

AVANCES EN EL PROYECTO DE INVESTIGACION PANELES AUTOPORTANTES PARA TECHOS DE VIVIENDAS SOCIALES EN MISIONES¹

Carlos Rubén Brázzola²

¹ Trabajo de Investigación, Código 16/I127

² Director de Proyecto, Ingeniero en Construcciones, brazzola@fio.unam.edu.ar

Resumen (Times New Roman 12 Negrita)

Debido al incremento en la construcción de barrios de viviendas sociales, se observan problemas en la provisión de materiales de construcción convencionales; en consecuencia, se implementan programas para la ejecución de viviendas con materiales y sistemas no tradicionales. Entre los sistemas alternativos innovadores se encuentra un producto denominado panel autoportante, a utilizarse en la ejecución del techo de la vivienda. Este elemento surge de un proceso totalmente industrializado, actuando como dinamizador de la industria local. En el presente trabajo se muestran los avances alcanzados en un proyecto de investigación cuyo objetivo es analizar la factibilidad técnica del producto. Se exponen los primeros resultados de los ensayos de caracterización y resistencia de la madera componente del sistema y como conjunto estructural.

Palabras Clave: *Sistema constructivo de techos – Madera - Viviendas sociales.*

Introducción

Debido al incremento en la construcción de barrios de viviendas sociales, se observan problemas en la provisión de materiales de construcción convencionales; en consecuencia, se implementan programas para la ejecución de viviendas con materiales no tradicionales. Algunos de los programas financian la construcción de viviendas con uso intensivo de la madera, como material sustentable.

Además, las inclemencias del clima crea la necesidad de dar una rápida respuesta habitacional a familias en estado de emergencia, y para ello el Instituto Provincial de Desarrollo Habitacional (IPRODHA), ha implementados variantes innovadoras en la producción de algunos elementos constitutivos de las viviendas de construcción masiva. Entre los sistemas alternativos innovadores se encuentra un producto denominado “Panel Autoportante”, el cual se utiliza en la ejecución del techo de las viviendas.

El producto mencionado en el párrafo anterior y objeto de estudio del proyecto, está constituido por varios elementos, a saber:

Una estructura resistente formada con elementos estructurales longitudinales, transversales y refuerzos, que cubren una superficie rectangular.

Elementos para la fijación de la cubierta de techo, denominados “clavadores”, cuya función es la de fijar las chapas onduladas de acero galvanizado.

Un revestimiento inferior que finalmente conformará el cielorraso de la vivienda y está compuesto por elementos de madera blanda unidos lateralmente con el sistema denominado localmente “machimbrado”.

El producto completo puede tener hasta ocho configuraciones geométricas debido a la modulación de los espacios interiores de la vivienda. Se tomó como objeto de estudio el panel en el cual las características dimensionales, las cargas estáticas, las cargas dinámicas y otros factores, provoquen en la superposición de acciones, las peores condiciones.

En la Figura 1 se muestra el esquema de uno de los paneles (el Z1).

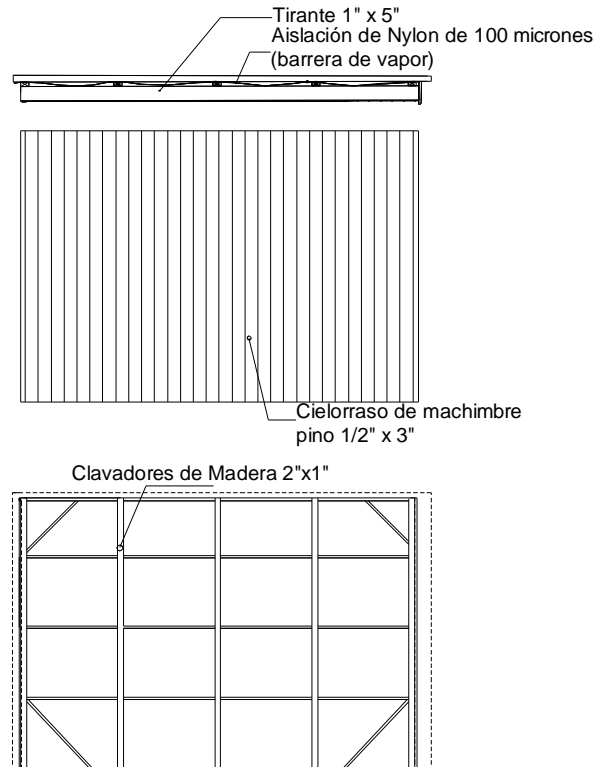


Figura 1. Esquema del panel Z1. Corte (arriba), vista inferior (centro) y vista superior (abajo). Fuente: IPRODHA.

El componente innovador en el proceso radica en construir los paneles en carpinterías, bajo controles estandarizados, en lugar de armarlos in situ. Este cambio en el proceso asegura una producción constante, sin demoras por cuestiones climáticas, además de proveer productos de características similares en cuanto a calidad y geometría.

Se plantea la necesidad de evaluar objetivamente el comportamiento físico, mecánico y estructural del panel autoportante de cubierta como alternativa competitiva, como así también el efecto que su incorporación produce en el clima interior de la vivienda.

Es así que se generó un proyecto de investigación con docentes investigadores y alumnos de las Facultades de Ingeniería (FIO) y de Ciencias Forestales (FCF) de la UNaM, con el objetivo de determinar la factibilidad técnica del producto. El proyecto está co-financiado entre la Secretaría General de Ciencia y Técnica, la FIO y la FCF.

En el presente trabajo se exponen los avances realizados hasta la fecha en el proyecto de investigación mencionado en el párrafo anterior.

Metodología

Para la evaluación de los paneles portantes, se planteó por un lado el estudio del comportamiento físico y mecánico del mismo, verificando el cumplimiento de las

normativas y reglamentaciones vigentes en la Argentina y sus recomendaciones para aumentar la eficiencia.

Por otro lado se planteó observar el clima interior en una vivienda prototipo construida con los paneles mencionados, sin habitar, contrastando con los que surgirán de una vivienda testigo sin la innovación.

Como actividades específicas del proyecto de establecieron las siguientes:

Bibliografía y estado del arte:

Recopilación de la información básica y complementaria asociada a la temática canalizada a través de distintos formatos con los cuales poder establecer planos de referencias adecuados. Esta información debidamente clasificada y sistematizada conformara la matriz primaria en la que se enmarcara el trabajo.

Acopio de paneles autoportantes para los ensayos de laboratorio:

Los paneles serán provistos por la APICOFOM. La cantidad de paneles a ensayar resultará de varios factores: muestra representativa de la producción, capacidad del laboratorio y plazo dentro del cronograma del proyecto.

Identificar la o las viviendas casos de estudio:

Previo a la realización de campañas de mediciones es necesario realizar un relevamiento de las viviendas de interés social prototipo que tengan incorporados los paneles autoportantes, construidos en el territorio de la Provincia de Misiones por el IPRODHA, como así también construcciones similares sin la mencionada innovación.

Mediciones de parámetros físicos y mecánicos de los paneles autoportantes:

Registro de parámetros relacionados con las características física-mecánicas de los elementos estudiados, mediante ensayos en laboratorio. Los ensayos de laboratorio serán básicamente de resistencia a la rotura y deformaciones, de acuerdo a las reglamentaciones vigentes.

Mediciones de parámetros climáticos:

Registro de parámetros relacionados con las características del clima interior y exterior de la vivienda construida con los paneles autoportantes, sin habitar. Las variables a relevar serán temperatura y humedad relativa ambiente. Paralelamente se tomarán datos de una vivienda similar sin la colocación de los paneles en estudio. Las campañas de tomas de datos se realizarán en las estaciones invernal y estival.

Modelización:

Con la finalidad de inferir comportamientos físico-mecánicos de paneles con geometrías diferentes o incluso en escenarios diferentes a las estudiadas, a un menor costo, se pretende modelizar los elementos. Para esto se planificó trabajar con el programa de computación SAP 2000.

Así mismo, para el estudio del comportamiento higrotérmico del ambiente interior de la vivienda en diferentes situaciones (orientaciones, alturas, etc.), se pensó en recurrir al programa de computación SIMEDIF.

Las modelizaciones serán validadas por los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio y en viviendas, respectivamente.

Resultados y Discusión

Acopio de paneles autoportantes para los ensayos de laboratorio

El IPRODHA entregó los datos de las carpinterías que fabrican los paneles en estudio, y que posteriormente los venden a las empresas constructoras, las que los utilizan para la construcción de viviendas financiadas por el Estado. En la Figura 2 se observa una muestra del producto terminado.



Figura 2. Muestras para ensayo del panel Z3.

Características físicas y mecánicas de la madera

La caracterización de la madera utilizada en los paneles fue realizada en los laboratorios de la FCF de Eldorado, por docentes investigadoras de esa facultad.

Las Tablas 1 a 5 exponen los resultados obtenidos de la madera utilizada como materia prima para el armado de los paneles.

Tabla 1. Peso específico aparente estacionado de la madera del *Pinus* sp.

	Promedio	DS	CV
	g/cm ³	g/cm ³	%
PEE	0,603	0,096	15,902

Referencias: PEE: peso específico aparente estacionado. DS: Desvío estándar. CV: coeficiente de variación.

De acuerdo a los valores obtenidos, la madera ensayada puede ser considerada como semipesada según la clasificación de García y García (1956).

Tabla 2. Contracciones e hinchamiento tangencial, coeficiente de contracción, punto saturación de fibras y coeficiente de anisotropía de la madera de *Pinus* sp.

	Promedio	DS	CV
	%	%	%
CTg	4,019	0,953	23,70
HTg	4,196	1,033	24,61
CTTg	6,492	0,905	13,93
HTTg	6,951	1,034	14,88
CCtg	0,215	0,039	18,29
PSF	30,26	3,883	12,83
CA	1,1		

Referencias: CTg: Contracción tangencial. HTg: Hinchamiento tangencial. CTTg: Contracción total tangencial. HTTg: Hinchamiento total tangencial. CCTg: Coeficiente de contracción tangencial. PSFTg: Punto saturación de fibras tangencial. DS: Desvío estándar. CV: coeficiente de variación.

Tabla 3. Contracciones e hinchamiento radial, coeficiente de contracción, punto saturación de fibras de la madera de *Pinus sp.*

	Promedio	DS	CV
	%	%	%
CRd	3,726	0,891	23,91
HRd	3,877	0,956	24,66
CTRd	5,832	0,797	13,66
HTRd	6,199	0,900	14,51
CCRd	0,196	0,043	22,11

Referencias: CRd: Contracción radial. HRd: Hinchamiento radial. CTRd: Contracción total radial. HTRd: Hinchamiento total radial. CCRd: Coeficiente de contracción radial. PSFRd: Punto saturación de fibras radial. DS: Desvío estándar. CV: coeficiente de variación.

Tabla 4. Contracciones e hinchamiento axial, coeficiente de contracción, punto saturación de fibras de la madera de *Pinus sp.*

	Promedio	DS	CV
	%	%	%
CAX	0,394	0,168	42,71
HAX	0,395	0,170	42,90
CTAx	0,694	0,180	25,87
HTAx	0,699	0,182	26,04
CCAx	0,022	0,010	47,33

Referencias: CAX: Contracción axial. HAX: Hinchamiento Axial. CTAx: Contracción total axial. HTAx: Hinchamiento total axial. CCAx: Coeficiente de contracción axial. DS: Desvío estándar. CV: coeficiente de variación.

Tabla 5. Valores promedio de modulo de rotura, desvío estándar y coeficiente de variación a la compresión paralela a las fibras.

	Promedio	DS	CV
Propiedad	N/mm ²	N/mm ²	%
MOR	24,55	7,56	30,79

Referencias: MOR: Modulo de rotura. DS: Desvío estándar. CV: coeficiente de variación.

Tabla 6. Dureza Janka tangencial y radial de la madera

	Promedio	DS	CV
Dureza	kg/cm ²	kg/cm ²	%
Tangencial	455,58	39,05	8,57
Radial	421,38	94,75	22,48
Transversal	488,27	91,76	18,79

Referencias: DS: Desvío estándar. CV: coeficiente de variación.

Por los datos obtenidos y tomando la clasificación de García y García (1949) la madera del *Pinus* sp. estudiado, es considerada una madera blanda.

Comportamiento estructural de la madera en el conjunto

Los ensayos estructurales del panel en su conjunto comenzaron a realizarse en el laboratorio de estructuras de la FIO. En la búsqueda de validar una metodología para probar los parámetros de cálculo de la madera utilizada, y la tipología constructiva del panel, se desarrolló un esquema donde se trabajó con el producto con su morfología real, ensayándolo para obtener las deformaciones producidas debido a las cargas. Para el ensayo se optó por un esquema sencillo de una viga simplemente apoyada con una carga puntual en el centro de la luz. Al momento de realizar el ensayo, como el panel está conformado por tres tablas separadas por una pantalla de machihembres, se apoyaron los extremos más cortos sobre elementos continuos y se aplicó la carga mediante un viga rígida (comparativamente con los componentes del elemento a ensayar). Se acomodaron los instrumentos de medición en las dos vigas laterales de manera de obtener el comportamiento de ambos bordes. En la Figura 3 se puede apreciar el ensayo de flexión simple del panel.



Figura 3. Ensayos de flexión del panel como conjunto estructural.

Con la aplicación de la carga resultó que, para el escalón comprendido entre 100kg y 250kg, en los dos comparadores (medidores de deformaciones), se obtenían deformaciones muy similares. Se repitió este ensayo con el mismo rango de cargas en cuatro oportunidades más, obteniéndose mediciones cuyo promedio fue de 4,5cm.

Se pudo observar, además, que para el rango inicial (0 a 100kg) el panel se ajustó, las cargas se transfirieron entre los componentes, y los apoyos se deformaron hasta llegar a la estabilidad del conjunto. Superado ese rango y cuando los esfuerzos en los elementos longitudinales de madera estuvieron próximos a la rotura física (con valores superiores a los 420kg), comienza a evidenciarse la presencia de fallas propias del material madera, y las deformaciones de cada una de ellas son muy disímiles.

Comportamiento estructural de la madera en el conjunto

En el avance de la modelación del panel en un software, para simular el comportamiento de este último frente a las cargas, se utilizó en principio el escalón de 100kg a 250kg. En la Figura 4 se puede observar los primeros resultados obtenidos de la modelización de uno de los paneles, resultados que se compararon con los obtenidos en el ensayo de laboratorio con el fin de realizar los ajustes necesarios para su validación.

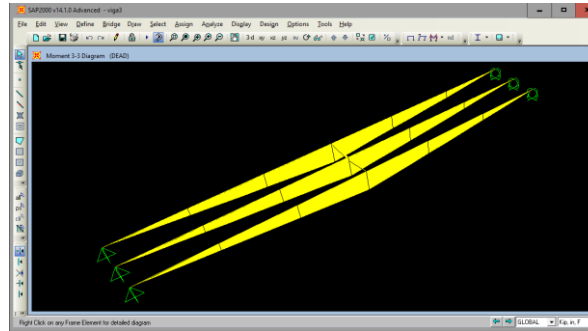


Figura 4. Ensayos de flexión del panel como conjunto estructural.

Conclusiones

Con los ensayos de caracterización de la madera utilizada como parte principal del panel, se han podido determinar los parámetros físico-mecánicos de la misma.

Del análisis de los primeros resultados obtenidos luego de realizar la corrida del software SAP 2000, surgen las siguientes conclusiones:

Al momento de cargar los parámetros resistentes y de deformación de la madera, el Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles (CIRSOC), nos da como posibilidad dos clases de madera y para ambos casos las deformaciones obtenidas son inferiores a las del ensayo.

Referencias

- Coronel, E. O. (1994). Fundamentos de las propiedades físicas y mecánicas de las maderas. Primera parte: Fundamentos de las propiedades físicas de la madera. Instituto de tecnología de la madera, Fac. de Cs. Forestales. Santiago del Estero. Argentina.
- Coronel, E. O. (1996). Fundamentos de las propiedades físicas y mecánicas de las maderas. Segunda parte: Fundamentos de las propiedades mecánicas de la madera. Instituto de tecnología de la madera, Fac. de Cs. Forestales. Santiago del Estero. Argentina.
- IRAM 9544, (1973). Método de la determinación de la densidad aparente. Instituto argentino de racionalización de materiales.
- IRAM 9532, (1963). Método de determinación de la humedad. Instituto argentino de racionalización de materiales.
- IRAM 9543, (1966). Método de determinación de las contracciones totales; axiales, radiales y tangenciales y el punto de saturación de las fibras. Instituto argentino de racionalización de materiales.
- IRAM 9541, (1973). Método de ensayo de compresión axial. Instituto argentino de racionalización de materiales.
- IRAM 9542, (1973). Método de ensayo de flexión estática. Instituto argentino de racionalización de materiales.
- IRAM 9570, (1976). Método de ensayo de dureza Janka. Instituto argentino de racionalización de materiales.

Díez, M.R., Fdez-Golfín J.I. y Hermoso, E. (2001). Deformaciones en madera estructural: causas y control.

Fernández-Golfín, J.I. et al. (2000). La madera en la Construcción, Cap 1. Propiedades elastomecánicas de la madera, Pp. 5-41. Instituto Tecnológico Agrario y Agroalimentario.

Rodríguez, J.A. y Arriaga, F. (2002). Patología, tratamiento y consolidación de la madera puesta en obra. AITIM.

<http://www.misiones.gov.ar/iprodha/programas.asp?id=2>). Acceso: 05-09-2016.