

Institutos organizadores:



Director: Arturo R. Maristany
Co-directora: Leandra Abadía

T.I.D.E.

Taller de Investigación de Diseño Estructural

Directora: María del Carmen Fernández Saiz
Co-directora: Guadalupe Álvarez



Director: Daniel Pedro Villani
Co-director: Germán Margherit

Auspiciantes:



Agencia I+D+i



GERDAU
El futuro se moldea



Institución editora:

Facultad de Arquitectura Urbanismo y diseño
Universidad Nacional de Córdoba

ISBN:

978-987-8486-57-4

Coordinación Editorial:

Yohana Cicaré
Guadalupe Álvarez
María del Carmen Fernández Saiz
Macarena Bressán

Diseño Editorial:

Yohana Cicaré

ÁREA B

eje 1 sostenibilidad y diseño

530

Intervención en el patrimonio aporte tecnológico, eficiencia y sustentabilidad . Edificio del puerto de Asunción Paraguay

BLANES Maria Luisa; FALCON GAGLIARDI Hugo; Equipo técnico de apoyo: LEZCANO Gisel; PEREIRA Dertis; LEIVA Larissa.

540

El espacio publico como infraestructura de servicio ambiental

TRETTEL, Paola

546

Análisis térmico, higro térmico y de ahorro energético de un núcleo húmedo en Mar del Plata

ATANASOSKA, Kristina

554

Protocolo de actuación para el diagnóstico y rehabilitación de edificios públicos educacionales de la UNR

PANVINI, Maria José; SALDI, Romina; CHIAPPERO, Agustina; MICHELL, Sebastián; MURIALDO, Nancy; RODRIGUEZ, Sandra; TETTAMANTI, Luciana

562

La continua pandemia desde 1950: el plástico en la cultura y en la edificación arquitectónica

JACOBO, Guillermo José

572

Análisis comparativo de la demanda de energía en 3 jardines de infantes en neuquén y su mejoramiento

CZAJKOWSKI, Jorge; GOMEZ, Analía; BIRCHE, Belén; BASUALDO, Julián; FERNANDEZ, Marias.

580

Arquitectura adaptable en el NEA. estudio de materiales y recursos disponibles para el desarrollo de tecnologías sustentables

BRIONES, Maria Laura; JACOBO, Guillermo José

590

Eficiencia y calidad luminica: Su evaluación en los procesos de gestión del proyecto luminotécnico en tipologías para la educación

AGOSTO, Miriam; BOBATTO, Pablo; CRIVELLO, Patricia; FARIAS, Andrea; GERONIMO, Roque; LIENDO, Silvia; MOLINA, Silvia; ZARATE, Maria del Carmen

600

Evaluacion del desempeño a mediano y largo plazo de fibras de PET embebidas en matrices cementicias

FERNANDEZ, Ma. Esther; PETRONE, Fernando; Ma. Eugenia Pereira

Arquitectura adaptable en el NEA. estudio de materiales y recursos disponibles para el desarrollo de tecnologías sustentables

Adaptable architecture in the NEA. study
of available materials and resources for the
sustainable technologies development

BRIONES, María Laura
JACOBO, Guillermo José

Instituto para el Desarrollo de la Eficiencia Energética en la Arquitectura
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Universidad Nacional del Nordeste

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es incentivar la implementación de arquitectura adaptable en la región del noreste argentino, en términos climáticos, para propender a atenuar los problemas de confort higrotérmico de las construcciones tradicionales del tipo húmeda. El estudio se realizó a partir de la clasificación de estructuras desplegables de los autores Rivas Adrover, Gomez Ruiz y Granados Mantilla, seleccionando aquellas de menor complejidad de movimiento y requerimientos tecnológicos. Se comparó el peso, resistencia estructural, vida útil, transmitancia térmica, y los recursos necesarios para la manipulación y tratamiento de cada material disponible en el mercado regional, que permita el desarrollo de estructuras desplegables de componentes rígidos. Como resultados generales, se recomiendan los materiales más livianos, rígidos y con mayor durabilidad; para garantizar la movilidad, estanqueidad, maniobrabilidad, estabilidad estructural y eficiencia del sistema. Para mejorar la aislación térmica de las superficies sólidas metálicas, se aconseja utilizar soluciones constructivas tipo "sandwich".

PALABRAS CLAVES: estructuras desplegables - eficiencia energética - confort térmico.

ABSTRACT

The objective of this work is to encourage the implementation of adaptable architecture in the northeast region of Argentina, in climatic terms, in order to reduce the hygro-thermal comfort problems of the humid type traditional constructions from. The study was based on the classification of deployable structures by the authors Rivas Adrover, Gomez Ruiz and Granados Mantilla, there was selecting those with the least complexity of movement and technological requirements. The weight, structural strength, useful life, thermal transmittance, and the necessary resources for the handling and treatment of each material available in the region market, that allow rigid component deployable structures development, were compared. As general results, lightweight, stiff and longer durability materials are recommended to ensure mobility, watertightness, handling, structural stability, and the system efficiency. To improve the thermal insulation of metallic solid surfaces, it is recommended to use the "sandwich" kind construction solutions.

KEY WORDS: deployable structures - energy efficiency - thermal comfort.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático.

A pesar de la disminución de emisiones de dióxido de carbono percibidas en el año 2020, debido a la interrupción de la actividad económica mundial como consecuencia de la pandemia global, el cambio climático es, aún, una problemática implacable e impostergable que no puede obviarse y, por el contrario, debe atenderse con urgencia. Es por esto que, el Acuerdo de París firmado por las Naciones Unidas, incluye objetivos claros y concisos para combatir el cambio climático y sus efectos. Muchos de ellos son imprescindibles y se deberían considerar a la hora de diseñar y desarrollar proyectos arquitectónicos. Así, el objetivo 13.1 versa sobre la importancia de adquirir y fortalecer la resiliencia y adaptación de los habitantes a los riesgos asociados al clima (ONU, 2015). Tal como afirma Estevez (2020), los arquitectos tienen gran responsabilidad en mejorar el medio ambiente, el hábitat y la calidad de vida de las personas dentro de los edificios, de forma sostenible. Las construcciones y las urbes que estas conforman desarrollan inevitablemente un gran impacto, conexión e intercambio con el medio ambiente que los rodea, pudiendo beneficiarse o perjudicarse por estas interacciones durante los cambios climáticos estacionales y diarios del lugar. Así mismo, las personas que habitan estos espacios construidos demandan condiciones psicológicas, culturales y de bienestar higrotérmico particulares, que influyen fuertemente en las interacciones nombradas anteriormente.

El clima en el nordeste argentino.

La Región Nordeste de Argentina (NEA), conformada por las provincias de Formosa, Chaco, Corrientes y Misiones, se caracteriza por un clima "muy cálido y húmedo" (Norma IRAM 11603), con grandes inconsistencias y variación de temperaturas extremas entre una estación climática y otra, principalmente entre el invierno y el verano. Es por esto que, el principal consumo de energía eléctrica es el del rubro de la refrigeración de los ambientes y representa entre el 50% y 60% del consumo total en las edificaciones (Alias y Jacobo (2021). Ante esto, el bienestar higrotérmico y la calidad de vida de los habitantes, no deberían necesariamente implicar mayor consumo energético y, por el contrario, se deberían considerar criterios de sustentabilidad tanto en el diseño arquitectónico y urbano de las viviendas, como en su uso y gestión, para fomentar la eficiencia en la climatización. Así mismo, es importante considerar que, la sustentabilidad y eficiencia energética de una edificación no están dadas únicamente por las soluciones tecnológicas-constructivas

aplicadas y el uso correcto de las edificaciones, sino también, por los recursos utilizados en su ejecución y su procedencia. En muchos casos se utilizan materiales que devienen en construcciones eficientes, pero proceden de regiones alejadas al sitio de implantación, lo que representa consumo energético del transporte con emisiones de GEIs. A pesar de los múltiples estudios que demuestran la importancia de la eficiencia energética y la sustentabilidad tecnológico-constructivo a aplicar en el NEA, tanto para mitigar el cambio climático como para mejorar las condiciones de habitabilidad de los ciudadanos, la mayoría de las viviendas construidas, utilizan el sistema constructivo tradicional del tipo "húmedo", con mampuestos de diferentes tipos de ladrillos asentados en mezcla cementicia, en espesores que rondan entre los 20 y los 30 centímetros; lo cual genera que el 80% del período anual climático, las viviendas se encuentren fuera de la zona de confort higrotérmico (Sforza, 2021). Esto se debe principalmente a la elevada Transmitancia Térmica (K) de los cerramientos perimetrales de las viviendas. Además, los materiales utilizados para realizar los muros de mampostería se obtienen de recursos no renovables (Alias, 1997).

Arquitectura adaptable.

Desde varias décadas, los conceptos de arquitectura adaptable, efímera y la flexibilidad han obtenido lentamente un lugar dentro de las propuestas de edificios e investigaciones sobre el hábitat contemporáneo. Según Fisch, Etulain y Pagani (2011), es importante incorporar la noción de tiempo, flexibilidad, adaptabilidad e indeterminación en el diseño de viviendas contemporáneas, y considerar las diversas actividades que podrían tener lugar en estos espacios. Ante las transformaciones inminentes del mundo inestable en el cual habitamos, incluidos los cambios del clima (naturales o por efecto del Calentamiento Global), la arquitectura, como espacio de hábitat del hombre, debe adaptarse al entorno y sus variaciones para poder sobrevivir, al igual que los seres vivos se adaptan al medio ambiente. Ningún edificio puede limitarse a mantener las condiciones bajo las cuales se erigió durante un extenso período de tiempo (Balaguer Palacios, 2020, p.1). El concepto de adaptación, según la Real Academia Española (RAE, 2013), versa sobre una "respuesta de los organismos a las características del medio en que viven" y la capacidad de "amoldarse a una circunstancia". Así, esta acción podría aplicarse en un ser vivo, objeto o mecanismo que se ajusta a algo o que es capaz de realizar una función diferente a los fines para los cuales fue concebido. Cuando asociamos este concepto a la arquitectura, hablamos de la cualidad de un edificio para responder a los cambios complejos

del entorno y el contexto en el cual se implanta, así como a las necesidades de los usuarios que lo habitan. Un edificio goza de arquitectura adaptable cuando el usuario tiene la libertad y posibilidad de modificar las características internas y externas del mismo, según sus requerimientos ambientales, tecnológicos, de uso y confort psicofísico. En términos climáticos, a diferencia de la arquitectura bioclimática, que también busca la adaptación de las edificaciones al medio que lo rodea, la arquitectura adaptable incluye el factor de movimiento en su conformación. El edificio posee partes móviles que ayudan y mejoran su adaptación, aprovechando o disminuyendo el asoleamiento, vientos, lluvia, etc. Según Balaguer Palacios (2020), las primeras definiciones de arquitectura adaptable surgieron de las experiencias de Frei Otto, cuyos principios de arquitectura adaptable fueron el peso ligero, optimización del material y masa construida, es decir, eficiencia de recursos y energía. Sin embargo, en la actualidad se considera también la modulación e industrialización como elemento primordial de la arquitectura adaptable, para sistematizar y agilizar los procesos de producción. El peso ligero facilita la manipulación y funcionamiento de los mecanismos, así como su transporte y montaje; y el diseño y ejecución de las estructuras en módulos replicables, puede industrializar y sistematizar su producción, propiciando así el uso eficiente de los materiales, recursos y energía requeridos para la construcción y uso de las mismas. Así, las estructuras desplegables se presentan como las técnicas tecnológico-constructivas más insignes para alcanzar soluciones de arquitectura adaptable y flexible (aunque no son las únicas), ya que tienen la capacidad de modificarse, moviendo sus partes (Briones, 2022). Estas técnicas son utilizadas en diversas disciplinas, pues permiten el desarrollo de antenas extensibles, puentes rotantes, cortinas de escenarios, así como soluciones más sencillas y primitivas, como los biombos shoji japoneses (Rivas Adrover, 2015).

Sin embargo, la aplicación de estas estructuras desplegables demanda recursos materiales y humanos, cálculos computacionales y tecnologías de un elevado costo y desarrollo, tales como: cilindros hidráulicos, sistemas eléctricos para el desplazamiento y movilidad de paneles de hasta 15 toneladas, industrias que producen piezas especiales de fibra de vidrio, acero, titanio, software específico para analizar el comportamiento estructural, y grúas y personal especializado para el montaje (Briones, 2022). Todos estos requerimientos son ajenos a la realidad económico- tecnológica actual del NEA, siendo un impedimento en la aplicación de estas soluciones en las edificaciones locales. Ante esto, la presente investigación analiza las técnicas constructivas tradicionalmente utilizadas en el NEA, y las pro-

blemas climáticas que estas originan. También, estudia los recursos materiales disponibles en el NEA, sus características mecánicas, higrotérmica, y los recursos humanos, herramientas y maquinaria necesarias para la manipulación. El objetivo es reconocer aquellos idóneos y pertinentes para el desarrollo de estructuras desplegables con aptitudes tecnológico-constructivas para concretar arquitectura adaptable, junto con eficiencia energética y respuesta al clima regional.

METODOLOGIA

Para abordar la investigación se realizó el siguiente procedimiento:

Se indagó sobre el comportamiento térmico de cerramientos horizontales (cubiertas), verticales (paredes) y carpinterías de las viviendas existentes de la región NEA, construidas en sistema constructivo tradicional. Se analizó la influencia del diseño, uso y tecnologías utilizados y cómo influye el confort higrotérmico en el consumo energético.

Se clasificó y caracterizó las estructuras desplegables, según diversos autores. Se seleccionó aquellas de menor complejidad, en movimiento y recursos tecnológicos, y con mayor factibilidad de replicabilidad en el NEA.

Se estudiaron y caracterizaron los materiales disponibles en el mercado regional. Se comparó su resistencia estructural, conductividad térmica, peso y los recursos necesarios para su manipulación.

Se seleccionaron los materiales con mejores aptitudes para el desarrollo de las diferentes estructuras desplegables en la región NEA. Se diferenció entre estructuras para exterior y estructuras para interior.

ANÁLISIS DE DATOS

En este apartado se describen los sistemas constructivos tradicionales del NEA y sus principales problemas de Bienestar higrotérmico; se clasifican y caracterizan las estructuras desplegables de componentes rígidos y finalmente se describen las características y alcances de los materiales de la región NEA, abarcando tres campos: maderas, metales y otros. La aislación térmica que exigen los espacios arquitectónicos para alcanzar un nivel de confort higrotérmico, es un tema redundante en las investigaciones del NEA. Varios autores coinciden en el elevado consumo energético que demanda la refrigeración de las viviendas ejecutadas con sistemas de construcción tradicional húmeda: mampuestos de ladrillos asentados en mezcla cementicia (Yakimchuk y Alias, 2014; Alias y Jacobo, 2021; Sforza

y Jacobo, 2021; Suárez et al, 2016). Los ladrillos utilizados van desde ladrillos de barro cocido, a bloques de hormigón, aunque los más empleados son los ladrillos cerámicos huecos; con espesores entre 20 a 30 centímetros, generalmente. Así mismo, los techos se ejecutan con diferentes tipos de chapas: galvanizadas, prepintadas, sinusoidales o trapezoidales; y en otros casos con losas de hormigón armado in situ, o viguetas pretensadas. Este tipo de construcción tradicional, es el más utilizado en el NEA para la ejecución de viviendas unifamiliares, tanto en el mercado inmobiliario privado como en los de interés social, a través del "FONAVI", cuya tecnología es de baja calidad (Briones, 2022).

La construcción tradicional húmeda, de viviendas tipo "FONAVI", es la más utilizada en la región del noreste argentino, conformada por cerramientos verticales (paredes) de mampuestos de ladrillos asentados en mezcla cementicia. Los ladrillos utilizados van desde ladrillos de barro cocido, a bloques de hormigón, aunque los más empleados son los ladrillos cerámicos huecos; con espesores entre 20 a 30 centímetros, generalmente. Así mismo, las cubiertas (techos) se ejecutan con diferentes tipos de chapas: galvanizadas, prepintadas, sinusoidales o trapezoidales; y en otros casos con losas de hormigón armado in situ, o viguetas pretensadas. Este tipo de construcción, se utiliza para la ejecución de viviendas unifamiliares tanto en el mercado inmobiliario privado como en los barrios construidos por el Estado (Briones, 2022). Estas viviendas están desarrolladas en tecnología de baja calidad y los niveles de confort higrotérmico interiores estén por debajo de los límites mínimos establecidos por las Normas IRAM, para las zonas bioambientales de la región. Es por esto que, la aislamiento térmico y el consumo energético que demandan las edificaciones, son temas redundantes en las investigaciones del NEA. Varios autores coinciden en que el principal problema radica en la elevada transmitancia térmica de los materiales componentes de las envolventes edilicias, siendo las paredes las principales responsables, ya que reciben un mayor porcentaje de radiación solar durante el día (Briones, 2022). Como se observa en la figura 1, "cuatro de cada seis unidades habitacionales tienen un K de diseño muy superior al máximo permitido en las Normas IRAM y, en los casos que tienen valores K admitidos, aparece condensación intersticial" (Alias, 1997).



Figura 1: Condiciones de transmitancia térmica de viviendas del NEA, según Normas IRAM. Fuente: Elaboración propia.

La orientación y la morfología, también influyen rigurosamente en el confort higrotérmico del interior de las viviendas. En verano, las paredes en contacto con el exterior orientadas al norte y al oeste son las más desfavorables, por la extrema radiación solar, sin embargo, en invierno la orientación norte resulta ser la mejor opción y, por el contrario, los ambientes que más requieren calefacción son aquellos orientados al sur y al este. El trazado urbano del NEA, con edificios en su mayoría establecidos entre medianeras, genera viviendas de morfología compacta que, según Alias (1997), tienen mejor comportamiento térmico que las edificaciones de tipología abierta. Esto se verifica tanto en invierno como en verano, y se debe a que las viviendas compactas poseen menor superficie en contacto con el exterior. En la figura 2 se puede observar que el 75

% de las carpinterías utilizadas en edificios existentes de la región no cumplen con lo establecido en las Normas IRAM 11507-4 para aberturas (Suarez, 2016). La mayoría de ellas están fabricadas en aluminio y chapa plegada, materiales con elevada transmitancia térmica. Sin embargo, las aberturas que poseen espuma de poliuretano inyectada dentro de su estructura, hermeticidad entre las hojas y el marco de la abertura, vidrios de control solar y postigones o contraventanas exteriores, presentan un mejor comportamiento y alcanzan los niveles mínimos establecidos en la normativa nombrada.



Figura 2: Condición de transmitancia térmica de carpinterías de viviendas del NEA, según Normas IRAM. Fuente: Elaboración propia.

Esto demuestra que, las decisiones de diseño proyectual son las principales responsables de los problemas del bienestar higro-térmico de las edificaciones regionales en términos de orientación, morfología, materialidad de las envolventes y la radiación solar directa es la principal ganancia térmica en los interiores. Es imprescindible considerar el ciclo de vida de los materiales empleados en el sistema constructivo tradicional húmedo de la región, pues genera grandes emisiones de CO₂ durante la producción del cemento y la cocción de los ladrillos, así como en el transporte. Al final de la vida útil de estas construcciones, estimado en 50 años, se presenta el último inconveniente: los escombros de la demolición no pueden ser reutilizados ni reciclados, solo en rellenos y contrapisos pobres (Briones, 2022).

Estructuras desplegadas. Clasificación y caracterización.

Las estructuras desplegables se presentan como soluciones tecnológicas con la capacidad de transportarse, moverse, adaptarse, reutilizarse y construirse rápidamente. Debido a sus propiedades geométricas, materiales y mecánicas pueden transformarse, expandirse y contraerse (Rivas Adrover, 2015). Existen diversos tipos de estructuras desplegables, así como diferentes clasificaciones, que fueron realizados en la presente según los trabajos realizados por Rivas Adrover quien, con una clasificación detallada, diferenciando entre las técnicas generativas y los componentes estructurales (2015), en cambio, Gomez Ruiz y Granados Mantilla desde el punto de vista de la movilidad (2013). El presente trabajo se concentró en la clasificación por componentes estructurales, ya que se intenta analizar las estructuras desplegables desde su materialidad y tecnologías, para replicarlas con materiales regionales del NEA. No se consideraron a las estructuras deformables inflables, las estructuras flexibles y las tensegridades, pues requieren control de pliegue y despliegue, materiales delicados y complejidades para mantenerse estables, evitar su rotura y mal desempeño (Briones 2022). Así, se estableció una nueva clasificación de estructuras desplegables de componentes rígidos (Fig. 3), que se ramifica en superficies sólidas y celosías. Las estructuras de componentes estructurales rígidos están conformadas por piezas rígidas, que permiten movimientos controlados y estables. Por esto, son las estructuras desplegables utilizadas en soluciones arquitectónicas, además poseen una gran vida útil (Rivas Adrover, 2015).



Figura 3: Clasificación de estructuras desplegables de componentes rígidos.

Fuente: Elaboración propia.

Estas estructuras se clasifican en superficies sólidas y celosías. Los componentes rígidos que conforman estas estructuras pueden ser de gran superficie, con dimensiones de largo y ancho considerablemente superiores al espesor. Las superficies sólidas están compuestas por paneles rígidos, de diversos materiales, que se desplazan por guías, se conectan entre sí superponiéndose o moviéndose de forma independiente. Dentro de esta ramificación, se hallan los sistemas plegables o de plegadura, los de superficies pivotantes, y los de superficies deslizantes. En los plegables, los paneles rígidos se encuentran unidos a través de bisagras, que les permiten el desplazamiento en una dirección, y cuando están plegados ocupan muy poco espacio. Por ejemplo: los biombos y los postigones utilizados en ventanas para la regulación de la luz solar. Los de superficies pivotantes articulan los paneles a través de pivotes, que le permiten la rotación en un mismo plano. En este tipo de estructuras, los paneles pueden moverse al mismo tiempo y generan, por ejemplo, sistemas diafragma, que abren o cierran un "hueco" central. Finalmente, las superficies deslizantes son las últimas dentro de la clasificación de superficies sólidas. Aquí los planos rígidos se desplazan en guías de forma independiente o unidos entre sí. Por ejemplo, la puerta tipo "granero". También, se incluyen los sistemas tipo telescopio, que se conforman por piezas rígidas que encajan una dentro de otra, deslizándose en un mismo eje. Por otra parte, las estructuras de componentes rígidos pueden estar conformadas por piezas esbeltas como barras o listones, donde predomina una dimensión (largo) sobre las demás. Estas son las llamadas celosías, que se combinan de diversas maneras, a través de bisagras y pivotes y permiten so-

luciones variadas. El concepto “celosía” en términos arquitectónicos, se refiere a un tablero calado, que permite el paso de luz y aire (Briones, 2022). Dentro de esta categoría figuran las tijeras que, a diferencia de las celosías, posee la bisagra o pivote en el centro de las barras y no en los extremos. La variación de la distancia del pivote respecto al centro de las barras permite obtener agrupación de tijeras que se desplazan en una dirección recta (cuando el pivote está exactamente en el centro de la tijera), o en diferentes curvaturas. Así mismo, los sistemas de tijeras pueden agruparse y combinarse, para generar estructuras que se despliegan en dos o más direcciones. Por último, las celosías y tijeras combinadas pueden generar sombrillas, cuyas partes se mueven en relación a un eje central y al plegarse ocupan muy poco espacio.

Materiales de la región NEA. Caracterización y alcances.

Para analizar los materiales de la región y caracterizarlos, se dividieron en 3 campos: maderas, metales y otros. A fin de compararlos entre si y detectar los más óptimos para el desarrollo de las estructuras desplegables analizadas, se estudió el peso, conductividad térmica, rigidez y resistencia estructural, vida útil, recursos humanos, herramientas y maquinas necesarias para su manipulación. Los materiales de estudio se seleccionaron según el alcance y demanda comercial regional. Las maderas seleccionadas son aquellas de las especies más forestadas en el nordeste argentino (May y Seibane, 2021): pino elliotis, tae-da y paraná, así como eucalipto grandis. También, se analizaron tableros de contrachapado, OSB, MDF y aglomerado. En el campo de los metales, se estudiaron chapas lisa negra y galvanizada, chapa antideslizante y perforada, chapa sinusoidal galvanizada y cincalum, chapa trapezoidal galvanizada y prepintada, metal desplegado, tejido romboidal, caños estructurales de secciones circulares, rectangulares y cuadrados, perfiles C y U galvanizado y laminado negro, planchuelas lisa y perforada, y perfiles galvanizados para construcción en seco. El apartado “otros”, incluye chapas de policarbonato sinusoidal y placas de yeso. Se estudiaron materiales que se venden en láminas o placas, como tableros de madera conformados, tablas de madera natural, chapas, metal desplegado, etcétera; y materiales de dimensiones filares, como caños, listones, planchuelas, entre otros; con el objetivo de seleccionar los más óptimos para el desarrollo de estructuras de superficies sólidas y celosías, respectivamente. Para comparar equitativamente los materiales entre si, se estudiaron aquellos con dimensiones similares; para los materiales que se comercializan en placas, la dimensión elegida fue de 1,22 metros de ancho por 2,44 metros de largo por

0,018 metros de espesor, y para los otros se estimó un largo de 6 metros.

RESULTADOS - IDENTIFICACIÓN DE MATERIALES

A partir de la comparación de los materiales, se seleccionó aquellos que, por su ligereza, eficiencia y modulación harían factible el desarrollo de estructuras desplegables, para aplicar criterios de arquitectura adaptable en el NEA. Para determinar los más eficientes, se atendió a la relación entre peso, resistencia estructural y vida útil. El análisis de materiales regionales, considerando su aplicación en el desarrollo de estructuras desplegables, se priorizó los más livianos y con mayor durabilidad. Como regla general, se sugiere el uso de metales galvanizados o prepintados, por sobre los metales laminados negro, ya que requieren tratamiento anticorrosivo y demandan mantenimiento para conservar sus cualidades. En los gráficos 1, 2, 3, 4 y 5 se observan las comparaciones entre los diferentes materiales según los diferentes criterios de evaluación.

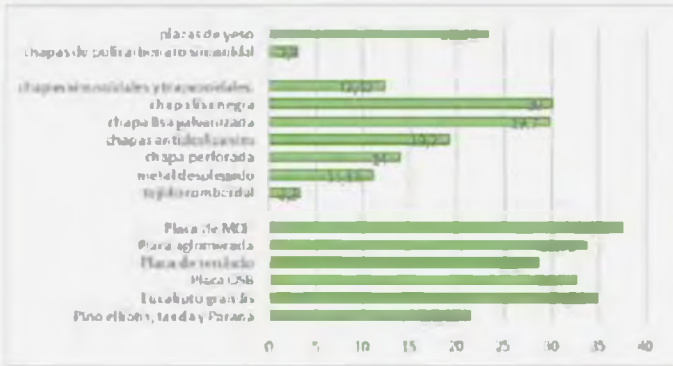


Gráfico 1: Peso en kilogramos de materiales superficiales (que se venden en láminas o placas).
Fuente: Elaboración propia. 2021.

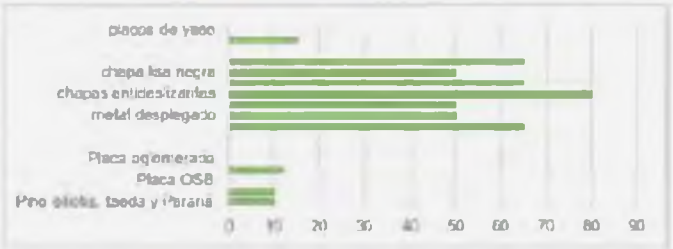


Gráfico 2: Vida útil de materiales superficiales (que se venden en láminas o placas) en el exterior.
Fuente: Elaboración propia. 2021.



Gráfico 3: Peso en kilogramos de materiales filares (canos, perfiles, listones, planchuelas).

Fuente: Elaboración propia. 2021.



Gráfico 4: Vida útil de materiales filares (canos, perfiles, listones, planchuelas) en el exterior.

Fuente: Elaboración propia. 2021.

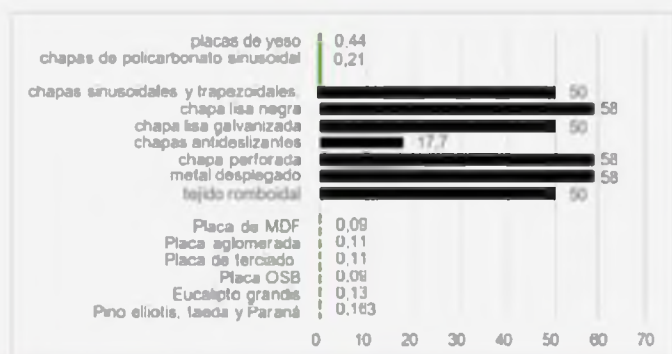


Gráfico 5: Transmitancia térmica de materiales superficiales (que se venden en láminas o placas).

Fuente: Elaboración propia. 2021.

También, se recomienda tener en cuenta las dimensiones de paneles estandarizados, para generar la modulación de los sistemas, y así combinar los materiales entre sí, evitando desperdicios. Se recomienda el uso de tejido romboidal galvanizado, chapas de policarbonato y metálicas prepintadas o galvanizadas, sinusoidales o trapezoidales, para el desarrollo de superficies sólidas que estarán dispuestas al exterior; con estructuras soporte y guías de caños estructurales, planchuelas o perfiles

U o C galvanizados; debido a que poseen mayor vida útil ante agentes atmosféricos, y peso ligero. Es importante considerar las características particulares de cada material para el diseño y desarrollo de las diferentes estructuras desplegables, como el tamaño de los huecos del tejido romboidal, las ondas y pliegues de las chapas, los diferentes espesores, etcétera; ya que, para obtener un resultado óptimo, se debe garantizar la estanqueidad, estabilidad estructural, maniobrabilidad y eficiencia del sistema desarrollado. Así, en caso de que sea necesario utilizar materiales diferentes a los nombrados, se deberá considerar aquellos que, por orden de eficiencia, respondan a los criterios de ligereza, rigidez y durabilidad. Para desarrollar superficies sólidas que estarán dispuestas en el interior (cubiertos y al resguardo de agentes atmosféricos), se podrían utilizar placas de yeso, tablas de madera maciza de pino o tableros terciados. Los demás materiales analizados, poseen un peso elevado que entorpecería los mecanismos de movilidad. Para las guías y soporte de estas estructuras, se recomiendan los mismos materiales descritos para estructuras que estarán al exterior; y se añaden listones de madera natural, así como perfiles de chapa de acero galvanizada, si el peso de los paneles lo permite. Así mismo, estos perfiles son los más óptimos para el desarrollo de estructuras desplegables tipo celosías, ya que son los de mayor vida útil y menor peso de los materiales filares analizados. Su debilidad radica en la escasa resistencia estructural que poseen; es por esto que, en caso de ser necesario, se recomienda el uso de planchuelas lisas o perforadas y/o caños estructurales. Para celosías que se ubicarán en espacios interiores, se podrían utilizar listones de madera con el tratamiento adecuado para extender su vida útil; aunque, por tratarse de maderas del tipo blandas, es pertinente verificar su resistencia al rozamiento, por las articulaciones propias del sistema. En términos de aislación térmica, todos los metales poseen elevada transmitancia térmica, como se puede observar en el gráfico 5 y, en contraposición, los materiales del campo de las maderas poseen mejor comportamiento térmico. Es por esto que, de ser posible, para el desarrollo de estructuras desplegables de superficies sólidas, para uso en el exterior, se recomienda considerar soluciones constructivas tipo "sándwich", que combinen materiales metálicos y maderas para mejorar las prestaciones térmicas de las tecnologías.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos evidencian el factible desarrollo de estructuras desplegables en el NEA, con materiales y recursos locales. El uso de estas técnicas propiciaría la aplicación de criterios de arquitectura adaptable en la zona, para mejorar el rendimiento higrotérmico y, consecuentemente, la eficiencia energética de las construcciones existentes desarrolladas con tecnologías de construcción húmeda. Se podrían generar espacios, galerías, cerramientos y componentes que se adapten a los cambios climáticos estacionales, modificando su posición según lo crea conveniente el usuario final.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALÍAS, H., JACOBO, G. (1997). *Comportamiento de materiales de construcción en muros de cerramiento. Condiciones ambientales y su adecuación al NEA*. ITDAHU-FAU-UNNE. Resistencia.
- ALÍAS, H., JACOBO, G. (2021). Energía para el acondicionamiento estival de viviendas de producción estatal en el clima cálido-húmedo del NEA, según distintos procedimientos de balances térmicos. *ADNea*, (9). Resistencia.
- BALAGUER PALACIOS, J. (2020). *Arquitectura adaptable. Aproximación al concepto mediante el diseño y construcción de un proyecto de pequeña escala*. Tesis de Grado inédita. Valencia, España: Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universitat Politècnica de Valencia.
- BRIONES, M., JACOBO, G., ALÍAS, H. (2022). *Problemáticas funcionales y climáticas en viviendas desarrolladas con construcción tradicional en el Nordeste Argentino*. XXVII Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2022. Resistencia, Chaco. Argentina.
- BRIONES, M., JACOBO, G., ALÍAS, H. (2022). *Recursos y Materiales Del Nea. Alcances y Posibilidades Tecnológicas para la Producción de Estructuras Desplegables en la Arquitectura*. Exposición en la Jornada de Comunicaciones Científicas 2022. Resistencia, Chaco. Argentina.
- ESTEVES MIRAMONT, A. (2020). Arquitectura bioclimática y sustentable: Libro. In *CIES2020-XVII Congresso Ibérico e XIII Congresso Ibero-americano de Energia Solar* (pp. 1053-1060). Laboratório Nacional de Energia e Geologia. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10400.9/3462>
- FISCH, S., ETULAIN, J., PAGANI, G. (2011). Las problemáticas conceptuales para el diseño de la vivienda contemporánea. Cuaderno urbano, (11), 27-57. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-36552011000200002&lng=es&tlng=pt
- GOMEZ RUIZ, C., GRANADOS MANTILLA, C. (2013). *Aplicabilidad de un diseño de una envolvente dinámica a una edificación*. Tesis de Grado. Bogotá: Facultad Arquitectura y Artes. Universidad Piloto de Colombia.
- MAY, P., SEIBANE, C. (2021). *Curso Introducción a las Ciencias Agrarias y Forestales REGION NEA (Noreste Argentino)*. Aula virtual, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata. Disponible en: <https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/course/view.php?id=355>
- ONU, (2015). *Objetivos del Desarrollo Sostenible 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos*. ONU. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/climate-change-2/>
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (2013). *Diccionario práctico*. Editorial Grijalbo. Argentina.
- RIVAS ADROVER, E. (2015). *Estructuras desplegables. Arquitectura, ingeniería y diseño*. Promopress Editions.
- SFORZA, S., JACOBO, G. (2021). Análisis térmico-energético de viviendas de madera en el NEA y comparación con viviendas tradicionales: desarrollo de criterios para el mejoramiento térmico con materiales aislantes de origen orgánico. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas anuales 2020*. Disponible en: <http://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/30321>
- SUAREZ, R., JACOBO, G., ALÍAS, H. (2016). Comportamiento térmico de carpinterías de edificios del NEA. V Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/345454912_comportamiento_termico_de_carpinterias_de_edificios_del_noreste_argentino
- YAKIMCHUK, T., ALÍAS, H., JACOBO, G. (2014). Planillas para calcular el ahorro de energía en refrigeración y la etiqueta de eficiencia energética de calefacción en edificios del noreste argentino. AVERMA 18. Disponible en: <http://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/27735>