

MANUFACTURA DE TABLEROS MINERALIZADOS A PARTIR DE PARTICULAS DE MADERA DE IMPORTACION

KATIA MANZANARES*, MARITZA VELAZQUEZ*, E. PEREZ*,
H. GONZALEZ*, M. SOSA* Y R. CARRALERO*

RESUMEN

Se dan a conocer los resultados obtenidos en la fabricación a escala de laboratorio, de pequeños módulos de 0,2 m² de superficie, preparados con astillas de pino de importación compactadas en frío con cemento gris P-350.

Esta investigación contempla ocho variantes del balance material de los componentes del producto elaborado, que posibilitan definir que tanto la relación madera-cemento 1:2,00 como 1:2,75 en peso, son factibles de utilizar en la formulación para tableros de 19 mm con peso volumétrico de 1 200 kg/m³, ya que alcanzan una resistencia a la flexión estática comprendida entre 60-110 kg/cm², lo cual supera como promedio cuatro veces el limite establecido para la tecnología de la firma BISON-WERKE (18 kg/cm²). No obstante, se advierte que la dosificación 1: 2,00 es favorable en el sentido de que se logra un panel coherente con un consumo inferior de aglutinante.

Manuscrito recibido 24 de julio de 1984

*Centro de Investigación Forestal Ministerio de la Agricultura.
Ciudad de La Habana, Cuba

Se concluye diciendo, que el valor de la recuperación de sólo el 40 % de los residuos de coníferas procedentes del MICONS para ser procesados en la fabricación de tableros de madera-cemento, constituye un ahorro de 2 063,25 MP, y habría potencial de astillas suficiente para abastecer una fábrica con una producción diaria de 150 m³ a un 90 % de la capacidad instalada.

INTRODUCCION

La disminución mundial de los recursos maderables, exige un aprovechamiento más completo de los mismos, mediante la utilización intensiva de los residuos leñosos. En esta dirección, la industria de los tableros de partículas está llamada a prestar una notable contribución, si se tiene en cuenta que ella puede consumir más del 80 % de cada árbol talado y asimilar también los desperdicios de los aserraderos, de los talleres de elaboración y de los árboles que se cortan por concepto de intervenciones silviculturales en el bosque.

En las Resoluciones del VI Pleno del Comité Central del Partido se plasmó que en el terreno de la economía debe lograrse el cumplimiento de los planes de producción y servicios con eficiencia y el máximo de ahorro de combustible, energía eléctrica, lubricantes y materiales de todo tipo, especialmente los procedentes del área capitalista, e incrementar al máximo la recuperación de materias primas.

Teniendo en cuenta estos lineamientos, se ha concebido una temática de investigación que se propone, entre sus objetivos esenciales, recuperar los desechos de madera para ser puestos en función de la fabricación de tableros mineralizados. Este tipo de producto es un aglomerado de astillas de madera que tienen como medio de fijación un adhesivo inorgánico, que puede ser el cemento, la magnesita o el yeso, el cual posee una aplicación en gran escala en la construcción. Entre las propiedades más significativas del producto, tenemos su relativa ligereza, alto módulo de elasticidad, fácil manipulación, incombustibilidad, resistencia al agua y la humedad, así como buen aislamiento térmico y acústico, todo lo cual permite que el nuevo material haya podido imponerse en la arquitectura moderna en los últimos tiempos.

Hace más de 30 años que se experimenta con los paneles xilo-cemento, pero no es hasta el año 1974 que fue puesta en funcionamiento la primera instalación automatizada, después de una serie de estudios de pilotaje realizados por la firma DURISOL, de Suiza, en asociación con

la Empresa BISON-WERKE, de la RFA. El tablero producido en esta fábrica llegó al mercado en el año 1976 con el nombre de DURIPANEL y en breve plazo se coronó como una preciada adquisición de los paneles a base de madera. En Cuba, la experiencia en esta tecnología es incipiente. En el año 1969, el Centro de Investigaciones Experimentales de la construcción realizó un trabajo encaminado a estudiar las posibilidades de fabricar un material ligero de bagazo de caña aglomerado con cemento. Durante este ensayo se determinó un método de compactación simple mediante un plato vibrador aplicado por arriba, que tuvo buenos resultados en la elaboración de losas de 200 cm x 50 cm x 5 cm.

En el año 1970 la Dirección del CIEC, orientó estudiar la factibilidad de preparar un material ligero de cáscara de arroz. En este estudio se presentaron los mejores resultados saturando previamente la cáscara con agua y se comprobó también que la mineralización de la cáscara con sales no mejoraba las características del material. .

En el año 1981, el Instituto Cubano de Investigaciones de Derivados de la Caña de Azúcar (ICDCA) realizó experiencias en la planta piloto de la Empresa BISON-WERKE, con bagazo de caña cubano. En la experiencia se lograron los índices más satisfactorios con bagazo desmeollado sin presecar, por tener menos contenido de azúcares.

Ya en 1982, en los laboratorios del Centro de investigación Forestal se indicó un estudio de manufactura de tableros de madera cemento, sin precedentes en nuestro país, que tiene como objetivo buscar una optimización de las relaciones en los componentes del tablero, a escala de laboratorio, que sirva de premisa para proceder a la fabricación del panel a escala semiindustrial y confirmación de los datos obtenidos con las normas internacionales que regulan este proceso.

De igual forma, la introducción del logro en la práctica productiva, brindará una valiosa alternativa técnico económica tendente a cubrir en alguna medida la demanda del año 1990 en paredes divisorias requeridas para satisfacer los planes de vivienda y urbanización. Por otra parte, la especialización de la tecnología y la elevación de la calidad del producto, pueden representar nuevos fondos exportables para nuestro país. En razón de lo expresado anteriormente, se infiere que es un camino prometedor la perspectiva de los tableros de madera-cemento.

MATERIALES Y METODOS

Para cumplimentar los objetivos planteados, se decidió realizar un tablero tipo losa de alta densidad, moldeado por el sistema de compactación por presión en frío.

PARAMETROS DE FABRICACION CONSTANTE

1. Peso volumétrico teórico 1,2 g/cm³
2. Espesor 19 mm
3. Area de formato 2 025 cm²
4. Humedad inicial de la astilla 9 %
5. presión específica 20-25 kg/cm⁴
6. Estructura del panel Homogénea
7. Tiempo de curado 28 días

PARAMETROS DE FABRICACION NO CONSTANTE

Las variables del proceso están integradas en un experimento factorial que contempla tres tratamientos con dos niveles, lo que origina un total de ocho combinaciones.

Tratamientos

Niveles

1. Relación madera-cemento

$a_0 = 1:2,75$

$a_1 = 1: 2,00$

2. Cantidad de aditivos

$b_0 = 5 \%$ (base al cemento)

$b_1 = 7 \%$ " " "

3. Agua de amasado

$c_0 = 40 \%$ (base seca)

$c_1 = 45 \%$

TABLA 1. Consumo de materia prima por centímetros cúbicos.

Tratamientos	Pulpa	Composición de la mezcla no compactada			Aditivos
		(g) Cemento	(g) Agua (mL)		
1	0,304	0,765	0,305		0,053
2	0,304	0,765	0,360		0,053
3	0,308	0,776	0,334		0,038
4	0,308	0,776	0,389		0,038
5	0,382	0,698	0,308		0,048
6	0,382	0,698	0,363		0,048
7	0,387	0,717	0,338		0,035
8	0,387	0,717	0,394		0,035

Se fabricaron un total de 32 módulos de madera-cemento, distribuidos a razón de cuatro módulos por cada combinación.

ESQUEMA PRINCIPAL DE OPERACIONES PARA LA FABRICACION DEL PANEL

1. preparación de la pulpa
2. Dosificación
3. Formación
4. Prensado
5. Fraguado

La **preparación** de la pulpa consistió en asegurar las dimensiones de las astillas, mediante una desintegración de las **partículas** y la clasificación de las fracciones a través de un juego de tamices con diámetro de criba de 6 mm x 6 mm y 1 mm x 1 mm.

Esta separación conduce a obtener dos tipos de fracciones granulométricas: gruesas y finas. La operación de mezclado se realizó disponiendo todos los componentes en un depósito de mixtura, siendo agitados manualmente durante 4-5 minutos. La dosificación se realizó en peso para los componentes sólidos (astilla y cemento) y en volumen para los líquidos (agua y mineralizador).

Para la formación del colchón, se distribuyó y acondicionó la mezcla suelta en unas hormonas especiales, seguido de una precompacción manual. Se aplicó una presión hidráulica de 40 kg/cm^2 , que representa una específica de 20-25 kg/cm^2 durante 10 horas hasta la terminación del fraguado.

Los módulos fueron movidos a la posición vertical portando la horma rígida para pasar el proceso de curado bajo techo y sin recubrimiento hasta el término de 28 días.

Es preciso señalar que dadas las limitaciones de los equipos, el 80 % de las operaciones se realizó de forma manual.

Breve descripción del procedimiento de caracterización de los tableros

La determinación de las propiedades mecánicas de los tableros es un elemento fundamental para despejar la adecuación de la formulación de la manufactura de acuerdo con los consumos de materia prima establecidos.

En el ensayo de flexión estática se midieron 256 probetas de 30 cm x 5 cm, según norma DIN 52362 a los 14 y 28 días de curado. La muestra se colocó sobre dos soportes cilíndricos separados con una luz de 25 cm y se le aplicó carga de manera continua y progresivamente creciente en dirección perpendicular al plano del tablero hasta la ruptura de la pieza.

Se prepararon también 256 probetas de 5 cm x 5 cm para el ensayo de densidad, el cual se ejecutó según norma DIN 52361 midiendo la masa de la muestra y el volumen por el método estereométrico. La humedad se calculó según norma DIN 52361 mediante pesadas sucesivas hasta peso constante, efectuadas a intervalos de seis horas, a temperatura de $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$. La dilatación y absorción se dispuso de acuerdo con la norma DIN 52364 que establece la medición del espesor y de la masa del modelo de pruebas completamente sumergido en agua por especie de 24 y 48 horas.

En las Tablas 2 y 3 se pueden observar los resultados obtenidos en los ensayos físico-mecánicos. Por su parte, los datos del módulo de ruptura en la flexión estática fueron sometidos a un análisis de varianza con siete repeticiones según un diseño factorial 23 y a una prueba de rangos múltiples, que están sintetizadas en la Tabla 3.

RESULTADOS Y DISCUSION

Se verificó que puede lograrse un tablero impermeable y de alta estabilidad dimensional en condiciones de laboratorio, ya que ninguna de las ocho variantes de cada tipo de fracción sobrepasó un 2 % de hinchazón después de 24 horas de inmersión en agua y la absorción está por debajo de las tolerancias establecidas para tableros de partículas convencionales (30-50 %) ver Tabla 2.

El peso volumétrico calculado se ajusta tanto al valor teórico como al normalizado ($1\,200 - 1\,400\text{ kg/m}^3$) y la humedad final fluctúa entre $9 \pm 3\%$, intervalo que indica que se obtuvo un tablero seco (ver Tabla 2). Se aprecia que la resistencia a la flexión aumenta progresivamente a partir de los 14 días de curado, alcanzando el 56 % de las variantes el valor normalizado (90-130 kg/cm²) al término de los 28 días de fundidas las muestras (ver Tabla 3).

La prueba de Duncan aplicada a los datos del módulo de ruptura revela que el tratamiento 6 es el más satisfactorio para granulometría gruesa que se corresponde con una relación madera-cemento 1: 2,00 en peso, solución de cloruro de calcio al 7 % sobre la base del cemento y el 45 % de agua de amasado (ver Tabla 2).

En granulometría fina la combinación Óptima corresponde al tratamiento 4, concerniente a una relación madera-cemento 1: 2,75, solución de cloruro de calcio al 5 % y el 45 % de agua de amasado. (ver Tabla 2).

TABLA 2. Ensayos físicos a los 28 días de curado.**Granulación fina**

Trata- miento	Densidad (g/cm3)	Dilatación		Absorción		Humedad (%)
		24 h	48 h	24 h	48 h	
1	1,32	1,27	1,70	11,05	11,31	12,53
2	1,32	1,68	2,02	12,35	13,95	11,72
3	1,28	0,32	0,88	14,49	15,91	10,55
4	1,22	0,81	1,33	15,92	17,43	10,77
5	1,17	0,48	0,98	17,49	20,63	12,01
6	1,23	0,59	1,20	15,33	16,94	10,84
7	1,19	0,64	1,10	23,76	25,63	11,12
8	1,15	0,97	1,09	25,65	20,45	10,13

Granulación gruesa

1	1,25	1,57	1,91	13,76	15,45	11,86
2	1,31	0,38	0,66	14,52	15,56	10,22
3	1,25	0,39	0,90	14,58	16,69	11,79
4	1,20	0,59	0,91	14,96	18,60	11,30
5	1,28	0,59	1,17	15,26	17,85	11,65
6	1,27	0,68	1,16	9,77	14,27	12,19
7	1,31	0,82	1,46	14,85	17,82	12,28
8	1,24	0,51	0,98	13,68	17,89	10,92

TABLA 3. Resultados de los ensayos de flexión estática de acuerdo con la formulación de los componentes del tablero.

Variantes	Módulo ruptura flexión estática (kg/cm ²)		Desviación típica S	Coeficiente de variación CV (%)	Formulación		
					T ₁		T ₃
	14 días curado	28 días curado			Relación madera-cemento	Cantidad aditivo (%)	
1	72,37	82,94	7,30	10,09	1: 2,75	7	40
2	77,37	97,67	15,70	16,07	1: 2,75	7	45
3	77,79	81,96	4,68	5,71	1: 2,75	5	40
4	64,78	102,16	15,81	15,48	1: 2,75	5	45
5	56,01	74,99	14,29	19,05	1: 2,00	7	40
6	45,07	51,65	21,21	37,66	1: 2,00	7	45
7	18,22	37,96	17,31	44,10	1: 2,00	5	40
8	19,29	24,68	10,87	44,03	1: 2,00	5	45

Fracción gruesa							
1	73,27	92,36	12,50	13,54	1: 2,75	7	40
2	71,96	103,72	5,32	5,12	1: 2,75	7	45
3	81,76	96,13	12,45	12,95	1: 2,75	5	40
4	86,60	117,79	14,10	11,96	1: 2,75	5	45
5	70,60	95,83	13,41	14,00	1: 2,00	7	40
6	96,18	127,64	13,05	15,05	1: 2,00	7	45
7	59,62	79,01	14,15	17,91	1: 2,00	5	40
8	77,10	91,15	11,58	12,71	1: 2,00	5	45

Son recomendables también los tratamientos 2 y 4 en granulometría fina y gruesa, respectivamente, puesto que sus resultados superaron los 90 kg/cm² en la prueba de flexión y, además, por los resultados de la prueba de Duncan.

Todas las formulaciones alcanzaron el límite admisible de 18 kg/cm², aunque la media general para la prueba de flexión (84,85 kg/cm²) cuadruplicó este valor mínimo. Se debe resaltar que los tratamientos cuya media estaba cercana a la tolerancia mínima, presentaron un examen organoléptico desfavorable y una pobre consistencia superficial que se superó a partir de los 50 kg/cm².

Por la simple inspección de las muestras se detecta que el acabado superficial del tablero confeccionado debe mejorarse, a partir del perfeccionamiento de los métodos de preparación de las estillas.

ANALISIS ECONOMICO

En este acápite de la ponencia se abordan de forma concreta y específica los principales indicadores económicos que se obtienen con la introducción del logro. Para llegar a las cifras finales de las evaluaciones se ha trabajado con la información brindada por el MICONS, suponiéndose que los valores que se han manejado representan las necesidades objetivas de la producción. El análisis contiene los aspectos siguientes:

- Análisis sobre el ahorro que se obtiene
- Análisis sobre la demanda proyectada de tableros
- Análisis sobre el costo de producción
- Análisis sobre el valor y costo de producción anual
- Requerimiento inversionista
- período de recuperación de la inversión o tasa de amortización.

Con este logro se propone concretamente, recuperar los desperdicios de madera de importación de coníferas que se pierden anualmente en nuestro país, para utilizarlos como materia prima en la elaboración de un nuevo producto encaminado, en lo fundamental, a sustituir algunos elementos tradicionales de la construcción.

Es de señalar que las cifras consignadas estén valoradas en precios internos de acuerdo con LOP vigentes y aprobados por el comité Estatal de Precios.

Aprovechamiento de materia prima

Según la información disponible para efectuar este trabajo, resultó que el primer consumidor de maderas coníferas de importación es el MICONS, y se pudo precisar que en el año 1982 tuvo una entrada de madera de 152,0 Mm³.

Sobre esta base se efectuaron los cálculos que se detallan en la Tabla 4.

TABLA 4.

Indicador	Cantidad en m ³	Valor (MP)
Consumo anual de madera	152,0	10 316,24
De ello: 50 % no aprovechable	76,0	5 158,12
Se propone: aprovechar el 40 % del volumen no aprovechable	30,4	2 063,25

Solamente la utilización del 40 % del volumen no aprovechable proporciona 27,4 Mm³ de astillas tecnológicas, lo cual asegura suficiente materia prima para abastecer una planta con capacidad potencial de 45,0 Mm³ de tableros anuales.

Esta instalación sólo requiere de 16,2 Mm³ de astillas para el aprovechamiento del 90 % de la capacidad instalada y 300 días laborales.

Ahorro de recursos

En este aspecto se examinan los recursos que se ahorran con la sustitución del bloque de hormigón por los tableros mineralizados. Para cumplimentar el plan de edificación del año 1985, se demanda un total de 5 460,02 Mm² de pared, de cuya cifra corresponde a tabiques divisorios un 17 %, o sea, 928,2 Mm².

Se debe incluir en el análisis que previo a la utilización del bloque, está su fabricación, y esta actividad ocasiona gastos de recursos, fundamentalmente, de cemento. Al contabilizar estas erogaciones, se determina que al efecto de levantar una superficie de 928,2 Mm², de pared divisoria, la cual representa una cifra de 12 066,6 MU de bloques, sería necesario utilizar los niveles de cemento que se muestran en la Tabla 5.

TABLA 5.

Descripción	Cantidad (Mt)	Valor (MP)
Para la producción de bloques	15,8	478,7
Para colocación y repello	23,2	703,0
Total:	39,0	1 181,7

Seguidamente se verá este análisis para la producción de tableros: Para llevar a cabo la producción de 928,2 Mm2 de tableros mineralizados sólo se necesitan 4,6 Mt del cemento, por consiguiente se obtiene por este concepto el ahorro que se muestra en la Tabla 6.

TABLA 6.

	Necesidad total-cemento Mt	Valor (MP)
Producción de bloques, colocación y repello	39,0	1 181,7
producción de tableros	21,0	636,3
Ahorro que se obtiene	18,0	545,4

Ahorro de combustible

Se conoce que para producir una tonelada de cemento, se requiere de 0,145 t de **petróleo**, combustible que se importa y cuesta divisas, por lo cual se debe ahorrar al máximo. De hecho se consigue un ahorro de 2,6 Mt de petróleo, con un valor de 442,0 MP valorado a precio interno.

A modo de resumen es posible plantear los siguientes ahorros:

- Por aprovechamiento de materias primas	2 063,3 MP
- Por concepto de recursos	545,4 MP
- Por gastos de combustibles	442,0 MP
Total de ahorro obtenido	3 050,7 MP

Es apreciable que los ahorros alcanzados resultan al tamente significativos, aun cuando no se han tenido en cuenta otras economías que se producen en el proceso.

Los costos de producción de 1 m³ de tablero, están sujetos a cambios por fluctuaciones dentro del proceso de producción y otras causas no contempladas en esta valoración preliminar.

Análisis del costo de producción

TABLA 7.

	Norma de consumo	Valor (pesos)
Materias primas		
Astilla de madera	280 kg/m ³	23,52
- Materiales		
Cemento	770 kg/m ³	23,10
Aditivos químicos	50 kg/m ³	35,00
Energía eléctrica	290 kw/h	18,85
- Salarios		
Peso por m ³ de tablero		1,84
- Mantenimiento		
15 % de la depreciación		0,85
- Depreciación		5,66
- Otros gastos (10 % mat. prima y materiales)		
		10,05
Total del costo para 1 m³		118,87

A partir de este cálculo se hará una proyección sobre los costos totales y los valores de producción.

Costo total: 150,0 Mm³ x 118,87

Costo total: 17830,5 MP

Ct = Costo total

Costo medio anual:

$$C_p = C_t \cdot h$$

$$C_p \approx 17830,5 \times 0,85$$

$h = 85 \%$ del aprovechamiento medio anual

$$C_p = 15\,155,9 \text{ MP}$$

$$H = 0,85$$

Valor de la producción

$$U_p = Q \cdot p$$

$$U_p = 150 \times 183,30^{(1)}$$

Q = cantidad que se ha de producir

$$U_p = 27\,495,0$$

P = precio

$$U_p = U_p \cdot h$$

$$U_p = 27\,495 \times 0,85$$

$$U_p = 23\,370,8 \text{ MP}$$

(¹) Se toma el precio de importación para 1982, por no contar el producto con precio oficial interno.

Ganancia que se obtiene

G = valor de producción - costo de producción

$$G = 23\,370,8 \text{ MP} - 15\,155,9$$

$$G = 8\,214,9 \text{ MP}$$

Requerimiento inversionista

Para efectuar la construcción de una planta de $150,0 \text{ Mm}^3$ de tableros anuales, se requiere lo siguiente:

- construcción y montaje	2 500,0 MP
- Equipos tecnológicos	6 000,0 MP
- Otros	8 500,0 MP
Total de la inversión	17 000,0 MP

Período de recuperación de la inversión

$$Pr = \frac{\text{valor de la inversión}}{\text{valor promedio de la producción} - \text{costo promedio de la producción}}$$

$$Pr = \frac{17\ 000,00}{23\ 370,8 - 15\ 155,9MP}$$

$$pr = 2,06 \text{ años}$$

Requerimientos objetivos y subjetivos necesarios para cumplimentar o superar la aplicación del logro

1. Creación de un sistema de acopio y transportación de los desechos de madera hasta los complejos industriales.
2. Establecer una red de almacenamiento y ensilaje de las astillas de madera, en evitación de afectaciones por ataques de hongos e insectos descompositores.
3. instalación de equipos de molienda pra adecuar las dimensiones de los desechos de madera y transformarlos en astillas tecnológicas en las propias unidades que generan el material residual, lo cual facilita la transportación de la materia prima a los puntos de acopio.
4. capacitación del personal técnico en lo referente a la tecnología del producto, ya que en todo el mundo se dan casos de fábricas modernas que no funcionan con eficacia por carencia de personal calificado.
5. Aprobación por JUCEPLAN de la propuesta de inversión de una planta de tableros mineralizados para procesar madera de importación y nacional.
6. Analizar el lugar de emplazamiento de la fabrica de acuerdo con las fuentes de materia prima, las vías de comunicación terrestre y fluvial, los costos de energía eléctrica y transportación.
7. Aceptación del producto en el mercado en dependencia del grado de sensibilidad del consumidor con la oferta que se le propone, y para ello la mercancía debe satisfacer las exigencias reglamentarias para los fines destinados.

8. Asimilación del producto como sustituto de los muros de ladrillos y de bloques de hormigón para paredes divisorias por parte de los organismos centrales del Estado y del usuario, a través de la promoción de las ventajas económico-sociales que brinda su implantación a gran escala.

Ventajas técnico-económicas de la propuesta

1. Aumento de la productividad basado en la rapidez del levantamiento de las paredes y sus rendimientos.
2. Ligereza del peso de las obras, con un 40 % de disminución en peso con respecto a las paredes de bloques, ladrillos, ambos.
3. Por las buenas propiedades aislantes del panel, se considera apropiado para climas tropicales y su resistencia al fuego lo hacen adecuado para obras sociales tales como escuelas, hospitales, cines, círculos infantiles, etc.
4. Disminución del gasto de cemento fundamentado en un ahorro de 28 kg/m^2 de pared con relación a los tabiques divisorios de bloques de hormigón.
5. Disminución del consumo de energía calorífica en comparación con los tableros de partículas convencionales en un orden de $320\,000 \text{ kcal/m}^3$.
6. Creación de nuevas fuentes de empleo para la población y de ubicación de egresados de las Escuelas Formadoras de Técnicos Forestales.
7. Mejoras de la humanización del trabajo de los obreros de la construcción debido a la fácil manipulación y ensamblaje de los paneles.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Se comprobó que para la fabricación de tableros de estructuras homogéneas de 19 mm de espesor y peso volumétrico entre 1 200-1 400 kg/m^3 , la relación madera-cemento 1: 2,00 es adecuada para partículas gruesas, ya que se obtiene un panel coherente con un consumo de cemento entre 0,59-0,71 g/cm^3 .
2. En el caso de las fracciones finas, la relación madera-cemento 1: 2,75 es la más satisfactoria, ya que se reduce el consumo

, de aglutinantes a un intervalo inferior de 0,76-0,77 g/cm³, y el panel que se obtiene rebasa los 90 kg/cm² en las pruebas de flexión estática.

3. Se verificó que puede obtenerse un panel consistente, empleando granulometría gruesa, cuando se emplee la formulación del tratamiento 6, que corresponde a una relación madera-cemento de 1: 2,00 en peso, solución de Ca Cl₂ al 7 % sobre la base del cemento y 45 % de agua de amasado.

En el caso de la granulometría fina, se comprobó que puede fabricarse un panel empleando la formulación del tratamiento 4, concerniente a una ~~proporción~~ pulpa-aglutinante de 1: 2,75, aditivo químico al 5 % y agua al 45 % en base seca.

4. El valor de la recuperación de sólo el 40 % de los residuos de coníferas de importación asignadas al MICONS para ser procesadas en la Industria de Tableros de Madera-Cemento reporta un ahorro de 2 065,3 MP como sustituto de las paredes no soportantes levantadas con bloques de hormigón.
5. La producción de una planta de 150 m³ de tablero diario, sería capaz de cubrir la demanda de bloques de 10 cm del año 1985 destinados para viviendas y edificaciones urbanas.
6. La planta que se proyecta construir es recuperable en 2,06 años, por lo que resulta rentable realizar la inversión propuesta.

ANEXO A

TABLA 8. Evaluación estadística de los resultados del módulo de ruptura en flexión estática. Análisis de varianza de la fracción fina.

FV	SC	GL	CM	F
Repeticiones	2 059,940 8	6	343,323 5	1,85 NS
tratamientos	36 020,645 4	(7)	(5 145,806 4)	27,68 ⁽ⁱⁱ⁾
A	22 101,004 4	1	22 201,004 4	118,91 ⁽ⁱⁱ⁾
B	2 487,111 4	1	2 487,111 4	13,38 ⁽ⁱⁱ⁾
C	132,010 0	1	132,010 0	0,71 NS
AB	5 803,007 2	1	5 803,007 2	31,22 ⁽ⁱⁱ⁾
AC	4 686,842 0	1	4 686,842 0	25,22 ⁽ⁱⁱ⁾
BC	0,890 0	1	0,890 0	0,005 NS
ABC	809,780 4	1	809,780 4	4,36 ⁽ⁱ⁾
	7 806,305 5	42	185,864 4	-
Error				
Total	45 886,891 7	55		

⁽ⁱⁱ⁾ Significativo 1 %

⁽ⁱ⁾ Significativo 5 %

NS No significativo

ANEXO B

TABLA 9. Análisis de varianza de la fracción gruesa.

FV	GL	SC	CM	F
Repeticiones	6	1 503,516 8	250,586 1	1,31 NS
tratamientos	7	(1 942,018 8)	(1 706,001 6)	(8,95) ⁽ⁱⁱ⁾
A	1	237,188 7	237,188 7	1,24 NS
B	1	1 097,311 7	1 097,311 7	5,56 ⁽ⁱ⁾
C	1	5 188,779 5	5 188,779 5	27,22 ⁽ⁱⁱ⁾
AB	1	4 438,074 2	4 438,074 2	23,28 ⁽ⁱⁱ⁾
AC	1	108,945 9	108,945 9	0,57 NS
BC	1	81,245 0	81,245 0	0,43 NS
ABC	1	790,466 8	790,466 8	4,15 ⁽ⁱ⁾
Error	42	8 008,377 3	190,604 2	-
	55	21 450,905 9	-	-

ANEXO C

TABLA 10. Prueba de Duncan al 5 %.

Fracción fina								
Tratamientos	8	7	6	1	5	3	2	4
Promedios	24.69	39.25	56.32	72.37	74.99	81.96	97.68	102.16
Fracción gruesa								
Tratamientos	7	8	1	5	3	2	4	6
	79,00	91,15	92,37	95,82	96,13	103,72	117,86	127,64

ABSTRACT

MANUFACTURE OF MINERALIZED PARTICLE BOARDS FROM IMPORTED WOODS

The results obtained in the manufacture at laboratory scale of small modules of $0,2 \text{ m}^2$ in surface, prepared with imported pine chips compacted in cold with grey cement P-350, are given.

This research includes 8 variants of the balance material of the components of the elaborated product, which make it possible to define that the relation wood-cement 1: 2,00 as well as 1: 2,75 in weight are feasible to use in the formulation of 19 mm boards with a volumetric weight of 1200 kg/m^3 , which reach a resistance between $60\text{--}110 \text{ kg/cm}^2$ to the bending strength, which exceeds as an average 4 times the limit established for the technology of the BISON-WEKE firm (18 Hf/cm^2). Nevertheless, we advice that the measurement 1: 2,00 is favorable, because it attains a consistent board with an inferior consumption of cementing material.

We conclude saying, that, the recuperation value of only a 40 % of the by-products of MICONS to be processed in the manufacture of wood-cement boards, constitutes a saving of 2 063,25 MP, and there would be a chip potencial enough to supply a factory with a daily production of 150 m^3 at a 90 % of installed capacity.

BIBLIOGRAFIA

BETONYP. Madera más cemento. Budapest, Combinado Forestal de Hungría Occidental, s/f.

BISON-SYSTEM. Wood-cement, board plant. Springe, RFA, s/f.

BRUTHANS, Z. 1975. Materiales ligeros de fibras vegetales aglomerados con cemento. Cáscara de arroz-cemento. La Habana, Centro de Investigaciones y Experimentación de la Construcción.

- CABALLERO, M. 1973. Estadísticas prácticas para dasónomos. México, Secretaría Forestal y de la Fauna. Dirección Nacional de Inventarios Forestales. p. 195.
- CUBA, MINISTERIO DE LA CONSTRUCCION. catálogos y tasas. Albañilería sub-grupo muros de block. L a Habana. p. 17-26.
- CUBA, MINISTERIO DE LA INDUSTRIA AZUCARERA. 1978. Tableros de partículas. Información técnica. Tomos 1 y 11. L a Habana, Dirección de capacitación.
- CUBA, MINISTERIO DE LA INDUSTRIA AZUCARERA. 1979. Manual analítico para el control de producción de tableros de partículas de bagazo, L a Habana.
- FRASER, H.R. 1977. El tablero de **partículas** de madera-cemento y su gran demanda. World-Wood 18 (3): 11-13.
- GARCIA, J.M. 1974. utilización de los residuos de la explotación del bosque y de los aserraderos. L a Habana, Centro de Investigación y capacitación Forestales, sección de Tecnología. 47 p.
- GONZALEZ, MIGDALIA. 1975. Tendencia mundial de la **producción** de madera artificial de bagazo. L a Habana, Instituto Cubano de Investigaciones de la Caña de Azúcar. p. 51-57.
- KAPERINA, F. 1. 1970. Utilización de residuos de madera en tableros mineralizados y otros materiales de construcciones. MOSCU, Edición de Industria Forestal. Parte 8, p. 192-208.
- ONU. 1975. Planchas a base de lana de madera o de astillas de maderas aglomeradas con cemento. **Elaboración de la madera para países en desarrollo**. Informe de un curso práctico. Viena, 3-7 noviembre 1975. p. 36-42.
- ORUS, F. 1968. Materiales de construcción. L a Habana, Edición Revolucionaria. 703 p.
- SCHMITZ-LE HANNE, A. 1970. Lo que se puede averiguar antes de hacer una inversión de capital en una fábrica de paneles a base de madera. Roma, FAO (Comité de FAO sobre paneles a base de madera. 3ra. Reunión).

VENEZUELA. Laboratorio Nacional de Productos Forestales. 1970.
Estudio sobre adaptabilidad de los llanos occidentales para la
producción de tableros de lana de madera y cemento. En:
Estudio tecnológico de las maderas de los llanos occidentales.
Mérida, Ministerio de Agricultura, julio 1970. p. 87-88.