

Ingeniería

Revista de la Universidad de Costa Rica
ENERO/DICIEMBRE 2000 - VOLUMEN 10 - Nº 1 y 2



SUGERENCIA PARA LA NORMALIZACIÓN DEL PAPEL BOND BLANCO DE 75 g/m² USADO EN COSTA RICA

*María Lorena Blanco R.¹
Jennifer Ruiz P.²*

RESUMEN

Se propone la norma para el papel bond blanco grado 4 de 75 g/m² usado en Costa Rica, con base en el estudio de 14 muestras de papel obtenidas cada una de lotes de más de 1000 resmas cada uno, ofrecidas por proveedores locales y provenientes de diversos países del mundo.

Se determinaron las propiedades físicas, mecánicas, químicas, superficiales y ópticas mediante procedimientos aceptados en el ámbito mundial y los resultados promedio, junto con las desviaciones estándares, tratados mediante el proceso estadístico de estimación de intervalos de confianza.

Los resultados obtenidos consisten en el gran promedio, la desviación estándar experimental de la media, la desviación estándar estimada de la población y los límites del intervalo de confianza al 99% para cada una de las propiedades estudiadas. Con los resultados y la experiencia obtenida en el Laboratorio de Productos Forestales, se presenta como conclusión la propuesta para generar la norma nacional para papel bond blanco grado 4 de 75 g/m²; constituyéndose así en un aporte para la normalización nacional del sector papelerero y su uso queda restringido a las leyes de derechos de autor.

SUMMARY

It's propose the norm for white bond paper grade 4 of 75 g/m² used in Costa Rica, with base in the study of 14 paper samples obtained each one of lots of more than 1000 reams each one, offered by local suppliers and coming from diverse countries of the world.

The physical, mechanical, chemical, superficial and optical properties were determined by means of procedures accepted in the world environment and the results average, together with the standard deviations, they were treated using the statistical procedure of estimation of the confidence intervals.

The obtained results consist on the grand average, in the experimental standard deviation of the mean, the population's estimated standard deviation and the limits of interval of trust at 99% for each one of the properties of study. With the results and the experience obtained in the Laboratorio de Productos Forestales, it's presented as conclusion the proposal to generate the national norm for white bond paper grade 4 of 75 g/m², being constituted this way a contribution for the national normalization of the paper sector and their use is restricted to the author's rights.

1. INTRODUCCIÓN

El papel bond es uno de los grados de papel de impresión y escritura más usados en Costa Rica, se distingue por su alta resistencia, durabilidad y permanencia. A pesar de ser un típico papel de escritura, casi todos sus grados están sujetos a alguna forma de impresión antes de utilizarlos: papeles membretados,

formularios, fórmulas continuas, etc., lo que implica que también deben poseer buenas cualidades de impresión.

Originalmente, fue fabricado a partir de algodón, y diseñado para la escritura e impresión de bonos, títulos y documentos legales, pero ahora se utiliza también para

¹ M. Sc., prof. Escuela de Ing. Química; investigadora, Lab. Productos Forestales, UCR.

² Ing., estudiante de doctorado, University Texas A&M.

correspondencia comercial, otros tipos de impresos y escritura.

Debido a la amplia gama de aplicaciones que posee el papel bond, actualmente se fabrica de algodón, pasta química blanqueada y/o fibras maderables tratadas químicamente, en intervalos básicos de 13 a 24 libras (17 x 22 in-500) e incluye papel tamaño carta o legal, folios o rollos [Kouris, 1996].

Las materias primas y el tratamiento que se le da a éstas son similares a los utilizados para fabricar papeles moneda y registro, pero los gramajes son superiores [Asenjo, 1992]. Sus propiedades físicas incluyen buena capacidad de impresión y borrado, blancura, limpieza, acabado uniforme, alta durabilidad, alta permanencia, superficie libre de grúmulos y pelusas, además de una buena formación.

(ICAITI, 1982) clasifica el papel bond en cuanto a sus características de uso en los siguientes grados:

GRADO 1. PAPEL BOND PERMANENTE Y DURABLE.

Es la calidad de papel cuyos caracteres impresos o escritos en él no se borran con facilidad, y por lo mismo es el adecuado cuando se requiere permanencia. Es apropiado para impresión tipográfica de la más alta calidad, impresión offset y estampado por matriz también puede usarse para escritura con pluma y tinta y para máquina de escribir.

GRADO 2. PAPEL BOND SEMI-PERMANENTE Y DURABLE.

Es la calidad de papel cuyos caracteres impresos o escritos en él no se borran con facilidad, y por lo mismo es el adecuado cuando se requiere semipermanencia. Al igual que el anterior es apropiado para impresión tipográfica de alta calidad, impresión offset y estampado por matriz. También puede usarse para escritura con pluma y tinta y para máquina de escribir.

GRADO 4. PAPEL BOND SEMI-PERMANENTE.

Es la calidad de papel cuyos caracteres impresos o escritos en él no se borran con facilidad, y por lo mismo es el adecuado cuando se requiere semipermanencia. Es apropiado para impresión tipográfica de alta calidad, e impresión offset en ambos lados; puede usarse para escritura con pluma y tinta y para máquina de escribir.

GRADO 7. PAPEL BOND PARA PROPÓSITOS ESPECIALES.

Es la calidad de papel que posee buena resistencia al borrado. Es apropiado para impresión tipográfica y para uso con duplicador offset; así como para rayado a máquina, escritura con pluma y tinta y para máquina de escribir.

Algunas especificaciones para las propiedades del papel bond grado 4 se detallan en el Cuadro No. 1.

Cuadro No. 1. Especificaciones para el papel bond de 75 g/m² grado 4.

PROPIEDAD	ICAITI 46 027-82	ASTM D-3460-96
PROPIEDADES FÍSICAS		
Gramaje base húmeda (g/m ²)	75 ± 5%	75 ± 5%
Espesor promedio (µm)	± 8 µm	± 13 µm
Permeabilidad al aire Gurley (s/100 ml)	--	--
Permeabilidad al aire Sheffield	Mínimo	Mínimo
Lisura Bekk	--	Mínimo 15-50
Absorción de agua Cobb (g/m ²)	Mínimo cada lado 25	--
PROPIEDADES ÓPTICAS		
Brillantez (%)	Mínimo	Mínimo 79
Opacidad (%)	Mínimo 82	Mínimo 84
PROPIEDADES MECÁNICAS		
Resistencia a la explosión (kPa)	--	Mínimo 117
Rasgado 1 hoja cada lado (mN)	Mínimo 441	--
PROPIEDADES QUÍMICAS		
pH (adimensional)	Mínimo 4,8	Mínimo 4,7

Fuente: (ASTM, 1996), (ICAITI, 1982)

En Costa Rica todo el papel bond que se utiliza se importa; de acuerdo con la Dirección General de Estadística y Censo, en 1995 se importó un total de \$1.984.519,00 que equivalen a 1.619.736 kilos de papel bond para escritura en rollos y en hojas, provenientes de países como Brasil, Colombia, El Salvador, Finlandia, Alemania, México y Estados Unidos, siendo este último el de mayor contribución con 1.064.342 kilos. Para 1996 los valores se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro No. 2. Exportaciones e importaciones de papel bond en 1996

País de procedencia	Monto (US \$)	Cantidad (kg)
IMPORTACIÓN		
Argentina	288.212	190.221
Brasil	91.077	124.061
Canadá	13.408	15.022
Colombia	55.702	61.028
El Salvador	71.991	80.145
Alemania	44.212	33.234
México	215.893	159.072
Panamá	1.230	508
España	10.190	9.695
Estados Unidos	1.969.862	2.312.559
Venezuela	60.447	84.126
TOTAL	2.822.224	3.069.671
EXPORTACIONES		
El Salvador	1.367	636
Nicaragua	34.666	27.012
Estados Unidos	361	38
TOTAL	36.394	27.686

Fuente: (Dirección General de Estadística y Censos, 1996)

2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Se trabajó con ocho muestras de papel bond de 75 g/m² grado 4, tomadas en forma aleatoria de muestreos aleatorios realizados a lotes de más de 1000 resmas cada uno, provenientes de ocho proveedores distintos.

Se utilizaron los resultados históricos de seis ofertas, y ensayos que fueron realizados por el Laboratorio de Productos Forestales (LPF) entre los años 1996 y 1997, los cuales por este motivo no presentan resultados en todas las propiedades estudiadas en este informe.

Las muestras se obtuvieron al aplicar el plan II de muestreo descrito en T-400 y los ensayos se efectuaron siguiendo los procedimientos descritos en TAPPI (1996). De estos últimos, se realizaron los siguientes: gramaje (T410); humedad (T412); espesor (T411); pH con extracción en caliente (T435); resistencia a la explosión (T403); resistencia a la tensión (T404); opacidad tanto en fondo blanco como en fondo papel (T425); brillantez (T452) y resistencia al rasgado (T414).

Para los ensayos de lisura Gurley y de permeabilidad al aire Gurley se siguieron los procedimientos descritos por (BLANCO,

1995). Los especímenes de ensayo se acondicionaron en una atmósfera controlada a una humedad relativa de $50\% \pm 2\%$ y una temperatura de $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$, de acuerdo con (T402).

La validación de los resultados está sustentada en un programa de calibración continua y de aseguramiento de la calidad con que cuenta el LPF. Los equipos están certificados por el Laboratorio de Control de Calidad, Normalización y Metrología (LABCAL) y por los resultados obtenidos a lo largo de cuatro años de participar en un Programa Interlaboratorial desarrollado por el Instituto de Pesquisas do Estado de São Paulo (IPT) del Brasil, en el cual participan más de 60 laboratorios. Por lo tanto, los equipos utilizados en este estudio poseen confirmación metrológica.

Cada una de las catorce muestras proporciona un resultado promedio, éste se obtiene de tres repeticiones en el caso de propiedades químicas, de gramaje y de las diez repeticiones para las propiedades físicas, mecánicas, ópticas y superficiales.

La información obtenida de las pruebas de laboratorio proporciona un valor para cada propiedad que resulta del promedio de por lo menos tres repeticiones de la medición. Este se denomina media de cada muestra de propiedad para cada oferta y se calcula usando la siguiente ecuación:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (1)$$

donde: n representa el número de repeticiones.

La desviación estándar experimental o muestral se calcula a partir de las mediciones experimentales parte de la variación entre muestras, de la siguiente forma:

$$S(X) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X - X_i)^2}{n-1}} \quad (2)$$

A partir de lo anterior se puede establecer una desviación global de las propiedades del papel cuando son sujetas a medición, la cual se calcula usando la ecuación siguiente y considerando todas las ofertas que fueron analizadas en el laboratorio:

$$S(X) = \sqrt{\frac{(k_1-1)S_1^2 + (k_2-1)S_2^2 + \dots + (k_n-1)S_n^2 + \sum_{i=1}^n (k-1)}{\sum_{i=1}^n (k-1)}} \quad (3)$$

Con los promedios experimentales de las diferentes ofertas se calcula un gran promedio para cada propiedad, que representa el valor de la propiedad que tiene el papel que se vende en el país. Para calcular estas medias de la población se utilizó en todos los casos la ecuación:

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{X}_i}{n} \quad (4)$$

donde: n se refiere al número de ofertas.

La desviación estándar entre ofertas o de la población, se interpreta como la variación que existe de un fabricante a otro del mismo tipo de papel en una propiedad en particular, como puede ser el espesor o la permeabilidad. A partir de los valores promedio para cada propiedad de todas las ofertas disponibles, se calcula la desviación tal como lo sugiere Bader [Junio 1980] usando la ecuación:

$$\sigma(\bar{X}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\mu - \bar{X}_i)^2}{n-1}} \quad (5)$$

donde: n se refiere al número de ofertas.

Para calcular los valores extremos de los intervalos de confianza, se utilizó la definición de Miller [1993], de allí se tiene que:

$$\mu(\bar{X}) - z_{\alpha/2} \frac{\sigma(\bar{X})}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \mu(\bar{X}) + z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (6)$$

Se utiliza como referencia la curva de distribución normal porque en todos los casos se trabaja con al menos 40 datos experimentales para cada propiedad. De los promedios experimentales de las catorce muestras se calcula un gran promedio y una desviación estándar de la población. A partir de estos datos y utilizando la curva de probabilidad normal, se estiman los intervalos para un 99% de confianza con el fin de dar mayor amplitud al intervalo, procurando que

éste se adecue lo más posible a los resultados prácticos.

3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados de los ensayos donde con la información adicional recopilada en el Laboratorio, se muestran en los cuadros No. 3 y 4; "X" corresponde al valor promedio de la propiedad y "S" a la desviación estándar.

En el cuadro No. 5 se presenta el gran promedio y la desviación estándar de la población para cada una de las propiedades ensayadas; además los límites inferior y superior de los intervalos para un 99% de confianza y la desviación estándar experimental de la media.

Cuadro No. 3. Propiedades físicas, químicas y superficiales obtenidas para papel bond blanco grado 4 de 75 g/m²

PROPIEDAD	MUESTRAS														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Gramaje en base húmeda (g/m ²)	X	76,5	75,7	75,7	75,9	74,2	77,4	76,9	75,4	77,2	76,4	76,2	76,3	78,8	77,1
	S	0,2	0,3	0,4	0,1	0,2	0,1	0,5	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,1	0,1
Humedad en base húmeda (%)	X	6,33	6,27	6,52	6,51	6,00	5,77	---	---	5,87	---	5,37	5,18	6,30	6,38
	S	0,07	0,11	0,02	0,06	0,58	0,22	---	---	0,18	---	0,16	0,18	0,14	0,03
Espesor promedio (µm)	X	99	98	104	90	99	103	101	99	100	100	100	98	103	101
	S	1	1	2	1	1	1	1	1	1	0	0,5	0,5	1	1
Densidad aparente (kg/m ³)	X	779	792	738	758	764	732	765	772	757	764	769	783	765	772
	S	8	9	18	12	10	8	11	8	11	3	6	7	10	6
Permeabilidad al aire Gurley (s/100ml)	X	14,2	14,3	11,8	9,8	7,7	11,2	8,6	10,6	15,5	10,6	---	---	---	---
	S	1,8	1,5	1,2	0,9	0,7	0,7	1,2	1,3	3,0	0,7	---	---	---	---
Lisura Gurley (s/50ml)	X	51,22	44,30	---	---	---	---	50,00	50,33	60,00	---	48,12	53,60	47,90	43,88
	S	6,57	6,27	---	---	---	---	10,00	8,70	9,80	---	7,76	7,05	4,31	6,90
pH (adimensional)	X	6,44	5,18	5,01	9,72	9,56	9,62	9,94	9,87	9,98	9,02	5,55	4,92	9,73	8,10
	S	0,06	0,05	0,01	0,01	0,04	0,01	0,08	0,10	0,04	0,05	0,07	0,06	0,06	0,01

Cuadro No. 4. Propiedades mecánicas y ópticas obtenidas para papel bond blanco grado 4 de 75 g/m²

PROPIEDAD	MUESTRAS													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Resistencia a la explosión (kPa)	X	185	185	184	159	172	168	158	167	157	---	---	---	145
	S	26	36	15	13	9	22		18	15	---	---	---	10
Resistencia a la tensión longitudinal (kN/m)	X	4,85	4,73	4,22	4,29	4,33	4,20	4,16	3,53	---	---	---	---	---
	S	0,14	0,32	0,14	0,21	0,28	0,22	0,18	0,27	---	---	---	---	---
Resistencia a la tensión transversal (kN/m)	X	1,56	1,59	2,79	1,86	2,04	1,55	1,66	1,65	---	---	---	---	---
	S	0,05	0,06	0,12	0,06	0,08	0,05	0,10	0,11	---	---	---	---	---
Resistencia al rasgado longitudinal (mN)	X	552	526	852	531	718	759	752	650	---	423	597	527	340
	S	53	37	53	24	45	57	73	46	---	17	69	58	34
Resistencia al rasgado transversal (mN)	X	725	719	768	639	777	915	813	727	---	513	650	588	369
	S	46	51	49	23	38	80	69	37	---	25	67	63	40
Opacidad fondo blanco (%)	X	---	---	88,5	85,0	86,6	90,0	88,9	89,9	87,0	87,1	---	---	---
	S	---	---	1,3	1,8	3,0	1,0	3,5	1,7	1,4	0,8	---	---	---
opacidad fondo papel (%)	X	88,4	88,3	89,7	86,1	87,7	91,2	90,2	91,1	88,3	---	---	---	---
	S	1,0	1,2	0,8	1,0	1,5	0,5	2,1	1,4	1,4	---	---	---	---
Brillantez (%)	X	81,6	80,9	81,0	83,0	84,0	81,8	81,2	83,2	78,1	78,6	80,0	---	82,1
	S	0,1	0,3	0,2	0,3	0,0	0,3	0,5	0,2	0,3	0,0	0,2	---	0,2

Cuadro No. 5. Propiedades del papel bond blanco grado 4 de 75 g/m² distribuido en Costa Rica, medidas a 50% de humedad relativa y 23 °C

PROPIEDAD	$\mu(\bar{X})$	$\sigma(\bar{X})$	$S(\bar{X})$	Intervalo de confianza 99%	
				Inferior	Superior
PROPIEDADES FÍSICAS					
Gramaje en base húmeda (g/m ²)	76,4	1,1	0,3	75,6	77,2
Humedad en base húmeda (%)	6,05	0,45	0,22	5,70	6,40
Espesor promedio (μm)	100	3	1	97	101
Densidad aparente (kg/m ³)	765	16	10	754	776
Permeabilidad al aire Gurley (s/100ml)	11	3	2	9	14
PROPIEDADES SUPERFICIALES					
Lisura Gurley (s/50ml)	50	5	8	46	54
PROPIEDADES QUÍMICAS					
Extracto en caliente (pH)	8,05	2,11	0,06	6,60	9,50
PROPIEDADES MECÁNICAS					
Resistencia a la explosión (Kpa)	168	14	21	157	179
Resistencia a la tensión longitudinal (kN/m)	4,29	0,40	0,24	3,93	4,65
Resistencia a la tensión transversal (kN/m)	1,84	0,42	0,09	1,46	2,22
Resistencia al rasgado longitudinal (mN)	602	149	52	491	713
Resistencia al rasgado transversal (mN)	684	145	54	576	792
PROPIEDADES ÓPTICAS					
Opacidad sobre fondo blanco (%)	88,0	1,7	2,1	86,4	89,6
Opacidad sobre fondo papel (%)	89,0	1,7	1,4	87,6	90,5
Brillantez (%)	81,3	1,8	0,3	80,0	82,6

4. PROPUESTA: "ESPECIFICACIONES PARA EL PAPEL BOND BLANCO GRADO 4 DE 75 g/m²"

Requisitos generales:

- El papel debe tener propiedades típicas de imprimibilidad, facilidad de borrado, blancura y limpieza; además, acabado, textura, espesor y formación uniformes.
- El papel debe estar libre de manchas, polvo, pelusas, suciedad, arrugas, dobleces y otras malformaciones o partículas que afecten adversamente su conversión para el uso final.
- El papel debe estar cortado con todas las esquinas en ángulo recto; poseer bordes limpios y lisos libres de marcas de cuchillas; debe estar plano, sin ondas ni orillas levantadas.
- El sentido de fabricación debe ser especificado por el comprador, para lo que se acostumbra cortar el papel con el lado más largo en el sentido de la fibra.
- Debe especificarse si el color es blanco o algún otro en particular.
- El material debe estar empacado con materiales resistentes a la absorción de humedad, a menos que se especifique otra cosa. Cuando se trate de resmas deben contener en promedio 500 hojas o pliegos.
- Cada empaque debe tener indicado en el lado externo: tipo, grado, dimensiones, color, dirección de la fibra y el gramaje del papel. Las dimensiones y el gramaje deben estar en las unidades del Sistema Internacional de Medidas.
- Cuando se inspeccione un lote en el lugar de la entrega, el muestreo debe hacerse siguiendo el Plan II de la Norma T 400 (TAPPI, 1996) y los análisis realizados de

acuerdo con los métodos listados en las Tablas No. 1, 2 y 3 del mismo plan.

- En caso de que corresponda a cuartos de impresión sin acondicionamiento de aire, la humedad del papel al momento de su entrega debe estar prácticamente en equilibrio con las condiciones de temperatura y humedad relativa prevalcientes en el lugar de la entrega.

Requisitos técnicos medidos a 50±2% de humedad relativa y 23±2 °C :

- El gramaje nominal debe ser de 75 g/m² con una tolerancia real de ± 5%.
- El espesor nominal debe ser 100 µm con una tolerancia de ± 10 µm.
- La lisura Gurley debe estar entre 45 y 55 s/50 ml.
- El extracto en agua caliente del papel debe tener un pH mínimo de 6,0.
- Las resistencias mecánicas deben ser: a la tensión longitudinal mínima de 4 kN/m; a la explosión mínima de 120 kPa y al rasgado en ambas direcciones mínima de 450 mN.
- La brillantez mínima debe ser de 80% y la opacidad mínima de 85%
- No se especifican: humedad, densidad aparente, permeabilidad al aire y resistencia a la tensión transversal.

4. BIBLIOGRAFÍA

- [1]. ASENJO, P. L.; BARBADILLO, P.; MONFORT, P.G. Diccionario terminológico Iberoamericano de celulosa, papel y cartón y sus derivados. Instituto Papelero Español, 1992.
- [2]. ASTM. *Standard specification for white watermarked and unwatermarked bond*,

- mimeo, spirit duplicator, xerographic, and laser printer cut-sized office papers. In: 1996 Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia, Vol. 15.09, p.405-408., 1996.*
- [3]. BADER, M.E. *Quality assurance and quality control. Part I: Specifications In: Chemical Engineering*, Feb. 11, 1980, p. 87-92.
- [4]. BADER, M.E. *Quality assurance and quality control. Part II: The quality-control laboratory. In: Chemical Engineering*, April 7, 1980, p. 89-93.
- [5]. BADER, M.E. *Quality assurance and quality control. Part III: Using statistics. In: Chemical Engineering*, Jun. 16, 1980, p. 123-129.
- [6]. BADER, M.E. *Quality assurance and quality control. Part IV: Complying with government regulations. In: Chemical Engineering*, Aug 25, 1980, p. 95-97
- [7]. BLANCO, M. L. Manual de instrucciones del densímetro Gurley. Modelo PGH-T, Permeabilidad, lisura y suavidad en papel y cartón. (TRADUCCIÓN). INII-106-95, Laboratorio de Productos Forestales, Instituto de investigaciones en Ingeniería, Universidad de Costa Rica. (1995).
- [8]. BLANCO, M. L. Manual de instrucciones del Medidor de Cobb. Absorción de agua en papel y cartón. (TRADUCCIÓN). INII-107-95, Laboratorio de Productos Forestales, Instituto de investigaciones en Ingeniería, Universidad de Costa Rica. (1995).
- [9]. BLANCO, M. L. Medidor de espesor (ESP/DM) para papel y cartón. (TRADUCCIÓN). INII-108-95, Laboratorio de Productos Forestales, Instituto de investigaciones en Ingeniería, Universidad de Costa Rica. (1996).
- [10]. ICAITI. *Papel bond registro. Especificaciones. Propuesta de Norma Centroamericana ICAITI 46027.* Guatemala, octubre 1982. 8p.
- [11]. KOURIS, M. (EDITOR). Dictionary of paper. Tappi Press, Atlanta, 1996. 347p.
- [12]. SCOTT, W. E.; ABBOTT, J. C. TROSSET, S. Properties of paper: an introduction. Tappi Press, Atlanta, 1989. 191p.
- [13]. TAPPI. Tappi Test Methods 1995-1996. TAPPI PRESS. Atlanta, 1996.

5. NOMENCLATURA

n	Valor enésimo de una muestra o oferta
$S(X)$	Desviación estándar muestral o experimental
$S(\bar{X})$	Desviación estándar experimental de la media
X	Valor de una propiedad
\bar{X}	Media de la propiedad
Z	Valor de normalidad
α	Grado de significancia
μ	Gran promedio o promedio de la población
σ	Desviación estándar estimada de la población