

PRUEBAS DE DOSIFICACIÓN CON AGREGADOS LOCALES Y RESIDUOS MADERABLES DEL ASERRÍO DE PONS

ING. DIGNA VELÁZQUEZ VIERA, ING. KATIA MANZANARES AYALA,
M.Sc. MARÍA ANTONIA GUYAT DUPUY, ING. MARGARITA CASTILLO RODRÍGUEZ
Y M.Sc. EULISES SÁNCHEZ TÉLLEZ

Instituto de Investigaciones Forestales. Calle 174 no. 1723 e/ 17 B
y 17 C, Reparto Siboney, Playa, La Habana, c.e.: digna@forestales.co.cu

RESUMEN

Se presentan los resultados de un estudio de dosificación de residuos maderables aglutinados con un agregado local como sustituto parcial del cemento en la fabricación de aglomerados a escala de laboratorio. La investigación se realizó en el Instituto de Investigaciones Forestales.

Se emplearon astillas de Pinus caribaea y Pinus tropicalis y se elaboraron probetas cúbicas de 10 cm de lado por compactación manual. La caracterización se realizó mediante ensayos de resistencia mecánica, densidad, absorción y dilatación.

Se comparan los resultados con las normas de calidad establecidas para este tipo de material de construcción. Se encontró una alta estabilidad dimensional e impermeabilidad en todas las variantes, y se sugiere el empleo de una dosis 1:2:1 (cemento-arcilla blanca-madera) por su respuesta favorable en la prueba de resistencia mecánica.

Palabras clave: aglomerados, residuos maderables, madera, cemento, módulo de ruptura

ABSTRACT

The results of a study of dosage of residuals maderables are presented agglutinated with a local attaché as partial substitute of the cement in the production of agglomerates to laboratory scale. The investigation was carried out in the Institute of Forest Investigations.

Chips of tropical Pinus Moele was used and cubic test tubes of 10 cm were side elaborated for manual compactacion, the characterization was carried out by means of rehearsals of mechanical resistance, density, absorption and dilation.

The results are compared reached with the established norms of quality for this type of construction material. He/she was a high dimensional stability and impermeabilidad in all the variants and the employment of a dose is suggested 1:2:1 (cement-clay white-wood) for its favorable answer in the test of mechanical resistance.

Key words: agglomerates, residuals maderables, wood, cement, rupture module

INTRODUCCIÓN

El empleo de refuerzos naturales en los materiales de construcción basa-

dos en fibras vegetales y residuos de cosechas agrícolas se ha desarrolla-

do en los últimos años debido a su bajo costo, la posibilidad de reciclado de las materias primas y la obtención de productos ecológicos para el consumo de la población [Andrade *et al.*, 2004].

La práctica de la autoconstrucción con el uso de recursos disponibles localmente se ha realizado con éxito en algunos países del tercer mundo, donde sus pobladores han fabricado sus viviendas por medios propios con el objetivo de disminuir el crecimiento del costo de los materiales de construcción y de la mano de obra [Berreta *et al.*, 2005].

Por otra parte, alrededor de 50% de la madera que se procesa en el aserrío de Pons y otros aserraderos se convierten en residuos. Este alto volumen de desechos permite valorar la posibilidad de su empleo en la producción de aglomerados, que pueden contribuir de alguna medida a aliviar las necesidades habitacionales en las propias comunidades donde se generan, y su aprovechamiento representaría un incremento en el rendimiento del bolo y en la eficiencia de la industria [Velázquez *et al.*, 1998].

El objetivo del trabajo es valorar el comportamiento de la arcilla gris y

blanca como sustituto parcial del cemento en la elaboración de compuestos mineralizados para la construcción con el empleo de astillas de madera generadas en el aserrío de Pons.

MATERIALES Y MÉTODO

El trabajo se realizó en el laboratorio del Departamento de Tecnología de la Madera en el Instituto de Investigaciones Forestales. Se empleó astillas de pino (*Pinus caribaea* y *Pinus tropicalis*) generados en las labores de cepillado de la madera en la carpintería aledaña al aserrío de Pons, cemento gris Portland P-250 como aglutinante hidráulico principal y dos tipos de arcillas que se generan en la localidad de Pons.

En el experimento se emplearon dos niveles de cemento y arcilla, 200 y 250 g para el cemento y 300 y 400 g para la arcilla. Para ambos tipos de arcilla se utilizó igual dosificación. En todos los casos la madera se mantuvo constante (200 g), y el agua varió en dependencia de la consistencia de la mezcla. Para cada tipo de agregado local los experimentos son los siguientes:

- a) 200 g de cemento y 400 g de arcilla gris (G) o blanca (B)
- b) 200 g de cemento y 300 g de arcilla gris (G) o blanca (B)
- c) 150 g de cemento y 400 g de arcilla gris (G) o blanca (B)
- d) 150 g de cemento y 300 g de arcilla gris (G) o blanca (B)

La compactación y moldeado se realizó por la técnica de moldeado *in situ* por compactación manual [Sotolongo *et al.*, 1988]. Se emplearon matrices

triples para la obtención de probetas cúbicas de 10 cm de lado. Las muestras se desmoldaron a las 24 h de fundidas y se sometieron a 28 días de

curado y endurecimiento, para posteriormente realizar los ensayos físico-mecánicos.

Para las pruebas de resistencia a compresión se utilizó una variante de la Norma Cubana 109-85, 1986 con el empleo de una máquina de ensayos mecánicos modelo Avery. El cálculo del módulo de ruptura a compresión se efectuó según lo dispuesto en el apartado «Expresión de los resultados» de la propia norma. La carga fue aplicada perpendicular a la cara de fundición de las probetas y la rotura se determinó por aplastamiento en la observación directa. Se efectuaron además ensayos de absorción y dilatación después de sometidas las muestras a 24 h de inmersión en agua. Para estas determinaciones se empleó la NC-4312 y la NC-4309 para

el cálculo de la densidad [Cuba, 1979]. Todos los resultados se comparan con las normas establecidas en cada caso.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Se observa que en los experimentos realizados con arcilla gris, el módulo de ruptura no sobrepasó los 7 kgf/cm², que es el límite inferior aceptado por British Standard [Bruthans, 1975] para la categoría de bloque C (Tabla 1). En esa misma tabla se aprecia que el experimento 1G y 2G, donde se empleó igual dosis de cemento, la adición de la arcilla gris no produjo una elevación del MOR (módulo de ruptura), sino que este descendió ligeramente de 6,67 a 5,59 kgf/cm², lo que pudiera deberse a alguna característica química o física del agregado.

TABLA 1
Módulo de ruptura y densidad obtenidas en cada experimento

<i>Dosificación con arcilla gris</i>						
<i>Experimento</i>	<i>Cemento (g)</i>	<i>Arcilla (g)</i>	<i>Madera (g)</i>	<i>Agua (mL)</i>	<i>Densidad (g/cm³)</i>	<i>MOR (kgf/cm²)</i>
1G	200	400	200	820	0,87	5,59
2G	200	300	200	800	0,69	6,67
3G	150	400	200	500	0,83	6,42
4G	150	300	200	500	0,66	3,47
<i>Dosificación con arcilla blanca</i>						
1B	200	400	200	675	0,95	11,07
2B	200	300	200	400	0,82	8,99
3B	150	400	200	500	0,87	7,70
4B	150	300	200	400	0,80	7,34

El experimento 4G presentó las propiedades organolépticas y mecánicas más pobres con una inconsistente dureza superficial y tendencia a la rotura de las aristas de las muestras; sin embargo, la densidad tuvo un comportamiento lógico si se tiene en cuenta que esta propiedad creció con el aumento del agregado total (Tabla 1).

Los resultados de los ensayos con arcilla gris indican que este agregado no es adecuado para combinarlo con cemento en la elaboración de productos compuestos para limitar o conectar espacios en paredes portantes o divisorias. Se pudiera valorar la posibilidad de su empleo como barreras térmico y acústica –excepto la variante 4G– en correspondencia con la Norma Gost 1922-1973, citada por Nagy (1986), que establece rangos entre 5-9 kgf/cm².

En las pruebas con arcilla blanca se encontró un resultado diferente, ya que se produjo una elevación considerable del MOR. En este caso, en los cuatro experimentos el valor de este indicador de calidad sobrepasó los 7 kgf/cm² permitido por la British Standard [Bruthans, 1975] y catalogado como *aptas* para la elaboración de elementos no portantes con categoría de bloque C.

Se observó además que para ambos niveles de cemento la respuesta a compresión se elevó al crecer la dosis de arcilla blanca. Esta respuesta indica que el agregado presenta características físico-químicas favorables que le transmiten a la mezcla plasticidad, dureza y resistencia para actuar como sustituto parcial del ce-

mento. Savastano (2001) propone el empleo de aglutinantes alternativos en la elaboración de aglomerados para evitar las sobredimensiones de cemento Portland convencional. Experiencias realizadas por Manzañares y Velázquez (2004) revelaron formulaciones muy favorables con el empleo de residuos de *Pinus caribaea* Morelet con adiciones bajas de cemento si se adiciona hidrato de cal en la mezcla y solución de silicato de sodio.

Se encontró que las formulaciones contenidas en los experimentos 1B y 2B presentan las mejores respuestas a la prueba de compresión en el orden de 11,07 y 8,99 kgf/cm² respectivamente.

El experimento 1B también presentó el índice más alto del módulo de ruptura (MOR), lo que es indicativo que esta dosis pudiera ser empleada en la elaboración de bloques con astillas de madera y en la elaboración de bloques con astillas de madera para viviendas emergentes [Costales y Carvajal, 2005] por cumplir los parámetros establecidos por las normas, tal como sugiere Yossifov *et al.* (1997) para elementos constructivos con características aislantes (10-15 kgf/cm²).

Se presentan los indicadores de las pruebas de caracterización después de 24 h de inmersión en agua (Tabla 2). Se aprecia que con el uso de estos agregados locales pueden obtenerse materiales de alta estabilidad dimensional e impermeabilidad, ya que en todos los experimentos se logran los valores de absorción inferiores al rango establecido para los aglomera-

dos con resinas sintéticas cuando se someten a la inmersión en agua durante 24 h (30-50%). De igual forma se manifiestan al compararlos con los valores permisibles para este tipo de producto (60-70%). La expansión

volumétrica y superficial osciló entre 0,19 y 1,19% (Tabla 2) muy inferiores a los límites establecidos por las normas de Bisson, que admite valores inferiores a 2%. [Yoshico *et al.*, 2004].

TABLA 2

Resultados de las pruebas de inmersión en agua (%)

Arcilla gris				Arcilla blanca			
Exp.	Abs. (%)	Ds. (%)	Dv. (%)	Exp. (%)	Abs. (%)	Ds. (%)	Dv. (%)
1G	28,32	0,48	0,49	1B	4,53	0,19	0,18
2G	28,26	1,49	1,49	2B	13,04	0,85	0,76
3G	32,23	1,00	1,01	3B	7,12	0,48	0,48
4G	15,08	0,54	0,54	4B	6,13	0,47	0,47

Exp.: Experimento Abs.: Absorción Ds.: Dilatación superficial Dv.: Dilatación volumétrica

CONCLUSIONES

- Los resultados confirman que la arcilla blanca presentó las mejores características mecánicas (MOR) que indica su posible empleo en proporciones adecuadas (relación cemento-arcilla 1:2) para la elaboración de productos forestales compuestos para la construcción de viviendas emergentes en casos de desastres naturales.
- El agregado local arcilla gris no debe ser empleado como sustituto parcial del cemento para paredes portantes y no portantes por presentar niveles de resistencia muy bajos. Los niveles de estabilidad dimensional y de impermeabilidad obtenidos con estos agregados revelan la posibilidad de su empleo para usos especiales en el levantamiento de paredes como aislante térmico y acústico.
- Se recomienda continuar los estudios de estos y otros materiales locales próximos a las áreas de generación de residuos maderables para su inclusión en los planes de fabricación de viviendas por el sistema de autoconstrucción de aglomerados de madera-cemento.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDRADE, F.; K. GHAVAMI; J. R. MORAES: «Interfacial Transition Zone in Fiber Reinforced Cement-Based Composite» Department of Civil Engineering, Rio de Janeiro, 2004.
- BRUTHANS, Z.: «Materiales ligeros de fibras vegetales aglomerados con cemento. Cáscara de arroz-cemento», Centro de Investigaciones y Experimentación de la Construcción, La Habana, 1975.
- BERRETA, H.; R. ARGUELLO; M. GATANI; R. GAGGINO: «Nuevos materiales para la construcción. Los plásticos reciclados», Seminario de Tecnologías de Materiales, La Habana, 2005.

- CUBA: *Manual analítico para la producción de tableros de partículas de bagazo*, ICIDCA, La Habana, 1979, pp. 43-53.
- MANZANARES, KATIA; DIGNA VELÁZQUEZ: «Elementos de paredes de *Pinus caribaea* Mor. para viviendas ecológicas», revista *Medio Ambiente y Desarrollo* 4(6), 2004.
- NAGY, V.: «Informe final de asesoría técnica extranjera», Instituto de Investigaciones Forestales, La Habana, 1986.
- NC 109-85: «Materiales y productos de la construcción. Hormigón. Ensayo de compresión en probetas cilíndricas», 1986.
- SAVASTANO, H.: *Sustainable Cement Based Material and Techniques of Rural Construction*, Procceding Agribuilding / Campinas / Universidad de Sao Paulo, 2001.
- SOTOLONGO, R.; N. RIVERA; R. PRADO: «Contribución al estudio de la cáscara de arroz y la ceniza de bagazo de caña como material de construcción», CTDM, La Habana, 1988.
- VELÁZQUEZ, DIGNA; KATIA MANZANARES; MARÍA ANTONIA GUYAT; E. SÁNCHEZ: «Esquema de adecuación de uso productivo de los residuos maderables». Informe de Etapa 3.05.01, Instituto de Investigaciones Forestales, La Habana, 1998.
- YOSSIFOV, N.; S. GABI KHRISTOVA: *Agri-Cement Panels from Sun Flower Stalks*, Spokaine, Inorganic Bonded Wood and Fiber Composite Conference, 1997.
- COSTALES, R.; O. CARVAJAL: «Paneles de bagazo-cemento. Excelencia en la construcción», Seminario Iberoamericano de Tecnología de Materiales, CYTED, La Habana, 2005.
- YOSHICO, A.; M. DE SOUSA; M. A. SANTANA; D. TEXEIRA: «Chapa aglomerada de cemento-madera de *Hevea brasiliensis* Mill Arg.», *R. Arvore* 28(3):451-457, 2004.