el PT_{OBS} se dan los mayores índices a los papeles de menor *print through*.

Para tratar de explicar que es lo que un observador percibe al evaluar el *print through* y que no se considera en los índices calculados, se estudió la dependencia de los valores observados con las variables ya consideradas a las que se añadió el *mottling* de la retina. En un trabajo previo (Gómez et al. 2007) se había encontrado relación entre el *print through* y la uniformidad de la impresión, medida como *mottling*. Los resultados indicaron que el *mottling* y la luminosidad del papel explican el 76 % del *print through* observado. La ecuación de regresión resultante es:

$$PT_{Obs} = -113,17 + 1,64 \cdot L^* - 2,17 \cdot Mottling - retina \quad [7]$$

El *mottling* es un parámetro relacionado con la falta de uniformidad de las características ópticas de la superficie del papel, es decir las variaciones de tonalidades. Por tanto, se comprueba que para el observador es también importante

la uniformidad colorimétrica a la hora de evaluar el defecto de *print through*. Esto supone que aunque exista una fuerte penetración del pigmento y del barniz de la tinta en el interior del papel (alto *print through*), el observador puede apreciar este defecto en menor medida que cuando existe una penetración desigual que genera diferencias de tonalidades. Por el contrario, un aumento de la blancura en el papel va a mejorar la sensación que tiene el observador del *print through*.

CONCLUSIONES

Teniendo en consideración que todos los papeles fueron fabricados en un formador vertical, es de destacar que puedan existir diferencias en el *print through* de una cara a la otra. No obstante, esta diferencia solo ha sido detectada en algunos papeles y siempre que se aplicó en el índice PT_{γ} .

La tendencia que tiene un papel prensa a que se de en mayor o menor medida el *print through* depende de sus propiedades ópticas, especialmente la luminosidad, el parámetro con mayor influencia de los considerados en este estudio. Rugosidad y porosidad solo mostraron influencia cuando el índice considerado fue PT_{γ} .

Los índices teóricos de *print through*, no siempre consiguen explicar el efecto visual que recibe el observador. Cuando se considera además la falta de uniformidad óptica en la retina (*mottling*) se manifiesta una dependencia del *print through* observado con este parámetro. Esta dependencia supone que el aspecto uniforme de la impresión, junto a una buena luminosidad, ayuda a paliar el efecto que genera el *print through* sobre un observador

BIBLIOGRAFÍA

- Dickson A. R, Dooley N. J. and Sloane C. M. (2005). The print-through of newsprint with different sheet structure. Proceeding of 59th Appita Annual Conference and Exhibition, Aucland, New Zealand, 16-19, May 2005, vol 1 Paper 3B32, pp 275-278
- Dooley N. J. (2006). Moisture-induced roughening of news print: The effects of calendaring, fibre processing and fibre dimensions. Appita J, 59 (3) 197-201.
- Eadie D. T. D, Ford P., Stassi A., Popil R. E., MacCartu J. J. (1998). Ink and paper effects on show through in white knock out directory printing. Proceeding of International Printing and Graphic Arts Conference (IPGAC) 98 193-198.
- Eriksen Ø, y Gregersen. Ø.W. (2005). The influence of ink pigment penetration and paper structure on print through. Nordic Pulp and Paper Research Journal. 20 (2). 242-246
- Gómez, N. ; Rodríguez, A. ; Molleda, C.; Vida, V.; Villar, J.C. ; (2007) Traspaso de tintas (*print through*) en papeles prensa de fibra reciclada. Proceedings of Simposium International "Presente y Futuro de la Ciencia y Tecnología e Reciclado de Papel", Bilbao, 24-25 Mayo. 120-125.

Grâce, J.H. (1993). The Print.Through Propensity of Newsprint. Journal Pulp and Paper Science. 19 (5). 208-213.

Larsson, L.O. and Trollsås, P.O. (1972). Genomtrycket och dess komponenter, Svensk Papperstidn. 75 (8), 317-321.

Levlin, J. E. and Nordman, L. (1967) On the penetration of ink into paper, Paper Marker 154 (4), 64.

Mattila, U.; Tahkola, K.; Nieminen, S. and Kleen, M. (2003) Penetration and separation of coldset ink resin and oils in uncoated paper studied by chromatographic methods. Nordic Pulp and Paper Research Journal. 18 (4) 413-420

O'Neill, M.; Jordan, B. and Aspler, J.; (2002) Predicting subjective print-through in uncoated woodfree papers printed by heatset offset, Proceeding of 11 th International Printing and Graphic Arts Conference, 1. Bordeaux Lac, France.

Oittinen P y Saarelma, H. (1998). Printing. Papermaking Science and Technology. Vol 13, Capítulo 9; Fapet Oy. Finlandia. ISBN 952-5216-13-6.

Seppälä E., Alava, M. y Niskanen, K. (1996) Paperi Puu 78, 8, 446

Wicks, L. (1982) "The influence of pressing on sheets two-sidedness", Proceeding of TAPPI Engineering Conf. Tappi Press, Atlanta, Book 1, 3-8.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó con cargo a los proyectos CTQ 2004-01312 financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia y S-0505/AMB-0100 (PROLIPAPEL) financiado por la Comunidad de Madrid. Agradecemos al personal que ha colaborado en la realización de este trabajo del laboratorio de pasta y papel del CIFOR y de Holmen Paper-Madrid.