

## **SISTEMA CONSTRUCTIVO DE PLATAFORMA Y ENTRAMADO Y PRODUCTOS FORESTALES APLICADOS EN CONSTRUCCIONES DE MADERA DE TIPO SOCIAL EN ENTRE RÍOS (AVALADO POR CERTIFICADO DE APTITUD TÉCNICA DE LA NACIÓN, CAT)**

### **CONSTRUCTIVE SYSTEM OF PLATFORM-FRAME AND FOREST PRODUCTS APPLIED IN WOODEN SOCIAL BUILDINGS IN ENTRE RÍOS (SUPPORTED BY NATIONAL TECHNICAL APTITUDE CERTIFICATE, CAT)**

**M. Sánchez Acosta** <sup>(1)</sup> (P), **C. Mastrandrea** <sup>(2)</sup>, **N. Zakowicz** <sup>(3)</sup>, **J. C. Piter** <sup>(4)</sup>, **E. Torran** <sup>(5)</sup>, **M. R. Ramos** <sup>(6)</sup>, **A. Zitto** <sup>(5)</sup>, **C. Bonus** <sup>(7)</sup>, **D. Lachance** <sup>(8)</sup>

(1) Dr. Ing. Ftal. Ing. Agr. Tecnología de madera INTA c.c. 34 Concordia, Argentina

(2) Ing. Ftal. Tecnología de madera. INTA Concordia, Argentina

(3) Técnico Foresto Industrial. Tecnología de Madera. INTI Entre Ríos. Concordia, Argentina

(4) Dr. Ing. Constr. Grupo Estudios en Madera GEMA- UTN Concepción del Uruguay- Entre Ríos. Argentina

(5) Ing. Constr. Grupo Estudios en Madera GEMA- UTN Concepción del Uruguay- Entre Ríos. Argentina

(6) Ing. Civil. Grupo Estudios en Madera GEMA- UTN Concepción del Uruguay- Entre Ríos. Argentina

(7) Arq. Grupo Estudios en Construcción en madera. Facultad de Arquitectura Universidad Concepción del Uruguay

(8) Profesor- École des métiers et occupations de l'industrie de la construction de Québec EMOICQ – Québec – Canadá  
Dirección de contacto: sanchezacosta.martin@inta.gob.ar; (P) Presentador

#### **Código de identificación: T7-19**

#### **Resumen**

Se brinda la descripción del método constructivo de plataforma y entramado desarrollado en madera por el Centro de Desarrollo Forestoindustrial CEDEFI de Entre Ríos (integrado por INTA - INTI- y las universidades UTN, UCU y otros), empleando madera de *Eucalyptus grandis*. El sistema es empleado en Entre Ríos en planes de viviendas de tipo social, en base a la adaptación de sistemas de *Wood Platform frame*, empleados en Canadá por el Instituto de capacitación EMOICQ, el mayor de su tipo a nivel mundial.

Se presenta el estado de arte del sistema luego de realizadas más de 30 construcciones, el cual cuenta con el Certificado de Aptitud Técnica CAT "vivienda sustentable de alta prestación" a nivel nacional otorgado por la Subsecretaría de Vivienda de la Nación. Se describe la metodología y filosofía de construcción, como así también los productos forestales empleados y sus alternativas, que se encuentran en el mercado argentino, en base a las adaptaciones y sustituciones realizadas al sistema usual en Canadá.

**Palabras clave:** plataforma y entramado; construcción social; madera de *Eucalyptus grandis*

#### **Abstract**

*The description of the constructive method of platform-frame developed in wood by the CEDEFI Forest Development Center of Entre Ríos (integrated by INTA - INTI - and universities UTN, UCU and others) is provided, using wood from Eucalyptus grandis. The system is used in Entre Ríos in social housing plans, based on the adaptation of Wood Platform frame systems, used in Canada by the EMOICQ Training Institute, the largest of its kind in the world. The state of the art of the system is presented after more than 30 constructions, which has the CAT Technical Certificate "sustainable housing of high performance" at the national level granted by the Subsecretaría de Vivienda de la Nación. It describes the methodology and philosophy of construction, as well as the forest products used and their alternatives, which are in the Argentine market, based on the adaptations and substitutions made to the usual system in Canada.*

**Keywords:** platform and framework; social construction; wood of *Eucalyptus grandis*

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 El por qué viviendas de madera - instauración en Entre Ríos

Son conocidas las ventajas de prestación de las viviendas de madera, pero desde el punto de vista forestal resulta más que importante todo lo referido a las ventajas ambientales ya que prevalece por ser un material renovable sustentablemente “carbono neutral”, ya que durante su generación captura C del CO<sub>2</sub>, y considerando las emisiones durante su procesamiento, da como resultado un balance neutro, o favorable, entre lo que captura y emite, a esto se suma que resulta en uno de los mayores sumideros de C cuando se la aplica en la construcción de edificios de larga vida útil, sumándose además que puede reutilizarse y reciclarse en otros productos, resultando en grandes ventajas cuando se considera el “ciclo de vida total”.

Estas ventajas, y otras, sumado al hecho de contar con forestaciones sustentables, hace que la madera sea el único material de construcción factible de tener sellos ambientales de su cadena de custodia como el FSC. Todo esto hizo pensar, desde hace varios años, en su instauración dentro de los sistemas constructivos a nivel oficial, para complementar los tradicionales sistemas de mampostería [1]

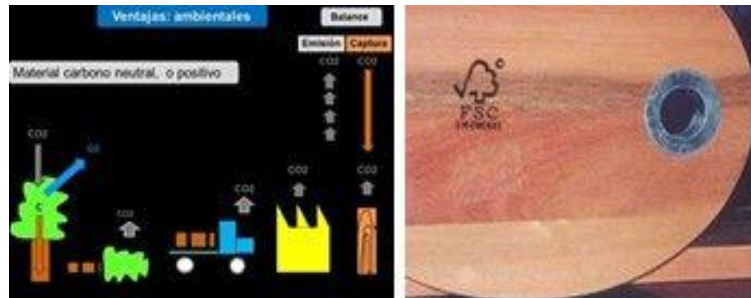


Figura 1: Carbono neutralidad de la madera – Eucalipto con sello FSC

Uno de los primeros antecedentes de intento de instalación de construcciones industrializadas en madera a nivel oficial nacional fue la del Instituto Forestal Nacional IFONA, 1986, cuando las Arquitectas Stolkiner, M. y Martín, A. [2] construyeron una casa a escala real en pleno centro de Buenos Aires (La provincia de Misiones venía trabajando también en el plan Nanderoga). En particular, la provincia de Entre Ríos en esa época tenía una escasa producción de madera aserrada apta, se comercializaba verde, con muchas anomalías, sin clasificación y sin criterios de calidad, debido a que su principal destino era encofrados, pallets y cajones, por lo que no podía prosperar este empleo.

Con el tiempo, la producción de madera aserrada, principalmente *Eucalyptus grandis*, aumentó, llegando a 500.000 m<sup>3</sup>/año (vale comentar que una casa social de 60 m<sup>2</sup> insume unos 10 m<sup>3</sup> de madera), por lo que el INTA comenzó a estudiar la madera en sus propiedades y aptitudes [3]. Comenzó con el INTI-CITEMA, y luego con el creado Grupo Estudios en Madera GEMA de Concepción del Uruguay de la UTN [4]. Posteriormente se creó el Centro de Construcción en Madera CECOMA de la Facultad de Arquitectura de la UCU, y se trabajó con otras universidades lo que llevó a que esta especie sea la más estudiada a nivel nacional.

El buen desempeño estructural y para otros usos sólidos, llevó a direccionar los planes de mejoramiento genético del INTA de esta especie, y los estudios de tecnología de madera, hacia madera de calidad para usos sólidos, entre ellos los estructurales.

Si bien no se ha llegado aún a una tipificación comercial de los aserraderos, se manejan criterios de calidad (el INTA tiene una propuesta de tipificación), existiendo madera aserrada y seca, amén de otros productos aplicables a la construcción de viviendas, como vigas laminadas, encolados dúos-tríos, machimbres, molduras, etc., lo que sumado al aporte de materiales por el auge de la “construcción en seco”, (como el caso de paneles de yeso, conectores, membranas, y otros), hizo

que el INTA comenzara a trabajar en dirección de la aplicación del eucalipto en construcciones, con especial énfasis en viviendas de tipo social, dado que son obtenibles con menos recursos, brindan más confort, tienen menor costo de mantenimiento y funcionamiento, y permiten emplear madera y mano de obra local, lo cual responde a dos de sus principios fundacionales como el de “*equidad social*” y de “*mejoramiento de la calidad de vida de la población rural*”.

Ya en el 2008, reuniendo a todas las instituciones de investigación y Desarrollo maderero de la región, se crea el CEDEFI (Centro de Desarrollo ForestoIndustrial de Entre Ríos) que entre sus miembros cuenta a los citados INTA, INTI, UTN, UCU, amén de otros entes de gobierno y cámaras de productores, tendiendo una comisión especial dedicada al tema de construcción en madera.

## 2. MATERIALES Y METODOLOGÍA DE INTERVENCIÓN

### 2.1 Estrategia

A fines de los años 90 se decidió formar un grupo “de consulta mutua” interinstitucional, entes públicos y privados, e interdisciplinario, integrado por arquitectos, ingenieros civiles, diseñadores, técnicos foresto-industriales, e ingenieros forestales. Para acortar caminos, se decidió recurrir a países con tradición en construcción en madera como Australia, Nueva Zelanda, EEUU, y principalmente Canadá, merced a un convenio que mantenía INTA con la cooperativa forestal canadiense SOCODEVI, quien hizo el nexo con el mayor instituto de capacitación en construcción en madera de Canadá, y del mundo, EMOICQ, (École des métiers et occupations de l'industrie de la construction de Québec), el que cuenta con más de 100 profesores y 1200 alumnos Asimismo, para información básica de la madera y los productos, se establecieron relaciones con la Universidad de Laval, y el entonces instituto de desarrollo FORINTEK, hoy FP INNOVATIONS, todos de Québec.

Estratégicamente se establecieron dos líneas de acción: a) Por un lado recurrir a la asistencia técnica de un país con larga experiencia, como Canadá, para apreciar los productos y aprender sistemas constructivos ya probados. (se realizaron estadías en Canadá con el EMOICQ, se visitaron obras, y paralelamente, se trajo a sus profesores, para que construyeran casas en Argentina en Entre Ríos y Corrientes, acciones que se replicaron en Uruguay y Chile. Por otra parte b) Con el CEDEFI se decidió estudiar y conocer la madera y los productos nacionales alternativos a emplear.

### 2.2 Los materiales y métodos en otros países, caso Canadá

Es de destacar que las tendencias actuales van en dirección de simplificar el sistema, buscando ingeniería de productos y materiales alternativos de mejor prestación y mayor economicidad, buscando además la mayor rapidez de construcción, dados los altos costos de la mano de obra. A continuación se resumen diversos aspectos de la construcción recopilados de publicaciones, cursos y de experiencia propia en Canadá. CEMEQ [5]; LÁPCHQ [6], [7]. SCHL [8]

#### 2.2.1 Madera

Para las estructuras sigue siendo importante el empleo de la madera sólida, debido a su bajo precio y prestación, en ciertos casos combinada con conectores metálicos y paneles, en lo que hace a los esqueletos de pisos, muros y cerchas. Las especies empleadas son casi exclusivamente coníferas, livianas, siendo preferidas las piceas, algunos abetos y Pinos, (Spruce – Pine – Fir), por ello hay sellos que hacen alusión que pueden pertenecer a cualquiera de ellos con las siglas S-P-F indican-avalan, su clase resistente. El criterio es: “*se usa sólo la que tiene sello*”

Las estructuras se realizan con estas maderas cuya densidad se encuentra entre los 300 y 400 kg/m<sup>3</sup>. Para toda la estructura portante periférica se emplea madera de escuadría de 2 x 6 pulgadas, principalmente por un tema de aislación, más que de resistencia, ya que se necesita colocar 6” de aislante para dar los coeficientes R solicitados. Los divisorios no portantes se construyen con

madera de 2 x 4 pulgadas (cabe acotar que estas son medidas nominales, siendo que las medidas reales finales mínimas aceptadas de madera cepillada en Canadá y EE. UU. son 38 mm x 89 mm, para el 2 x4". La madera sólida de 2 x 4 también es empleada para la construcción de entramados de vigas y cerchas.

### 2.2.2 Productos de ingeniería

Vienen ganando terreno y siendo aplicados cada vez más los denominados “productos de ingeniería, donde a la madera se la procesa y vuelve a unir, para la obtención de piezas de mayores dimensiones (imposibles de lograr con piezas aserradas).

Es común encontrar vigas **LSL** (Laminated Strand Lumber) donde se pegan tiras de madera laminada, los **PSL** (Parallel Strand Board), con tiras algo más gruesas y largas, (una versión comercial es el *Parallam*), las vigas **LVL** (Laminated Lumber Veneer), de láminas como las de contrachapados, pero todas en sentido longitudinal para mejorar su resistencia mecánica (todos estos no existen en el mercado Argentino), y los paneles **OSB** (Oriented Strand Board), los que, si bien existen, se importan de Chile o Brasil. Con el OSB y espuma aislante se fabrican los paneles **SIP** (Structural Insulated Panel), recientemente aparecidos en Argentina. Otros productos existentes de ingeniería son los paneles de tablas cruzadas o contralaminados **CLT** (Cross Laminated Timber) los cuales se emplean preferentemente en edificaciones de varias plantas o de cierta envergadura, que aún no llegan al país. Otro producto común son las vigas **I beam** (doble T), con alma de osb y alas de LVL o madera.



Figura 2: Productos en Canadá: Madera Stud SPF - LSL - PSL - LVL - Vigas I beam

**Otros materiales:** En forma paralela y acompañando a la construcción existe una gama de productos y accesorios, como paneles de fibras para aislaciones acústicas, terminaciones exteriores, acabados especiales exteriores, como así también conectores metálicos, anclajes especiales, ventilaciones, membranas, tuberías especiales, cintas, aislantes, etc., que no existen en nuestro país, pero que podrán aparecer fácilmente, si el sistema se desarrolla y genera su demanda

### 2.2.3 El sistema constructivo

Las construcciones con entramados de madera se denominan genéricamente *Wood frame*, Uno de los más antiguos, con más de 100 años, es el conocido *Balloom frame* donde los montantes eran de 5 metros e incluían a los dos niveles. Con el faltante de madera de longitud se pasó a construir piso por piso, cada uno con su plataforma y montantes, dando origen al denominado *Platform Frame* (plataforma y entramado, o entramado ligero), ampliamente difundido en la actualidad.

En las etapas de construcción tiene algunas características diferenciales con la construcción en mampostería tradicional. La secuencia usual es: fundación – muros exteriores – techo – aislación externa (con ello se logra la “carcasa” o “coraza” externa lo cual ya independiza de las inclemencias climáticas). Se continúa con: aislación interna – muros divisorios- e instalaciones (luz-agua-gas-internet, etc.), que quedan a la vista, las que, luego de testeadas, se cubren con los acabados.

Se construye una fundación, luego el entramado del primer piso (usualmente de 8 o 9 pie de alto), un entepiso, otro entramado, y así se sigue sucesivamente, hasta llegar al techo que se

construye en forma independiente, in situ o con cerchas prefabricadas, lo que agiliza la construcción. En el caso de Quebec, actualmente son admitidos hasta 6 plantas con este sistema de entramados, y hasta 12 usando los CLT.

**Fundación –piso:** Por una cuestión de aislación se debe dejar al menos una cámara de aire de 1,5 m debajo del piso, lo cual se suele complementar con 1 m sobre suelo, generando los tradicionales semi-sótanos. También existen variantes de simplemente muros, e incluso de pilotes.

Por sobre ellos se construyen los bajo pisos, los que en forma mayoritaria se construyen con el sistema de vigas entramadas Open Joist, que constan de madera de 2 x 4 pulgadas puestas de plano con uniones metálicas gang-nail (multiclavos) en sus nudos. Una variante es formar un bajo piso con un “chasis” compuesto por vigas LSL o PSL, y vigas I beams (doble T), las que se “cuelgan” con conectores metálicos.

**Muros:** se suelen construir in situ, empleando madera sólida precortada de 2 x 6 pulgadas en los muros portantes (generalmente los externos) y 2 x 4” en los divisorios internos no portantes (el largo depende del diseño, pero es usual la medida de 8, 9 y 10 pies). En las viviendas individuales mayoritariamente se trabaja construyendo la estructura en forma manual en obra, con obreros especializados denominados “framers” (los entramados de muros se construyen con madera precortada, se aplica el OSB y la membrana, y se levantan de una vez). Está la variante de llevar paneles prefabricados, con el mayor grado de terminación posible, reduciendo tiempo en obra.

Para las cerchas el sistema es similar al de las vigas de piso, con tirantes de 2 x 4 “, pero la madera va de canto en un solo plano, y se unen con las mismas placas gang-nails (pueden emplearse recortes de placas contrachapadas o de OSB).



Figura 3: Diagrama de Platform frame-fundaciones- vigas open joist- frame muro- techo- obra

#### 2.2.4 Filosofía de construcción

Sin duda que uno de los aspectos salientes es pensar la obra para hacerla lo más rápido posible, por las ventajas estratégicas y económicas. Por ello es loguable casas de 120 m<sup>2</sup>, en 3 plantas en 5 semanas por 4 operarios, lo cual se corresponde con una forma de pensar la obra y organización del trabajo (*Filosofía*).

De lo observado las obras puede interpretarse como una “*gran guerra*” compuesta por “*pequeñas batallas*”. Cada paso se planifica y se procura dar término antes de seguir con otra actividad. Todos conocen el objetivo a corto plazo y apuntan las acciones con ese fin. Se trata de techar la vivienda y cerrar lo antes posible, o al menos tenerla protegida con membranas. Para casas de una planta de unos 100 m<sup>2</sup> esto se puede lograr en 2 o 3 jornales de trabajo con 3 operarios. Como comentarios generales de lo visto en Canadá se pueden realizar las siguientes apreciaciones:

- Se debe partir de un proyecto acordado-finalizado, correctamente modulado. Esto da rapidez a la obra, evita desperdicios de materiales, no dejando lugar a las “*extras de obra*” de cosas no previstas.
- Para la construcción se debe contar con los servicios imprescindibles, herramientas y suministro de materiales necesarios. (“*si no se tiene todos los materiales asegurados, mejor no empezar*”).
- Los operarios deben estar debidamente en conocimiento de las tareas a realizar en la jornada y contar con todos los elementos necesarios en sus cartucheras. No hay pérdidas de tiempo.
- El primer objetivo es techar y aislarse, logrando la “*carcasa externa*” lo antes posible.

- La obra no se para, y no hay jornales caídos.
- Se debe prever los pasos siguientes con días de anticipación, asegurando la provisión de los materiales y servicios de terceros (electricidad, plomería, etc.), para mantener continuidad de obra.

### 2.3 Adaptación a productos forestales, materiales, e idiosincrasia en Argentina

De lo observado y aprendido con los profesores se vio que los sistemas en Canadá, si bien tienen aplicación de maderas y materiales con tecnologías modernas, estas no son sofisticadas y pueden ser adaptadas a nuestra realidad. El sistema en sí es bastante sencillo e intuitivo, lo cual facilita su implementación, aunque se debe considerar la falta de capacitación de nuestra gente y su forma de trabajar en la construcción tradicional de mampostería, pero su capacitación resulta sencilla.

En los países desarrollados se tiene la gran ventaja de tener normativas de construcción y de los materiales, por lo que sólo se debe seguir las reglas y emplear materiales certificados, lo cual dista con nuestra situación, no solo por la inexistencia de reglamentos, sino además por la usual no aceptación de sistemas distintos a los tradicionales de mampostería. Por ello, conscientes que en este punto de arranque no se puede contar con todos los temas solucionados, es que se decidió comenzar adaptando estos sistemas a la realidad de nuestro país, pero teniendo como meta futura el contar con los sistemas funcionando bajo normativas y reglamentos.

#### 2.3.1 Estudios de la madera

Con el fin de poder dar el mayor sustento tecnológico a todas las construcciones, sean del nivel y tipo que fuere, se han ido realizando estudios y ensayos, que avalen las técnicas y usos propuestos, procurando dar respuesta a los cuestionamientos usuales sobre durabilidad, resistencia, aislación, uso y mantenimiento, entre otros. Se citan a continuación las principales actividades realizadas por las instituciones de la región. (SÁNCHEZ ACOSTA, [9], ARBIDE [10], BONUS [11] e informes internos de la UTN no publicados). Dado que la zona cuenta con plantaciones renovables de *Eucalyptus grandis* en un 90%, es que todos los estudios se han encarado en el sentido de estudiar sus propiedades en relación a sus aplicaciones en la construcción.

**Propiedades físico - mecánicas:** El INTA- INTI y UTN han estudiado profusamente al *E. grandis* en lo concerniente a densidad – dureza- contractibilidad - flexión – compresión-tracción y valores relacionados a su uso estructural. De sus valores de densidad, usualmente entre 450 a 500 kg/m<sup>3</sup>, y su módulo de elasticidad, cercano a los 100.000 Kg/cm<sup>2</sup>, surge que resulta más resistente que las maderas Canadienses, y el pino nacional, lo cual se correlaciona con sus usos estructurales. Se cuenta con una amplia base de datos que llega incluso a diferenciar valores según procedencias genéticas.

**Durabilidad:** Con el fin de poder homologar la madera de *E. grandis* y *E. globulus* en Europa, se realizaron estudios dentro de un proyecto IBEROEKA, junto a empresas y universidades de España, realizando ensayos de durabilidad natural en laboratorios acreditados de España, Alemania e Inglaterra, siendo que el *E. grandis* subió dos peldaños en la clasificación en resistencia a insectos (de 5 a 3) y uno en lo referido a hongos (DE 5 A 4), mientras que el *glóbulus* subió dos escalones en ambos. En forma paralela se instalaron “*cementerios de estacas*” en España y 5 localidades Argentinas, usando como testigo probetas de madera de Haya (*Fagus sylvatica*) remitidas desde Europa. Los resultados muestran que más resistente a los hongos y a los insectos que los pinos resinosos, y no es atacada por el “taladro del pino” (*Hylotrupes bajulus*) existente en Argentina.

**Preservantes y cubrientes:** En relación a su comportamiento al exterior se realizaron ensayos de cubrientes y preservantes (pinturas – barnices – lacas – lasures – aceites) con exposición al aire libre (sol y agua) con el fin de orientar a los usuarios sobre sus usos. Paralelamente se estudió el comportamiento de las pinturas según la orientación de los muros, N-S y E-O, y pruebas exploratorias de tejuelas de *Eucalyptus grandis* tratadas con distintos sistemas de preservación. Los

resultados muestran la gran diferencia entre los cubrientes opacos (esmaltes sintéticos) que duraron más de 10 años, y los transparentes (lacas, barnices, lasures, aceites) que no pasaron de 1 año de duración en ensayo lo que equivale al doble de tiempo en uso normal. Además, mostró la factibilidad de emplear tejuelas de *E. grandis*. De los ensayos surge la recomendación de preferir el uso de esmaltes en las orientaciones más vulnerables de la casa (norte y oeste), dejando los transparentes para caras no expuestas, (sur), o sitios con reparo del sol, como bajo galerías.

**Aislación térmica:** Con el fin de brindar datos concretos-propios sobre su conocida aptitud de aislación térmica se estudió junto a la facultad de Arquitectura de la UCU la vivienda construida en el INTA Concordia por el EMOICQ, que en su sistema tiene muros y el ático ventilados, con aislación en muros y cielorraso. Se registraron datos cada 15 minutos, con sensores en 5 puntos, durante dos años. Como ilustrativo se pueden citar como valores extremos, que cuando el exterior se tuvo  $-4^{\circ}\text{C}$  la casa estaba en  $11^{\circ}\text{C}$ , y lo más importante para nuestra región, es que cuando afuera se alcanzó los  $36.6^{\circ}\text{C}$ , la casa se mantuvo en  $25.5^{\circ}\text{C}$ . El arquitecto Arbide, D [10] comenta que el ángulo más frío solo tardaba aproximadamente 1 hora en alcanzar la misma temperatura del más cálido, sin riesgo de ángulos fríos y húmedos, lo que, sumando su aislación, se puede considerar que la construcción de madera atempera las temperaturas exteriores y logra una distribución homogénea del calor en el interior de la misma. Para la población de bajos recursos esto resulta en: 1.- un desentendimiento de los problemas de calefaccionar el interior de las viviendas ,2.- un muy bajo costo de cualquier sistema de calefacción-refrigeración que use 3.- un notable aporte del mantenimiento de la vivienda y una ampliación de su vida útil con una calidad ambiental constante. Vale comentar que sistema propuesto para las casas sociales tiene prácticamente la misma prestación de aislación que en viviendas de clase media-alta, solo pueden cambiar algunos acabados. Para los muros tradicionales, en ladrillo, en madera solida (troncos) y en capas de acuerdo al CAT, el Arq. BARROSO, J. ha determinado que el muro en madera sólida aísla 3 veces más que el de ladrillo, y el de capas tipo el CAT, 6 veces más.

Tabla 1: Comparación de resistencia a la transmisión de temperatura K de 3 tipos de muro

Tipo de muro	Material 1		Material 2		Material 3		K en Kc aislación	
	Espesor	Coef.	Espesor	Coef.	Espesor	coef	Total muro	
Ladrillo hueco	0,18						<b>1,67</b>	100 %
Madera sólida	0,15	0,10					<b>0,59</b>	300 %
Capas tipo CAT	0,01	0,10	0,09	0,03	0,01	0,70	<b>0,32</b>	600%



Figura 4: Estudios de durabilidad UTN, cubrientes y preservantes INTA - aislación térmica UCU

### 2.3.2 Adaptación del platform-frame de Canadá a la situación Argentina

Visto los materiales, personal y sistema constructivo empleados en Canadá y considerando las posibles situaciones en Argentina es que se debe poner en la balanza *la prestación* y los *costos* para evaluar cada caso. Dentro del país también vale considerar la región, por las condiciones climáticas, las limitantes, y el acceso a los distintos productos madereros y materiales. Por ello para la región

de Entre Ríos, y en especial para las viviendas de tipo social, se construyeron bajo proyectos diversos prototipos SANCHEZ ACOSTA [12] , [13], LICONA-VELASCO [14], CERUSICO [15], donde tuvieron en cuenta los siguientes criterios de alternativas, lo cual no quita que puedan generarse otras nuevas.

### 2.3.2.1 Adaptación de la Madera

Básicamente se reemplaza la madera de piceas y abies por la de *Eucalyptus grandis*, liviana pero de mayor resistencia, factible de emplear en casi toda la casa en usos estructurales, terminaciones interiores, en exteriores bajo coberturas, y con protección especial para usos exteriores. En usos en contacto con el suelo y expuestas al aire libre se prefiere el empleo de *E. camaldulensis* y/o *E. tereticornis*, de mayor durabilidad natural. Se contempla el caso de los pinos *P. ellioti* y *P. taeda* con el requisito de estar preservados en forma industrial bajo presión. Debido a la inexistencia de tipificación de la madera aserrada, y la inexistencia de madera y productos sellados, en una primera etapa se seguirá el protocolo de calidades de las piezas parte propuesta por el CEDEFI, la que prevé topes para la admisión de defectos, contenidos de humedad y preservantes según la pieza.



Figura 5: Esquema de denominación de piezas y calidades en viviendas del CEDEFI

La madera que se produce actualmente contempla principalmente tablas de 1 pulgada hasta 4 m de largo (1x 6, 1x5 y 1x4" de fácil comercialización, y 1x3, 1x2 y 1x1 como más difícil de colocar), existen además medidas especiales que son usuales como el 2x3 (clavadoras de techos) y 3x3 (puntales de obra). Dado que el grueso de la estructura es en madera de 1x3 y 2x4 "", se da el caso que la limitante es encontrar tirantes de 2x4" con la humedad de uso (20 %). Una alternativa que se ha generado es la fabricación de "dúos" con 2 tablas cepilladas encoladas de 1x4". Usualmente no se corta a 2x4 porque nadie la demanda, por ello se estima que con la generación de demanda se tendrá mayor oferta de madera oreada. Se deberá prestar especial atención al sistema de corte para su obtención y el estibado posterior, para maximizar la obtención de montantes y otros productos.

Si bien la propuesta propone el empleo de *E. grandis* en toda la casa, para demostrar que es factible su uso, no quita que en ciertos casos pueda ser reemplazada por otras maderas y/o productos.

### 2.3.2.2 Adaptación de Productos de ingeniería - Entramados

Debido a que en Argentina son escasos los productos de ingeniería (solo se cuenta con paneles OSB), y la madera de 2 x 4" de eucalipto por ahora no está presente en los aserraderos en gran medida, es que se ha debido adaptar su sustitución por madera sólida y sistemas entramados usando



escuadrías usuales. Para las casas sociales en especial se ha pensado en emplear madera de bajas escuadrías, con uniones con clavos, como es el caso del 1x3 “, sin cepillar, abundante y de menor precio en mercado.

**Pisos:** En el caso de vigas de bajo-pisos y entrepisos la UTN efectuó desarrollos de cerchas horizontales entramadas en 3 capas, con madera de eucalipto aserrada sin cepillar de 1x3” sin cepillar. En este caso se han estudiado la resistencia de las cerchas en sí, y en detalle las uniones de clavados, con el fin de dar un patrón de clavado a los usuarios. Es de destacar el comportamiento de clavos espiralados con madera de *E. grandis*, que dio resultados superiores a los esperados, llegando a resistir 100kg/clavo.

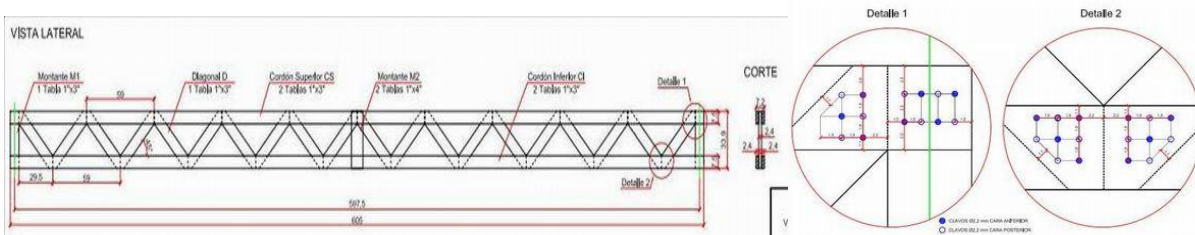


Figura 6: Diseños UTN. Diagrama de viga entramada – diagrama de clavado en uniones

Estos entramados, junto a los de muro, han sido estudiados en cuanto a su resistencia:

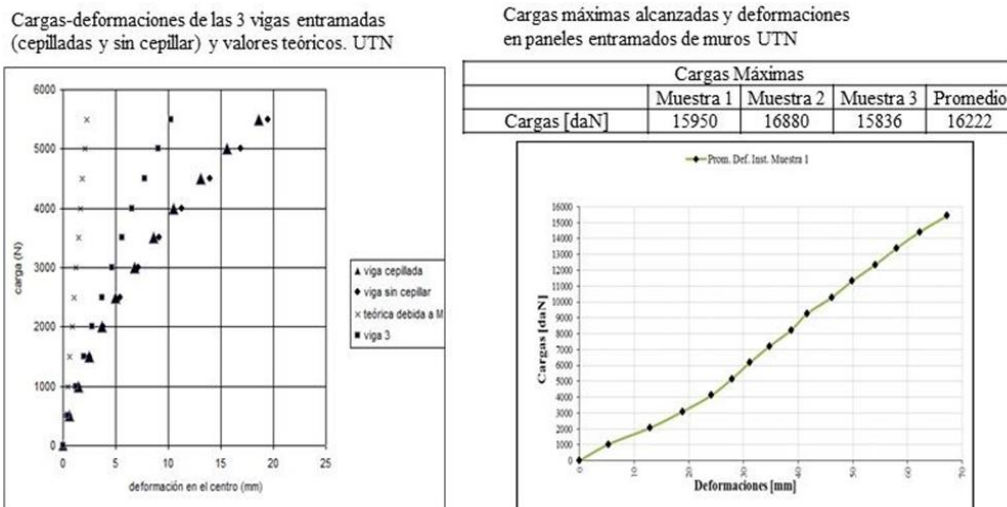


Figura 7: UTN Gráficos de cargas y deformaciones en vigas entramadas – en paneles de muro

**Muros:** Se adoptó el pre-construir el entramado de muros portantes con madera de *E. grandis* de 2x4 “(nominalmente tienen 40 mm x 90 mm luego de cepillado). Cuando se trata de viviendas de una planta la separación entre ejes de montantes es de 2 pies (61.00 cm) y en el caso de dos plantas es de 16 pulgadas (40.06 cm). Los paneles han sido ensayados por la UTN a los esfuerzos solicitados en el CAT. Es de destacar que a la compresión soportaron cargas de 16.000 Kg lo que habla a las claras de la seguridad que se tiene en las construcciones por más simples que sean, como en las casas sociales. Muros divisorios no portantes se pueden construir con escuadrías menores de baja calidad. Se han estandarizado 3 tipos de paneles: ciego, ventana y puerta, con un mismo molde. En el caso de construir con paneles fenólicos u OSB se modulan a múltiplos de 8 pie verdaderos (1.22m), usualmente paneles de 2.44 m. para ser movido por 2 operarios, pero en el caso de usar tablas se modula a 1.20 m, o 2.40 m, dado que los aserraderos cortan a esa medida. La altura depende de la altura del cielorraso del proyecto (usualmente 2.45 m en casas de tipo social)

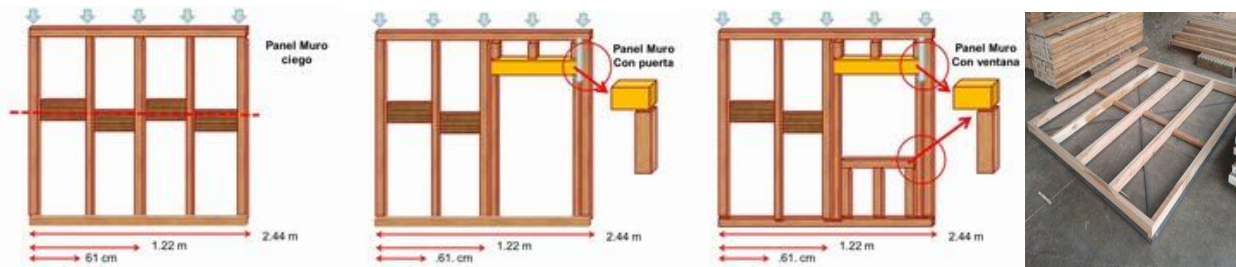


Figura 8: Paneles de muro ciego 2.44 m – puerta – ventana – ejemplo de molde

**Techos:** Al igual que en las cerchas de piso se emplean entramados de 1x3 sin cepillar, en 3 capas, clavadas con clavos de 3 pulgadas que atraviesan las 3 capas. Las uniones de los extremos son reforzadas con recortes de paneles. La diferencia con las cerchas tradicionales es que los cordones verticales no se encuentran a la misma distancia, sino que se ha buscado que los cordones diagonales tengan la misma pendiente, para facilitar el corte y minimizar los desperdicios.

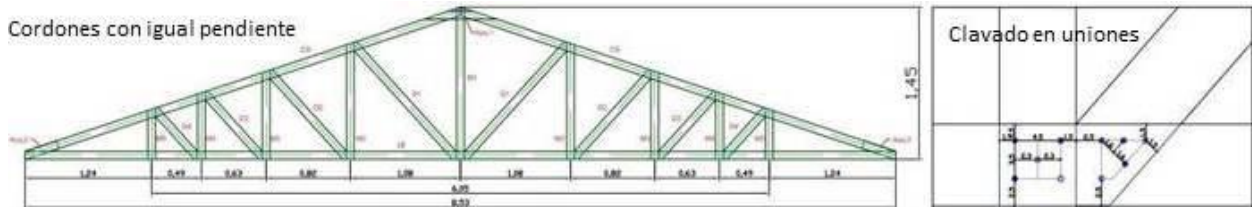


Figura 9: UTN Diagrama de cerchas con cordones de igual pendiente – clavado en uniones



Figura 10: Ensayos UTN. Vigas – paneles de muro – compresión - choque

**Rigidizaciones –paravientos:** Lo que usualmente se realiza con OSB se ha reemplazado por paneles compensados de eucalipto de categoría “industrial” dado que no interesa el aspecto estético sino su resistencia, para el caso de viviendas sociales y de autoconstrucción se ha contemplado además el antiguo y primario uso de tablas clavadas, teniendo la precaución de rigidizar las esquinas con tablas en diagonal. Para disminuir el tiempo de obra se han aplicado paneles de tablas ya armadas previamente, los que se traban en la obra.



Figura 11: Rigidizaciones con tablas, y paneles de tablas. Casa Ubajay

Cabe destacar que algunos de los productos empleados en Canadá como los entramados de piso Open Joist, y los de cerchas de techo, con madera de 2x4” y placas metálicas, no son una gran limitante, y podrán ser fabricados en el corto plazo, una vez que el mercado comience a generar una demanda sostenida, que justifique cortar y orear tirantes de 2x4”, e incorporar placas multiclavos más grandes que las que actualmente se emplean en postes

**Otros productos:** Cabe destacar que en Argentina se cuenta con una cierta variedad de productos madereros y no madereros que son adaptables-aplicables a la construcción. Entre los madereros se puede citar: maderas aserradas, productos encolados, vigas laminadas, encolados, paneles compensados (ureicos, fenólicos: overlay, filmface), paneles HDF y MDF, aglomerados, variedad de moldurados y terminaciones (machimbres, zócalos, etc.). Como no madereros se cuenta con: paneles de yeso, membranas gas-permeables, selladores, y expansibles de poliuretano, entre otros.

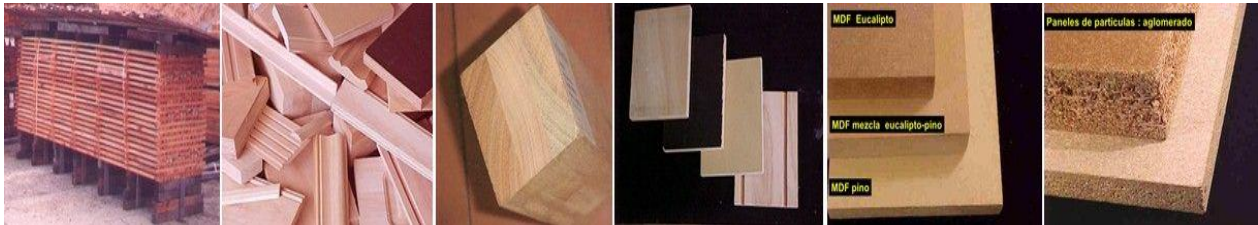


Figura 12: Productos en Argentina: Madera-moldurados-tríos-fenólicos y mdo- MDF- aglomerados

### 2.3.2.3 Adaptación del sistema constructivo – filosofía de trabajo

El sistema básicamente es el mismo, para la fundación se consideran las condiciones locales, y se han reducido las secciones y capas aislantes de los muros, debido a que no es necesario aislar para tan bajas temperaturas. Se ha recurrido a un sistema intermedio entre el armado de la estructura en obra y la colocación directa de paneles ya casi terminados, empleando esqueletos pre-armados que solo llevan colocados su panel rigidizante inferior, previendo una solapa sobrante para unir a la solera de nivelación (los muros se rigidizan en obra cruzando los paneles superiores). El motivo es que no se cuenta con capataces experimentados para dirigir la construcción in situ, por lo que el llevar esqueletos numerados facilita notablemente su colocación con un simple croquis. Por otra parte este pre-armado permite, en los casos sociales, la generación de talleres barriales sencillos para pre-construir las cerchas de pisos, techos y paneles de muro, amén de otras piezas como decks, tarimas, barandas, etc., dando posibilidad de trabajo local, que no requiere alta especialización.

Siguiendo el modelo canadiense, en las casas sociales de 70 a 80 m<sup>2</sup> en el primer día se levantan muros y cerchas de techo, el segundo se rigidiza y coloca membranas externas gas permeables, en el tercero se techa y colocan las aberturas, por lo que la carcasa se cierra entre 3 y 4 días para independizarse del clima. Vale comentar que ya el primer día la casa se puede cubrir con polietileno por lo que la obra prácticamente no se detiene.



Figura 13: Fundación pilotes –carpeta- muros-cerchas- rigidizado- aislamiento- acabado interior

La forma o filosofía de trabajo es tal vez algo de lo que más cuesta extrapolar, en especial cuando se usan obreros de la mampostería. Como se comentara la obra se debe tomar con objetivos a cumplir en el jornal de trabajo, lo cual es logvable organizando y motivando a la gente. Una de las complicaciones frecuentes es el contar con “todos los materiales en tiempo y forma” pues se depende en gran parte de los abastecedores, que están acostumbrados a otros tiempos. Los instaladores deben saber que deben estar cierto día y hora en la obra, pues sino detienen las secuencias posteriores. Para el caso de los operarios aún resulta bastante complicado lograr que no pierdan tiempo, y que todos tengan sus cartucheras con todos los elementos (lo que evita tiempos muertos).

Se estima que muchas de estas cosas irán mejorando en la medida que vean el rédito económico que trae el trabajar como se debe, pues los tiempos se reducen notablemente (para ello también debe estar contemplado en el pago de sus tareas). La experiencia viene mostrando que cooperativas de trabajo que se han capacitado, que cobran un monto fijo por la mano de obra, llegan a construir una casa de 72 m<sup>2</sup>, con 4 operarios en un mes, siendo que en mampostería los plazos para esas casas van de 5 a 7 meses. La casa de INTA-EMOICQ de 142 m<sup>2</sup> en 2 plantas se terminó en 2 meses, y la casa social de Emaús de 72 m<sup>2</sup>, de 3 dormitorios en una planta, llevó 3 semanas de trabajo.



Figura 14: Secuencia construcción de la casa social Emaús- Concordia, en 21 días.

Desde el punto de vista social resulta importante destacar que una vez lograda la “carcasa” se puede comenzar a habitar la vivienda, agregando posteriormente las aislaciones y terminaciones, en la medida que se tengan recursos, es decir que permite ir haciendo un “autoahorro”, lo cual es fundamental en la autoconstrucción (se precisa un tercio del costo total)

### 3. RESULTADOS

De englobar todas las acciones encaradas quedan como resultados:

**3.1. Conocimiento del sistema constructivo de plataforma y entramado**, con empleo de materiales y técnicas alternativas, con información técnica que permite avalar diversos tipos de construcciones en distintos niveles, Puede decirse que se “ha traducido” el sistema para las condiciones de Argentina, y en cierta medida América Latina, razón por la cual se han dictado cursos y construido obras en distintas partes de Argentina, Uruguay, Brasil, Perú y Costa Rica.

**3.2. Se cuenta con Protocolos para clasificación de la madera-productos:** El Gobierno precisa tener pautas de las características exigibles a la madera a emplear, a ser detalladas en las licitaciones. Dada la inexistencia de tipificación de la madera salida de los aserraderos, y para poder dar sustento a futuras licitaciones, las instituciones del CEDEFI convinieron en generar un primer protocolo de “piezas-parte” simplificando en 4 categorías de calidad según su destino y sean portantes o no, con base en las clasificaciones :CLSAB Canadian Lumber Standards Accreditation Board para "suds" y NHLA de EEUU, los grados N1Common y N2 Common A y B, normas IRAM y propuesta de tipificación de madera aserrada de Eucalyptus grandis .INTA Concordia. CEDEFI [16]. Como ejemplo se muestra en la Fig. 15 una parte de la tabla, con dos casos de requerimientos de piezas.

PIEZA	Hº % Base Húmeda	Preservación <sup>1</sup>	Dimensiones mm (tolerancias en - mm)	Nudo Vivo O Muerto fijo	Nudo muerto suelto	Médula	Pudrición o pasmado	Rajadura	Grieta	Canto muerto	Agujeros por insectos	Gomorr Kin
	Máx	Tipo	Mínimas									Bolsa
<b>Cordón Diagonal y Montante cabreadas</b> (Piezas: 16;17;18)	20%	Superficial	24 x 73 (-1) x (-2)	2 x m lineal  1/3 del ancho de la pieza	2 x m lineal  ½* máximo	<b>Expuesta</b> No admitido  <b>Inserta</b> No admitido	No admitido	<b>Largo máximo:</b> ancho de la cara de la pieza	Sin limite  En extremos Idem rajadura	1/3 del espesor de la pieza  1/3 del ancho de la pieza	< 5mm No agrupados	2 x m lineal  1/3 del ancho de la pieza
<b>Parante portante</b> (Pieza:7)	20%	Superficial	38 x 89 (-1) x (-2)	Sin limite  ½ del canto  1/3 de la cara	2 x m lineal  ½ del canto  1/3 de la cara	<b>Expuesta</b> ¼ del largo total  <b>Inserta</b> Sin limite	No admitido	<b>Largo máximo:</b> 2 veces el ancho de la cara	Sin limite  En extremos Idem rajadura	1/3 del espesor de la pieza  1/2 del ancho de la pieza	< 5mm No agrupados	2 x m lineal  1/3 del ancho de la pieza

Figura 15: Parte de tabla de clasificación CEDEFI de los productos de las piezas de madera

**3.3. Normativas y reglamentaciones:** Debido a la falta, o desactualización, de normativas provinciales y municipales, se tuvo que trabajar en lo referido a gestión y normativo lo cual llevó años de trabajo. Como el gobierno exigía un ámbito legal-reglamentario, el cual se debía condecir con certificaciones y respaldos técnicos, se tuvo que obtener la certificación de aptitud técnica a nivel Nacional del **CAT 2959 “Viviendas de madera sustentables y de alta prestación”**, de la Subsecretaría de vivienda de la Nación, el que se encuentra bajo la potestad del CEDEFI. Con ello luego se gestionó ante el Congreso la promulgación de la **Ley provincial N° 10279**, que autoriza y obliga al instituto provincial de planeamiento y vivienda IAPV a incluir al menos un 10% de viviendas de madera en los planes de Gobierno, las que deben tener como pautas mínimas las especificadas en el CAT.

Si bien escapa al alcance de los trabajos regionales realizados, vale comentar los estudios y el trabajo de la UTN junto al INTI- CIRSOC los que a nivel nacional han logrado instaurar recientemente el CIRSOC 601 que contempla la normativa de cálculo de estructura de maderas para todo el país. Esto abre la posibilidad que en un futuro cercano la madera deje de ser considerada como “material no tradicional” y se puedan generar códigos de construcción, tal como en la mampostería.

### 3.4. Viviendas sociales de buena prestación. Diferencia con las “casas económicas”.

El sistema aplicado en viviendas sociales, se ha realizado “adecuando” lo usual en Canadá, teniendo en cuenta la aislación necesaria y poniendo en la balanza el tema de costo/prestación. Básicamente se tiene que, al entramado del muro, de 2 x 4, hacia el exterior se aplica una capa rigidizadora-aislante, una membrana gas permeable-contraviento, listones que generan la ventilación del muro, y el acabado final, prefiriendo la madera por su mayor aislación, pero se admiten alternativas. Hacia el interior el entramado se rellena con lana de vidrio 90 mm, se coloca la barrera de vapor, y luego, como optativo, listones horizontales que hacen una capa de aire y permiten la colocación de instalaciones por fuera del entramado, para finalmente tener el acabado interno, usualmente yeso, madera, MDF, aglomerados. Es importante diferenciar la calidad, durabilidad y prestación de este tipo de viviendas respecto de las “económicas de madera” que se ofrecen en el mercado, las cuales suelen tener bastidor de madera de 1 x 2” de madera de pino sin tratar (con riesgo de ataque de *Hylotrupes*), sin aislación térmica, contando solo con una barrera hidrófuga externa, con acabado de fibrocemento (sin ventilación de muro) y hacia el interior acabado de aglomerado, sin cámara de aire. En la Fig. 16 se esquematiza los componentes de muros externos del CAT y la comparación con muros tipo en Canadá, y los de las viviendas “económicas” en Argentina.



Figura 16: Muros externos en casas sociales – comparación casas en Canadá- sociales- económicas

**3.5. Obras construidas:** Se cuenta con más de 30 prototipos, casas, y diseños demostrativos ya construidos, que pueden servir para construcciones civiles y obras públicas, en especial las de bien público como salas sanitarias, salones de usos múltiples, escuelas, etc. Recientemente se han construido dos barrios de 12 y 10 casas, capacitando a los operarios, junto a la Unidad Ejecutora de planes Especiales UEPE, la que trabaja exclusivamente con casas sociales. Se han construido casas, salas, locales en varias localidades de Entre Ríos, Salta, y otros países como Uruguay y Costa Rica.



Figura 17: Ejemplos de casas de tipo social construidas por el CEDEFI- en Entre Ríos y Salta

#### 4. CONCLUSIONES – CONSIDERACIONES

- En Argentina se cuenta con madera, productos madereros y no madereros factibles de aplicar en la construcción con madera, los que en el futuro deberán ajustarse a normativas, tendiendo a tener en el mercado productos sellados que den confiabilidad al constructor.
- Si bien no se cuenta con todas las normativas, existe información primaria que permite comenzar con la construcción de viviendas de madera, a escala individual y de la obra pública, pero se deberá trabajar en pro de que la madera sea considerada como material tradicional a fin de ser eximida de certificaciones, entrando en sistemas de códigos constructivos, donde en los proyectos el profesional firmante sea el aval del mismo.
- Se cuenta con certificaciones nacionales CAT para trabajar en construcciones de tipo social con diseños atractivos, durabilidad, buen nivel de prestación, que permiten generar viviendas, dignas, agradables, y para siempre, que elevan la calidad de vida.
- El sistema de construcción de plataforma y entramado es factible de aplicar en Argentina, en distintos niveles constructivos, recomendándose indagar su aplicación en distintos tipos de construcciones sean privadas o públicas.

#### REFERENCIAS

- [1] CEI-Bois. Utiliza madera. En: Frente al cambio climático. 3ª ed. [s.l.]. CEI-Bois. 2006. 84 p.
- [2] IFONA. La casa de la madera. 1ª ed. [Buenos Aires, Argentina]. [s.n.]. 1986. 80 p.
- [3] SÁNCHEZ ACOSTA, M. Caracterización de la Madera de Eucalyptus grandis Hill ex Maiden, según procedencias, en plantaciones de Argentina. Univ. Valladolid, España 2010.

- [4] BELVISI IRIGOYEN D.S., BLANC P.F., CALVO C.F., COTRINA A.D., CUFFRE A.G., LAROCCA F.D., PITER J.C., TORRAN E.A., VILLALBA D.I. Utilización de nuestras maderas con fines estructurales análisis y propuesta. UTN Grupo GEMA. Informe. Concepción del Uruguay. 1999. 10 p
- [5] CEMEQ. Competence 14 – Toits. En: Charpenterie menuiserie-5319. 1ª ed. Quebec, Canadá. CEMEQ. 2009. 220 P. ISBN: 9782896201754.
- [6] I'APCHQ. Competence 13 – Charpentes de murs. En: Charpenterie menuiserie-5319. 1ª ed. Quebec, Canadá. I'APCHQ. 2012. 251 p. ISBN: 9782923854205.
- [7] I'APCHQ. Competence 15 – Travaux D'isolation, D'insonorisation et de ventilation. En: Charpenterie menuiserie-5319. 1ª ed. Quebec, Canadá. I'APCHQ. 2011. 294 p. ISBN: 9782923854137.
- [8] SCHL Societé canadienne d'hypotheques et de longment Construction de maison as ossature de bois. Canadá. ISBN 0-660-97085-6.432 p. 2011.
- [9] SANCHEZ, ACOSTA. M. Casa canadiense de madera de eucalipto de interés social en Concordia. XXV Jornadas Forestales de Entre Ríos. Concordia, Argentina. ISSN 1668-8297. 10 pp. 2011
- [10] ARBIDE, D. Aislamiento térmico en viviendas de madera Ajuste de los criterios de cálculo y diseño Foro de la Madera.- Facultad Arquitectura y Urbanismo UCU Concepción del Uruguay- UCU.- 2011
- [11] BONUS, C. “Las viviendas de madera industrializada moduladas”. En: Seminario del Foro permanente de la Madera para la Promoción y Desarrollo del Uso de la Madera (7ª: 2007: Entre Ríos, Argentina). Innovación tecnológica sobre prefabricación en madera en el Mercosur. Argentina. 2007. 11-31, 78 p.
- [12] SÁNCHEZ ACOSTA M. Proyecto: Empleo de la madera y productos de eucalipto, y sistemas constructivos, en viviendas de madera (ER 03-07) INFORME FINAL Proyectos Federales de Innovación Productiva PFIP 2007-1. Concordia ER, 2015.73 p.
- [13] SANCHEZ, A.M.; MASTRANDREA, C.A. ZAKOWICZ, N. 2014. Construcción de una vivienda con estructura de maderas cultivadas, en Costa Rica INTA. Concordia, Argentina.
- [14] LICONA OLIVERA, G. y VELASCO SANTIAGO, M. E. Construcción de viviendas de madera en la provincia de Entre Ríos, Argentina. Tesis (Ingeniería Forestal Industrial). Chapingo, México. Facultad de Ciencias Forestales-Universidad Autónoma Chapingo. 2015. 110 p.
- [15] CERÚSICO, A. S. Construcción de viviendas de alta prestación con madera de plantación. Tesis (Técnico en Aserradero y Carpintería Industrial). Santiago del Estero, Argentina. Facultad de Ciencias Forestales-Universidad de Santiago del Estero. 2016. 151 p.
- [16] CEDEFI Primer propuesta de protocolo de dimensiones y calidades de las piezas componentes de entramados casa tipo CAT – CEDEFI-Tipo Emaús, Concordia, 2014 (informe interno)