

TABLEROS BAGAZO-YESO

ESTUDIO PRELIMINAR DE PARAMETROS DEL PROCESO

JOSE L. VALDES*, JULIO PUIG*, ALFREDO TORRES*, MARIA E. RODRIGUEZ*
RAUL PRADO**

- * INSTITUTO CUBANO DE INVESTIGACIONES DE LOS DERIVADOS DE LA CANA DE AZUCAR (ICIDCA)
- ** CENTRO TECNICO DE LA CONSTRUCCION Y LOS MATERIALES (CTCM).

Resumen

La tecnología de producción de tableros de partículas aglutinados con yeso representa el desarrollo más reciente, con concreción industrial, dentro del campo de los aglomerados destinados a la construcción.

Dado el marcado interés mundial que existe por desarrollar nuevos materiales y técnicas constructivas económicas, se pronostica un futuro prometedor para este producto. Se reporta en este trabajo información básica sobre el comportamiento del bagazo como material lignocelulósico para esta tecnología. Se evalúa el comportamiento de los extractivos acuosos del bagazo sobre el fraguado del yeso, así como de los parámetros relación bagazo-yeso y agua-yeso sobre la resistencia a la flexión estática de tableros experimentales.

Se demuestra la factibilidad de emplear bagazo como materia prima para la elaboración de tableros aglutinados con yeso.

Abstract

In the particleboard field for construction purposes, gypsum boards stand the latest development that have had industrial concretion.

A promising future for this product is augured due to high world interest in producing and promoting new materials and economic constructive techniques.

In this paper, basic information about the use of bagasse for this purpose is reported. The behaviour about water bagasse extractives effect in gypsum setting as well as bagasse-gypsum ratio and water-gypsum ratio parameters on the bending strength of experimental boards are evaluated.

The feasibility of sugar cane bagasse employment for producing gypsum boards is demonstrated.

Introducción

La tecnología de obtención de tableros de partículas aglutinadas con yeso ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$) mediante el proceso *semi-seco*, representa el logro más reciente alcanzado dentro del campo de los productos aglomerados destinados a la construcción, completando así una trilogía de productos aglomerados con aglutinantes inorgánicos (cemento, magnesita y yeso). Desarrollada en Alemania, su principio fundamental se basa en la unión de partículas de materiales lignocelulósicos

(hasta el presente madera) con yeso y agua, sometiendo dicha mezcla, previa dosificación en forma de colchones, a un proceso de compresión (prensado). Como aspecto novedoso, se menciona que presenta considerables reducciones de las cantidades de agua a emplear (hasta 70 %) y de los requerimientos energéticos (hasta 50 %), referidos a las tecnologías tradicionales que utilizan yeso^{1,2}.

Se reporta en la literatura la producción industrial exitosa de una planta en Finlan-

dia así como la instalación de otra fábrica en Noruega^{3,4,5}.

El marcado interés que existe en el mundo actualmente, del cual nuestro país no está exento, por desarrollar nuevos materiales y técnicas constructivas permiten predecir un futuro favorable a este producto, toda vez que posee importantes ventajas técnico-económicas⁶.

En Cuba, el recurso fibroso más abundante es el bagazo de la caña de azúcar, no disponiéndose hasta el presente de suficiente información sobre su comportamiento para estos fines.

En un trabajo anterior reportamos las propiedades alcanzadas en experiencias iniciales a escala de laboratorio⁷, demostrando la factibilidad de empleo de esta materia prima.

El presente estudio amplía esta información básica preliminar al evaluar el efecto de los extractivos acuosos del bagazo sobre el tiempo de fraguado del yeso, así como el comportamiento de la resistencia a la flexión estática en función de algunos parámetros del proceso (relación bagazo-yeso y agua-yeso).

Los objetivos a estudiar fueron:

- Influencia de los extractivos en agua del bagazo sobre los tiempos de fraguado del yeso. Se evaluaron 3 tipos de bagazo y 1 tipo de yeso.

Tipos de bagazo:

Bagazo I. Bagazo desmeollado y almacenado en humedo en el ICIDCA. Tiempo de almacenamiento > 1 año.

Bagazo II. Bagazo desmeollado y presecado almacenado en pacas. Tiempo de almacenamiento < 1 año.

Bagazo III. Bagazo desmeollado fresco.

Yeso. Proveniente de Canasi, Provincia Habana.

- Comportamiento de la resistencia a la flexión estática en función de las variables; relación bagazo-yeso y agua-yeso, mediante la elaboración de tableros a pequeña escala.

El plan experimental consistió:

X₁ Relación bagazo-yeso = 0,5; 0,286; 0,2

X₂ Relación agua-yeso = 0,3; 0,4; 0,5

Determinación de los tiempos de fraguado

10 g de bagazo (base seca) de cada tipo previamente molido y clasificado (entre tamices con abertura entre 0,315 mm y 0,125 mm) se colocan en un recipiente conteniendo 150 cm³ de agua destilada; se mantiene agitación magnética durante 30 min. El extracto obtenido se filtra, lavando el bagazo y completando nuevamente el volumen (150 cm³).

La medición de los tiempos de fraguado, según la técnica convencional de la aguja de Vicat, se realizó añadiendo 300 g de yeso a los 150 cm³ de extracto obtenidos anteriormente para cada muestra ensayada. Se tuvo especial cuidado en homogenizar bien las mezclas, empleando tiempos de mezclado (manual entre 1 y 1,5 min).

Se realizó además una muestra patrón de 300 g de yeso y 150 cm³ de agua destilada, sobre la cual referir los incrementos en el tiempo de fraguado.

Además de estos ensayos se evaluó la temperatura de hidratación de mezclas de extracto acuoso de bagazo con yeso y el pH del bagazo, resultados que serán expuestos próximamente.

Los procedimientos descritos son comparables, con ligeras variaciones, a los reportados por Simatupang^{8,9}.

Elaboración de tableros bagazo-yeso

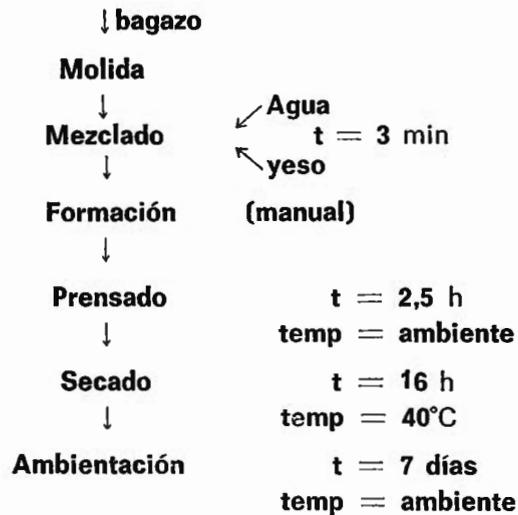
Para producir los tableros experimentales se utilizó bagazo en pacas (desmeollado y presecado) con un tiempo de almacenamiento de cerca de 1 año. Este se procesó en un molino de martillos para reducir su tamaño, alcanzando una composición fraccional:

2 mm	1 mm	0,5 mm	0,2 mm	Colector
4,1	25,6	38,1	24,8	7,4

En este primer trabajo se elaboraron tableros de una capa, para acortar los tiempos de proceso y evitar el endurecimiento del material antes del prensado, ya que no se utilizó ningún retardador del fraguado.

El tiempo promedio transcurrido desde la adición del yeso a la mezcla de bagazo y agua hasta el prensado de los colchones fue de 10 min, por lo que la condición anterior fue satisfecha.

Se presenta el procedimiento de trabajo en el esquema siguiente:



El cálculo de los tableros se realizó de acuerdo al método tradicional para aglutinantes inorgánicos, teniendo en cuenta como particularidad el agua de hidratación del yeso⁹. La densidad teórica de cálculo fue $1\,100\text{ kg/m}^3$ y las dimensiones $300 \times 300 \times 10\text{ mm}$.

Las variables estudiadas, así como su rango, ya fueron descritas con anterioridad. Se ensayó como respuesta la resistencia a la Flexión estática (MOR) evaluada según la norma cubana NC 43-08:89. El resto de las propiedades (espesor, densidad, humedad) también se realizaron según las normas cubanas de la serie NC 43-08:89. Todas estas técnicas son comparables con las normas DIN.

Resultados

Los valores porcentuales alcanzados en las pruebas de tiempo de fraguado para diferentes mezclas, referidos a la muestra agua-yeso, se indican en la tabla 1.

Los resultados de la tabla 1 comparan con los reportados por Simatupang⁹ para los azúcares, así como para los extractos de abeto, alerce y abedul con un efecto muy ligero de retardo. Se observa también una dependencia directa entre el contenido de azúcares en el bagazo y la afectación en el tiempo de fraguado final (Extracto III > Extracto II > Extracto I).

Tabla 1. Variaciones del tiempo de fraguado referidos a la mezcla de ensayo agua-yeso en por cientos.

Mezcla a ensayar	Tiempo de fraguado Inicial (%)	Tiempo de fraguado final (%)
Agua-yeso	75	100
Extracto I-yeso	75	110
Extracto II-yeso	69	116
Extracto III-yeso	75	123

Es bueno señalar en este punto que estos efectos de retardo son prácticamente imputables al contenido de azúcares en los extractos de bagazo, dado que estos poseen muy bajo contenido de fenoles simples, flavonoides y ácidos grasos^{10,11}.

Las propiedades físico-mecánicas de los tableros elaborados se exponen en la tabla 2.

Para la obtención del modelo matemático descriptor del fenómeno y con buen ajuste fue necesario incluir la densidad como variable independiente (X_3), ya que fue imposible mantenerla constante a lo largo de la investigación (errores de manipulación, heterogeneidad del bagazo, celeridad en la formación manual de los tableros, etc.)

El modelo encontrado fue el siguiente:

$$\text{MOR} = 26,607 X_1 - 14,287 X_2 + 0,0037 X_3 - 29,884 X_1^2 + 14,863 X_2^2$$

$$\begin{aligned} \text{Coef. corr.} &= 0,997 & \text{error std.} \\ & & \text{estimación \%} = \\ & & = 0,34 \end{aligned}$$

Esta ecuación es muy parecida a la encontrada por Lempfer¹² para tableros elaborados con partículas de pino, aunque en nuestro caso el ajuste fue superior sin incluir el término constante.

Se observa, de igual forma, la dependencia lineal y significativa del MOR con la densidad (X_3), resultado esperado para este material (producto aglomerado lignocelulósico).

Tabla 2. Propiedades físico-mecánicas para tableros experimentales

X_1 Relación bagazo-yeso	X_2 Relación agua-yeso	Espesor (mm)	Densidad (Kg/m ³)	MOR (MPa)	
0,5	0,3	11,35	984	6,3	
		11,36	985	6,4	
		11,23	970	5,8	
	0,4	0,4	10,20	1057	6,3
			10,10	1068	6,3
			10,21	1045	6,5
			10,85	1009	6,6
		0,5	10,78	1016	6,5
			10,55	1032	6,3
			0,286	0,3	9,97
9,89	1117	6,5			
10,01	1122	6,2			
0,4	0,4	10,29		1051	6,1
		10,40		1057	6,1
		10,63		1046	5,9
		10,34		1066	5,4
	0,5	10,33		1086	5,6
		10,48		1071	5,4
		0,2		0,3	9,85
9,84	1230		6,4		
9,86	1240		5,6		
0,4	0,4		9,99	1144	5,3
			9,93	1150	4,8
			10,14	1130	4,7
			10,08	1090	4,2
	0,5		10,20	1126	4,6
			10,32	1109	4,9

La relación bagazo-yeso (X_1) con un término lineal y otro cuadrático en el modelo, tiene efecto significativo sobre el MOR. En cambio, la relación agua-yeso (X_2) también con dos términos no ofrece diferencias de significación dentro del rango estudiado para 95% de confianza.

Al analizar la superficie de respuesta del modelo para las variables X_1 y X_2 se pudo encontrar que para relaciones bagazo-yeso (X_1) altas se obtienen los mejores valores de MOR, sucediendo lo contrario, aunque sin un marcado efecto para la relación agua-yeso (X_2), que prácticamente no produce cambios entre 0,4 y 0,5.

Es bueno aclarar en este punto que, por ser analizada solamente la resistencia mecánica de los tableros (MOR), los mejores valores se obtienen para relaciones bagazo-yeso de 1:2,25 (0,4) ya que estos tableros contienen una alta porción fibrosa que aporta resistencia.

Resultados con la misma tendencia se obtuvieron para tableros bagazo-cemento¹³.

Valores orientativos del hinchamiento en espesor por inmersión total en agua durante 24 h (%) ensayados en los tableros

experimentales presenta cifras entre 7-15% para la relación 1:2,0 (0,5) y 0,5-1,5% para 1:5,0 (0,2) lo que es perfectamente explicable. Para la relación 1:3,5 se obtuvo un rango de 1-3,5%.

Esto indica que, será necesario acortar el rango de estudio de la relación bagazo-yeso alrededor de 1:3,5 para encontrar un óptimo de compromiso para las propiedades físicas y mecánicas. Es recomendable en este caso la elaboración de tableros de 3 capas, lo que constituirá la continuación de este trabajo.

Conclusiones

- Se demuestra la aptitud de la materia prima bagazo para la elaboración de tableros aglutinados con yeso. El efecto de retardo de fraguado es prácticamente despreciable para el bagazo almacenado, siendo de pequeña magnitud para el bagazo fresco. Se atribuye la anterior característica a la concentración de azúcares en el bagazo dado su pobre contenido en otros componentes con mayor incidencia sobre el

fraguado del yeso (fenoles simples, taninos, etc.). Estos resultados concuerdan con lo reportado por varios autores en la literatura.

- Se encontró una correlación matemática que relaciona la resistencia a la flexión estática con la relación bagazo-yeso (X_1), agua-yeso (X_2) y la densidad (X_3) para tableros de una capa. Las variables X_1 y X_3 mostraron alta significación estadística en el modelo encontrado, en cambio X_2 no, dentro del rango estudiado.
- Los mejores valores de resistencia mecánica (MOR) se alcanzan para valores altos de X_1 , lo que significa un material con alto contenido fibroso. Igual comportamiento presentan los tableros bagazo-cemento elaborados con anterioridad. Se recomienda estudiar un rango más estrecho de X_1 , alrededor de 1:3,5 para buscar el compromiso entre las propiedades físicas y mecánicas.

Bibliografía

1. G. Kossatz, et al.: Wood based panels with inorganic binders. WKI Annual Report 82/83.
2. G. Kossatz, et al: Zur Herstellung Gipsgebundener Spanplatten in einem Halbtrocknenverfahren. *Holz als Roh und Werkstoff*, 42, 1984, 421-423.
3. Anon: When gypsum board is reinforced with wood flakes, strong new structural panel product results. *Wood Based Panels International*. 6 (1), 1986.
4. Anon: Gypsum flakeboard mill for Norway. *Wood Based Panels International*. 6 (1), 1986.
5. H. G. Schwarz: Industrielle Produktion gipsgebundener Spanplatten in ienerneuen Anlagen in Finland. *Holz als Roh und Werkstoff*. 44, 1986, 385-387.
6. M. Martínez: Evaluación Económica Preliminar para tableros bagazo-yeso. Informe ICIDCA, 1988.
7. J. L. Valdés y otros: Tableros de partículas aglutinados con yeso. *Revista ICIDCA*. 22 (2), 1988.
8. M. H. Simatupang, and L. X. Xian: Influence of some woods species on the hidratação of gypsum. *Holz als Roh-und Werkstoff*. 43, 1985, 118.
9. M. H. Simatupang and L. X. Xian: Influence of wood extractives on hardening of gypsum plaster and on the manufacture of gypsumbonded partilleboards. *Holz alz Roh-und Werkstoff*, 43, 1985, 325-331.
10. R. Hernández, y otros: Estudio del extracto en acetona de bagazo. *Revista ICIDCA*. 19 (2), 1985.
11. R. Hernández y otros: Estudio de los componentes extraños de bagazo. *Revista ICIDCA*. 19 (2), 1985.
12. K. Lempfer: Influence of density and other parameters on the bending strength or gypsumbonded particleboards. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 43, 1985.
13. J. L. Valdés, et al: Influence of density and quantity of cement in the production of bagasse-cement particle-board. Proleedings XIX ISSCT, 1986.