

INTRODUCIENDO EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ETAPAS INICIALES DEL DISEÑO ARQUITECTÓNICO Y TECNOLÓGICO: EXPERIENCIAS EN LA ENSEÑANZA DE LA CONSTRUCCIÓN NO CONVENCIONAL

ALÍAS, Herminia M.; JACOBO, Guillermo J.

heralias2001@yahoo.com.ar; gjjacobo@arq.unne.edu.ar

Profesora adjunta cátedra Estructuras II, FAU-UNNE. Exdocente cátedra Construcciones II-B, FAU-UNNE. Codirectora proyecto investigación acreditado SGCyT-UNNE.

Profesor titular cátedra Estructuras II, FAU-UNNE. Profesor adjunto a cargo cátedra Construcciones II-B, FAU-UNNE. Director proyecto investigación acreditado SGCyT-UNNE.

PALABRAS CLAVE

Docencia de grado; energía; eficiencia.

KEYWORDS

Teaching degree, energy, efficiency.

RESUMEN

Se comentan experiencias de dictado de la asignatura **Construcciones II-B**, del trayecto obligatorio del cuarto año del plan de estudios de la carrera de Arquitectura y Urbanismo de la UNNE. Se incorporan en ella la energía y el ambiente como variables de diseño, que se ven beneficiadas mediante el uso de los sistemas constructivos no convencionales. Su diseño curricular se articula alrededor de un taller de diseño tecnológico integrador, en el cual los estudiantes diseñan un sistema constructivo no convencional para materializar una obra de arquitectura, aplicando principios de construcción industrializada, prefabricada y "en seco", verificando estrategias de uso eficiente de la energía y adecuación a variables ambientales regionales.

ABSTRACT

Dictation experiences of Constructions II-B subject, belonging to the obligatory stretch, in the fourth year of the Study Plan of the Architecture and Urbanism career, UNNE, are commented here. Energy and environment are incorporated into it as design variables, which are benefited through the use of unconventional construction systems. Its curricular design is articulated around an integrating technological design workshop, in which students design a non-conventional construction system to materialize an architectural work, applying industrialized construction principles, prefabricated and "dry", verifying strategies of efficient use of energy and adaptation to regional environmental variables.

<http://dx.doi.org/10.30972/adn.063469>

OBJETIVOS

El presente trabajo tiene como objetivo exponer y analizar algunas experiencias de la asignatura *Construcciones II-B*, cuyo dictado efectivo es reciente: tiene lugar a partir del ciclo 2016, y cuyo planteo curricular se centra en el diseño de sistemas constructivos de edificios mediante métodos industrializados y no convencionales, considerando a estos métodos como una herramienta tecnológica mediante la cual se puede racionalizar el proceso de ideación, diseño y construcción del objeto arquitectónico, aprovechando sus prestaciones y potencialidades para tender a la gestión optimizada de la energía y del ambiente. Otro objetivo es comentar algunas de las instancias aplicadas durante el dictado de la asignatura para la incorporación de la eficiencia energética y ambiental como factores de diseño arquitectónico y tecnológico y como apoyos a la toma fundada de decisiones de diseño: a) el abordaje crítico de los códigos y reglamentos de edificación locales; b) la introducción a la aplicación de las normas básicas de habitabilidad vigentes; c) la introducción a la simulación dinámica de desempeño térmico y de consumo de energía de edificios y d) la visita a obras locales que, de manera emblemática, apliquen los principios de la construcción no convencional, industrializada y racionalizada. Entre los objetivos generales de la asignatura están los siguientes:

- Incorporar la energía y el ambiente como factores de diseño tecnológico, que impulsan y justifican el uso de los sistemas constructivos no convencionales.
- Entender a los sistemas construc-

tivos no convencionales como una herramienta tecnológica al servicio del proceso proyectual y de la gestión optimizada de la energía y del ambiente.

- Retroalimentar los conocimientos adquiridos en el área específica de la tecnología de la construcción, según las situaciones particulares que plantea la construcción mediante sistemas y tecnologías no convencionales.

- Introducir a las herramientas básicas de aplicación en el campo del diseño arquitectónico para verificaciones y predicciones de desempeño energético (normativa técnica, *software* de simulación, etc.).

- Concientizar acerca de la problemática ambiental y la responsabilidad de la arquitectura y su materialización tecnológica.

INTRODUCCIÓN

Los edificios son responsables de más del 40 % de la energía total consumida en nuestro país, y de ese consumo, el rubro de climatización de los espacios interiores (calefacción y refrigeración) representa entre el 35 y el 40 %. Por otra parte, más de la mitad de este consumo de energía para climatización se emplea para compensar las ganancias o pérdidas térmicas a través de los cerramientos perimetrales o envolventes del edificio. Estas circunstancias, en buena parte, están determinadas por el clima de nuestra zona bioambiental —zona “I”, subzona “b” (IRAM N.º 11603)—, que es “muy cálido” (con altas temperaturas en verano e inviernos moderados, siempre en combinación con altas humedades relativas), que usualmente da lugar a sensaciones psicofísicas de disconfort en los habitantes de los

edificios, lo que se agrava cuando dichos edificios no son diseñados ni construidos teniendo en cuenta la adecuación a las comentadas variables ambientales. Existe una necesidad imperiosa de lograr el bienestar de los usuarios y al mismo tiempo la eficiencia energética de los edificios, a través del mejoramiento de las condiciones ambientales interiores que sus envolventes determinan.

La asignatura *Construcciones II-B*, que se dicta durante el primer cuatrimestre (un solo día de encuentro presencial matutino, entre las 8:00 y las 14:00 horas), considera a los sistemas constructivos no convencionales como aquellos que, por el empleo de materiales o técnicas constructivas que no resultan habituales o usuales, no son tan conocidos, o cuyo empleo no se encuentra muy difundido en una determinada región, y también como aquellos que, habiendo sido diseñados mediante ciertos principios de racionalización dimensional, geométrica y constructiva, emplean materiales prefabricados o industrializados, elaborados en serie con maquinaria automatizada, y que por ello requieren, usualmente, equipos y mano de obra especializada para su producción, manipulación y montaje. Así, la diferenciación entre “convencional” y “no convencional” depende de la consideración de la localización y el momento histórico en que se desarrolla y aplica un determinado sistema constructivo.

Aunque la construcción prefabricada, industrializada y “en seco” constituye la manera usual de construir en otros países y culturas, en el medio nacional, regional y local su implementación aún se circunscribe a un porcentaje minoritario (de ahí

su consideración como "no convencional"), aunque en franco aumento en los últimos años, especialmente en usos combinados con la construcción habitual (de mampuestos y mezclas "húmedas"), que constituye la tecnología constructiva dominante en la actualidad.

Fundamentalmente, la asignatura aborda a los sistemas constructivos no convencionales desde la óptica según la cual ellos resultan un medio o instrumento para lograr la eficiencia energética y ambiental del hábitat construido, y para ello introduce y guía al alumnado, en forma general y propedéutica, a la aplicación e interpretación de algunas herramientas de análisis y verificación básicas de dicha eficiencia, en diferentes instancias y a través de distintas estrategias.

La construcción según principios de prefabricación, industrialización y racionalización resulta especialmente apta para la incorporación de criterios tendientes a una arquitectura energética y ambientalmente más consciente, ya que **a)** prioriza el uso de sistemas de montaje en seco que, por un lado, promueven el desmontaje de componentes y su posterior reutilización en otras construcciones y, por otro lado, generan menos residuos que los sistemas tradicionales al reducir los escombros y los desperdicios de materiales por recortes en obra; **b)** disminuye el uso de agua porque reduce el uso de mezclas húmedas, lo que contribuye a aminorar la contaminación del suelo (y de sus napas) y de las redes de desagües; **c)** promueve un uso y mantenimiento edilicio simplificados al generar buenas condiciones de accesibilidad,

inspeccionabilidad y fácil desmontaje de los componentes de los diferentes rubros técnicos del edificio, lo que contribuye a minimizar impactos negativos del edificio al ambiente; **d)** facilita el diseño de espacios de uso flexible, con posibilidad de modificaciones mediante reacomodaciones mínimas, lo que significa también una ventaja competitiva frente a los sistemas convencionales habitualmente empleados y **e)** resuelve técnicamente los cerramientos de las envolventes mediante una variedad de capas; esto posibilita, a través de herramientas de estudio de la disposición más conveniente de dichas capas, un estudio pormenorizado de los mejores rendimientos, tanto higrotérmicos como técnicos, para acercar las condiciones interiores de los espacios que delimitan a las necesarias para el bienestar de sus habitantes, a la vez que evitar patologías constructivas y reducir la demanda de energía para la climatización mecánica de los citados espacios.

DESARROLLO Y RESULTADOS

Entre las estrategias aplicadas en los procesos de enseñanza y de aprendizaje en la asignatura, se alternan las siguientes:

Exposiciones orales del contenido de cada unidad temática, a través de introducciones generales a los temas y explicaciones específicas de los conceptos relativos a cada una, acompañadas de ejemplificaciones y contextualizaciones diversas (que incluyen desarrollos en pizarrón, proyecciones de archivos digitales en diversos formatos, videos, uso de maquetas, etc.). En el transcurso de

estas clases se plantean preguntas que permiten iniciar un diálogo e intercambio con los estudiantes, indagando el grado de aprehensión alcanzado, así como dinamizar y flexibilizar la comunicación para agilizar los procesos de seguimiento y tutorización.

Resolución de problemas mediante un taller de diseño tecnológico, para lo que se aplica el trabajo grupal con la modalidad del taller de arquitectura, con diferentes instancias, como medio para lograr la discusión, argumentación, reflexión y comunicación entre los integrantes de cada grupo, así como una mirada autocrítica y un intercambio y soporte por parte del grupo de pares. Se propicia la exposición y discusión de las experiencias y avances de los trabajos en forma grupal, en exposiciones por parte de los integrantes de cada grupo al resto de la clase. En estas instancias, los docentes de la cátedra ofician de moderadores y asesores generales.

El taller de diseño tecnológico-energético tiene como objetivo que los estudiantes logren integrar y aplicar los conceptos abordados en la resolución de la materialización tecnológica y energéticamente optimizada de un edificio, según los criterios de la industrialización y prefabricación. Este problema de diseño se aplica a un edificio pensado originalmente para su materialización según el sistema constructivo tradicional.

La actividad comprende el desarrollo por parte de los estudiantes (organizados en equipos de hasta tres personas) de un trabajo de diseño de un sistema constructivo no convencional. Dicho equipo de

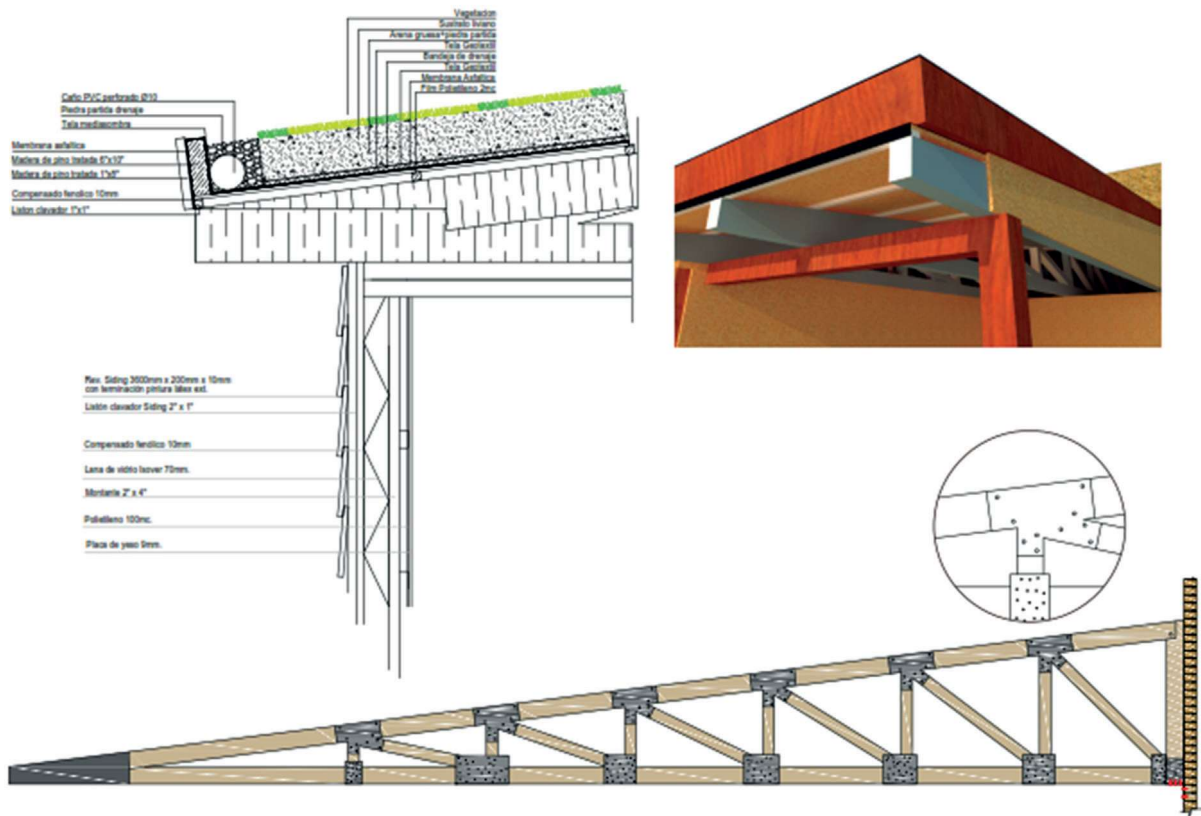
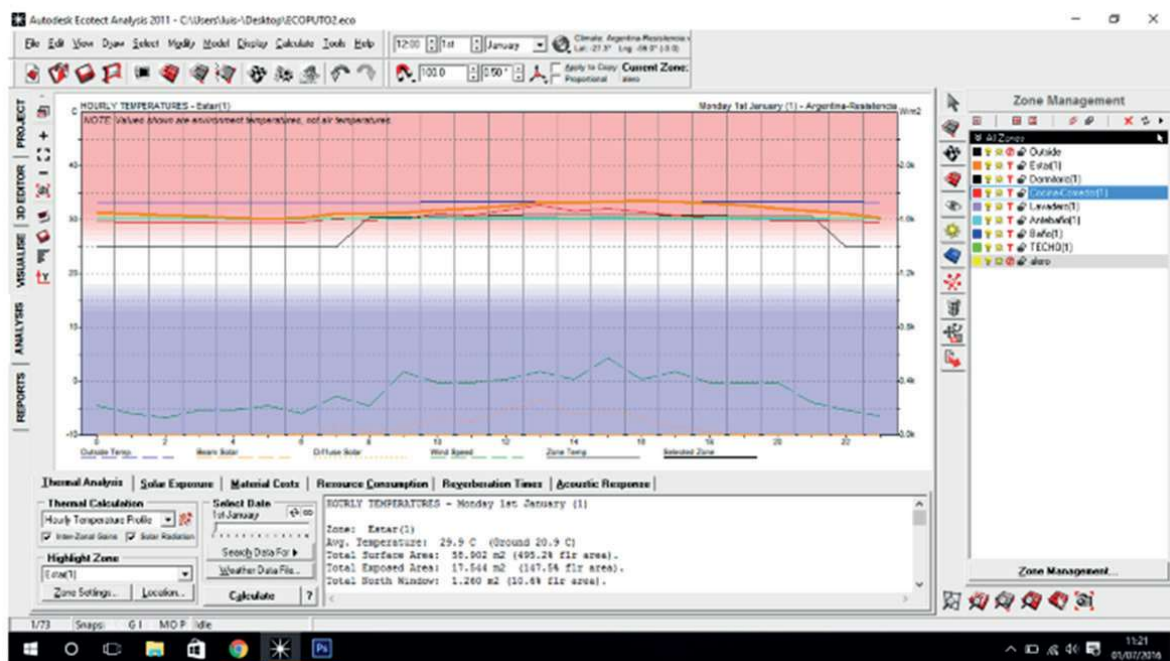


Figura 1. Arriba, resolución industrializada del techo de una vivienda y planteo de cubierta vegetal. Abajo, análisis térmico del edificio mediante simulación con ECOTECT, para un día típico del mes de enero. Equipo de estudiantes: Uriona, Dovis y Pinto (ciclo 2016). Fuente: archivo de la cátedra CII-B.



trabajo propone la obra a la que se reformularán —según los principios de la industrialización— la racionalización constructiva y energética y la prefabricación. El curso completo se divide en tres grandes comisiones, cada una de ellas con un docente a cargo y con un número de casi treinta estudiantes (organizados en aproximadamente diez equipos).

En cuanto a las tipologías de sistemas constructivos no convencionales propuestas por los estudiantes para ser desarrolladas, si bien en el inicio del cursado (en los dos ciclos de experiencia acumulada) hubo una tendencia masiva a volcarse a los sistemas de entramados ligeros (de madera o de perfilera metálica), se produjeron luego reformulaciones, de lo que resultó la propuesta de un abanico de tipologías que fundamentalmente estuvieron referidas a cuatro tipos básicos de construcción industrializada-prefabricada: 1) los sistemas de entramados, 2) los sistemas de paneles, 3) los sistemas de volúmenes o células que llegan a obra totalmente terminadas y 4) los sistemas mixtos: combinaciones del primero y el segundo, en los distintos rubros o conjuntos funcionales (figura 1).

Se estructura el taller de diseño tecnológico en tres etapas, desde el punto de vista tanto didáctico como conceptual y procedimental (JACOBO Y ALÍAS, 2017):

Etapal. Conceptualización de la construcción no convencional. Criterios de industrialización y prefabricación. Relevamiento-análisis-síntesis.

Actividades:

1. Investigación y análisis de ejemplos de sistemas constructivos no

convencionales, industrializados o prefabricados de uso y aplicación en el contexto local, regional, nacional e internacional.

2. Detección de los programas arquitectónicos a los que se aplican más frecuentemente los sistemas analizados.

3. Identificación de los principales materiales de cada propuesta tecnológica investigada, así como de las técnicas de construcción con que se resuelven los distintos rubros constructivos en cada sistema investigado.

4. Análisis de los materiales identificados, teniendo en cuenta dimensiones y disponibilidades comerciales, formas de presentación, propiedades físicas, mecánicas, higrotérmicas, relación con otros materiales necesarios para su puesta en obra, técnicas de aplicación, características de la mano de obra demandada, perfil ambiental de dichos materiales.

5. Síntesis: determinación de fortalezas y debilidades de cada sistema técnico-constructivo indagado y de las opciones de materialización analizadas.

Primera instancia de control: exposición grupal y entrega digital de los avances y síntesis.

Etapal. Ideación de un sistema constructivo y propuesta de materialización. Justificaciones tecnológicas, energéticas y ambientales.

Actividades:

1. Idea general de una propuesta de sistema constructivo (que se va a diseñar y desarrollar por el equipo de estudiantes) para materializar una obra de arquitectura que emplazar en la región.

2. Propuesta de alternativas de materiales potencialmente más aptos para la resolución tecnológica del

sistema ideado. Justificación de la propuesta e identificación de ventajas y desventajas.

3. Diseño del sistema constructivo propuesto: estudio de plantas, cortes, vistas y volumetrías de la obra de arquitectura, ajustada dimensionalmente, según el sistema constructivo ideado para materializarla y los materiales definidos para su resolución tecnológica.

4. Estudio y desarrollo, general y particular, de los subconjuntos y rubros del sistema constructivo (en plantas, cortes tecnológicos, despieces, vistas y axonométricas, etc.): fundaciones, pisos o entrepisos, cerramientos verticales, cubiertas (techos y cielorrasos), estructura (columnas, vigas, rigidizaciones), carpinterías.

5. Estudio y desarrollo tecnológico de los vínculos (juntas y uniones) de los elementos constructivos (en detalles en plantas, cortes, vistas y/o axonométricas de despiece) entre las distintas partes constitutivas de cada rubro del sistema diseñado (fundaciones, pisos o entrepisos, cerramientos verticales, cubiertas, estructura, carpinterías).

6. Determinación de parámetros higrotérmicos simples, determinantes del comportamiento energético del edificio (según normas vigentes): cálculo del *coeficiente de transmitancia térmica de muros y techos* (tanto en secciones opacas como de puentes térmicos) y verificación de su *riesgo de condensaciones invernales*.

7. Primera instancia de retroalimentación: ajustes del diseño de la envolvente del edificio en función de los resultados obtenidos.

Segunda instancia de control: exposición y entrega digital de documentación de los avances.

Etapa III. Ajustes, precisiones y profundización de la evaluación técnica y energética. Autocrítica.

Actividades:

1. Estudio de comportamiento energético del edificio materializado con el sistema constructivo diseñado, mediante la herramienta informática propuesta: *software* ECOTECT (ingreso de la modelización del edificio: definición de zonas; definición de los paquetes de cerramientos; ingreso de sus coeficientes y parámetros característicos; ingreso de patrón de comportamiento de usuarios). Simulación de comportamiento térmico para diferentes períodos anuales y determinación de cargas térmicas según cada tipo de aporte (conducción, radiación, ventilación, aportes internos, temperatura sol-aire, etc.).
2. Segunda instancia de retroalimentación: ajustes del diseño de la envolvente del edificio en función de los resultados de las simulaciones.
3. Definición de la ubicación de los elementos componentes del sistema constructivo diseñado por rubros constructivos, con sus respectivas nomenclaturas y planillas de especificaciones técnicas y cantidades (presentación en plantas de bases, de vigas de encadenado inferior, de pisos, de columnas, de paneles verticales, de vigas de encadenado superior, de cielorraso, de techo, de dispositivos de vinculación y de terminación, etc., correlacionadas con sus respectivas planillas).
4. Estudio del/los núcleo/s húmedo/s: propuesta de instalación sanitaria (provisión de agua potable, fría y caliente y desagües cloacales), acorde con los criterios de construcción en seco, industrializada, no convencional, en seco (plantas, vistas, cortes y axonométricas).
5. Desarrollo gráfico del proceso de

montaje, con detalle de equipos y maquinarias para la manipulación de cada componente y ajuste del sistema en obra.

Tercera instancia de control: exposición de una síntesis, conclusiones y autocrítica del trabajo y proceso realizado. Entrega final digital del trabajo completo.

Apoyo tutorial a los equipos de alumnos, fuera de los horarios de cursado: dada la necesidad de un seguimiento continuo de los avances de los trabajos de los estudiantes, ante el encuentro de estos con herramientas de cálculo e informáticas con las que se enfrentan por primera vez en la carrera —y que demandan una práctica de mayor intensidad y en las que pueden surgir dificultades específicas que requieren un apoyo personalizado— se acuerdan encuentros en los que se brinda el asesoramiento puntual necesario, en cada caso, a los equipos de alumnos que así lo requieran. Ello tiene, como contracara, una exigencia importante para el equipo docente en lo que a dedicación horaria se refiere.

Por su parte, durante el dictado (organizado en las tres etapas expuestas previamente), se desarrollan instancias de trabajo destinadas a lograr una familiarización y un entrenamiento con algunas herramientas básicas útiles para la toma de decisiones de diseño justificadas, tendientes a reducir los consumos de energía eléctrica para climatización, a través de una adecuación a variables ambientales locales y regionales. Entre ellas merecen destacarse las siguientes:

a) Consideración de los códigos y reglamentos de edificación locales: para encarar el diseño y análisis de

los sistemas constructivos para materializar edificios (en general, se aplica el diseño a viviendas), cada equipo de estudiantes debe abordar y conocer los principales criterios establecidos por los reglamentos generales de construcción y códigos de edificación de los centros urbanos más importantes de la región Nordeste de Argentina (NEA) —Resistencia, Corrientes, Posadas y Misiones—, a fin de efectuar una evaluación del cumplimiento de las condiciones técnico-constructivas que ellos establecen para la construcción no convencional.

Los estudiantes detectan que dichos reglamentos consideran y estipulan, con gran nivel de detalle y precisiones técnicas, cuestiones referidas al diseño tradicional de ambientes (dimensiones, iluminación, ventilación), a la imagen de las obras y a la conformación urbana que surge del conjunto de ellas. Sin embargo, también detectan que en cuanto a sistemas o materiales constructivos no convencionales presentan una definición, clasificación y prescripción escuetas y poco detalladas.

El *Reglamento General de Construcciones de la Municipalidad de Resistencia y el Código de Edificación de la Ciudad de Corrientes* contemplan el uso de variados sistemas de construcción, siempre que estos cuenten con Certificado de Aptitud Técnica (CAT)¹. Por su parte, el *Código de Edificación de la Municipalidad de Posadas* detalla un mecanismo propio de certificación de aptitud técnica de materiales, equipos y sistemas constructivos no convencionales. Usualmente, las certificaciones antes mencionadas deben ser renovadas cada tres años, lo cual garantiza la

revisión y optimización constante de los sistemas constructivos. Finalmente, el *Reglamento General de Construcciones de la Ciudad de Formosa*, si bien contempla la construcción de estructuras de hormigón armado, metal o madera con las pertinentes protecciones, es el que menor mención hace a la construcción no tradicional (VENHAUS HELD, ALÍAS Y JACOBO, 2017).

b) Determinación de parámetros higrotérmicos básicos aplicando Normas IRAM de habitabilidad:

conforme avanzan con el trabajo de diseño del sistema constructivo no convencional, los equipos de estudiantes se familiarizan con los procedimientos establecidos por las Normas IRAM 11.601, 11.605 y 11625, de determinación de transmitancias térmicas (IRAM N.º 11601 e IRAM N.º 11605), aptitud de puentes térmicos (IRAM N.º 11605) y verificación de riesgo de condensación (IRAM N.º 11625), respectivamente. Aplican dichos procedimientos a los muros y techos del sistema constructivo mientras lo van diseñando, y usan los resultados obtenidos para reformular y mejorar el diseño. En cuanto a los valores de transmitancia térmica, agrupados en rangos según los niveles de confort determinados por IRAM 11605 (A —óptimo—, B —medio— o C —mínimo—), los muros y techos de los sistemas constructivos diseñados por los equipos de estudiantes apuntan a alcanzar el Nivel "B", o "medio" en verano, así como a eliminar el riesgo de que ocurran condensaciones en invierno (figura 2).

Lo primero (nivel medio de confort, en cuanto a transmitancia térmica) fue logrado, en las dos cohortes desarrolladas, mediante la incorporación

de materiales de baja conductividad térmica, algunos de uso habitual (poliestireno expandido, lana de vidrio) y otros de uso incipiente, o bien mediante propuestas de materiales no habituales, como la celulosa de papel reciclado de elaboración artesanal o la conformación de aislantes usando resoluciones con diseños propios de los estudiantes, como algunas de cartones en capas (figura 3). Estas opciones fueron analizadas por los estudiantes mediante la planilla informática que agiliza el procedimiento de cálculo de transmitancia térmica (figura 4) establecido en la Norma IRAM 11601, en cuyo uso fueron iniciados.

El principal punto crítico detectado y analizado por los estudiantes respecto de las envolventes de los sistemas no convencionales diseñados fue el relacionado con la heterogeneidad de los cerramientos (muros y techos) desde el punto de vista de los puentes térmicos (zonas de mayor conductividad térmica respecto del resto del cerramiento), especialmente los generados en muros y techos por los entramados de sostén o bastidores en muros y las clavadoras en techos (de madera o de metal, por lo general), por la gran diferencia entre los valores de transmitancia térmica de la sección de puente térmico y la sección de muro (o techo) opacos². Estos puntos críticos fueron mejorados por los estudiantes

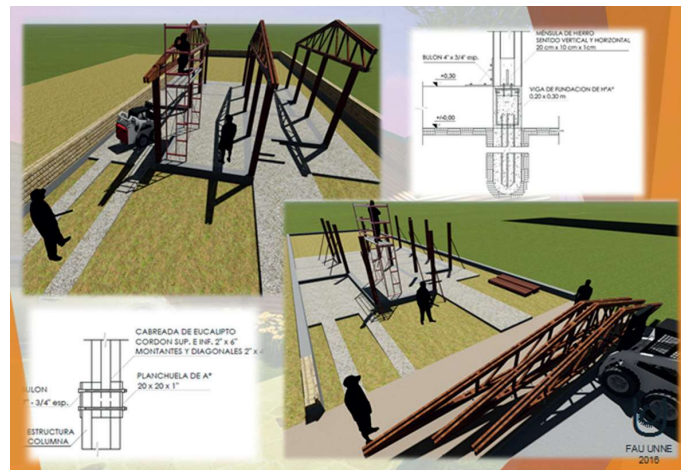
tratando de disminuir las diferencias entre los valores de transmitancia de los puentes térmicos respecto de los de los muros opacos: en general, los entramados de madera resultaron mejores que los metálicos, por la menor conductividad de la madera respecto del acero.

Lo segundo (evitar condensaciones) fue logrado en algunos casos mediante la incorporación, en muros y techos, de dispositivos como las cámaras de aire muy ventiladas, a veces en combinación con barreras de vapor, cuya ubicación fue cuidadosamente analizada por los estudiantes mediante la planilla informática que agiliza el procedimiento de cálculo y verificación del riesgo de condensación establecido en la Norma IRAM 11625, en cuyo uso fueron introducidos.

Se advierte que la potencialidad y el beneficio principal de la familiarización con estas herramientas e instancias resulta de la visualización práctica que los estudiantes van consiguiendo respecto de las implicancias que cada decisión de diseño genera, para así optar por la que se presente como más conveniente desde el punto de vista del comportamiento térmico, aunque también correlacionada con la conveniencia económica y de ejecución constructiva.

1. Se trata de un documento de aprobación otorgado por la Subsecretaría de Vivienda y Desarrollo Ambiental de la Nación a todo material, elemento o sistema constructivo que considere "no tradicional", y para cuya obtención se requiere elaborar un informe detallado de materias primas y procesos de fabricación empleados, así como la aplicación final de los materiales, componentes o sistemas. Asimismo, se exige la presentación de ensayos varios, entre los que figuran los de conductividad térmica y resistencia al paso de vapor de agua.

2. La aptitud, en este sentido, según la Norma IRAM 11605, se logra si la transmitancia térmica de un puente térmico no supera en más del 50 % el valor de transmitancia térmica del muro opaco.



Riesgo de condensación de techo

VERIFICACION DEL RIESGO DE CONDENSACION SUPERFICIAL EN MUROS DE CERRAMIENTO SEGUN IRAM 11626 / 88 (ESQUEMA 3) - ESTACION INVIERNO										
Temp. exterior de diseño min. (Comentarios)	0,2 °C		obtenida de IRAM 1102596							
HRE	90 %		por norma							
Temp. interior de diseño	18 °C		obtenida de tabla 2 de IRAM 1102598							
HR	70 %		por norma							
Rsi	0,17 m²C/W		por norma							
Rse	0,04 m²C/W		por norma							
Resistencia térmica total del muro	0,715 m²C/W									
Distribución de temperatura en la superficie interna (t)										
$t = \frac{E_{si} \cdot \Delta t}{R_t}$	= $\frac{0,17 \text{ m}^2\text{C/W} \cdot 17,8 \text{ °C}}{0,715 \text{ m}^2\text{C/W}}$		= 4,22948 °C							
Temperatura superficial interna (t)										
$\Theta = t - 1$	= 18 °C - 4,22948 °C		= 13,77052 °C							
TR (temp. de rocío)	= 14,6 °C < Θ		= B. C. OBTENIDA DEL DIAGRAMA PSICROMETRICO							
VERIFICACION DEL RIESGO DE CONDENSACION INTERSTICIAL EN MUROS DE CERRAMIENTO SEGUN IRAM 11626 / 88 (ESQUEMA 3) - ESTACION INVIERNO										
Elemento	1 cámara 2 lana de vidrio 3 celosado de PVC									
Muro panel de madera con cámara de celosado proyectado										
capas constituyentes del interior al exterior	espesor "e" (m)	coef. de cond. térmica "k" (W/m°C)	resist. térmica "R" (m²C/W)	temp. int. est. y de ataque "t" (°C)	parc. de vapor "p" (g/m³)	resist. al est. de vapor "u" (m²hPa/g)	h. v. est. de vapor "v" (%)	presión de vapor "p" (hPa)	temp. de rocío "t" (°C)	diff. temp. entre-rocío "Δt" (°C)
aire interior	-	-	-	18,00	-	-	70	1,21	-	-
lana	0,130	0,040	3,250	14,788	0,990	0,130	1,403	12,200	2,988	-
1	0,008	0,110	0,045	13,808	0,790	0,130	1,413	12,200	1,808	-
2	0,080	0,030	0,308	4,096	0,710	0,080	1,072	8,800	-0,804	-
3	0,018	0,130	0,118	1,795	0,308	1,078	0,944	8,800	-4,706	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
lana	0,040	0,040	1,000	1,147	0,990	0,040	1,133	8,800	1,690	-
aire exterior	-	-	-	0,20	-	-	90	0,034	-	-
total	0,288	0,115	2,400	17,800	0,990	0,288	2,818	0,478	-	-
No se produce condensación.										

Riesgo de condensación de pared

VERIFICACION DEL RIESGO DE CONDENSACION SUPERFICIAL EN MUROS DE CERRAMIENTO SEGUN IRAM 11626 / 88 (ESQUEMA 3) - ESTACION INVIERNO										
Temp. exterior de diseño min. (Comentarios)	0,2 °C		obtenida de IRAM 1102596							
HRE	90 %		por norma							
Temp. interior de diseño	18 °C		obtenida de tabla 2 de IRAM 1102598							
HR	70 %		por norma							
Rsi	0,17 m²C/W		por norma							
Rse	0,04 m²C/W		por norma							
Resistencia térmica total del muro	0,006 m²C/W									
Distribución de temperatura en la superficie interna (t)										
$t = \frac{E_{si} \cdot \Delta t}{R_t}$	= $\frac{0,17 \text{ m}^2\text{C/W} \cdot 17,8 \text{ °C}}{0,006 \text{ m}^2\text{C/W}}$		= 0,60387 °C							
Temperatura superficial interna (t)										
$\Theta = t - 1$	= 18 °C - 0,60387 °C		= 17,39613 °C							
TR (temp. de rocío)	= 14,6 °C < Θ		= B. C. OBTENIDA DEL DIAGRAMA PSICROMETRICO							
VERIFICACION DEL RIESGO DE CONDENSACION INTERSTICIAL EN MUROS DE CERRAMIENTO SEGUN IRAM 11626 / 88 (ESQUEMA 3) - ESTACION INVIERNO										
Elemento	1 placa durlock 2 barrera de vapor (film de polietileno) 3 lana de vidrio 4 poliestireno expandido 5 palmas									
Muro panel de madera con cámara de celosado proyectado										
capas constituyentes del interior al exterior	espesor "e" (m)	coef. de cond. térmica "k" (W/m°C)	resist. térmica "R" (m²C/W)	temp. int. est. y de ataque "t" (°C)	parc. de vapor "p" (g/m³)	resist. al est. de vapor "u" (m²hPa/g)	h. v. est. de vapor "v" (%)	presión de vapor "p" (hPa)	temp. de rocío "t" (°C)	diff. temp. entre-rocío "Δt" (°C)
aire interior	-	-	-	18,00	-	-	70	1,21	-	-
lana	0,130	0,040	3,250	17,815	0,990	0,130	1,403	12,200	5,415	-
1	0,010	0,440	0,022	17,851	0,990	0,130	1,384	11,800	5,751	-
2	0,002	0,110	0,018	17,467	0,908	0,290	1,337	11,290	6,247	-
3	0,500	0,370	1,351	13,462	0,899	1,000	1,147	9,000	4,462	-
4	0,030	0,027	1,111	10,198	0,400	0,078	1,133	8,800	1,690	-
5	0,500	0,150	3,333	3,812	0,500	1,000	0,944	0,940	2,822	-
lana	0,040	0,040	1,000	1,147	0,990	0,040	1,133	8,800	1,690	-
aire exterior	-	-	-	0,20	-	-	90	0,034	-	-
total	0,288	0,115	2,400	17,800	0,990	0,288	2,818	0,478	-	-
No se produce condensación.										

Figura 2. Arriba, propuesta de uso de las palmas como material de uso en cerramientos de un sistema constructivo industrializado y prefabricado. Abajo, verificaciones de riesgo de condensaciones en techos y muros de la envolvente diseñada. Equipo de estudiantes: Daldovo, Parigansky y Quijano (ciclo 2016). Fuente: archivo de la cátedra CII-B

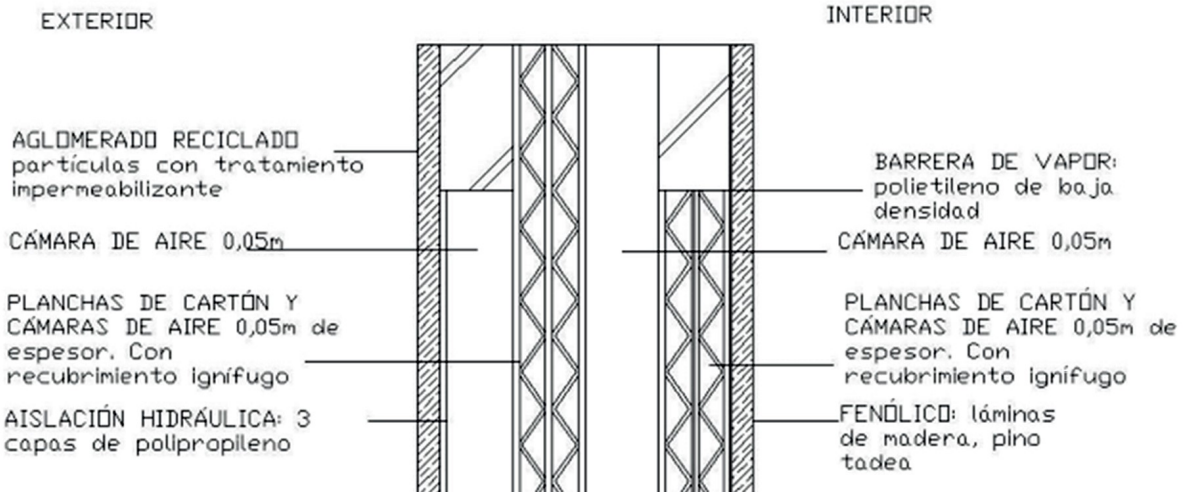


Figura 3. Propuesta de diseño de un material para uso como aislante térmico mediante la utilización de cartón reciclado. Equipo de estudiantes: Lovato y Sforza (ciclo 2016). Fuente: archivo de la cátedra CII-B

VERIFICACIONES TÉRMICAS

TRANSMITANCIA TÉRMICA DE TECHO

SISTEMA CONSTRUCTIVO DISEÑADO
CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE TRANSMITANCIA TÉRMICA K DE TECHO DISEÑADO, SEGUN NORMAS IRAM 11601:96 Y 11606:96 (zona Boreal/templada)

Elemento	Descripción
Techo de chapa con aliso muy ventilado + calorífero aplicado de durlock	1. Chapa Inocentini T-101 1/2"20 pintada blanca
Orientación N, S, E y O	2. Láminas elevador de madera de pino teada de 2x4"
Epoca del año 1) VERANO 2) INVIERNO	3. Láminas pasera de madera de pino teada de 1x10"
Sentido flujo de calor vertical	4. Membrana lateral TSA 10
	5. Láminas excorador de madera de pino teada de 2x4"
	6. Bloqueado de pino teada de 3x4" x 4"
	7. Cenefa de madera de pino teada
	8. Aliso muy ventilado
	9. Lana de vidrio Durlock esp 10cm
	10. Cámara de Aire
	11. Placa de Rosa de Yeso Durlock
	12. Pintura later interior

CAPAS CONSTITUTIVAS	espesor "m"	coeficiente de conductividad térmica "k" (W / m°C) de IRAM	resistencia térmica "R" (m² / W) de IRAM
Pls (1 / m)	-	-	0,17
1	0,05	0,04	1,25
2	0,018	-	0,17
3	0,025	0,07	0,03570354
4	0,005	0,11	0,00454545
5	-	-	0,17
Pls (1 / m)	-	-	0,17
TOTAL	0,0815	-	1,88074693

Transmitancia térmica del cerramiento U de durlock = 1,61 = **0,554569719** W/m²°C **1) VERANO**
 Transmitancia térmica de acuerdo con norma IRAM 11605:96. Se debe verificar el nivel de cumplimiento.

Transmitancia térmica del cerramiento U de durlock = 1,61 = **0,554569719** W/m²°C **2) INVIERNO**
 Transmitancia térmica de acuerdo con norma IRAM 11605:96. Se debe verificar el nivel de cumplimiento.

Transmitancias térmicas máximas admisibles de techos para verano, W / m²K

Zona Boreal/templada	U y R
Nivel A. recomendado	0,10 (20m²K)
Nivel B. medio	0,15 (13,33m²K)
Nivel C. mínimo	0,20 (5m²K)

El cambio de la zona o categoría de aplicación correspondiente debe verificarse cuando se haga referencia a esta norma, cualquiera de las reglas prescriptas en el que se debe verificar.

Transmitancias térmicas máximas admisibles de muros para invierno, W / m²K

Zona Boreal/templada	U y R
Nivel A. recomendado	0,20
Nivel B. medio	1,00
Nivel C. mínimo	1,50

CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE TRANSMITANCIA TÉRMICA K DE PUENTES TÉRMICOS DE TECHO SEGUN NORMAS IRAM 11601:96 Y 11606:96

Elemento	Descripción
Techo de chapa con aliso muy ventilado + calorífero aplicado de durlock	1. Chapa Inocentini T-101 1/2"20 pintada blanca
Orientación N, S, E y O	2. Láminas elevador de madera de pino teada de 2x4"
Epoca del año 1) VERANO 2) INVIERNO	3. Láminas pasera de madera de pino teada de 1x10"
Sentido flujo de calor vertical	4. Membrana lateral TSA 10
	5. Láminas excorador de madera de pino teada de 2x4"
	6. Bloqueado de pino teada de 3x4" x 4"
	7. Cenefa de madera de pino teada
	8. Aliso muy ventilado
	9. Viga madera Perfil montante de chapa de acero galvanizado
	10. Perfil montante de chapa de acero galvanizado
	11. Placa de Rosa de Yeso Durlock
	12. Pintura later interior

CAPAS CONSTITUTIVAS	espesor "m"	coeficiente de conductividad térmica "k" (W / m°C) de IRAM	resistencia térmica "R" (m² / W) de IRAM
Pls (1 / m)	-	-	0,17
1	0,05	0,04	1,25
2	0,018	-	0,17
3	0,025	0,07	0,03570354
4	0,005	0,11	0,00454545
5	-	-	0,17
Pls (1 / m)	-	-	0,17
TOTAL	0,0815	-	1,88074693

Transmitancia térmica del puente térmico Kpt = 1,61 = **0,554569719** W/m²°C

La transmitancia térmica correspondiente a un puente térmico (Kpt) no debe ser mayor que el 50% del valor de la transmitancia térmica del muro grueso (Km), es decir:

$\frac{K_{pt}}{K_m} = 0,5$ $\frac{0,554569719}{0,554569719} = 1,0$ **NO VERIFICA**

Si los puentes térmicos tienden a ser mayores a una distancia entre sí menor a 1,2m, deberá reducirse este porcentaje al 30%:

$\frac{K_{pt}}{K_m} = 0,3$ $\frac{0,554569719}{0,554569719} = 1,0$ **NO VERIFICA**

EL DISEÑO DEL PANEL NO RESULTA APTO POR NO CUMPLIR CON NORMA IRAM 11605:96 EN LO REFERENTE A TRANSMITANCIA TÉRMICA DE PUENTES TÉRMICOS.

Figura 4. Verificación de la transmitancia térmica de los cerramientos diseñados, en un sistema constructivo prefabricado e industrializado de entramado de madera. Equipo de alumnos: Agüero, Balsari y Briones (ciclo 2016). Fuente: archivo de la cátedra CII-B

c) Visitas a obras locales que aplican de manera significativa los principios de racionalización constructiva y energética, industrialización, prefabricación y construcción "en seco": tanto en el ciclo 2016 como en el 2017 se realizaron visitas a un edificio en torre (figura 5) que está siendo construido en la ciudad de Resistencia, Chaco (la torre "Harmony"), aplicando técnicas constructivas no convencionales, como la de los encofrados deslizantes para la ejecución de las envolventes, entre otras. Tras cada visita, los estudiantes (organizados en los mismos equipos en los que desarrollan el trabajo de diseño) elaboran un informe-síntesis de las cuestiones tecnológicas observadas, investigan y amplían algunos temas y plantean alguna síntesis y juicio crítico respecto de las potencialidades y obstáculos detectados, tanto desde el punto de vista de los sistemas constructivos como desde la óptica del uso de los materiales y del recurso "energía".



Figura 5. Torre Harmony, Resistencia, Chaco. Situaciones de visitas de obra realizadas con estudiantes de la cátedra Construcciones II-B. Fuente: fotografías propias





d) Simulaciones de comportamiento térmico y de consumo de energía mediante software específico: cada equipo de alumnos modeliza el edificio para el que diseñan el sistema constructivo mediante el software ECOTECT, para realizar las simulaciones³ y determinar el grado de adecuación del edificio al clima y a la necesidad de ahorro de energía para climatización, los porcentajes de confort anuales en los espacios interiores, discriminados por cada mes, así como las fuentes principales de ganancias térmicas en verano y de pérdidas en invierno.

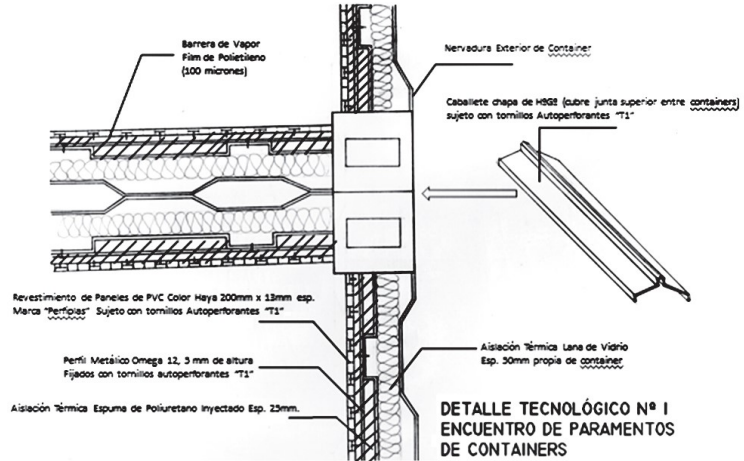
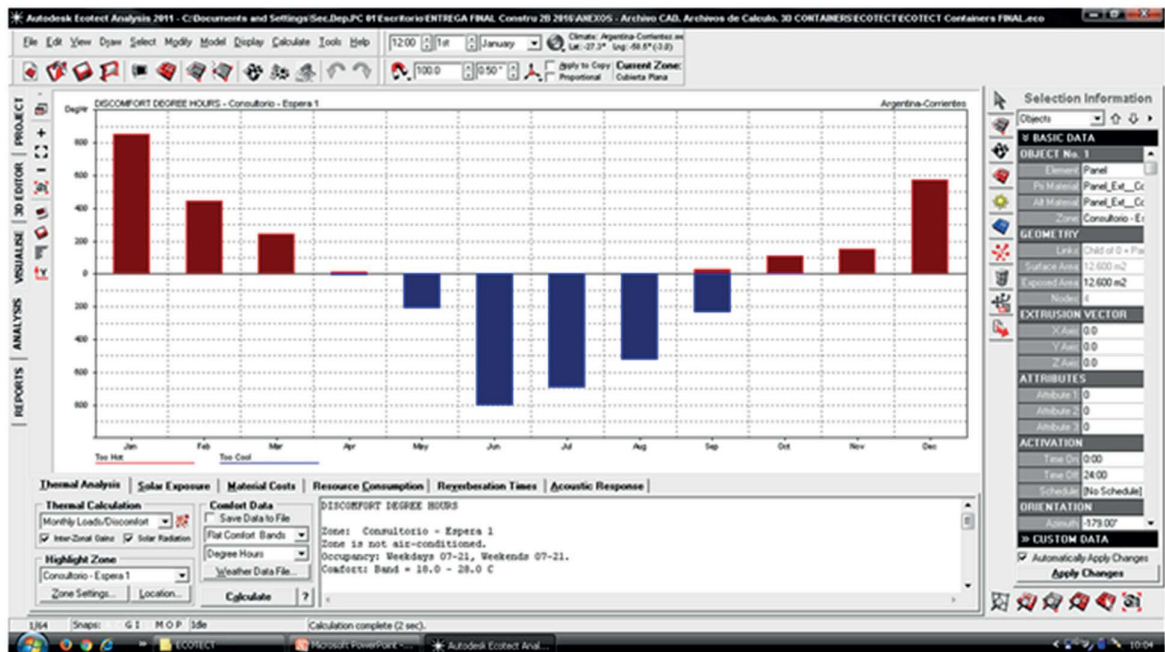


Figura 6. Arriba, propuesta de reutilización e intervención de contenedores de carga de mercancías para desarrollar células habitables tridimensionales para uso en situaciones de emergencias. Abajo, detalle de adecuación e inclusión de aislaciones térmicas en las paredes del contenedor



Porcentajes de confort interior anuales logrados con el sistema diseñado, obtenidos mediante simulación con Ecotect. Equipo de estudiantes: Alaman y Roses (ciclo 2016). Fuente: archivo de la cátedra CII-B

3. La simulación computacional se basa en crear un modelo del proceso que se pretende ensayar, y por medio de algoritmos y ecuaciones matemáticas hacer que dicho modelo posea el mismo comportamiento que un proceso real. Un programa de simulación se carga con datos experimentales recolectados previamente, o bien datos teóricos tabulados a nivel normativo, y como resultado entrega los cálculos de los diferentes estados por los que atraviesa el modelo, en las condiciones prefijadas y los procesos que en dicho modelo se llevan a cabo. Algunas de las ventajas fundamentales de la simulación computacional para su uso en investigación científica residen en el tiempo que permite ahorrar en comparación con el que insumiría para el desarrollo del o los procesos en la realidad: procesos físicos que tardarían varios días o incluso necesitarían de las variaciones climáticas estacionales anuales en la realidad.

Cuando los estudiantes analizan los resultados gráficos de las fluctuaciones térmicas para el día típico de verano obtenidas mediante el *software* ECOTECT, advierten fácilmente, en primer lugar, que las *mayores ganancias térmicas en verano ocurren por conducción a través de la masa y por incidencia de radiación solar*, tanto sobre elementos opacos como sobre áreas vidriadas, con lo que las estrategias para reducirlas se centran, por lo general, en mejorar la resistencia térmica de muros y techos y en proteger carpinterías y fachadas muy expuestas mediante dispositivos de sombreado. Los estudiantes, además, pueden determinar y comprobar la gran incidencia que tiene el *comportamiento del usuario* en cuanto al patrón o hábitos de apertura de puertas y ventanas, ya que cuando introducen en el programa un esquema de ventilación selectiva apropiado, logran mejores resultados que cuando consideran una apertura indiscriminada de aberturas (en horarios de máximas temperaturas exteriores en verano, y en horarios de mínimas temperaturas exteriores en días de invierno).

Por otra parte, los equipos logran visualizar e interpretar el comportamiento anual del edificio materializado con el sistema constructivo que diseñan a través de los gráficos de porcentajes de confort anuales: de esta manera, les resulta posible identificar el período más crítico en términos de bienestar interior (figura 6), así como aplicar estrategias para aumentar los períodos en los cuales se mantienen condiciones más cercanas a las necesarias para el bienestar (reduciendo los tiempos de uso de la climatización artificial). Una gran

potencialidad del *software* trabajado consiste en su interfaz gráfica, amigable y aprehensible para el lenguaje y la modalidad de aprehensión del estudiante de arquitectura.

A partir de la ida y vuelta en la aplicación de estas instancias de conceptualización y operacionalización, los estudiantes van retroalimentando, ensayando y logrando mejoras en sus diseños arquitectónicos y técnico-constructivos, en lo referente a sus comportamientos frente a la incidencia de los factores y elementos del clima local.

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

A modo de contribución a la formación de grado, la oferta académica de *Construcciones II-B* procura constituir una alternativa para hacer frente a una situación compleja que afecta a la arquitectura y al quehacer profesional, académico y de investigación, como una vía de concientización, conceptualización e instrumentación sobre la situación de la calidad del hábitat construido en relación tanto con la energía como con la tecnología de la construcción.

El desarrollo de las experiencias de dictado permitió la familiarización de los alumnos cursantes con nuevas instancias operativas, a la vez que conceptuales, para incorporar la energía y el ambiente como factores de diseño y aplicar una evaluación higrotérmica incipiente de las envolventes perimetrales de los sistemas constructivos diseñados, que les permitió *retroalimentar sus proyectos y tomar decisiones de diseño sobre bases y justificaciones objetivas y*

cuantificables, a la vez que desarrollar e internalizar un esquema metodológico que posibilita abordar cualquier situación de diseño proyectual que se les presente en el futuro.

Dichas instancias incluyen a) el abordaje crítico de las reglamentaciones municipales referidas a la construcción de edificios en las localidades cabecera del NEA; b) las verificaciones de transmitancia térmica y de riesgo de condensaciones de muros y techos, según normas IRAM vigentes; c) la realización de modelizaciones y simulaciones dinámicas de comportamiento térmico y de consumo de energía para climatización mediante *software* específico y d) la visita de obra como medio de acercamiento tangible a la aplicación y potencialidades de los sistemas de construcción racionalizados e industrializados.

El bagaje conceptual y procedimental desarrollado por los estudiantes que cursaron *Construcciones II-B* resulta de aplicación no solamente durante el trabajo puntual específico de la asignatura, sino además en los talleres de arquitectura que cursan los estudiantes, paralela y posteriormente. A partir de la experiencia realizada en la asignatura, docentes de los respectivos talleres de arquitectura manifestaron un incremento de la aplicación de construcción en seco, industrializada y prefabricada en los trabajos de los alumnos, que habitualmente se circunscribían al campo de la construcción tradicional habitual, mayoritariamente. Asimismo, la instrumentación respecto de las verificaciones de parámetros de comportamiento higrotérmico de las envolventes constructivas (transmitancia térmica y riesgo de

condensaciones de muros, techos, carpinterías) resulta de gran aplicación como herramienta de diseño, así como el manejo e interpretación adecuada del *software* de simulación dinámica aportado para determinar el desempeño energético global del edificio y poder rediseñarlo, tecnológicamente y energéticamente, en un camino de ida y vuelta permanente.

Por otro lado, uno de los principales puntos críticos que los estudiantes pueden reconocer en sus trabajos de diseño y, en general, en el campo de la construcción "en seco", liviana, prefabricada e industrializada, es la influencia negativa que tienen los puentes térmicos desde el punto de vista del paso aumentado de

energía calórica a través de las secciones transversales de estas tipologías constructivas, que por su naturaleza estructural cuentan con un gran número de ellos (VENHAUS HELD, ALÍAS Y JACOBO, 2017).

Por otro lado, los estudiantes detectan cierta obsolescencia de los *reglamentos y códigos de edificación* de las principales ciudades de la región, tanto en el tema de las disposiciones que incorporar y verificar en cuanto a la eficiencia energética y ambiental como en el tema de la tecnología de la construcción, ya que no acompañan los avances que esta área experimenta en el campo específico de la construcción industrializada en particular.

Un punto de dificultad lo constituye el tiempo disponible y efectivo para el cursado, que para todas las asignaturas denominadas "teóricas" (entre ellas *Construcciones II-B*) dentro del Plan de Estudios de la FAU-UNNE son cuatrimestrales. Frente a la propuesta que plantea la cátedra, al desarrollar un taller de diseño tecnológico y energético, queda esbozada la necesidad de un incremento del tiempo real de dictado (JACOBO Y ALÍAS, 2017). Cabe destacar, por último, que esta propuesta curricular de grado constituye parte de una política general de concientización de la problemática ambiental del hábitat humano, en la que la FAU-UNNE se halla fuertemente comprometida.

CITAS Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (1996). *Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos*. (N.º de publicación IRAM 11605). Argentina.

INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (2012). *Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina*. (N.º de publicación IRAM 11603). Argentina.

INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (2002). *Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario*. (N.º de publicación IRAM 11601). Argentina.

INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (2000). *Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Veri-*

ficación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en los paños centrales de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general. (N.º de publicación IRAM 11625). Argentina.

JACOBO, G. Y ALÍAS, H. (2017). "La construcción no convencional como estrategia para el mejoramiento de la eficiencia energética y ambiental de la arquitectura: experiencia en la enseñanza de grado". (En prensa). Trabajo presentado al *IX Congreso Regional de Tecnología de la Arquitectura (CRETA): Arquitectura, Diseño y Tecnología en la Construcción Sostenible del Ambiente*, realizado en Santa Fe, Argentina, del 16 al 18 de agosto de 2017. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad Nacional del Litoral.

VENHAUS HELD, M.; ALÍAS, H. Y JACOBO, G. (2017). "Las envolventes constructivas en la construcción no convencional de edificios del nordeste argentino y el problema de los puentes térmicos". *Revista Hábitat Sustentable*, 7 (1) N.º 1, 24-31. Recuperado el 31 de julio de 2017 de <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RHS/issue/view/253>.