

## **SIMULACIONES DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA MANTENER EL CONFORT EN VERANO E INVIERNO EN VIVIENDAS CON ENVOLVENTES DE MADERA Y DE MAMPOSTERÍA**

**Alías, H. M.<sup>1</sup>; Jacobo, G. J.<sup>2</sup>**

Instituto de Investigaciones Tecnológicas para el Diseño Ambiental del Hábitat Humano - Facultad de Arquitectura y Urbanismo – Universidad Nacional del Nordeste (ITDAHu-FAU-UNNE) - Avenida Las Heras N° 727, (3500) Resistencia, Provincia del Chaco, República Argentina - E-Mail: [heralias@arq.unne.edu.ar](mailto:heralias@arq.unne.edu.ar) - [gjjacobo@arq.unne.edu.ar](mailto:gjjacobo@arq.unne.edu.ar)

**RESUMEN.** Se expone la evaluación de los requerimientos energéticos para el acondicionamiento interior artificial de viviendas tipo, considerando el comportamiento térmico de diez tipologías de viviendas de operatorias tanto estatales como privadas, modelizado y simulado informáticamente. Estas tipologías siguen en vigencia en las nuevas operatorias implementadas por los organismos estatales. El objetivo del trabajo fue evaluar el comportamiento termoenergético, el grado de bienestar de los usuarios y el ahorro de energía producido al materializar la envolvente mediante panelería de madera de bosques cultivados con manejo sustentable del Nordeste Argentino, con respecto a viviendas de diseño y tecnología convencional de mampuestos en las localidades de Corrientes y Resistencia, además de la incidencia de variables tales como la orientación, la forma y el emplazamiento en la eficiencia energética, y por ende ambiental, de la construcción.

**Palabras Clave:** envolvente edilicia, requerimientos energéticos, confort, viviendas, simulaciones.

### **INTRODUCCIÓN**

Se analizó, mediante resultados arrojados por simulación informática, la manera en que las modificaciones en el diseño y material de la envolvente de viviendas, generan importantes diferencias en el consumo energético final de las mismas para su acondicionamiento interior artificial, en una zona bioambiental cálida húmeda. Con el relevamiento de la situación real de diez prototipos de viviendas seleccionados (que siguen implementándose en Corrientes y Chaco en operatorias estatales y privadas, algunos mediante técnicas habituales “húmedas” de mampuestos y otros con tecnologías mixtas con uso de madera) y la aplicación de los procedimientos que se presentan a continuación, se pudo evaluar el comportamiento termoenergético, el grado de bienestar de los usuarios y el ahorro de energía producido al materializar la envolvente mediante panelería de madera de bosques cultivados, en lugar de las envolventes de tecnología convencional de mampuestos. Los datos se volcaron en fichas técnicas diseñadas a tal fin, configurando un catálogo tecnológico y energético de viviendas construidas (Alías, H. M.; 2003). El costo de operación de un edificio y el impacto ambiental son directamente proporcionales a la demanda anual de energía, valor usado para comparar alternativas; sin embargo, las variables de diseño también afectan la demanda energética pico, la cual determina la potencia y el costo del equipo de calefacción y refrigeración (Torres, S. y Evans, J. M.; 1999). La energía requerida para refrigeración es el rubro de mayor importancia en la demanda energética de viviendas en verano (Evans, J. M. y De Schiller, S.; 2001). La variación de la temperatura interior de diseño es otro factor que influye fuertemente en la demanda de energía (Evans, J. M. y De Schiller, S.; 2001; op. cit.).

### **SIMULACIÓN DE REQUERIMIENTOS ENERGÉTICOS PARA CLIMATIZACIÓN ARTIFICIAL**

Se realizaron simulaciones térmicas con el software Quick II, (Mathews, E. et al.; 1992), para distintas variantes de material de la envolvente de cada prototipo de vivienda (se analizaron 10 prototipos), así como para distintas condiciones de orientación de los mismos, obteniéndose los valores de cargas térmicas necesarias para mantener la situación de confort (para el día de diseño del período cálido y del frío) con medios artificiales y las fluctuaciones de temperatura en el interior de las viviendas en caso de no existir medios mecánicos de acondicionamiento. Para la aplicación del software cada vivienda se dividió en dos zonas operativas: *dormir* y *estar*. El programa debió cargarse con datos edilicios reales de los prototipos de vivienda (materiales de cubiertas, pisos y muros y sus respectivos coeficientes de conductividad térmica, densidad y calor específico, tabulados) y datos climáticos horarios (temperatura, humedad relativa, radiación solar global y difusa) de las localidades de implantación, para el día de diseño del período cálido y del período frío. El cálculo estacionario de cargas que realiza el programa se lleva a cabo sobre la base de los consumos de un equipo de acondicionamiento térmico con control de temperatura y humedad. Se definió una familia tipo de 5 miembros, con un patrón de comportamiento estándar: grado de permanencia en las distintas zonas a cada hora del día y tipo de vestimenta y de actividad en cada hora del día (Blasco Lucas, I. et al; 2000), que se utilizó para las simulaciones de todos los casos, con el fin de obtener una base homogénea de comparación. También se definió una base homogénea de cargas internas (calor convectivo, radiativo y latente generado en cada zona por las luminarias y electrodomésticos de uso común en una vivienda tipo). Asimismo, fue tenida en cuenta la ventilación natural en cada prototipo, a través del ingreso al programa de los datos de las aberturas de cada orientación y su estado (abierta o cerrada) en cada hora del día de diseño cálido y frío, para lo cual fue necesario ingresar previamente los datos de velocidad horaria del viento y dirección del mismo en la localidad de implantación.

<sup>1</sup> Arquitecta. Jefe de Trabajos Prácticos, FAU-UNNE. Investigador Categoría "5" (SGCyT-UNNE).

<sup>2</sup> Arquitecto. Profesor Titular, FAU-UNNE. Investigador Categoría "2" (CIN). Vice-Director ITDAHu-FAU-UNNE.

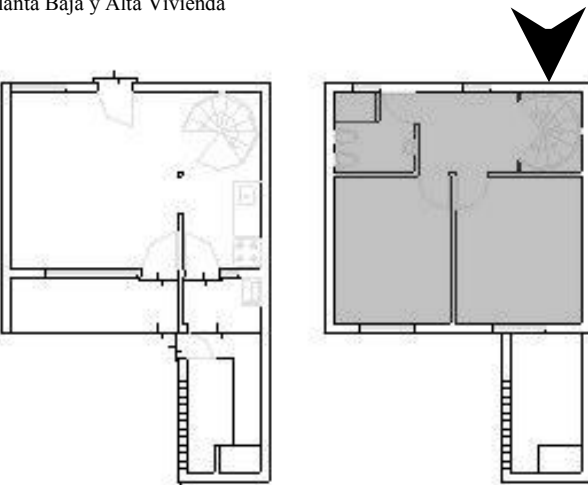
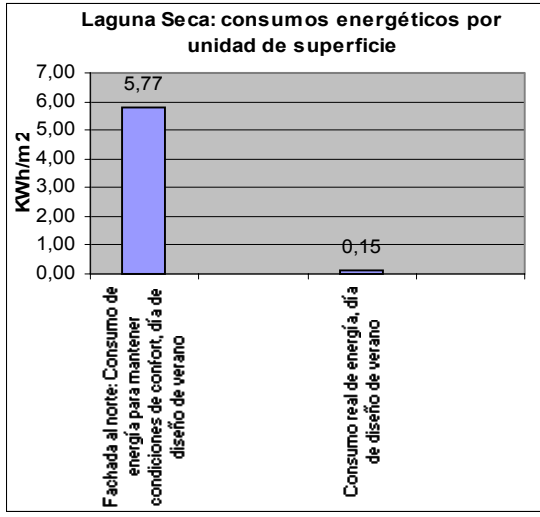
VARIABLES SITUACIONALES		VARIABLES RELACIONALES	
<b>Estrategias de localización</b>		<b>Estrategias tipológicas</b>	
Localidad: <b>Corrientes, Cap.</b>		(zonificación en base a la distribución interior de funciones)	
Zona Bioambiental: <b>Ia (cálida húmeda)</b>		<b>Zona Estar (incluye cocina)</b>	
Latitud Sur: <b>27°54'</b>		<b>Zona Dormir (incluye baño)</b>	
Temperatura Base: <b>18°C</b>		No se incluyen en la simulación electrónica las estancias exteriores semicubiertas, como galerías, aunque sí se incorpora el efecto de dichas estancias en el sombreado de la envolvente exterior.	
Grados días: <b>56 - 262</b>			
VIVIENDA:		Planta Baja y Alta Vivienda	
<b>Barrio Laguna Seca</b>			
EMPLAZAMIENTO:			
<b>Zona sudeste de la ciudad</b>			
CONDICIONES DE VINCULO CON EDIFICIOS CONTIGUOS:			
<b>Perímetro libre (situación ficticia)</b>			
ORIENTACIÓN:			
<b>Ver planta adjunta</b>			
N° DE OCUPANTES:			
<b>5 personas</b>			
<b>VARIABLES GEOMÉTRICO - CONSTRUCTIVAS</b>			
SUPERFICIE CUBIERTA (m <sup>2</sup> ):			
Planta Baja	<b>24,92</b>		
Planta Alta	<b>31,35</b>		
SUPERFICIE SEMICUBIERTA (m <sup>2</sup> ):			
Planta Baja	<b>6,43</b>		
Planta Alta	-		
SUPERFICIE DE LA ENVOLVENTE (m <sup>2</sup> ): <b>143,35</b>			
Techo	<b>31,35</b>		
Muros	<b>112,00</b>		
ALTURA MEDIA DE LOS LOCALES (m):			
<b>2,6</b>			
VOLUMEN (m <sup>3</sup> ): <b>146,31</b>			
Planta Baja	<b>64,80</b>		
Planta Alta	<b>81,51</b>		
FACTOR DE FORMA (sup. envolvente/volumen) (1/m):			
143,35/146,31			
<b>0,98</b>			
<b>Estrategias tecnológicas</b>			
MUROS:			
Exteriores de mampostería bloques de hormigón 19x19x39 cm., revocada exterior e interiormente.			
Interiores de mampostería de ladrillos cerámicos huecos 8x18x25 cm.			
CUBIERTA:			
Chapa galv. trapezoidal N°24 con cielorraso independiente de placas tipo Guillermina y lana de vidrio 25mm. sobre cielorraso.			
PISOS:			
En contacto con terreno natural en planta baja. Entrepiso losa alivianada viguetas pretensadas y ladrillones cerámicos. e=0,20m.			
VENTANAS:			
Ventanas de marcos y hojas de chapa doblada con celosías.			
<b>CONSUMOS DE ENERGÍA</b>			
<b>Según Simulación electrónica</b>		<b>Según datos aportados por empresa proveedora del servicio:</b>	
Horas/día fuera de condiciones de confort (sin acond. aire):		Consumo anual de electricidad (kw/h):	
<b>Invierno: 24 hs/día fuera de condic. de confort - Verano: 24 hs</b>		<b>2984</b>	
Energía bimestral necesaria para el confort (kw/h):		Consumo bimestral de electricidad (kw/h):	
<b>Invierno: 4375,8 - Verano: 19493,4</b>		<b>Invierno: 338 - Verano: 500</b>	
Consumo diario de electricidad (kw/h):		Consumo diario de electricidad (kw/h):	
Día de diseño período frío	Día de diseño período cálido	Día de diseño período frío	Día de diseño período cálido
<b>72,93</b>	<b>324,89</b>	<b>5,6</b>	<b>8,4</b>
Índice de consumo diario de energía para el confort por superficie (kwh/m <sup>2</sup> ) para la estación crítica (verano):		Índice de consumo real diario de energía por superficie (kwh/m <sup>2</sup> ) para la estación crítica (verano):	
<b>5,77 (1283 KWh/m<sup>2</sup> año)</b>		<b>0,15 (54,75 KWh/m<sup>2</sup> año)</b>	

Fig. 1: Planilla tipo diseñada para la sistematización de datos de los prototipos de vivienda relevados, analizados y simulados informáticamente.

Las condiciones mínimas de confort o condiciones de habitabilidad se fijaron para todos los prototipos analizados según rangos usuales para la región y según consideración de datos de temperaturas de diseño medias definidas en la norma IRAM 11603/96 para Corrientes y Resistencia: *para Verano: 22°C y 60% HR; para Invierno: 18°C y 65% HR*. Las superficies verticales se diferenciaron en los muros del interior de la vivienda y los exteriores, según el tipo de materiales utilizados en cada tipología.

**Orientación:** se realizaron los cálculos considerando las viviendas en cuatro orientaciones distintas de la fachada, rotando el edificio 90° por vez. Así, para cada prototipo se efectuaron simulaciones para: Fachada Norte – Fachada Este – Fachada Sur y Fachada Oeste. Todos los prototipos considerados se consideraron en una situación de implantación en perímetro libre, si bien esto resulta una situación ficticia en el caso de las viviendas tradicionales, es la situación real de las viviendas de madera tomadas como unidades de análisis. Esta condición fue unificada a efectos de fijar una situación de partida homogénea para la comparación.

**Materiales de la envolvente:** se adoptaron distintos materiales de la envolvente lateral vertical. Por un lado el material real del que cada vivienda tomada como unidad de análisis estaba materializada y por el otro considerando a las viviendas cuya envolvente vertical se materializa al modo “habitual” como reemplazada por una panelería de madera de bosques cultivados con manejo sustentable del Nordeste argentino, diseñada en un trabajo anterior, consistente, del exterior al interior, en un revestimiento exterior (siding de pino elliotti impregnado -1”- y una cámara de aire débilmente ventilada dejada por las clavadoras del siding -1 1/2”-) y el panel propiamente dicho consistente en un sandwich de machimbre pino (1/2”); poliestireno expandido (75mm) y machimbre pino (1/2”) al interior. Para la cubierta, en cada caso se consideró la materialización real de cada prototipo.

Se realizaron, para cada unidad de análisis, varias simulaciones térmicas computacionales, determinando la energía necesaria para lograr y mantener la situación de confort previamente definida en el interior de los ambientes de dichas viviendas. Se compararon los consumos de energía para alcanzar el confort en verano por medios artificiales (enfriamiento) y en invierno (calefacción), por día típico del período cálido y del período frío. En base a la información extraída de las facturas bimestrales y mensuales proporcionadas por usuarios de los prototipos relevados en Corrientes y Chaco, respectivamente, emitidas por la DPEC (Dirección Provincial de Energía de Corrientes) y por SECHEEP (Servicios Energéticos del Chaco Empresa del Estado Provincial), se determinaron las situaciones de consumos reales de cada prototipo, por mes, día y por superficie del edificio. Los datos arrojados por la simulación computacional y los datos reales de facturación fueron comparados. Para completar el análisis se realizó la confrontación gráfica de los resultados obtenidos, determinando los consumos promedio por unidad de superficie para cada vivienda (para el día de diseño de verano) y cada tipología constructiva (tecnologías habituales de mampuestos y tecnologías secas o mixtas con uso de la madera en la panelería de cerramientos). Como resultado de los estudios comparativos de las viviendas seleccionadas se verificó que los valores de energía necesaria para el confort son muy superiores a los consumos reales de energía por superficie. En la página anterior se presenta una de las planillas modelo de las simulaciones a una de las viviendas tomadas como unidades de análisis.

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El trabajo permitió obtener consumos energéticos diarios por unidad de superficie (para el día típico de diseño de verano y para el de invierno) y consumos energéticos anuales por unidad de superficie, para lograr condiciones homogéneas mínimas de confort higrotérmico. Se observaron diferencias en los consumos entre una y otra tecnología de materialización y material básico de la envolvente, siendo menores los consumos cuando las viviendas de mampostería tradicional reemplazaban estos cerramientos por la panelería de madera tipo sandwich propuesta. Los consumos reales de energía por superficie (calculados a partir de dividir el consumo bimestral de meses típicos de verano promedio por 60 días, y a su vez este resultado dividirlo por la superficie de la vivienda) según la empresa facturadora son mucho menores a los consumos necesarios para mantener el confort interior según la simulación electrónica, lo que puede 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 desconfort.

**Resultados en relación con la incidencia de la orientación y el factor de forma** (sup. envolvente total / volumen total): Para los casos analizados (sin considerar la radiación que reciben los planos horizontales –cubiertas-) en las situaciones de enfriamiento (en verano), especialmente desfavorable pareciera ser la orientación de grandes superficies de pared exterior al norte (cuando la relación superficie de pared al norte / superficie de pared al oeste, es mayor que 2,00 a 2,4). Para plantas de viviendas de proporciones cuadradas la orientación más desfavorable en verano es la oeste, debido a que en esta orientación el plano recibe la mayor proporción de radiación solar justamente en una franja horaria en que las temperaturas exteriores experimentan su pico máximo. Si la vivienda posee frentes o fachadas al Este y Oeste y son estas fachadas los lados mayores del perímetro en planta, son ellas las que ocasionan los consumos para mantener el confort en verano más altos. Para la situación de calefacción (en invierno), la orientación más favorable es la de frente norte y la más desfavorable es la de los frentes sur y este. Parecería existir correlación entre las Temp. Interiores y el factor de forma y la constitución de la envolvente, en el sentido de que al aumentar el factor de forma (vivienda más abierta, de mucha extensión de la superficie envolvente) y el coeficiente de absorción de radiación del material exterior de la envolvente, aumentan también las temperaturas radiantes medias interiores y por lo tanto es mayor la energía necesaria para mantener el confort en verano. Se trataría entonces de compatibilizar las situaciones de invierno y de verano, y determinar a cuál corresponde darle prioridad para nuestra zona bioclimática, en la que, sin dudas, la estación crítica en términos de consumos de energía es el verano.

**Resultados en relación con la influencia del material de la envolvente:** Debido a que comparando los consumos de energía por unidad de superficie simulados para las 10 unidades analizadas (algunas con envolvente de mampostería y otras con envolvente de panelería de madera) no pudo llegar a establecerse un patrón que caracterice al comportamiento termo energético dado por el uso de un material como la madera en la constitución de la envolvente lateral, en lugar del uso de la mampostería tradicional de bloques o ladrillos cerámicos o de hormigón, se resolvió realizar la simulación computacional nuevamente para las viviendas de envolvente tradicional de mampostería (Laguna Seca, Las Tejas, 250 Viviendas y Los Troncos) pero reemplazando dicha mampostería por un panel de madera (el mismo para todos los casos), con lo que se pudo comparar un mismo prototipo en diferentes situaciones, tan sólo variando la resolución constructiva de la envolvente lateral vertical. Así se observó que para la situación de enfriamiento, el sistema constructivo que parece más adecuado (el que

requiere menor cantidad de energía para enfriamiento en verano) es el de madera, que requiere un 15 % menos de energía que el de mampostería. Restaría determinar la rentabilidad económica que produce el ahorro de energía obtenido usando medidas de conservación de energía (y uso de materiales de menor impacto ambiental al lo largo de todo su ciclo de vida como la madera), frente al costo que estas técnicas demandan (Verstraete, J. y Vilapriño, R.; 2001).




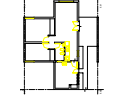



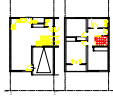



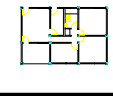

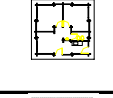

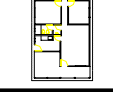

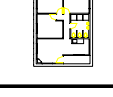


Unidades de Análisis consideradas			Consumos diarios de energía por unidad de superficie (KWh/m2/día)							Consumos anuales de energía por unidad de superficie (KWh/m2/año)		
Características y resultados de la simulación computacional			consumo diario energía para el confort /m2							consumo anual energía para el confort/m2		
Vivienda	imagen exterior	esquema planta	Factor de Forma (sup. envolvente/volumen)	Fachada al				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 de energía /m2	consumo anual energía para mantener confort /m2 reemplazando muros tradicionales por panelería madera
				norte	este	sur	oeste					
Laguna Seca			0,98	5,77	5,77	5,77	5,74	0,15	<b>4,95</b>	1283,00	54,75	1016,00
Las Tejas			1,06	5,29	5,17	5,15	5,17	0,18	<b>4,46</b>	1239,50	65,70	1005,00
250 Viviendas			0,98	5,30	5,43	5,30	5,43	0,13	<b>4,67</b>	1197,30	47,45	978,00
Los Troncos			0,78	3,04	3,15	3,14	3,16	0,11	<b>2,70</b>	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	-

Fig. 2: cuadro síntesis de los principales resultados obtenidos mediante la simulación computacional.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos determinan el grado de déficit de las tipologías analizadas en cuanto a consumos reales de energía (mucho menores a los necesarios para el confort, por lo que se presupone que se ha aceptado por parte de la población el disconfort térmico dentro de las viviendas como hecho habitual), y a su vez comparando estos últimos con estándares internacionales y con estimaciones globales del impacto que producen en el consumo energético anual del sector residencial. Todas las tipologías acusan, en la simulación, consumos de energía anual para el confort por unidad de superficie (kWh/m<sup>2</sup> año) iguales a ocho o nueve veces mayores que el más alto de los estándares de referencia de consumos anuales para el confort por unidad de superficie. *Los estándares de referencia son: Edificio moderno (MB): con 150 kWh/m<sup>2</sup> año; Edificio de*

bajo consumo (LEB): con 50 kWh/m<sup>2</sup> año; Edificio de consumo súper bajo (SLEB): 25 kWh/m<sup>2</sup> año (Blasco Lucas, I. et al; 2000; op. cit.) De ello se desprende la necesidad de encarar serios estudios que contribuyan a hacer un uso más eficiente de la energía, no sólo a través de la elección acertada de los materiales constitutivos de la envolvente, sino a través del estudio de posibilidades de lograr potenciales ahorros en los otros rubros de la estructura del consumo eléctrico residencial.

PROVINCIA DE CORRIENTES					PROVINCIA DEL CHACO				
Nombre tipología y/o barrio	Localidad de implantación de los casos analizados	Tecnología de construcción de la envolvente lateral	Tecnología de construcción de la cubierta	Año const.	Nombre tipología y/o barrio	Localidad de implantación de los casos analizados	Tecnología de construcción de la envolvente lateral	Tecnología de construcción de la cubierta	Año const.
Laguna Seca	Capital	Tradicional húmeda (mampostería forada bloque H° 19x19x39cm. revocada en ambos paramentos).	Tradicional: techo con cubierta metálica, estructura de madera, entretecho no ventilado y cielorraso independiente placas tipo guillermina.	1983	Nueva Resistencia	Resistencia	Tradicional húmeda (mampostería de una hoja de ladrillos cerámicos revocados 18x18x25cm).	Tradicional: techo con cubierta metálica, estructura de madera, entretecho no ventilado y cielorraso independiente placas chapadur.	1996
Las Tejas (118 y 120 Viv. "Ex Aero Club")	Capital	Tradicional húmeda (mampostería ladrillos cerámicos huecos a la vista 18x19x40cm -tipo portantes- revocados solo en el paramento interior).	Tradicional: techo con cubierta cerámica (tejas francesas), estructura de madera y cielorraso entablonado madera acompañando pendiente.	1985	Los Troncos	Resistencia	Tradicional húmeda (mampostería de una hoja de ladrillos cerámicos revocados 18x18x25cm).	Tradicional: techo con cubierta cerámica (tejas francesas), estructura de madera y cielorraso machimbrado acompañando pendiente.	1991
250 Viviendas	Capital	Tradicional húmeda (mampostería de una hoja de ladrillos macizos comunes revocados. E=0,30m).	Tradicional: techo con cubierta metálica chapa autoportante, tirantería de madera, entretecho débilmente ventilado y cielorraso independiente placas lana de vidrio.	1974 / 1975	Sinat Ferrando (B° Independencia)	La Leonesa	Prefabricada - Construcción en seco en madera blanda. Panel tipo sandwich, de simple cerramiento (machimbre pino 3/4" - lana vidrio 20 mm - machimbre pino 1/2").	Tradicional: techo con cubierta cerámica (tejas francesas), estructura de madera y cielorraso machimbrado acompañando pendiente.	1979 / 1982
Madecor	Bella Vista	Prefabricada - Construcción en seco en madera. Panel de madera tipo sandwich, de simple cerramiento (machimbre ancho y tipo 3/4" - poliestireno expandido 27 mm - terciado 4mm).	Tradicional: techo con cubierta metálica, estructura de madera, entretecho no ventilado y cielorraso independiente placas chapadur.	1980	Macha	Machagai y Resistencia	Prefabricada - Construcción en seco en madera blanda. Panel de madera tipo sandwich, con bastidor portante (machimbre pino 3/4" - cámara aire no ventilada 2cm - machimbre pino 1/2").	Tradicional: techo con cubierta metálica, estructura de madera y cielorraso machimbrado acompañando pendiente.	1973 / 1976
Scoro	Paso de la Patria	Prefabricada - Construcción en seco en madera dura (quebracho). Panel de madera tipo machimbrada, portante. Una sola hoja e=2".	Tradicional: techo con cubierta metálica, estructura de madera y cielorraso machimbrado acompañando pendiente.	1990	Plan Cero	Resistencia	Prefabricada - Construcción en seco en madera dura. Panel de madera tipo sandwich, de simple cerramiento. Quebracho colorado machimbrado e=28mm.	Tradicional: techo con cubierta cerámica (tejas francesas), estructura de madera, entretecho no ventilado y cielorraso independiente placas yeso	1993

Fig. 3: Unidades de Análisis: prototipos de viviendas de interés social masivamente implementadas en la región NEA. Tecnologías constructivas reales de materialización de las envolventes.

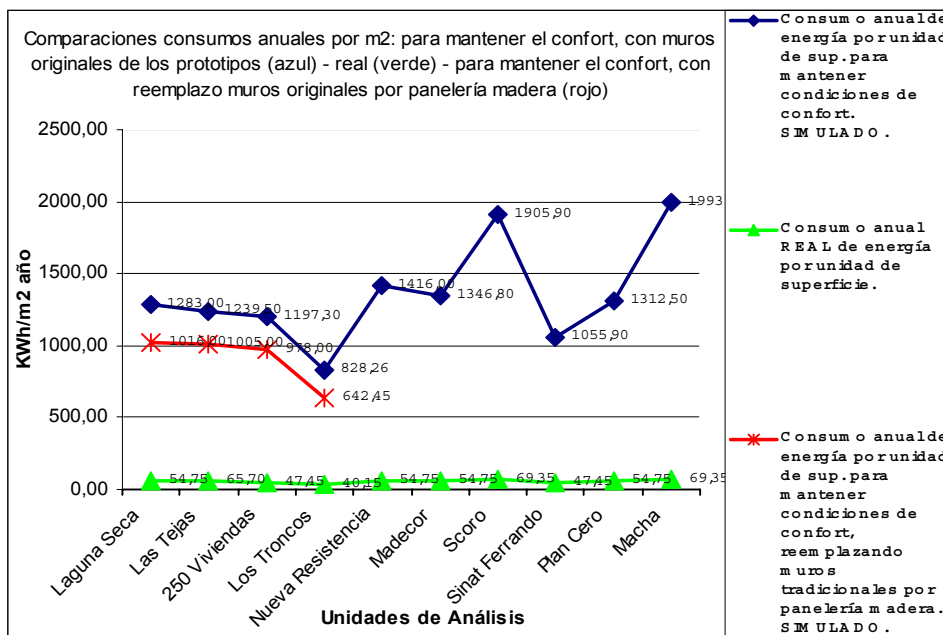


Fig. 4: Comparaciones de consumos anuales por unidad de superficie: a) real (verde); b) para mantener el confort (azul) y c) para mantener el confort con reemplazo de envolventes originales por panelería de madera (rojo).

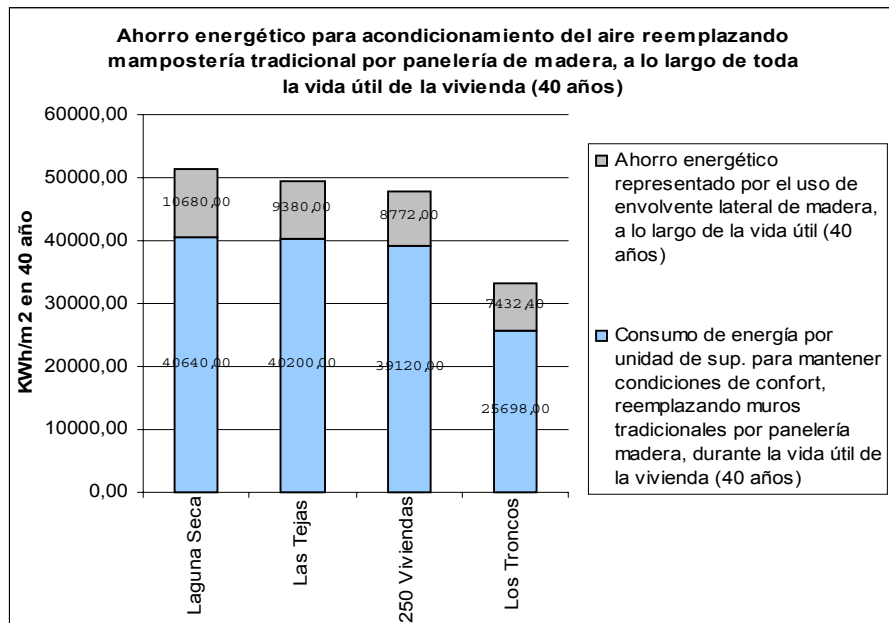


Fig. 5: Ahorro energético para acondicionamiento del aire interior para el confort, reemplazando mampostería tradicional de la envolvente original de las viviendas por panelería de madera..

Los resultados permiten afirmar que los factores de mayor incidencia en el consumo energético son la orientación, el material constitutivo de la envolvente y la compacidad. Al reemplazar los muros de mampostería por la panelería de madera,, el consumo energético anual / m<sup>2</sup> (simulado) para mantener el confort se redujo casi un 21% con respecto a la situación original. Si a este porcentaje de ahorro se agrega el que se obtendría aprovechando la iluminación natural mediante el diseño de aberturas y la optimización del factor de forma, el ahorro eléctrico sería más impactante, especialmente si se tiene en cuenta lo que él significa en términos de reducción de emisiones contaminantes al ambiente (Alías, H. M. y Jacobo, G. J.; 2004).

## BIBLIOGRAFÍA

- Alías, H. M. (2003). *Estudio de la eficiencia ambiental del uso de madera en la construcción de viviendas en el NEA en base al análisis energético y de Ciclo de Vida*. Tesis Maestría en Gestión Ambiental. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional del Nordeste, Resistencia, Chaco, Argentina.
- Alías, H. M. y Jacobo, G. J. (2004). *Situación higrotérmica, energética y ambiental de la construcción arquitectónica en la región Nordeste de Argentina*. ISBN N° 987 - 43 - 7744 - 5. Instituto de Investigaciones Tecnológicas para el Diseño Ambiental del Hábitat Humano. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional del Nordeste. (ITDAHU - FAU - UNNE). MOGLIA S.R.L. ediciones. Corrientes. Argentina.
- Blasco Lucas, I. et al (2000). *Comportamiento Energético de Tipologías Barriales en San Juan - Argentina*. Artículo revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) N°1, presentado al XXIII Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). Resistencia, Chaco, Argentina.
- Evans, J. M. y De Schiller, S. (2001). *Evaluador energético: método de verificación del comportamiento energético y ambiental de viviendas*. Artículo revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) N°5, presentado al XXIV Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). Mendoza, Argentina.
- Mathews, E.; Grobler, L.; Holm, D.; Kleingeld, M.; Kruger, W.; Lombard, C.; Mouton, A.; Richards, P.; Rousseau, P.; Shuttleworth, A. y van der Watt, A. (1992). *QUICK software*. A&E Compuserv, Pretoria. Software cedido generosamente al ITDAHU - FAU - UNNE, para exclusivo uso académico interno, por el Dr. Arq. Guillermo Gonzalo, Director del Departamento de Acondicionamiento Ambiental de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional de Tucumán.
- Torres, S. y Evans, J. M. (1999). *Diseño arquitectónico y consumo de energía. Estudios paramétricos con Energy-10*. Artículo revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) Vol. 3 N°2, presentado al XXII Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina.
- Verstraete, J. y Vilapriño, R. (2001). *Evaluación económica de conservación de energía y estrategias de diseño bioclimático en viviendas sociales*. Artículo revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) N°5, presentado al XXIV Congreso de la Asociación de Energías Renovables y Ambiente (ASADES). Mendoza, Argentina.

**ABSTRACT.** It displays the evaluation of the energy requirements for the mechanical interior conditioning of prototypes of houses, considering the thermal behavior of ten typologies of houses of as much official as private initiatives, modeling by computational applications. These typologies are currently in use in the new initiatives implemented by the official organisms. The objective of the work was to evaluate the thermal and energetic behavior, the degree of the users' comfort and the energy saving taken place when materializing the houses' envelopes by wooden panels of cultivated forests with sustainable management in the Argentinean Northeast, in comparison with houses of design and conventional bricks' technology in the cities of Corrientes and Resistencia, and also the incidence of variables like orientation, shape and location in the energy efficiency, and in consequence in the environmental efficiency of the construction.

**Keywords:** building envelope, energy requirements, comfort, houses, modeling.