

LOSAS DE XILOCEMENTO FABRICADAS CON *Pinus caribaea*

KATIA MANZANARES*, MIQUEL SOSA*, J. M. MONTALVO* Y
EMILIA ALFONSO

RESUMEN

Se exponen los resultados obtenidos en la fabricación de un tipo de aglomerado de madera producido a partir de astillas de *Pinus caribaea* Morelet, en amalgama con cemento PORTLAND que puede tener un uso extensivo en el levantamiento de muros no soportantes de viviendas y edificios multifamiliares.

Se evalúa en este trabajo la formulación optimizada de la manufactura del panel de xilocemento de 19 mm de espesor y de 1 200 kg/m³ de densidad, basado en la interpretación de las propiedades organolépticas de la muestra de prueba y los valores del esfuerzo de ruptura en la flexión estática.

La implantación del sistema propuesto en la esfera productiva, reporta un aporte monetario de 32 000 pesos

Manuscrito recibido para su publicación
31 de enero de 1985

*, "Investigador aspirante y técnico medio, respectivamente
Centro de Investigación Forestal.
Ministerio de la Agricultura, Ciudad de La Habana. Cuba

anuales por concepto de recuperación de residuos leñosos asimilados por una planta de una capacidad instalada de **50** m³/día.

INTRODUCCION

En el programa de medidas para asegurar los objetivos económicos sociales del año 1984, se aborda la cuestión referida a la recuperación de materias primas (14), lo cual impone a los productores, consumidores y balancistas de la madera continuar ampliando el análisis de los desechos con posibilidades de ser utilizados. En tal sentido, la industria de los paneles aglomerados es una alternativa interesante para cumplir con este propósito, desde el punto de vista de la conservación y mejor aprovechamiento de los recursos forestales, ya que brinda la posibilidad de procesar trozas de pequeñas dimensiones y desechos industriales que existen en abundancia, pero que en la actualidad no son aprovechados.

Las propiedades de los aglomerados de partículas se prestan para una amplísima variedad de usos finales, pero en los últimos años, algunos países vienen demostrando gran interés en la fabricación de planchas de madera aglutinadas con adhesivos inorgánicos, debido a las ventajas técnico-económicas que presentan para la arquitectura moderna como elementos de separación y de cierre de estructuras prefabricadas en la construcción masiva de viviendas de bajo costo (9, 15).

En 1974, fue puesta en funcionamiento la primera instalación para la producción industrial de tableros de madera-cemento en una fábrica pequeña de la firma DURISQL (Suiza), y solamente fue necesaria la experiencia de unos meses de venta para establecer el tablero como valiosa adquisición de los paneles a base de madera, dadas sus buenas condiciones de impermeabilidad y resistencia a la acción de los agentes exteriores (2).

A pesar de que en Cuba no existe ninguna instalación industrial para la producción de tableros de partículas de madera-cemento, se han dado pasos para el desarrollo de esta tecnología a partir de las investigaciones realizadas por el Centro de Investigación Forestal, desde el año 1982.

El estudio que se presenta, consiste en exponer algunas experiencias preliminares obtenidas a escala de laboratorio con el objetivo de lograr una dosificación económica y adecuada de los

componentes de la formulación del producto. La introducción de estos resultados en la práctica, permitirá, por una parte, conocer la tendencia de los índices de consumo en la fabricación, para la futura puesta en marcha de la línea de producción de tableros de xilocemento en el complejo silvoindustrial de Pinar del Río y, además, contribuirá a recuperar 2 900 metros cúbicos de astillas de coníferas (6) previstas en el aprovechamiento forestal de esta provincia para el quinquenio **1986-1990**.

El empleo de los tableros de xilocemento en la prefabricación de casas y edificios multifamiliares es una solución práctica y de bajo costo para el cumplimiento de los planes de vivienda y urbanización que tienen lugar en nuestro país, a consecuencia del desarrollo de la industria, el transporte, los servicios, el incremento de la densidad poblacional y la penetración del modo de vida urbano en las regiones más apartadas (1). A su vez, el uso de estos tableros puede hacerse extensivo a los proyectos de remodelación de la ciudad, restauración de los monumentos históricos y creación de nuevas estructuras de asentamientos humanos. Por ello, la promoción de estos paneles en el mercado interno se estima que tenga una amplia acogida debido a que constituye una excelente vía de aprovechamiento de los desechos y garantiza el desarrollo de novedosos materiales que impulsarán las posibilidades de limitar, conectar y separar el espacio habitable a la altura de las demandas de la población.

MATERIALES Y METODOS

La madera utilizada en este estudio provino de áreas de tratamientos de la Empresa Forestal Integral de Macurije. Se tomaron 25 árboles de la especie Pinus caribaea Morelet de 8-10 cm de diámetro y de 4-5 m de longitud. En el término de 45 días posteriores al raleo fueron descortezados y después se almacenaron en el laboratorio durante dos meses.

Seguidamente, el material fue troceado en secciones de, aproximadamente, 8-10 cm para ser transferidas a la máquina astilladora.

El cemento utilizado fue del tipo PORTLAND P-350 producido por la fábrica del Mariel, y la pulpa fue mineralizada con una solución de cloruro de calcio al 33 % de concentración.

Concepción del plan experimental

Se decidió fabricar un aglomerado trilaminar del tipo losa de 1,9 cm de espesor y peso volumétrico teórico de 1,2 g/cm³, con una superficie de 2 025 cm² fundida por el sistema de compactación por presión.

Se realizó un diseño de un plan factorial 3^3 con una corrida de 27 experimentos.

Variables independientes	Niveles
A- Relación madera - cemento	A₁ 1:2,75 A₀ 1:2,00 A₂ 1:3,00
B. Cantidad de cloruro de calcio (CaCl ₂)	B₁ 5 % B₀ 3 % B₂ 7 %
C- Cantidad de agua de añadidura en base seca	C₁ 40 % C₀ 35 % C₂ 45 %

Estructura de la dosificación cuantitativa de los experimentos

Madera- -cemento	Aditi- vo	Agua	Madera- -cemento	Aditi- vo	Agua	Madera- -cemento	Aditi- vo	Agua
1. 1:2,00	3	35	10. 1:2,00-	3	40	19. 1:2,00-	3	45
2. 1:2,75	3	35	11. 1:2,75-	3	40	20. 1:2,00-	3	45
3. 1:3,00-	3	35	12. 1:3,00-	3	40	21. 1:3,00-	3	45
4. 1:2,75-	5	35	13. 1:2,75-	5	40	22. 1:2,75-	5	45
5. 1:3,00-	5	35	14. 1:3,00-	5	40	23. 1:3,00-	5	45
6. 1:2,00-	5	35	15. 1:2,00-	5	40	24. 1:2,00-	5	45
7. 1:3,00-	7	35	16. 1:3,00-	7	40	25. 1:3,00-	7	45
8. 1:2,00-	7	35	17. 1:2,00-	7	40	26. 1:2,00-	7	45
9. 1:2,75-	7	35	18. 1:2,75-	7	40	27. 1:2,75-	7	45

El proceso de manufactura de los tableros se ejecutó siguiendo el esquema propuesto por la tecnología de la firma BETONYP, de Hungría (3), que contempla las etapas básicas siguientes:

Etapas	Descripción parámetros de operación
1. Preparación de la partícula	Se clasificaron en un juego de tamices de 6 mm x 6 mm. Las partículas retenidas en esta malla se emplean para la capa central; la fracción menor de 1 mm se utiliza para la superficie del panel.
2. Mezclado y moldeo	El material de las caras exteriores e interiores se mezcla por separado a mano con los aditivos, el agua y el cemento por espacio de 4-5 minutos. El contenido se distribuye sobre una horma especial depositada en platinas de metal, a razón del 65 % de la mezcla en el alma del tablero y el 35 % en las caras superficiales.
3. Prensado	Se aplicó una presión específica de 25 kg/cm ² durante 10 horas. Al cabo de este tiempo se retira de la prensa el colchón que porta la horma, cuidando de no mover el sistema durante siete días.

Los tableros pasaron un proceso de curado de 28 días bajo techo y sin recubrimiento, y después fueron sometidos a un ensayo de caracterización físico-mecánica.

Cada uno de los tableros se seccionaron en 10 probetas de 30 cm x 5 cm para realizar el ensayo de flexión estática según la norma DIN 52362 (11) aplicando una carga central de una velocidad de 0,25 cm/minuto sobre una distancia entre soportes de 25 cm. El módulo de ruptura constituye, en el diseño, la variable dependiente, y se calculó mediante la ecuación:

$$MOR = \frac{3 P_{\text{máx}} L}{2bs^2}$$

donde:

$P_{\text{máx}}$ = carga máxima (kg)

L = distancia entre soportes (cm)

b = anchura de la probeta (cm)

s = espesor de la probeta (cm)

MOR = módulo de ruptura en la flexión estática (kg/cm^2)

Los datos del módulo de ruptura fueron procesados estadísticamente a través de un trifactorial con tres niveles cuantitativos y nueve repeticiones. Se realizó un análisis de varianza para las interacciones simples dobles y triples.

El ensayo de densidad se realizó midiendo la masa y el volumen de 270 probetas de 5 cm x 5 cm de sección, según lo establecido en la norma DIN 52361 (11).

También se determinaron otros indicadores físicos tales como la humedad adsorción y dilatación conforme las normas DIN 52361 y NC 4312 (11).

DISCUSIONDE LOS RESULTADOS

De acuerdo con lo establecido por el método BETONYP (3), el valor aceptado del módulo de ruptura (MOR) para tableros de madera es de 90–130 kg/cm^2 . Se observa que los MOR obtenidos son superiores al mínimo especificado para la norma con excepción de los experimentos 9 y 20 (ver Tabla 1). Este fenómeno está favorecido en gran medida por la estructura trilaminar, ya que las capas exteriores le confieren al panel gran resistencia al actuar como elementos que soportan la carga en la deformación **18**. Al comparar los tableros homogéneos de pino de importación con los fabricados con pino nacional de tres capas, se destaca que la disminución de la resistencia a la flexión se reduce a la mitad como valor promedio (10).

El análisis de la variable independiente A revela que la proporción 1:2,00 en peso corresponde al nivel A_0 y alcanza los valores más altos de tensión de ruptura con respecto a A_1 (1:2, 75) y A_2 (1:3,00). La relación 1:2,00 ha sido recomendada por Elmendorf y Vaughar (1965), referida por Delgado (5) y por el sistema de fabricación soviético ARBOLIT (7).

TABLA 1. Resultados del factor de respuesta módulo de ruptura en el ensayo de flexión estática.

Muestras	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Muestras	$A_0 B_0 C_0$	$A_1 B_0 C_0$	$A_2 B_0 C_0$	$A_1 B_1 C_1$	$A_2 B_1 C_1$	$A_0 B_1 C_0$	$A_2 B_1 C_0$	$A_0 B_2 C_0$	$A_1 B_2 C_0$
$\bar{x}$	110,43 ⁽¹⁾	115,27 ⁽¹⁾	102,34	99,75	106,91	115,66 ⁽¹⁾	103,40	90,18	81,10 x
(kg/cm ²)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)
Muestras	$A_0 B_0 C_1$	$A_1 B_0 C_1$	$A_2 B_0 C_1$	$A_1 B_1 C_1$	$A_2 B_1 C_1$	$A_0 B_1 C_2$	$A_2 B_1 C_2$	$A_0 B_2 C_1$	$A_1 B_2 C_1$
$\bar{x}$	111,18 ⁽¹⁾	109,73	102,14	102,30	115,06 ⁽¹⁾	99,98	99,21	107,65	90,90
(kg/cm ²)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)
Muestras	$A_0 B_0 C_2$	$A_1 B_0 C_2$	$A_2 B_0 C_2$	$A_1 B_1 C_2$	$A_2 B_1 C_2$	$A_0 B_1 C_2$	$A_2 B_2 C_2$	$A_0 B_2 C_2$	$A_1 B_2 C_2$
$\bar{x}$	106,60	71,44 ^O	99,72	96,57	114,76	104,76	90,92	93,67	93,04
(kg/cm ²)									

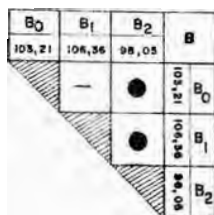
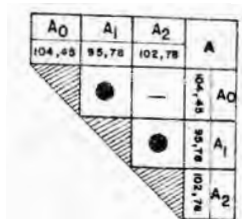
----- Experimento mejor

O Experimentos no favorables

(1) Experimentos más favorables

Sin embargo, los resultados obtenidos con la relación **1:3,00** no son significativos con respecto al tratamiento A0 (ver

Figura 1), pero desde el punto de vista económico conviene utilizar la formulación **1:2,00** debido al ahorro del aglutinante mineral. Se comprende que A₁ (**1:2,75**) presenta diferencias significativas con respecto a A0 y A₂ dado que su valor de MOR es el más bajo de todas las dosificaciones madera-cemento.



● EXISTE DIFERENCIA
P = 0,01
— NO HAY DIFERENCIA

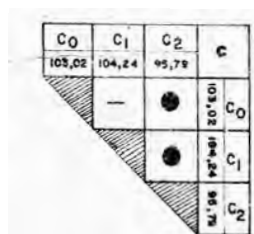


FIGURA 1. Análisis de significación de los niveles de las variables independientes.

Al ex minar la cantidad de aditivo químico se aprecian rendimientos muy parecidos para los niveles B_1 y B_0 , mecanismo que que se repite también para el porcentaje de agua de añadidura, donde C_1 y C_0 no tienen diferencias significativas. En este caso, se tiende a minimizar el consumo de materias primas, representadas por un 3 % de cloruro de calcio en solución y un 35 % de agua en base seca. En consecuencia, el nivel superior de agua es insatisfactorio, porque desde el punto de vista práctico dificulta las operaciones de formación de la fabricación del panel y provoca la aparición de un drenaje de solución superflua en el prensado.

Las propiedades organolépticas que presenta el panel son muy favorables, ya que la capa exterior de partículas finas contribuye a obtener una superficie cerrada y lisa después del lijado.

La dilatación del espesor de todas las variantes estudiadas está por debajo de las tolerancias normalizadas (2 % en 24 horas de inmersión). Las diferencias de peso por penetración de agua son poco evidentes si se tiene en cuenta que las muestras no rebasan el 15 % de adsorción tras 24 horas de inmersión (ver Tabla 2).

La densidad fluctúa entre 1,2-1,5 g/cm³, y esta dispersión de los valores está afectada por la desventaja de no disponer de equipos mecánicos de clasificación de la pulpa y de formación del colchón. De forma manual resulta muy difícil homogeneizar las fracciones granulométricas y realizar la distribución uniforme de las capas del tablero, factores que provocan que el peso volumétrico oscile en el entorno de su valor teórico.

En las Figuras 2, 3, 4 y 5 se muestra el comportamiento general de la variable dependiente (MOR) en función de los tres tratamientos y sus interacciones. Los experimentos más satisfactorios son el $A_0 B_1 C_0$ (1:2,00 - 5-35); el $A_1 B_0 C_0$ (1:2,75 - 3 - 35);

el $A_2 B_2 C_1$ (1:3,00 - 3,00 - 5 - 40); el $A_0 B_0 C_0$ (1:2,00 - 3 - 35)

y el $A_0 B_0 C_1$ (1:2,00 - 3 - 40). La formulación $A_1 B_0 C_0$ es tan factible de recomendar como la $A_0 B_0 C_1$, puesto que los rendimientos son casi semejantes: 115,27 y 111,18 kg/cm², respectivamente. En estas cifras se comprueba que el tratamiento A_1 cobra mayor peso en su triple interacción que como variable independiente.

TABLA 2. Caracterización física de las muestras.

Variantes	Densidad (g/cm ³)	Humedad (%)	Absorción (%)		Dilatación (%)	
			24h	48h	24h	48h
1	1,45	9,67	5,62	9,95	9,99	1,76
2	1,44	9,98	4,50	6,73	0,61	1,18
3	1,49	9,64	7,43	10,57	0,72	1,26
4	1,29	14,29	10,76	13,95	0,67	1,48
5	1,45	9,68	4,47	8,75	0,23	1,06
6	1,37	12,56	7,74	11,87	1,23	1,83
7	1,50	9,77	5,35	8,96	0,52	1,06
8	1,50	11,01	4,90	8,04	0,43	0,98
9	1,47	11,01	7,83	9,78	0,52	1,34
10	1,39	9,24	6,98	10,98	0,44	1,41
11	1,40	9,97	5,84	7,63	0,41	1,20
12	1,45	12,47	5,47	8,16	0,44	1,00
13	1,32	13,02	10,67	15,10	0,61	0,88
14	1,32	10,35	9,72	13,42	0,49	1,12
15	1,32	12,63	10,44	14,61	1,54	2,70
16	1,38	11,50	8,50	11,48	0,32	0,96
17	1,42	12,85	4,96	8,19	0,46	0,82
18	1,28	10,51	13,47	16,55	0,29	0,97
19	1,24	11,11	8,91	12,08	0,87	1,51
20	1,42	8,53	13,91	14,02	1,01	1,93
21	1,38	8,96	12,09	13,78	0,71	1,68
22	1,44	12,36	7,85	10,04	0,47	0,97
23	1,40	10,02	8,38	11,36	0,77	1,37
24	1,38	12,71	9,87	13,84	1,26	1,96
25	1,44	9,61	7,43	11,04	0,96	1,52
26	1,30	12,61	9,71	14,45	0,87	2,34
27	1,34	10,51	10,87	15,48	0,51	1,25

Análisis de la eficiencia económica

Esta evaluación se presenta como cumplimentación de los resultados de las investigaciones de manufactura referente a la obtención de tableros mineralizados a partir de astillas de madera. Esta instalación permitirá ampliar los planes de construcciones con la sustitución de los elementos tradicionales de levantamiento de paredes divisorias por losas de xilocemento, lo que aportará a la economía nacional un ahorro por concepto de materia prima valorado en 55,0 MP y una ganancia de 2 093,5 MP por implantación del sistema a escala industrial.

A continuación se muestran los índices estimados que se han tenido en cuenta para la determinación de la eficiencia económica interna de la planta.

- Capacidad productiva potencial (Q) = 17 Mm³ anuales
- Costo inversión de la planta (I) = 6 400, 0 M pesos
- Número de trabajadores = 104
- Coeficiente normativa ramal de la eficiencia económica de las inversiones (E_n) = 12 %.
- Índice de aprovechamiento promedio de la capacidad durante la vida útil económica (h) = 64 %.
- Fondo de salario promedio anual (S) = 89,3 MP
- Depreciación anual (D) = 121,6 MP
- Costo fijo de operación por concepto de mantenimiento y otros costos correspondientes a los mismos (Co_f) = 58,3
- Costo variable unitario de operación (incluye los costos por concepto de materias primas, materiales) (Co_v) = 558,3 MP

Datos generales del proyecto de inversión y de la eficiencia económica interna

El cálculo de los indicadores económicos proyecta los siguientes resultados.

- a Tasa de efectividad económica E_o = 32 %
- b Período de recuperación (Pr) = tres años
- c Producto neto por peso de inversión = 0,32
- d Costo de producción por peso de inversión = 0,23

- e Producción total por peso de inversión = **0,42**
- f. Dotación de fondos básicos por trabajador = **61,5**
- g. Valor de la producción, por trabajador = **26,1**
- h. Costo de salario por peso de producción = **0,03**
- i. Ahorro anual por recuperación de materia prima = **55 000 pesos**
- Base de cálculo

$$a. E_o = \frac{\bar{U}_p - \bar{C}_p}{I} = \frac{G}{I} = \frac{2\,720,0 - 626,5}{6\,400,0} = \frac{2\,093,5}{6\,400,0} = 0,32$$

$$E_o > E_n \quad \text{sustituyendo } 0,32 > 0,12$$

G = beneficio o ganancia promedio anual

$\bar{U}_p$ = valor producción promedio anual

P_u = precio interno

Q = volumen de producción al **100 %** del aprovechamiento

$\bar{C}_p$ = costo promedio anual de producción

$$\bar{U}_p = P_u \times Q \times h$$

$$\bar{U}_p = \$ 250 \times 170 \times 0,64$$

$$\bar{U}_p = 2\,720,0 \text{ MP}$$

$$\bar{C}_p = (Co_v \times h) + Co_f + S + D$$

$$\bar{C}_p = (558,3 \times 0,64) + 58,3 + 89,3 + 121,6$$

$$\bar{C}_p = 357,3 + 58,3 + 89,3 + 121,6$$

$$\bar{C}_p = 626,5 \text{ MP}$$

$$b \quad Pr = \frac{1}{u_P - \bar{c}_P} = \frac{400,0}{2\,720,0 - 626,5} = 3,0 \text{ años}$$

$$c \quad \text{Producto neto por peso de inversión} = \frac{\text{Ingreso o ahorro-salario } 2\,004,2}{\text{Valor de inversión } 6\,400,0} = 0,31$$

$$d \quad \text{Costo de producción por paso producido} = \frac{\text{Costo de prod. prom. anual} = 626,5}{\text{Prod. bruta prom. anual } 2\,720,0} = 0,23$$

$$e \quad \text{Producción total por peso de inversión} = \frac{\text{Prod. bruta prom. anual } 2\,720,0}{\text{Valor de inversión} = 6\,400,0} = 0,42$$

$$f \quad \text{Dotación de fondos básicos por trabajador} = \frac{\text{Valor de la inversión } 2\,720,0}{\text{Prom. de trabajadores } 104} = 61,5$$

$$g \quad \text{Valor de la producción por trabajador} = \frac{\text{Prod. bruta prom. anual } 2\,720,0}{\text{Prom. de trabajadores } 104} = 26,1$$

$$h \quad \text{Costo de salario por peso de producción} = \frac{\text{Fondo salario anual } 89,3}{\text{Valor prod. prom. anual } 2\,720,0} = 0,03$$

i. Ahorro anual por recuperación de materia prima = Volumen astillas al 90 %

capacidad disponible x precio unitario de astilla

(2 900) (11) = 31 900 pesos

Las cifras mostradas anteriormente reflejan que la tecnología propuesta genera un mínimo de gastos (626,5 M P en comparación con la ganancia que se espera obtener (2 093,5 MP) para un período de recuperación de tres años, y la eficiencia económica es, aproximadamente, tres veces mayor que el coeficiente normativo ramal, lo que equivale a decir, que la introducción del logro

en la esfera productiva implicará valiosas ventajas de carácter técnico-económico entre las que se pueden señalar:

- Aprovechamiento de los recursos desechables
- La posibilidad del trabajo en serie
- Economía de mano de obra y materiales
- Rapidez de la construcción de las obras.

TABLA 3 Análisis de varianza de las interacciones.

	SOC	GI	CM	F _c	F. Tabla		
					5 %	1 %	sig
A	3356,7870	2	1 678,393 5	8,24	3,04	4,71	(Ia)
B	4 869,222 7	2	2 434,611 4	11,95	3,04	4,71	(II)
C	4 353,082 5	2	2 176,541 3	10,68	3,04	4,71	(II)
AB	1 087,179 3	4	271,794 8	1,33	2,41	3,41	—
AC	687,539 7	4	171,884 9	0,84	2,41	3,41	—
BC	1 924,176 3	4	481,044 1	2,36	2,41	3,41	—
ABC	8 007,637 9	8	1 000,954 7	4,91	1,98	2,60	(II)
R	44 015,751 9	216	203,776 6				
Total	68 301,377 3	242					

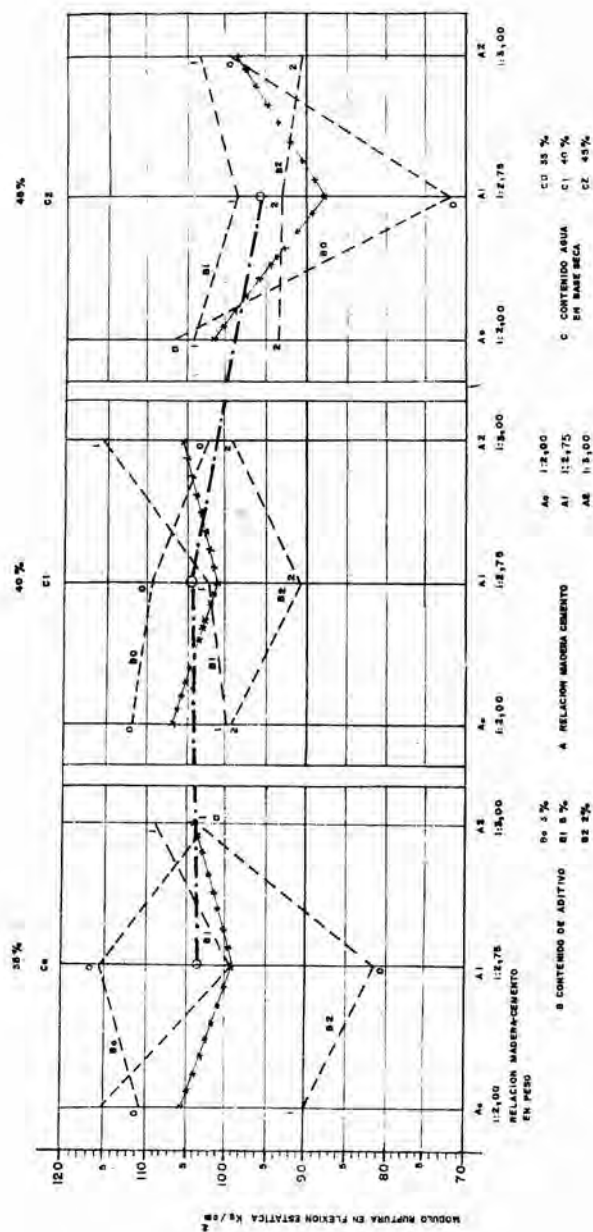


FIGURA 2. Influencia de la relación madera-cemento, el contenido de aditivo y el agua con respecto al módulo de ruptura.

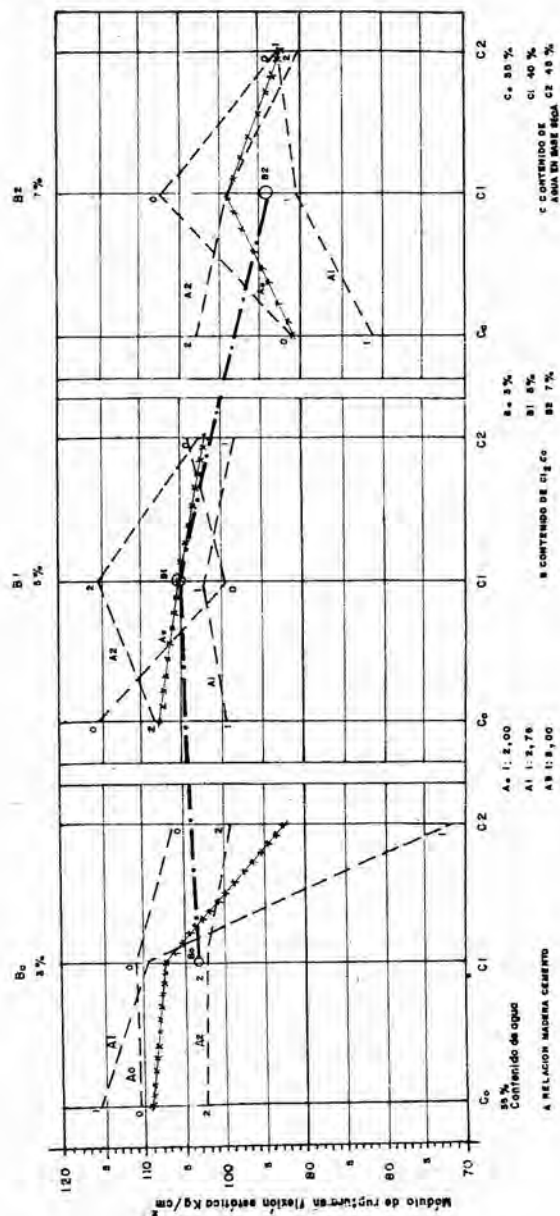


FIGURA 3. Influencia de la relación madera-cemento, aditivos químicos y agua con respecto al módulo de ruptura en la flexión estática.

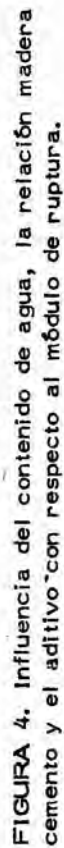


FIGURA 4. Influencia del contenido de agua, la relación madera cemento y el aditivo con respecto al módulo de ruptura.

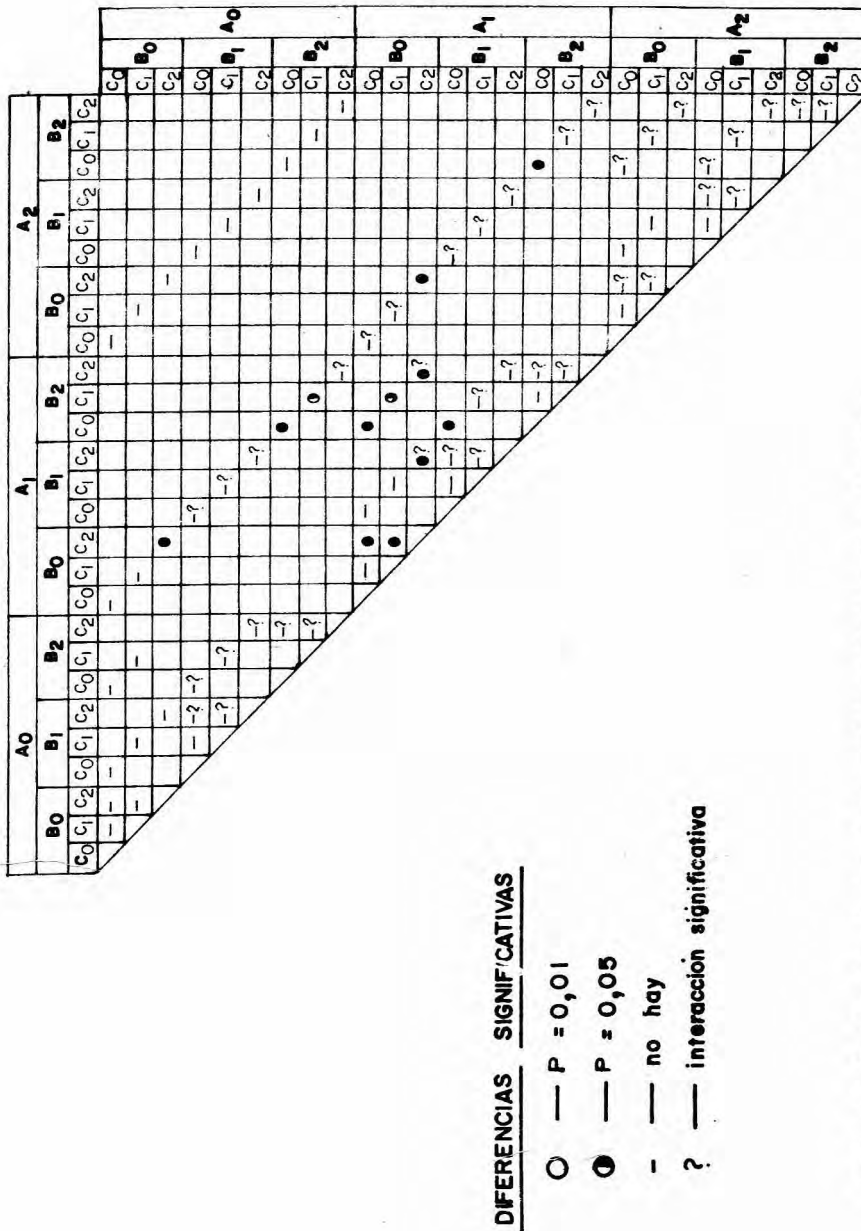


FIGURA 5. Cuadro de las interacciones de los tres factores.

CONCLUSIONES

1. Según las pruebas realizadas con paneles de xilocemento a base de Pinus caribaea var. éstos se consideran aptos para realizar la función del tabique divisorio interior, por cuanto satisfacen los requerimientos de forma y textura del examen organoléptico y los índices de impermeabilidad para paredes de cierre exterior.
2. Se verificó que la estructura trilaminar de panel influye de forma apreciable en el módulo de ruptura con respecto a los tableros homogéneos.
3. Se recomienda la formulación $A_0 B_1 C_0$, que corresponde a una relación madera-cemento de 1:2,00 en peso, 5 % de cloruro de calcio en base al cemento y 35 % de agua de añadidura en base seca porque alcanza los valores de MOR más elevados y los índices de consumo racionalmente minimizados.
4. Se puede utilizar en la fabricación de locas de xilocemento, el rango de 35-40 % de agua de amasado en base seca y 3-5 % de aditivo químico. El nivel cuantitativo superior (B_2 y C_2) tanto de mineralizadores como de agua debe despreciarse porque eleva el consumo de materias primas y desde el punto de vista práctico dificulta algunas operaciones del flujo tecnológico.
5. La relación 1:2,75 puede utilizarse en la formulación preferiblemente con los niveles de B y C, ya que con otra combinación de factores ($B_1-B_2-C_1-C_2$) la interacción funciona con tendencia a disminución del factor de respuesta (MOR).
6. La implantación del sistema a escala industrial aporta un beneficio promedio anual de 1 093,5 MP y un ahorro por concepto de recuperación de residuos de 32 MP anuales a partir del tercer año de maduración para una planta de 50 m³ de capacidad instalada.
7. La planta se recupera en tres años y la eficiencia económica calculada es superior al coeficiente normativo ramal, por lo que el proyecto inversionista resulta rentable para la economía nacional.

ABSTRACT

XILOCEMENT PANELS MADE FROM *Pinus caribaea*

Obtained results in the elaboration of bond woodchips, from *Pinus caribaea* Morelet, mixed with PORTLAND cement are given, this material can have wide uses for non-bearing walls in houses and buildings.

Optimized formulation for elaborating xilocement panels with 19 mm with 1 200 kg/m³ density, *is* evaluated according to interpretation of organoleptic properties in the probe samples and shear strength under static bending.

The implantation of this system in the productive area would mean a 32 000 pesos yearly monetary supply drawn from the recovery of woody residues which would be assimilated by a 50 m³/day instaled capacity plant.

BIBLIOGRAFIA

- 1 AGFONOV, N. T.' y S. LAVROV. Algunas relaciones entre la urbanización y las formas de organización social de la producción. La Habana, Ed. Ciencias Sociales, 1981. p 41-54.
- 2 BISON-WERKE REPORT:Wood cement board plants. Springe, December 1976.
- 3 BETONYP. Madera más cemento: Combinado Forestal de Hungría occidental, Budapest, Hungrfa.
- 4 BRUTHANS, **Z.** Materiales ligeros de fibras vegetales aglomerados con cemento y cáscarade arroz. La Habana, Centro de Investigaciones y Experimentación de la Construcción, 1975.
- 5 DELGADO, B.A. Utilizaciónde la madera de SAQUISAQUI (*Bombacopsis quinta*) en la fabricación de tableros de pajilla de madera y cemento. Revista Forestal Venezolana 18 (27): 115-121, 1979.

- CUBA**, JUNTA CENTRAL DE PLANIFICACION. Desarrollo de la silvicultura e industria forestal, papel y celulosa y la industria del mueble, período **1986-1990 y 1991-2000**. La Habana, **1984**.
7. JASCANA, C. M. Fabricación y aplicación de Arbolit, productos de madera. MOSCU, **1981**. p. **212**.
 8. FAHRNI, INSTITUT. Particle board plants Forest Industries and Trade Division Food Agriculture *Organization. Zurich, July **1978**. p. **36**
 9. LLERENA, C. y J. BOCK. Los paneles de partículas de madera aglomerados con cemento; un producto promisorio para la construcción de viviendas de bajo costo. Revista Forestal del Perú 1 (10): **165-171, 1980-1981**.
 10. MANZANARES, KATIA, MARITZA VELAZQUEZ, M. SOSA, E. **PEREZ** y R. CARRALERO. Manufactura de tableros mineralizados fabricados con madera de importación Revista Forestal Baracoa **14 (2), 1984**,
 11. CUBA, MINISTERIO **DE** LA INDUSTRIA AZUCARERA. Manual analítico para el control de producción de tableros de partículas de bagazo. La Habana, **1979**. p. **43-56**.
 12. ONUDI. Planchas de lana de madera o de astillas de madera aglomeradas con cemento. Viena, **1975**. p. **36-42**.
 13. ORUS, F. Materiales de construcción. La Habana, Edición Revolucionaria, **1968**. p. **703**.
 14. CUBA. Programa de medidas para asegurar los objetivos económicos sociales **de 1984**. La Habana, Secretaría - Consejo de Ministros, **1983**. p. **234**.
 15. SERNA, N. de la R. ALMAGRO, OFELIA CARVAJAL y E. de la VEGA. Productos aglomerados a partir de bagazo de la caña de azúcar. La Habana, Instituto Cubano de Investigaciones sobre Derivados de la Caña de Azúcar, **1982**.. p. **85-92**.
 16. WIENHAUS, O. Materiales de madera y cemento. Revista Holztechnologie **20, 1977** (Universidad Técnica de Tharandt. Dresde. RDA.)