

*Edgardo Batlle Colomé  
Nilda Rodríguez Téllez  
José Suárez López*

## **influencia del sistema de almacenamiento del bagazo en las propiedades de los tableros de fibra**

2. Afectación del tiempo de almacenamiento en pacas en las propiedades de los tableros de fibra duros por el método húmedo-seco

### **Sumario**

En este trabajo se analiza la influencia del tiempo de almacenamiento del bagazo en pacas en las propiedades de los tableros de fibra duros elaborados por el método húmedo-seco.

Se ha observado que durante los 7 primeros meses de almacenamiento existe una tendencia a incrementar el valor del módulo de ruptura en función del tiempo, y que a partir de este punto hasta los 12 meses, este disminuye bruscamente hasta llegar a ser menor que el del punto inicial (bagazo fresco).

Este comportamiento parece estar más relacionado con la composición química que con el grado de molida o la composición granulométrica de la pulpa.

Se hace un breve análisis de la composición granulométrica del bagazo empleado y se plantea que el desmeollamiento y otras operaciones necesarias en esta tecnología tienen gran influencia en los resultados antes expuestos, pero que en la práctica industrial es de esperarse un comportamiento semejante o parecido para los parámetros de cocción y tiempo de almacenamiento estudiados.

### **Summary**

The influence of the time of storage of baled bagasse on the properties of hard fibreboard obtained by the wet-dry method are analysed in this work.

It has been found that the value of the modulus of rupture shows a tendency to rise in the first seven months of storage and from this point up to twelve months it diminishes sharply, until it is less than the initial value with fresh bagasse.

This behavior seems to be related to the chemical composition rather than to the degree of milling or the granulometric composition of the pulp.

A brief analysis of the granulometric composition of the bagasse used is given and we suggest that the diphthing and other operations necessary in this technology have a great influence on the above results but that in industrial practise a similar behavior is to be expected for the parameters of cooking and storage time used.

## Introducción

Este estudio se origina con vistas a conocer la influencia del sistema de almacenamiento en pacas en la calidad de los tableros de fibras duros, ya que uno de los factores que inciden en el producto final es el sistema de almacenamiento empleado.

Tradicionalmente en nuestras fábricas de tableros, tanto de fibras como de partículas, se ha venido utilizando este sistema de almacenamiento. En el mismo, la forma de entongue implica dejar canales de ventilación para el escape de alcohol formado por la fermentación de los azúcares residuales provenientes del bagazo y así minimizar la formación de ácido acético que degrada las fibras.

Debido a esta fermentación se eleva la temperatura de la tonga de pacas y esto propicia la disminución del contenido de humedad del bagazo hasta aproximadamente 15%. Debajo de este límite de humedad, se inhibe la actividad microbiana y el material pasa a ser prácticamente estable desde el punto de vista bioactivo<sup>1</sup>.

Durante el estudio de este sistema y su utilización en diferentes países cañeros tales como Egipto, Taiwan, USA., Venezuela y el nuestro, se ha demostrado que existe una serie de desventajas inherentes al mismo tales como; necesidad de grandes áreas de almacenamiento, afectación de la salud de los trabajadores, dificultades de mecanización, peligrosidad de incendios y otros<sup>2</sup>.

A tales efectos nuestro Instituto viene desarrollando un amplio programa de investigaciones de

alcance tecnológico que permita obtener criterios sobre estos importantes aspectos de la materia prima bagazo, de forma de encontrar las soluciones más favorables para las plantas actuales y las de futura erección.

## Desarrollo del trabajo

El muestreo del bagazo para la realización de esta tarea fue realizado en el Central F.N.T.A., Las Villas, donde fue pre-desmeollado en equipos Horkels, seguidos de cernidores rotatorios, y posteriormente empacado.

Se tomaron 25 pacas provenientes de un mismo carro de caña, procedente de un mismo campo, por lo que de esta forma logramos eliminar posibles variables atribuibles a materia tales como: tipos de tierra, edad de la caña, variedad, número de cortes y otros.

Las pacas debidamente identificadas fueron trasladadas hasta nuestro instituto, donde se almacenó parte de ellas bajo techo y otra parte se procesó directamente para la obtención de tableros.

Se tomaron 3 pacas en cada punto a muestrear, los que se clasificaron como Inicial, 1, 3, 7, 10 y 12 meses de almacenamiento respectivamente. El tiempo transcurrido entre la recolección del bagazo y su procesamiento en la planta piloto para el punto inicial fue de 48 horas.

Las pacas se desintegraban manualmente y posteriormente se pasaban por equipos de desmeollamiento de nuestra planta piloto consistente en molino de martillos seguido por cernidor rotatorio cilíndrico con malla de 16 mesh.

Los reactores empleados son cilíndricos con capacidad de 15 lts y de calentamiento eléctrico. En los mismos se introducían 1200 g de bagazo en base seca y se añadía agua hasta lograr un hidromódulo de 6:1. El calentamiento se realizaba hasta 170°C, dando un tiempo de elevación de 50 minutos y manteniendo la temperatura durante 20 minutos. En el transcurso de la elevación de temperatura se realizaba un relevo o evacuación de gases a 120°C, para disminuir la presión.

Al final de la cocción se eliminaba toda la presión, se destapaban los digestores y toda la carga se recogía en caja de fondo de malla de 35 mesh, donde se lavaba con una cantidad fija de agua.

La fibra prehidrolizada y lavada se llevaba a un refinador de discos Bauer de laboratorio de 5 HP de capacidad con rotación en un solo disco, la molida se efectuaba sin presión y con una abertura entre discos de 0.02" y con flujo regulado de agua, tratando de mantener la consistencia entre el 1 y el 2%.

La pulpa refinada se clasificaba en equipo Parker. Posteriormente se disminuía la humedad de la misma manualmente.

La pulpa clasificada se introducía en sacos de polietileno para que así se homogeneizara la humedad y proceder al muestreo para los análisis químicos y clasificación por tamices. La fibra no aceptada se secaba y pesaba, reportando su peso directamente.

La formación se realizaba en un equipo de sección cuadrada de 35 cms de lado, donde posterior-

mente se hacía presión para llevar la humedad del colchón hasta aproximadamente 65%. De aquí se llevaba el colchón a estufa a 60°C durante 72 horas para llevar su humedad a aproximadamente 2%.

Finalmente el colchón ya seco se cortaba en 4 muestras de 16 x 16 cms y se llevaba a prensa caliente a una temperatura de 200°C y una presión específica de 50 kgs/cm<sup>2</sup>, durante 10 minutos. La presión se elevaba rápidamente hasta el máximo donde se mantenía 30 segundos y se disminuía rápidamente para facilitar la evacuación de gases, luego se elevaba nuevamente hasta la presión máxima donde se mantenía durante 10 minutos.

Posteriormente los tableros se llevaban a climatización a  $68 \pm 2\%$  de humedad relativa y 20°C durante 72 horas, y luego sin otro tratamiento, se cortaban para los ensayos físico-mecánicos según las normas A.S.T.M.

## Discusión de los resultados

En las tablas y gráficos que se acompañan se pueden observar los datos de las pruebas y ensayos efectuados al bagazo desmeollado, pulpa clasificada y tableros terminados.

En la tabla 1 puede observarse que no existe diferencia significativa entre los rendimientos de los distintos puntos muestreados de la pulpa refinada. Existe una ligera tendencia a incrementar los rendimientos con respecto al tiempo hasta los 10 meses de almacenamiento. Este hecho tiene gran relación con la operación de desmeollamiento.

Durante los tres primeros puntos de muestreo, se puede obser-

TABLA 1  
 Datos de cocción respecto al tiempo de almacenamiento en pacas

<i>Puntos</i>		<i>Inicial</i>	<i>1 mes</i>	<i>3 meses</i>	<i>7 meses</i>	<i>10 meses</i>	<i>12 meses</i>
Peso bagazo húmedo	%	1356	1502	1347	1356	1368	1353
Humedad del bagazo	%	11.5	20.1	10.9	11.5	12.3	11.3
Peso bagazo seco	g	1200	1200	1200	1200	1200	1200
Temperatura de cocción	°C	170	170	170	170	170	170
Hidromódulo		6:1	6:1	6:1	6:1	6:1	6:1
Tiempo de elevación	min	50	50	50	50	50	50
Tiempo de temperatura	min	20	20	20	20	20	20
Tiempo de descarga	min	7	7	7	7	7	7
Rto. total	%	62.34 ±2.19	65.03 ±2.76	66.32 ±0.95	63.00 ±2.29	68.40 ±1.62	66.60 ±2.19
pH licor		3.8	3.9	4.0	3.8	4.1	4.0
Freeness	°SR	16.0	13.0	15.0	14.0	13.0	13.0
Freeness	DS	61.0	35.0	51.0	41.8	35.0	35.0

Los rangos de valores para rendimiento con 95% de probabilidad.

TABLA 2  
Composición granulométrica del bagazo después del desmeollamiento  
según su tiempo de almacenamiento en pacas

<i>Puntos</i>	<i>Inicial</i>		<i>1 mes</i>		<i>3 meses</i>		<i>7 meses</i>		<i>10 meses</i>		<i>12 meses</i>	
	<i>% Frac- ción</i>	<i>Total</i>										
1 mesh (25.4 mm)	7.2	7.2	2.0	2.0	0.4	0.4	0.1	0.1	0.2	0.2	0.64	0.64
2.5 mesh (6.3 mm)	20.7	27.9	21.2	23.2	27.1	27.5	18.0	18.1	16.2	16.4	15.52	16.16
10 mesh (1.8 mm)	53.2	81.1	50.8	74.0	40.0	67.5	50.8	68.9	54.9	71.3	59.44	75.60
16 mesh (1 mm)	13.9	95.0	16.4	90.4	21.6	89.1	19.6	88.5	19.5	90.8	17.12	92.72
Fondo (< 1 mm)	5.0	100.0	9.6	100.0	10.7	100.0	11.5	100.0	9.2	100.0	7.28	100.0
<b>TOTAL</b>	100.0		100.0		100.0		100.0		100.0		100.0	

TABLA 3

Clasificación por tamices de la pulpa respecto al tiempo de almacenamiento

<i>Puntos</i>		<i>Inicial</i>		<i>1 mes</i>		<i>3 meses</i>		<i>7 meses</i>		<i>10 meses.</i>		<i>12 meses</i>	
<i>Retención</i>		<i>%</i>		<i>%</i>		<i>%</i>		<i>%</i>		<i>%</i>		<i>%</i>	
		<i>Frac-</i>		<i>Frac-</i>		<i>Frac-</i>		<i>Frac-</i>		<i>Frac-</i>		<i>Frac-</i>	
		<i>ción</i>	<i>Total</i>	<i>ción</i>	<i>Total</i>	<i>ción</i>	<i>Total</i>	<i>ción</i>	<i>Total</i>	<i>ción</i>	<i>Total</i>	<i>ción</i>	<i>Total</i>
18 mesh	0.991 mm	18.5	18.5	19.6	19.6	18.0	18.0	12.6	12.6	19.5	19.5	20.8	20.8
40 mesh	0.417 mm	37.6	56.1	37.5	57.1	38.8	56.8	35.2	47.8	29.2	48.7	30.0	50.8
60 mesh	0.246 mm	10.2	66.3	13.1	70.2	9.4	66.2	13.5	61.3	14.2	62.9	11.4	62.2
80 mesh	0.175 mm	6.5	72.8	6.1	76.3	5.8	72.0	6.3	67.6	6.5	69.4	6.4	68.6
<80 mesh	-0.175 mm	27.2	100.0	23.7	100.0	28.0	100.0	32.4	100.0	30.6	100.0	31.4	100.0
TOTAL		100.0		100.0		100.0		100.0		100.0		100.0	

var en la tabla 2 que la fracción de bagazo desmeollado retenido sobre malla 10 mesh, va disminuyendo gradualmente para luego pasar a incrementarse. Esto se debe al hecho de que al desmeollar el bagazo con bajos % de humedad, las fibras y tejidos más suaves son severamente dañados y pulverizados, pasando a ser eliminados en esta operación. Esto implica que a expensas de mayores pérdidas en finos, la fibra retenida sobre la malla 10 mesh sea fundamentalmente fibra de la corteza, lo que lógicamente incrementa el retenido sobre esta malla. Puede observarse también en esta tabla que el material disminuye sensiblemente de tamaño promedio ya que la cantidad retenida sobre mesh 2.5 disminuye en función del tiempo.

En los datos de composición granulométrica de la pulpa clasificada (tabla 3) puede observarse

una tendencia a disminuir la cantidad de fibra retenida sobre malla 80 mesh con respecto al tiempo, aunque el número de pruebas y las características de este ensayo no nos permiten generalizar este resultado.

Por otra parte, no hemos observado una relación entre el grado de molienda y la composición granulométrica de la pulpa.

La composición química de la fibra (tabla 4) tiene el mismo comportamiento para Holo y Alfa celulosa, así como lignina, que es observado en la materia prima con respecto al tiempo de almacenamiento<sup>3</sup>.

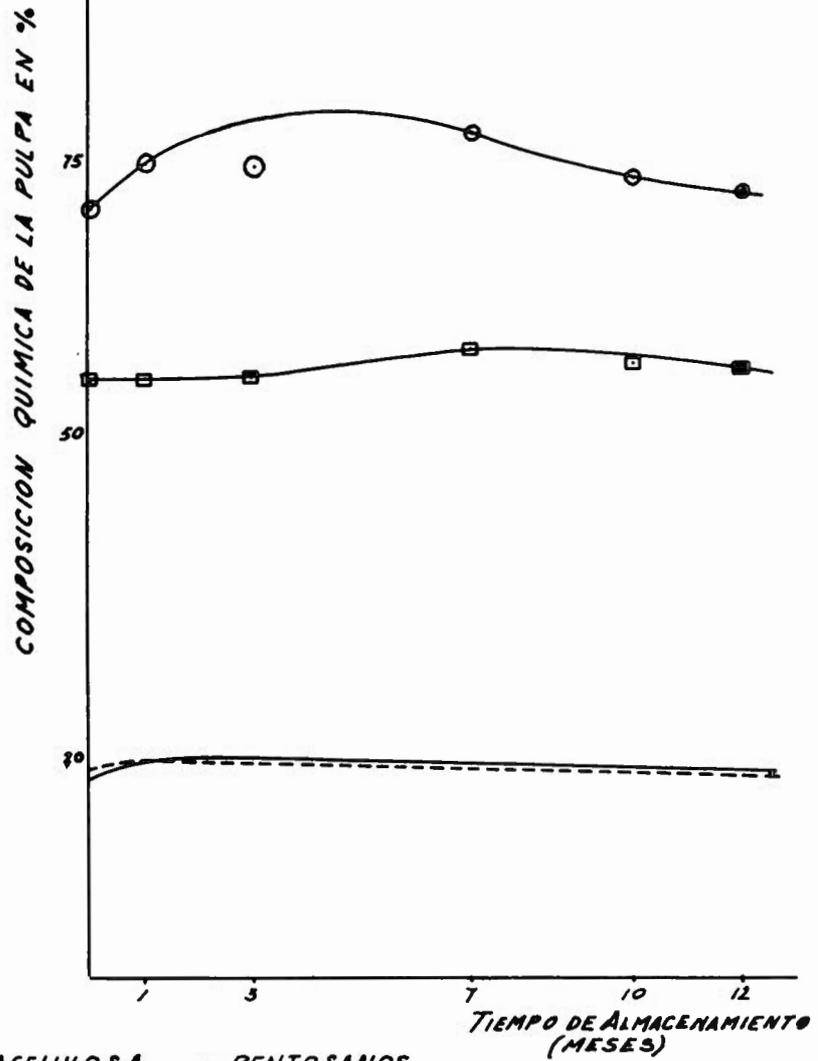
En las propiedades físico-mecánicas (tabla 5), el módulo de ruptura tiene un comportamiento no esperado, y que tiene cierta simi-

TABLA 4  
Composición química de la pulpa de bagazo prehidrolizado en función del tiempo de almacenamiento en pacas

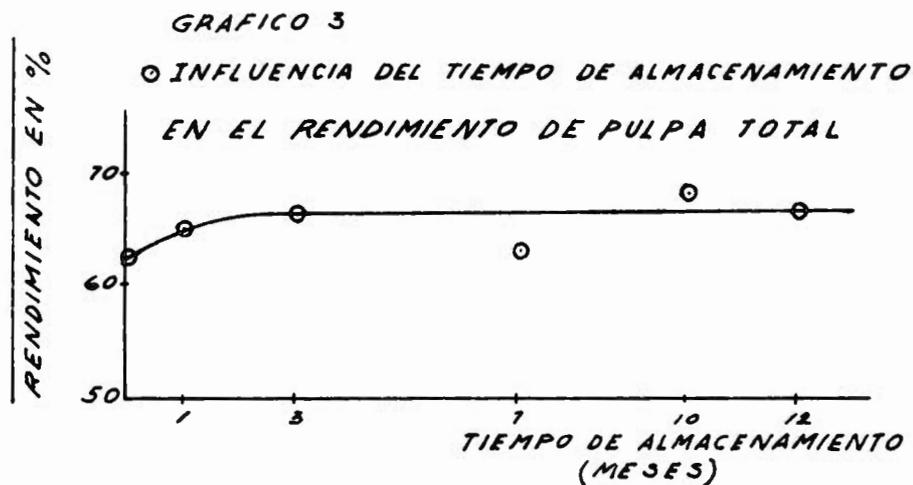
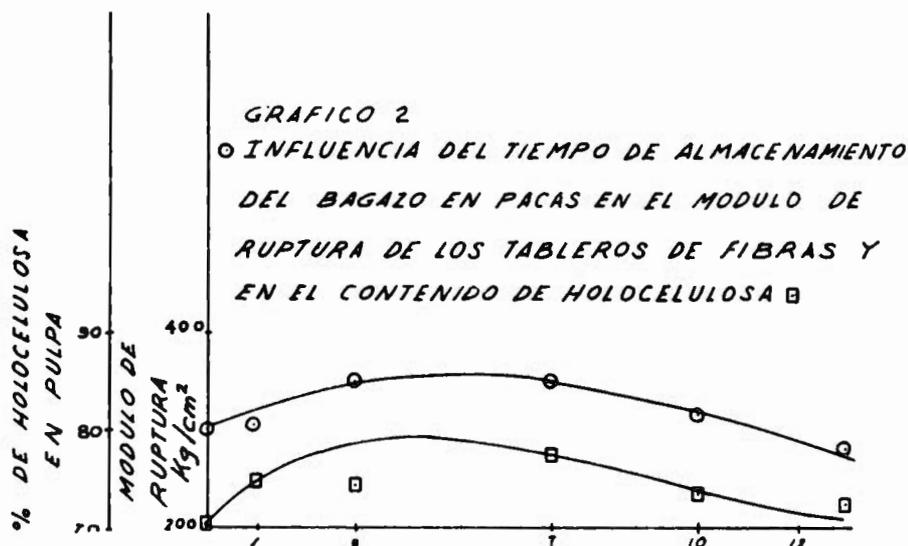
<i>Puntos</i>	<i>Inicial</i>	<i>1 mes</i>	<i>3 meses</i>	<i>7 meses</i>	<i>10 meses</i>	<i>12 meses</i>
% Holocelulosa	70.85	74.97	74.40	77.54	73.58	72.29
% Alfacelulosa en Holo	55.33	55.32	55.29	57.57	56.44	56.10
% Alfacelulosa en p. clasif.	39.20	41.47	41.14	44.64	41.52	40.55
% Pentosanas	18.17	19.81	—	16.50	18.85	18.70
% Lignina	18.92	19.81	19.68	18.38	19.03	18.64
% Solubles en A-B	4.67	4.18	4.51	4.97	3.91	3.72
% Solubles en H <sub>2</sub> O fría	0.54	1.03	1.78	1.74	1.54	1.83
% Solubles en H <sub>2</sub> O caliente	4.25	5.26	1.22	2.74	2.60	3.21
Grado polimerización	—	950	1550	1340	1480	1480

GRAFICO 1

VARIACION DE LA COMPOSICION QUIMICA DE LA PULPA CLASIFICADA EN FUNCION DEL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO DEL BAGAZO EN PACAS



□ ALFACELULOSA    - PENTOSANOS  
○ HOLOCELULOSA    -- LIGNINA



litud al contenido en Holo celulosa del material. Puede afirmarse que el valor del punto inicial es significativamente mayor que el del punto final de 12 meses y menor que el de 7 meses con 99% de probabilidades. Puede afirmarse con la misma certidumbre que el punto de 7 meses es el que pre-

senta los mayores valores respecto al punto inicial y final.

Los elevados valores de adsorción en agua y dilatación se deben a que no se empleó ningún tipo de aditivo para mejorar esta propiedad para no enmascarar los resultados de las pruebas físico-mecánicas.

TABLA 5  
Propiedades físico-mecánicas de los tableros de fibras  
en función del tiempo de almacenamiento en pacas

	<i>Densidad</i> g/cm <sup>3</sup>			<i>Módulo de ruptura</i> Kg/cm <sup>2</sup>				<i>Módulo de elastic.</i> <i>aparente</i> kg/cm <sup>2</sup>			<i>Absorción en</i> <i>H<sub>2</sub>O 24 h</i> %			<i>Incremento en</i> <i>espesor 24 h</i> %		
	<i>n</i>	$\bar{x}$	<i>s</i>	<i>n</i>	$\bar{x}$	<i>s</i>	<i>r</i>	<i>n</i>	$\bar{x}$	<i>s</i>	<i>n</i>	$\bar{x}$	<i>s</i>	<i>n</i>	$\bar{x}$	<i>s</i>
Inicial	20	0.93	0.019	20	304	17.1	293-315	20	33,586	4920	5	78.5	7.54	5	41.1	3.4
1	20	0.86	0.020	20	304	15.5	295-313	20	26,290	5400	5	90.9	8.32	5	43.2	16.1
3	20	0.90	0.014	20	348	13.0	339-356	20	35,277	5060	5	72.5	8.50	5	31.3	2.6
7	20	0.90	0.025	20	352	13.5	343-361	20	37,728	3450	6	64.6	11.3	6	34.4	7.7
10	20	0.86	0.032	20	315	18.2	303-327	20	39,141	8550	6	79.4	15.4	6	41.3	7.8
12	20	0.89	0.037	20	278	20.7	265-291	20	37,160	6125	5	80.6	10.0	5	43.7	0.47

*n* = Número de muestras.

$\bar{x}$  = Valor promedio.

*s* = Desviación standard.

*r* = Intervalo de confianza para un 99% de probabilidad.

## Conclusiones y recomendaciones

De los datos de esta tarea, se infiere que el tiempo de almacenamiento o edad del bagazo influye sobre las propiedades de los tableros.

Que a partir del 7º mes de almacenamiento, las propiedades físico-mecánicas disminuye brusca-mente y que a los 12 meses son menores que en el punto inicial.

Que durante los 7 primeros meses de almacenamiento hay un incremento en el valor del módulo de ruptura que al parecer está relacionado más con la composición química de la pulpa que con su grado de molida o composición granulométrica.

Que durante el período estudiado las propiedades de los tableros no alcanzan en ningún momento los esperados para un producto de calidad "A".

Los resultados alcanzados están intimamente relacionados con las operaciones de desmeollamiento y otras necesarias en el bagazo; por esta razón es de esperar que el comportamiento en la práctica industrial coincida con el observado en esta tarea. Esto es válido cuando se empleen los mismos parámetros de cocción utilizados, y en igual período.

Por otra parte las propiedades físico-mecánicas de los tableros deben ser menores en las operaciones industriales, ya que la calidad de la materia prima bagazo no será nunca tan homogénea a esa escala, al igual que las condiciones de almacenamiento, las cuales pueden considerarse en este estudio de laboratorio como ideales<sup>3</sup>.

## Reconocimiento

Los autores desean dejar constancia de su agradecimiento por su aporte a este trabajo investigativo al colectivo del Dpto. Analítico de la Dirección de Celulosa, así como al de Laboratorios de Asistencia Técnica, ambos de nuestro Instituto.

## Bibliografía

1. Lathrop, E.C., Monroe, I.B., Industrial and Engineering Chemistry, vol. 26 No. 6, p. 594, 1934.
2. Batlle, E., Rodríguez, N., Suárez, J., 40 Conferencia ATAC, 1972, Habana, Cuba.
3. Batlle, E., Rodríguez, N., Suárez, J., Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, vol 8, No. 3, 1974.