



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

SUSTENTABILIDAD DE VIVIENDAS CONSTRUIDAS MEDIANTE EL USO DE LA MADERA EN EL NORDESTE ARGENTINO.

SUSTENTABILIDADE DA HABITAÇÃO DO INTERESSE SOCIAL A TRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DE MADEIRA NO NORDESTE ARGENTINO.

Herminia M. Alías (1); Guillermo J. Jacobo (2)

(1) Cátedra Estructuras II - Departamento de la Tecnología y Producción – Facultad de Arquitectura y Urbanismo – Universidad Nacional del Nordeste – Resistencia – Chaco – Argentina - e-mail:

heralias@arq.unne.edu.ar

(2) Cátedra Estructuras II - Departamento de la Tecnología y Producción – Facultad de Arquitectura y Urbanismo – Universidad Nacional del Nordeste – Resistencia – Chaco – Argentina -e-mail:

gjjacobo@arq.unne.edu.ar

RESUMEN

El uso racional de la energía eléctrica contribuye a la disminución de la presión sobre los recursos energéticos agotables, reduciendo el impacto sobre el ambiente local y global. La aplicación de criterios de diseño arquitectónico energética y ambientalmente mejorados para los componentes edilicios, conlleva al ahorro de materiales y energía. La producción del hábitat humano puede así, mediante un adecuado diseño, ser más sustentable y generar menos impacto en el medio. Se aborda desde la óptica energética y ambiental el tema de los materiales empleados en la construcción de viviendas de interés social en las provincias de Corrientes y Chaco: se trató de comparar el desempeño energético de la construcción de muros de madera, frente a la construcción con otros materiales más habituales en la región. Se apuntó a generar registros comparativos de desempeño ambiental de éstas dos alternativas tecnológicas en el clima cálido – húmedo y poder esbozar recomendaciones de diseño de viviendas. La metodología se basó en la comparación de dos tecnologías constructivas de viviendas: la de empleo de la madera de bosques cultivados (mediante técnicas de construcción “en seco”), y la construcción tradicional (mediante técnicas “húmedas”, de mampuestos), a partir del estudio del consumo de energía eléctrica en etapa de uso de las viviendas materializadas con dichas tecnologías y al Análisis de Ciclo de Vida. Como contribución, la hipótesis según la cual la construcción en madera representa una alternativa constructiva más eficiente, económica y benigna desde el punto de vista ambiental con respecto a la construcción tradicional de viviendas de interés social, ha sido corroborada.

Palabras-clave: viviendas; eficiencia energética / ambiental; maderas.

1 INTRODUCCIÓN

Se introduce en este trabajo la mirada ambiental al tema de los materiales empleados en la construcción de viviendas en la región y su impacto en el medio, analizando datos acerca del desempeño energético en servicio de la construcción en madera frente a la construcción con otros materiales más habituales en el nordeste argentino.

La construcción actual de viviendas requiere gran cantidad de materiales, cuya fabricación determina un importante impacto sobre el ambiente. En nuestro país las construcciones tradicionales de mampostería prevalecen en el sector, de lo que se deduce la importancia de encontrar alternativas viables en este ramo de la construcción. En este sentido adquiere gran importancia la elección de los materiales que se han de utilizar en la construcción de dichas viviendas, ya que pequeñas mejoras comparativas que se obtengan en ellos determinan un fuerte impacto, si se considera la gran cantidad empleada en un edificio y la gran cantidad de viviendas requeridas cada año (MITCHELL y ARENA, 2000).

La construcción de edificios genera impactos ambientales que incluyen la utilización de materiales que provienen de recursos naturales, la utilización de grandes cantidades de energía, tanto durante su construcción como a lo largo de su vida “en servicio” y el impacto ocasionado en el entorno. El material que ha sufrido un proceso de fabricación utilizado en el campo de la construcción tiene efectos ambientales muy importantes, con un contenido muy intensivo en energía.

No se pueden olvidar los costos ecológicos que suponen tanto la extracción de los recursos minerales como la deposición de los residuos originados, que abarcan desde las emisiones tóxicas al envenenamiento de las aguas subterráneas por parte de los vertederos. La construcción y el derribo de los edificios originan una gran cantidad de residuos.

Desde la proyección de los edificios, mediante la elección de los materiales constitutivos y mediante su adecuación al clima local, se puede controlar en gran medida su consumo energético. Posteriormente, en la utilización de los edificios tendrá una gran importancia la gestión de la energía, la intervención de los usuarios y el mantenimiento.

Debe destacarse que las fuentes energéticas constituyen una parte muy importante dentro de los recursos naturales, sean éstos renovables o agotables, y que el impacto de las actividades del sector energético sobre el medio ambiente es múltiple.

Si se considera al sistema energético como subsistema del sistema ambiental, entonces el criterio energético para evaluar el desempeño ambiental de la construcción resulta relevante, en tanto y en cuanto gran parte de la energía que se utiliza actualmente en nuestro país y región, es para fines domésticos (actividad residencial). A los efectos de este trabajo interesa especialmente la estructura del consumo y los potenciales de ahorro para el sector residencial. En Argentina, el sector residencial se ubica en segundo lugar en cuanto al consumo de energía eléctrica, después del sector industrial.

Interesan, desde el punto de vista del diseño sustentable, ambientalmente consciente, los consumos de energía en etapa de uso en los rubros de *iluminación* y de *acondicionamiento del aire* (refrigeración – calefacción), ya que en ellos el proyectista puede incidir directamente al diseñar el aventanamiento y orientaciones de un edificio, así como las propiedades y desempeño higrotérmico de los materiales de la envolvente edilicia. En el Nordeste argentino, el rubro de iluminación es el segundo en participación en el consumo total residencial, en tanto que refrigeración y calefacción ocupan el cuarto y quinto lugar, respectivamente.

El consumo de energía que supone mantener los ambientes interiores en unas condiciones adecuadas (19° C en invierno y 25°C en verano) es el gasto energético más importante de los edificios, y causa uno de los mayores impactos sobre el medio ambiente, ya que se produce durante todo el período de funcionamiento de los edificios. Por ese motivo, el diseño de esas instalaciones está muy relacionado con el diseño del edificio en cuanto a la ventilación, la circulación interior del aire y los cierres exteriores. Un buen diseño debe permitir un ahorro considerable de energía.

También interesan, desde el punto de vista del diseño ambientalmente consciente, los consumos de energía asociados a un material determinado con el que se materializa un edificio, a lo largo de todo su

ciclo de vida (y no solamente en etapa de uso), desde su extracción u obtención, su procesamiento, su uso y luego su desmantelamiento y posible uso posterior. En este aspecto, el proceso de selección de los materiales es una de las fases en que más sencillo resulta incidir, económica y técnicamente, en la reducción del impacto ambiental.

En relación con los consumos de energía asociados a un material determinado con el que se materializa un edificio, el método del **ACV -Análisis de Ciclo de Vida-** permitiría seleccionar los materiales con menor impacto ambiental (ARENA *et al*, 2001). En este estudio se pretende determinar las ventajas y desventajas ambientales del uso de la madera en lugar de la mampostería de ladrillos comunes para la materialización de muros de viviendas ubicadas en las ciudades de Corrientes y Resistencia

La búsqueda de materiales alternativos en el sector edilicio, más benignos ambientalmente, a través de herramientas de análisis como la del Ciclo de Vida, permite poner en evidencia los impactos ambientales que cada elección determina y rastrear los materiales o procesos que los causan, cuantificando su influencia, lo cual es de fundamental importancia, porque es usual tener nociones equivocadas acerca de lo que es más benigno o más dañino para el ambiente, nociones que surgen de considerar sólo una parte del ciclo de vida completo de los objetos analizados (MITCHEL y ARENA, 2000).

2 OBJETIVOS

Comparar, desde el punto de vista de la eficiencia energética – ambiental, dos tecnologías de materialización de viviendas de las provincias de Corrientes y Chaco: por un lado la de empleo de la madera de bosques cultivados (mediante técnicas de construcción “en seco”), y por otro lado la construcción tradicional de mampostería, a partir del estudio del consumo de energía eléctrica en etapa de uso y al Análisis de Ciclo de Vida (en toda la cadena productiva del sistema – producto).

3 METODOLOGIA

Se planteó la hipótesis según la cual la construcción con madera de bosques cultivados locales representa una alternativa constructiva más eficiente, económica y benigna desde el punto de vista energético y ambiental con respecto a la construcción de viviendas de interés social mediante la técnica del mampuesto -de fabricación artesanal- en Corrientes y Chaco.

3.1 Primera etapa

Constituyó una fase introductoria, de relevamiento y recopilación de antecedentes. Se llevaron a cabo:

3.1.1. Recopilación de información y antecedentes referentes al tema problema y definición del Universo de Estudio, como asimismo de los grandes ejes temáticos acerca de los que fue necesario reunir datos: *Problemática habitacional y de la vivienda de interés social en Corrientes y Chaco - Maderas de Corrientes y Chaco y su tecnología: construcción en madera - Costo energético y ambiental de la construcción en Corrientes y Chaco - Concepto de “ciclo de vida”: herramientas para el Análisis de Ciclo de Vida (ACV); normas ISO 14.000; antecedentes de aplicación a la construcción.*

3.1.2. Sistematización de la información reunida, a través de la confección de catálogos y fichajes que sirvieron de base para operar en la siguiente etapa.

3.2 Segunda etapa

Fue una fase de análisis y operacionalización y de planteo de pautas / propuestas. Se realizaron:

3.2.1. Definición de las **UA (Unidades de Análisis)**: diez (10) tipologías de viviendas de interés social implementadas masivamente en Corrientes y Chaco, tanto a través de operatorias oficiales como a través de iniciativas privadas, correspondientes a diferentes períodos, desde el año 1970 al 2003,

incluyendo tipologías diseñadas para ser materializadas tanto mediante tecnologías tradicionales de mampuestos, como “secas” o mixtas en que la madera fuera material constitutivo predominante.

Tabla 1 – Cuadro de Unidades de Análisis (UA): tipologías de viviendas de interés social difundidas e implementadas masivamente en la región Nordeste de Argentina.

UNIDADES DE ANÁLISIS (UA)							
Tipologías de viviendas de interés social masivamente difundidas e implementadas en la región							
PROVINCIA DE CORRIENTES				PROVINCIA DEL CHACO			
Nombre tipología y/o barrio	Localidad de implantación de los casos analizados	Tecnología de construcción	Año de construcción/habilitación	Nombre tipología y/o barrio	Localidad de implantación de los casos analizados	Tecnología de construcción	Año de construcción/habilitación
Laguna Seca	Capital	Tradicional (mampostería bloques hormigón)	1983	Nueva Resistencia	Resistencia	Tradicional (mampostería ladrillos cerámicos)	1996
Las Tejas (118 y 120 Viv. "Ex Aero Club")	Capital	Tradicional (mampostería ladrillos cerámicos a la vista)	1985	Los Troncos	Resistencia	Tradicional (mampostería ladrillos cerámicos)	1991
250 Viviendas	Capital	Tradicional (mampostería ladrillos comunes)	1974 - 1975	Sinat Ferrando (Bº Independencia)	La Leonesa	Prefabricada Construcción en seco en madera	1979 - 1982
Madecor	Bella Vista	Prefabricada Construcción en seco en madera	1980	Macha	Machagai y Resistencia	Prefabricada Construcción en seco en madera	1973 - 1976
Scoro	Paso de la Patria	Prefabricada Construcción en seco en madera	1990	Plan Cero	Resistencia	Prefabricada Construcción en seco en madera	1993

3.2.2. Aplicación de normativa de habitabilidad higrotérmica del **IRAM** (Instituto de Racionalización Argentino de Materiales) a los componentes de la envolvente de cada una de las viviendas definidas como UA. Se realizó la verificación de muros y techos mediante la normativa referente a transmitancias térmicas y riesgo de condensaciones invernales (11601/ 11605 / 11625 /11630). Esta verificación se constituyó en punto de partida de la instancia procedimental, para dar un pantallazo general de la calidad constructiva a nivel higrotérmico de las viviendas de interés social producidas masivamente desde la década del '70 en el nordeste argentino.

3.2.3. Simulación informática del comportamiento térmico y energético de las UA, para estimar el ahorro que se obtendría en el consumo de energía eléctrica aplicando materiales alternativos en la envolvente. Se buscó determinar los consumos de energía eléctrica para mantener las condiciones de confort interior en cada UA, según las peculiaridades conferidas por sus envolventes murarias, a efectos de determinar parámetros comparativos entre las envolventes de madera y las de mampostería tradicional, que incidan en los consumos energéticos finales de las viviendas. Se realizaron las simulaciones con el programa QUICK II (MATHEWS *et al*, 1997), para distintas situaciones de material de la envolvente de las UA: la real relevada y una situación ficticia propuesta, consistente en reemplazar los muros exteriores de mampostería por una panelería de madera. Se obtuvieron tanto los valores de cargas térmicas necesarias para mantener el confort con medios artificiales (equipos electromecánicos), como las fluctuaciones de temperatura en el interior de las viviendas en caso de no existir dichos medios artificiales. Además, los datos arrojados por la simulación computacional y los datos reales de facturación de la energía eléctrica consumida por las UA fueron comparados. Se realizó la determinación de los consumos eléctricos promedio por unidad de superficie para cada vivienda y cada tipología constructiva (para la situación con muros de mampostería y para la situación con panelería de madera). Se tuvo en cuenta que la evaluación convencional de demanda de energía en edificios considera la demanda anual como variable crítica (EVANS, 2002).

3.2.4. Planteo de los estudios preliminares para aplicar el Análisis de Ciclo de Vida (ISO 14.040, 1998), a los muros de la envolvente de las UA. Se efectuó la estimación de la energía total involucrada en 1m² de panelería de madera de bosques cultivados de Corrientes y Chaco en comparación con la

involucrada en 1m^2 de muro de mampostería de ladrillos comunes de fabricación artesanal en los obrajes del Bañado Norte de la ciudad de Corrientes. Se realizaron estimaciones de energía parciales en cada etapa del *ciclo de vida* de estos elementos -extracción materias primas, transporte, procesamiento y producción, puesta en obra, uso y disposición final.

Se analizó el ciclo de vida de los materiales usados en la ejecución de 1m^2 de muro de madera (opción 1: figura 1, izquierda) y de 1m^2 de muro de ladrillos comunes (opción 2: figura 1, derecha).

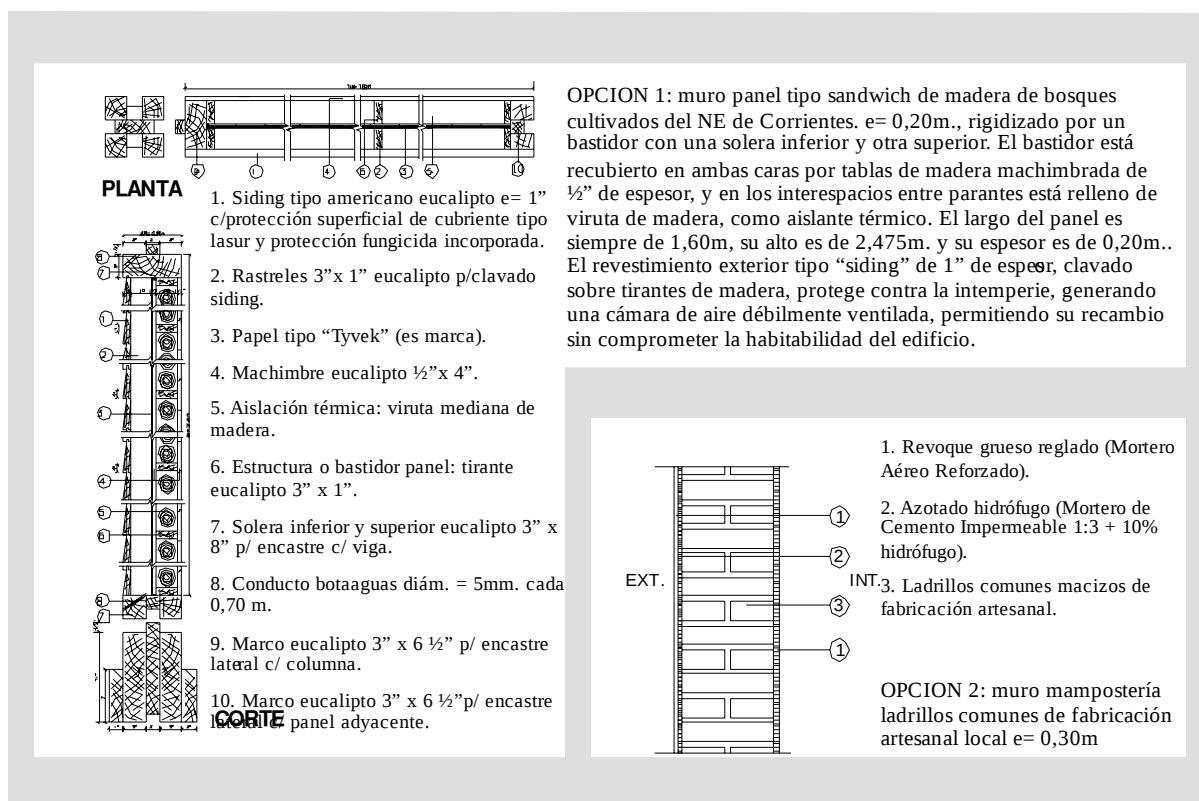


Figura 1 – Opción 1, panel tipo sandwich de madera regional (izquierda) y opción 2, muro de mampostería de ladrillos comunes (derecha)

La Unidad Funcional que se usó se define como el impacto ambiental producido por la construcción de los muros perimetrales de un edificio destinado a vivienda, de vida útil estimada en cuarenta años, comprendiendo los consumos de energía para refrigeración de la vivienda durante el período estival que se producen durante su vida útil (así se incorpora la fase de uso de la vivienda en el análisis). No se incluyeron en el análisis todos los demás componentes de la vivienda (fundaciones, techos, carpinterías, pisos, etc.), ya que son idénticos en los dos casos comparados. La superficie total de los muros de la vivienda en ambos casos es de $315,70\text{ m}^2$. Por último, dado que no existe en la actualidad en las provincias de Corrientes y Chaco una estructura organizada para la recuperación, reciclado y/o reuso de los materiales de demolición, en general esta fase no fue tomada en cuenta.

3.2.5. Definición de los factores que influyen en el consumo energético edilicio y de las variables que a su vez influyen sobre estos factores.

3.2.6. Propuestas de pautas y recomendaciones de diseño energéticamente optimizado de tipologías edilicias residenciales en función de la habitabilidad y el confort humano.

3.3 Tercera etapa

Fue la fase final, de confrontación de los resultados obtenidos con la hipótesis y con cuerpos de saber existentes y de elaboración de conclusiones y planteo de nuevos interrogantes.

4 RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

4.1 Grado de cumplimiento de normativa de habitabilidad higrotérmica

La normativa IRAM a la luz de la cual fueron analizados los muros exteriores y techos de las UA no es de aplicación obligatoria para el sector privado, pero sí lo es para el sector oficial, al cual corresponde el 90% de las viviendas analizadas.

Se advierte en general un bajo nivel de habitabilidad higrotérmica, sobre todo en lo referente a valores de transmitancias térmicas “K”, siendo los valores obtenidos muy altos, lo que sitúa a los componentes analizados en un nivel “C” (mínimo aceptable, según la categorización propuesta por la Norma IRAM 11605/96) cuando no fuera de toda categoría por ser demasiado altos (gráfico 1). Sólo en casos aislados se presentan niveles medios (“B”).

En los muros de cerramiento analizados, que incluyen a soluciones de madera y soluciones cerámicas habituales de mampuestos, los valores de “K” no superan los $2 \text{ W/m}^2\text{C}$, excepción hecha de los tres casos de peores condiciones detectados en que dicho valor casi se duplica (Plan Cero, Scoro y Laguna Seca) correspondientes, los dos primeros, a soluciones de madera de una sola hoja machimbrada, sin aislación térmica, y el tercero, a un caso de muro de bloques de hormigón revocado en ambos paramentos. En general las soluciones de madera analizadas resultan de un diseño tecnológico muy precario y el criterio dominante parece haber sido utilizar la menor cantidad posible de material. Aún así, se evidencia que la madera posee, comparativamente con otros materiales, como los mampuestos, valores mucho más bajos de transmitancia térmica.

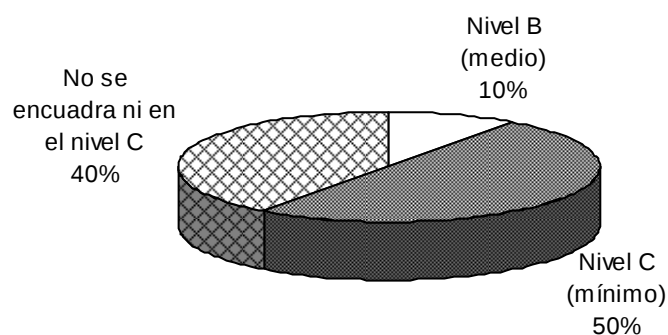


Gráfico 1 – Porcentaje de muros en cada categoría de construcción, según aplicación de norma IRAM 11605/96 a muros de las UA.

4.2 Simulaciones de desempeño térmico y energético de las UA en etapa de uso.

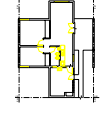
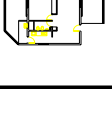
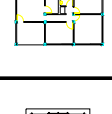
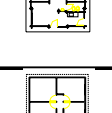
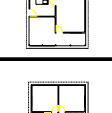
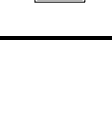
Se verificó que durante la fase de uso de la vivienda, el consumo de electricidad (tanto el real como el simulado para lograr el confort interior) aumenta en verano. Se obtuvieron índices de consumos energéticos diarios por unidad de superficie (para el día típico de diseño de verano y para el de invierno) e índices anuales por unidad de superficie, para lograr condiciones homogéneas en lo relativo a niveles mínimos de confort higrotérmico (tabla 2).

Al reemplazar los muros de mampostería tradicional por la panelería de madera propuesta (gráfico 2), el índice anual de consumo de energía eléctrica para mantener el confort por unidad de superficie se redujo casi un 21% con respecto a la situación original (ALÍAS, 2006). La panelería de madera, a espesores mucho menores, en soluciones de muro tipo sandwich, presenta menores o iguales valores de transmitancia térmica que soluciones de mampostería de 20 y hasta 30cm. de espesor.

Para las tipologías analizadas, los consumos reales de energía por superficie (según empresa facturadora) son mucho menores a los necesarios para el confort (según simulación), lo que podría deberse a la insuficiente disponibilidad económica por parte de los usuarios para proveerse de artefactos para el acondicionamiento artificial de los ambientes y, por ende, al acostumbramiento a la

continua habitabilidad en ambientes con altos índices de confort.

Tabla 2 – Resultados comparativos obtenidos mediante la simulación de desempeño higrotérmico y de consumos eléctricos de las viviendas en etapa de USO.

Unidades de Análisis consideradas. Características y resultados de la simulación computacional			Consumos diarios de energía por unidad de superficie (KWh/m2/día)							Consumos anuales de energía por unidad de superficie (KWh/m2/año)		
Vivienda	imagen exterior	esquema planta	Factor de Forma (sup. envolvente/volumen)	consumo diario energía para el confort /m2				consumo diario real de energía /m2	consumo energía para mantener confort /m2 reemplazando muros tradicionales por panelería madera	consumo anual energía para el confort/m2	consumo anual real de energía /m2	consumo anual energía para mantener confort /m2 reemplazando muros tradicionales por panelería madera
				Fachada al norte	Fachada al este	Fachada al sur	Fachada al oeste					
Laguna Seca			0,98	5,77	5,77	5,77	5,74	0,15	4,95	1283,00	54,75	1016,00
Las Tejas			1,06	5,29	5,17	5,15	5,17	0,18	4,46	1239,50	65,70	1005,00
250 Viviendas			0,98	5,30	5,43	5,30	5,43	0,13	4,67	1197,30	47,45	978,00
Los Troncos			0,78	3,04	3,15	3,14	3,16	0,11	2,70	828,26	40,15	642,45
Nueva Resistencia			0,44	6,97	6,97	-	-	0,15	-	1416,00	54,75	-
Madecor			0,98	6,29	6,31	6,31	6,31	0,15	-	1346,80	54,75	-
Scoro			1,04	8,95	8,91	8,91	8,95	0,19	-	1905,90	69,35	-
Sinat Ferrando			0,79	4,87	4,78	4,87	4,78	0,13	-	1055,90	47,45	-
Plan Cero			0,95	5,81	6,07	5,81	6,07	0,15	-	1312,50	54,75	-
Macha			1,09	9,70	9,65	9,65	9,93	0,19	-	1993,50	69,35	-

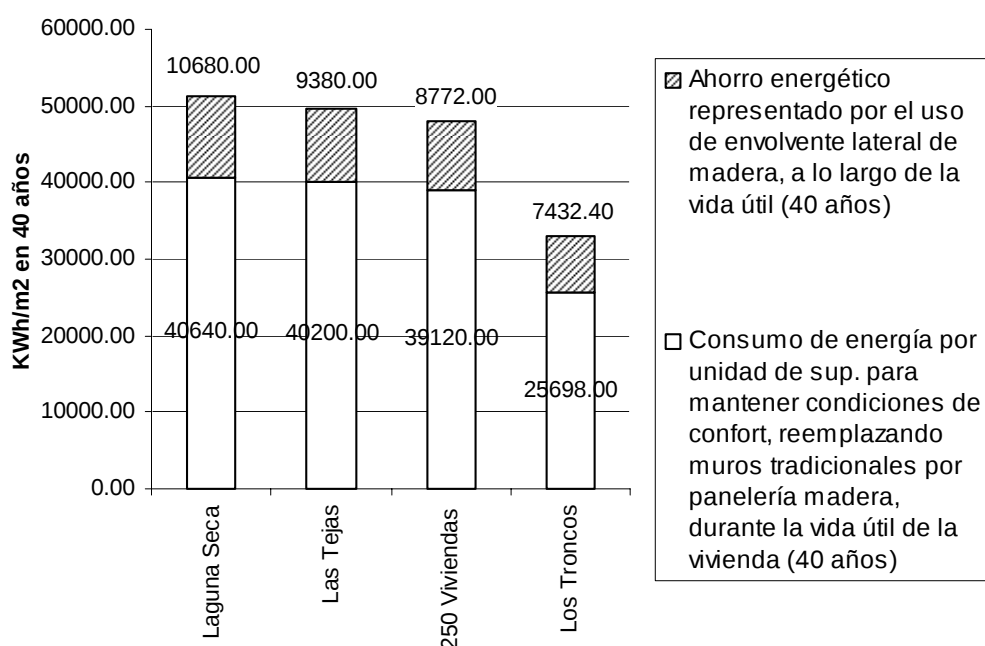


Gráfico 2 – Ahorro de energía eléctrica para acondicionamiento del aire interior de viviendas, obtenido al reemplazar la envolvente de muros de mampostería de ladrillos comunes por panelería de madera.

4.3 Análisis de Ciclo de Vida (ACV) de los muros de las UA

El perfil ambiental para el caso de mampostería de ladrillos comunes es más negativo que el de los muros de madera, prácticamente en todos los impactos analizados. El posible responsable es el proceso de fabricación de ladrillos, que en casi todas las zonas de Corrientes y Resistencia se realiza en forma artesanal, en condiciones laborales muy precarias y utilizando leña para su cocción, lo que libera grandes cantidades de monóxido de carbono y favorece la formación de ozono fotoquímico.

Cuando se utiliza madera como material estructural, se produce un efecto de retención del CO₂ atmosférico en el edificio del cual forma parte, mientras se evitarán las emisiones asociadas al uso de otros materiales estructurales que requieren energía convencional para su fabricación. Estos efectos beneficiosos se obtienen sólo si la madera proviene de bosques sostenibles, ya que la absorción de CO₂ en los árboles se obtiene durante su crecimiento, mientras que el desboscamiento de forestas naturales sin reposición produce efectos negativos.

El muro de mampostería, a lo largo de su ciclo de vida, impacta más fuertemente en el *Potencial de Calentamiento Global* y en el *Potencial de Acidificación*, tanto durante la fase de procesamiento y producción como en la fase de uso (gráfico 3). Por otra parte se obtiene de recursos no renovables y demanda mayor cantidad de energía asociada al transporte, ya que en él intervienen materiales como el cemento y la cal, a diferencia del muro de madera, en que el 95% del material constitutivo básico lo representa la madera local de bosques implantados. Las ventajas ambientales de la mampostería radican en su durabilidad y bajos costos de mantenimiento. Los efectos negativos asociados al panel de madera radican en el proceso de secado e impregnación de la madera.

La etapa de USO de las viviendas es la de mayor consumo energético a lo largo del ciclo de vida de las mismas (en comparación con las etapas de producción de materiales, transporte a la obra, construcción, demolición, etc.).

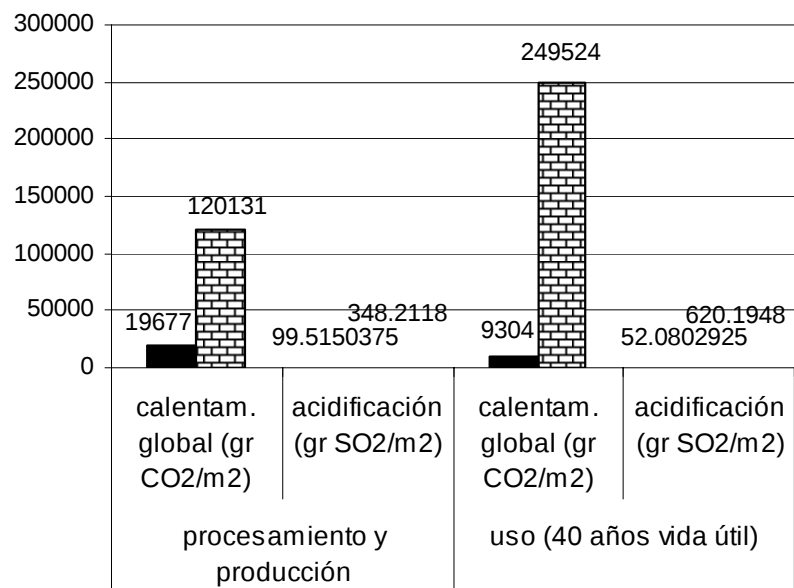


Gráfico 3 – Comparación del impacto ambiental (en las categorías “calentamiento global” y “acidificación”) de las dos opciones de materialización de los muros de las unidades de análisis.

5 CONCLUSIONES

En líneas generales, puede decirse que el perfil ambiental del panel sandwich de madera es mejor que el correspondiente al muro de mampostería de ladrillos comunes, siempre y cuando la madera provenga de bosques con explotación forestal sustentable. Analizando los recursos energéticos utilizados, se comprueba que la mampostería de ladrillos requiere más de cuatro veces lo requerido por el panel sandwich de madera, diferencia que, aunque notable, resulta no obstante sensiblemente menor a la indicación que se obtuvo a través del consumo de materiales, en peso y cantidades.

La hipótesis según la cual la construcción en madera representa una alternativa constructiva más eficiente, económica y benigna desde el punto de vista ambiental con respecto a la construcción tradicional de viviendas de interés social, ha sido corroborada.

Si bien es posible modificar la energía de operación de un edificio sin cambiar la energía incorporada en el mismo a través de sus materiales constitutivos, por ejemplo, tan sólo cambiando su orientación o su forma, estos factores son menos relevantes que el representado por la energía incorporada a través de los materiales constitutivos.

Los factores principales que influyen en el perfil ambiental de los materiales empleados para materializar la envolvente de las viviendas son: a) Cantidad de materia incorporada; b) Energía y emisiones asociadas al transporte; c) Energía y emisiones asociadas al procesamiento; d) Energía y emisiones asociadas al uso, sobre todo la energía eléctrica para mantener condiciones de confort.

Se plantearon pautas de diseño de viviendas para un menor consumo de energía eléctrica (y con ello menores impactos negativos al ambiente) a través de la optimización tecnológica de la envolvente. Dichas pautas posibilitan además una mejora en la calidad térmica de los ambientes y una disminución en la inversión inicial en equipos de climatización, por la posibilidad de que éstos sean de menor potencia.

Lograr en el sector edilicio residencial un perfil ambiental satisfactorio es posible sin sacrificar la calidad del ambiente habitable, sino mediante la instrumentación de medidas como la selección de materiales constitutivos según los criterios fijados. Por ello, se sustenta la propuesta de materialización de los muros de la envolvente de viviendas de interés social con el material que ha demostrado menor impacto ambiental negativo en su ciclo de vida: la madera de bosques cultivados locales.

6 REFERENCIAS

ALÍAS, H. M. Eficiencia Ambiental del uso de madera en la construcción de viviendas en Corrientes y Chaco en base al análisis energético y de Ciclo de Vida. In: XXV ENCUENTRO y X CONGRESO ARQUISUR, 2006, Montevideo, Uruguay. **Premio Arquisur de Investigación - UNESCO MERCOSUR...**, Montevideo: ARQUISUR, 2006. p. 95-104.

ARENA, A. P. et al. Análisis del ciclo de vida de cubiertas alternativas utilizadas en viviendas residenciales en Mendoza (Argentina). **Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente**, INENCO, Salta, v. 5, n. 1, p. 8.73 – 8.78, 2001.

EVANS, J. M. Energía en edificios: identificación de alternativas de diseño de bajo impacto. **Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente**, INENCO, Salta, v. 6, n. 1, p. 1.59 – 1.64, 2002.

INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACIÓN DE MATERIALES / INTERNATIONAL STANDARIZATION ORGANIZATION. **Norma IRAM-ISO 14.040**: Gestión ambiental - Análisis del ciclo de vida - Principios y marco (Environmental management - Life cycle assessment – Principles and framework). Buenos Aires, 1998.

MATHEWS, E. ET AL. **User's and reference manual for QUICK II**: A passive thermal design tool and load calculation computer program. TEMMI. Transfer of Energy Mass and Momentum. Sudáfrica: International (Pty) Ltd, 1997.

MITCHELL, J.; ARENA, A. P. Evaluación Ambiental Comparativa de Materiales Mampuestos Aplicados en Muros de Viviendas en Regiones Áridas Andinas. **Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente**, INENCO, Salta, v. 4, n. 1, p. 8.25 – 8.31, 2000.