

Comunicaciones Científicas y Tecnológicas Anuales 2022

Docencia
Investigación
Extensión
Gestión



DOCENCIA
INVESTIGACIÓN
EXTENSIÓN
GESTIÓN



Dirección General

Decano Facultad de Arquitectura y
Urbanismo
Dr. Arq. Miguel A. Barreto

Dirección Ejecutiva

Secretaría de Investigación
Dra. Arq. Venettia Romagnoli

Comité Organizador

Herminia María ALÍAS
César AUGUSTO
María Victoria CAZORLA
Cecilia DE LUCCHI
Anna LANCELLA SCOCCHI
María Patricia MARIÑO
Aníbal PAUTAZZO
Lucrecia Mariel SELUY
Ludmila STRYCEK

Corrección de estilo

Cecilia VALENZUELA

Diseño y Diagramación

Marcelo BENÍTEZ

Edición

Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Universidad Nacional del Nordeste
(H3500COI) Av. Las Heras 727.
Resistencia. Chaco. Argentina
Web site: <http://arq.unne.edu.ar>

> Comisión evaluadora

ISSN 1666-4035

Reservados todos los derechos.
Resistencia, Chaco, Argentina. Octubre de 2023.

La información contenida en este volumen es
absoluta responsabilidad de cada uno de los autores.
Quedan autorizadas las citas y la reproducción de la
información contenida en el presente volumen con
el expreso requerimiento de la mención de la fuente.

RECURSOS Y MATERIALES DEL NEA. ALCANCES Y POSIBILIDADES TECNOLÓGICAS PARA LA PRODUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DESPLEGABLES EN LA ARQUITECTURA

RESUMEN

La investigación busca introducir una mirada innovativa en las tecnologías constructivas del Nordeste Argentino. Se estudiaron los recursos materiales y humanos de la región para identificar y seleccionar los más aptos para el desarrollo de estructuras desplegables, con el fin de impulsar la implementación de arquitectura adaptable y flexible en la región. Con datos del mercado se estudió el peso, vida útil y rigidez/resistencia estructural de cada material, así como los recursos humanos y materiales necesarios para su manipulación. Para comparar y escoger los materiales, se realizó una clasificación y descripción de las estructuras desplegables normalmente utilizadas en la arquitectura.

PALABRAS CLAVE

Estructuras; desplegables; recursos.

**Briones, María L.;
Jacobo, Guillermo J.;
Alias, Herminia M.**
brionessmarialaura.arq@gmail.com

- Maestro mayor de obras; arquitecta; becaria de Iniciación en la cátedra "Estructuras II", en el área de la Tecnología y la Producción, FAU-UNNE.
- Director de beca. Magíster en Ingeniería en Cs. y Tecnologías Tropicales y magíster en Cs. de Tecnologías Avanzadas en Construcciones Arquitectónicas. Profesor titular e investigador, FAU-UNNE.
- Codirectora de beca. Doctora en Arquitectura y profesora adjunta e investigadora, FAU-UNNE.

Instituto para el Desarrollo de la Eficiencia Energética en la Arquitectura (IDEEA). FAU-UNNE.

OBJETIVOS

Este trabajo procura establecer las relaciones entre los recursos materiales y humanos disponibles en el noreste argentino, con las técnicas de estructuras desplegables utilizadas en soluciones de arquitectura adaptable y flexible. Se busca identificar los materiales que podrían ser más eficientes y duraderos para los diferentes tipos de soluciones tecnológicas. El objetivo es establecer lineamientos de diseño para el desarrollo de prototipos que sigan estas técnicas, dentro de la región NEA.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, vivimos en un mundo inestable, y al igual que los seres vivos se adaptan a las condiciones del entorno para poder sobrevivir, la arquitectura no puede limitarse a mantener la forma en la que se erigió durante un largo tiempo (Balaguer Palacios, 2020, p. 1). A partir de este enunciado, Balaguer Palacios explica la importancia de generar arquitectura adaptable en la actualidad, donde el cambio es algo constante e inevitable. Según la Real Academia Española (RAE, 2013), adaptación es la "respuesta de los organismos a las características del medio en que viven"; y adaptar "amoldarse a una circuns-

tancia" (p. 12). Es decir, es una acción que implica acomodar, ajustar algo a otra cosa; es hacer que un objeto o mecanismo desempeñe funciones distintas de aquellas para las que fue construido. Así, la arquitectura adaptable pretende que los espacios interiores y exteriores de los edificios que habitamos puedan modificarse libremente por el usuario habitante, según sus requerimientos y necesidades. No es una adaptación formal, estética o cambios de imagen de los inmuebles. La adaptabilidad es una cualidad que posee un edificio para responder al entorno y contexto, con toda su complejidad: clima, ambiente, implantación en la ciudad, tecnologías locales e innovaciones, cambios de comportamiento en los habitantes y nuevos modos de habitar.

Tal como declaran Fisch *et al.* (2011), las viviendas contemporáneas deberían contemplar y satisfacer diferentes actividades e incluir en su diseño "la incorporación del tiempo y las nociones de flexibilidad, versatilidad, adaptabilidad e indeterminación" (p. 32). Para comprender la importancia de incorporar los factores de adaptabilidad y flexibilidad en la arquitectura, es necesario entender los cambios con los que convivimos. En la región del Nordeste Argentino, el clima es la principal inconsistencia

que sufrimos entre una estación climática y otra, ya que abarca las provincias de Chaco, Corrientes, Misiones y Formosa, cuyo clima es muy cálido y húmedo según Alías y Jacobo (2021) y las temperaturas entre invierno y verano son extremas entre sí. Allí, la refrigeración de los ambientes es el rubro más significativo en el consumo de energía eléctrica, y abarca entre un 50 a 60 % del consumo total (p. 108).

Esteves (2020) afirma que un edificio construido crea un vínculo e interacciones con el medio ambiente, y estas interacciones sufren afecciones por los cambios estacionales y diarios del clima, y pueden ser beneficiosas o no. Así mismo, las personas que habitan estos edificios demandan condiciones de confort que pueden cambiar con el tiempo y el espacio. Si se analiza la sociedad contemporánea y los modos de habitar antropológicamente, "la vivienda es el escenario donde el hombre se encuentra con sus necesidades, y toda alteración de ella tiene que ver con la buscada de un lugar propio" (Fisch *et al.*, 2011, p. 31). Esto prueba que los edificios sufren afecciones dadas no solo por el entorno con el cual interactúan, sino también por los usuarios que hacen uso de ellos. En las viviendas es donde estas alteraciones aparecen con más

frecuencia, ya que se trata de inmuebles privados, de los que el individuo puede disponer a gusto, y en el NEA se conocen comúnmente como refacciones o ampliaciones de las construcciones. Estos cambios responden a necesidades funcionales que varían a lo largo de los años; por ejemplo, por incremento o descenso del número de integrantes de una familia, por incorporación de locales comerciales o talleres dentro de la vivienda, por gustos personales o la necesidad de espacios más amplios.

Es importante señalar que las viviendas estatales en Argentina presentan espacios de dimensiones mínimas (entre 60 a 120 metros cuadrados totales por vivienda), y muchas veces los usuarios realizan ampliaciones para mejorar la comodidad de los ambientes e incorporar más dormitorios, por la cantidad de integrantes y por formas de habitar propias de cada familia, donde se aprecia la incorporación de galerías, quinchos, etc. (Currie & Alías, 2020).

La arquitectura adaptable y flexible abarca conceptos y técnicas utilizadas en el mundo desde hace varios años. Balaguer Palacios (2020) nombra a Frei Otto como el primer precursor de la arquitectura adaptable por sus investigaciones teó-

rico-prácticas; sin embargo, otros autores consideran los biombos japoneses como precursores de estructuras desplegables de superficies sólidas. Es así que, aunque existieron diferentes eventos, técnicas y teorías a lo largo de los años, se estima que a partir del siglo XX se comenzó a concebir la arquitectura adaptable como tal, ya que se indagó en la industrialización y prefabricación de estas estructuras.

Cuando hablamos de arquitectura adaptable, debemos considerar las estructuras desplegables como una de las técnicas más representativas para alcanzar estos cambios en los edificios. Las estructuras desplegables son aquellas con la capacidad de mover las piezas que las conforman, para extenderse o encogerse. La movilidad es su principal característica, aunque varios autores afirman que deben ser, además, livianas, eficientes y modulares. El peso ligero permite que los usuarios puedan manipular las estructuras de forma simple, facilita su transporte y montaje, y da paso a la eficiencia en el uso de recursos, energía y materiales para su construcción y utilización. Finalmente, si estas estructuras se diseñan y fabrican en módulos iguales y replicables, se da paso a la industrialización y sistematización de su pro-

ducción. Paneles plegables, puentes rotantes, techos desplegables, e incluso antenas extensibles ya son una realidad. Sin embargo, estas tecnologías implican un desarrollo de recursos materiales y humanos que la región del nordeste no posee en la actualidad. Los materiales y cálculos computacionales utilizados representan una barrera del contexto a la hora de aplicar estas técnicas en el NEA: cilindros hidráulicos y sistemas eléctricos permiten el desplazamiento y movilidad de paneles de hasta quince toneladas; la disponibilidad de fábricas e industrias posibilita el desarrollo de piezas especiales en acero, fibra de vidrio, titanio, acero elástico, entre otras; las cargas, envergadura y peso de las estructuras son analizadas con **software** especializado para evitar fallas estructurales; y los medios para montar cada pieza en su lugar van desde el uso de grúas, a recursos humanos especializados que se requieren en cada caso.

En el nordeste argentino, la industria de la construcción y sus respectivos recursos materiales y humanos gira en torno al sistema tradicional de construcción húmeda. Esto es, estructura independiente de hormigón armado y cerramientos de mampuestos asentados en mezcla cementicia. Los mampuestos son en su mayoría de ladrillos cerámi-



cos huecos, aunque también se utilizan ladrillos comunes (de barro cocido) y bloques de hormigón. Las cubiertas (techos) son resueltas con chapas de diversos tipos, galvanizada o prepintada, sinusoidal o trapezoidal, y en otros casos con losas de hormigón armado *in situ* o con viguetas pretensadas. Las divisiones internas para delimitar los espacios son resueltas con mampuestos, aunque en los últimos años viene ganando terreno el sistema de perfilería galvanizada con placas de yeso y aislantes térmicos y acústicos, que también se utiliza en los cielorrasos. Así mismo, principalmente en construcciones privadas, los sistemas **Ballon frame** y **Steel frame** han ganado un sitio en la industria por su bajo costo y rápido montaje, y muchas personas ya están apostando por este tipo de construcción seca en reemplazo de la húmeda, aunque la construcción masiva de viviendas en la región, por parte del Estado, aún sigue utilizando las técnicas tradicionales.

En términos de adaptabilidad, los sistemas constructivos utilizados en las viviendas unifamiliares en el Nordeste Argentino no permiten modificaciones de los espacios interiores ni de la envolvente, para adaptarse funcional y climáticamente a los requerimientos del usuario y su entorno ambiental.

La incorporación de técnicas de arquitectura adaptable en la región representaría un beneficio ambiental en términos de eficiencia energética de las viviendas, fomentando el desarrollo y la innovación tecnológica y mejorando la calidad y el confort de los espacios habitables, a partir del uso de recursos de la zona. Ante tal contexto, este trabajo establece una conexión entre las técnicas de estructuras desplegables y los recursos humanos y materiales disponibles en el NEA. Analiza las propiedades, alcances y posibilidades tecnológico-constructivas de cada uno para detectar aquellos que, por sus cualidades y aptitudes, son más eficientes para el desarrollo de las técnicas estudiadas. Así, se indagó la posibilidad de incorporar, a través de estructuras desplegables, características de arquitectura adaptable a las viviendas unifamiliares de la región y conferirles a los usuarios la oportunidad de modificar los usos y la envolvente de los espacios habitables según sus requerimientos y necesidades.

DESARROLLO

Técnicas de estructuras desplegables

Para realizar el estudio, primero se seleccionaron y clasificaron los diferentes tipos de estructuras

desplegables que se podrían utilizar para el desarrollo de arquitectura adaptable en la región del NEA. Como base teórica para analizar y seleccionar los tipos de estructuras desplegables, se utilizaron las clasificaciones hechas por Rivas Adrover (2015) y Gómez Ruiz y Granados Mantilla (2013). Dicha selección tuvo en cuenta los recursos tecnológicos y la utilidad de cada tipo de estructura. Es así que se descartaron las estructuras deformables inflables, las estructuras flexibles y las tensegridades. Estas estructuras presentan cierta complejidad a la hora de plegarlas y desplegarlas, ya que requieren un mayor control para mantenerlos estables y evitar su rotura o mal desempeño. En el caso de las tensegridades tienden a enredarse los cables tensores; y en las estructuras deformables inflables, al quitar el aire la superficie se desploma y no permite el uso del espacio inferior a menos que el material se pliegue y se guarde hasta su próximo uso. Las estructuras flexibles funcionan por el uso indispensable de materiales inteligentes (con memoria de deformación), cuya tecnología no se dispone aún en el Nordeste Argentino.

De esta forma, la clasificación de estructuras que se va a analizar, según sus componentes estructurales, es la siguiente:

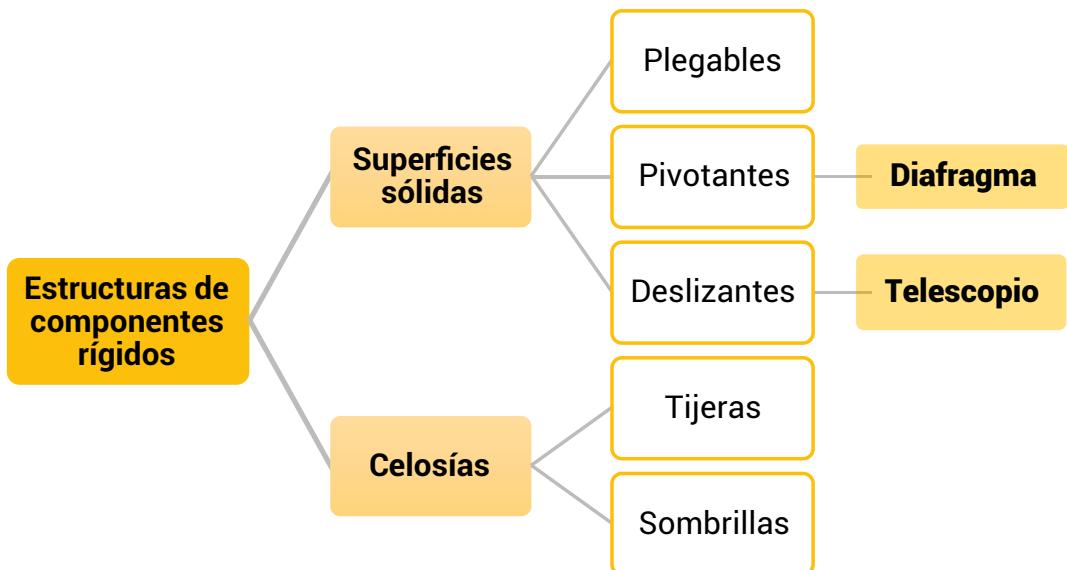


Figura 1. Clasificación de estructuras desplegables de componentes rígidos. Fuente: Briones, María L. Elaboración propia

Estructuras de componentes estructurales rígidos

Se llaman así ya que "incluyen mecanismos de componentes rígidos" (Rivas Adrover, 2015, p. 22), es decir, la superficie de sus componentes es sólida, ya sea de grandes dimensiones (largo y ancho considerablemente mayores al espesor) o dimensiones esbeltas como varillas o listones. Estos sistemas suelen ser los más utilizados en obras de arquitectura, ya que permiten que el

pliegue y despliegue esté completamente controlado y la estructura sea estable en todas las fases de movimiento. Además, son sistemas con gran vida útil.

Dentro de esta categoría, se observa una clasificación entre superficies sólidas y celosías.

A. Superficies sólidas

Las estructuras desplegables de componentes de superficies sóli-

das no son más que paneles rígidos conectados entre sí. Pueden unirse a través de bisagras o deslizarse por raíles, superponerse unos con otros o moverse de manera independiente. Algunos autores aseguran que estas estructuras desplegables son las más utilizadas en la arquitectura, y esto encuentra su lógica en que son los elementos más sencillos de fabricar, de utilizar por los usuarios y de aplicar en los diseños arquitectónicos.

El ejemplo más rimbombante y significativo, pero no por ello menos importante y funcional, es el de la Casa Rietveld Schroder, de Gerrit Rietveld (1924). Este fue quizá el caso más controvertido que puso en vista del mundo la arquitectura flexible. Sin embargo, muchos años antes, estructuras similares (aunque no fijas) ya eran utilizadas en Japón bajo el nombre de "biombos shoji". Así mismo, si se analiza en detalle, los postigos utilizados en las ventanas son superficies sólidas, que ayudan a la regulación del ingreso de la luz solar en las viviendas.

Sistemas plegables o de plegadura. Estos sistemas incluyen el ejemplo de los postigos. Son planos rígi-

dos, generalmente de igual tamaño, conectados entre sí por bisagras que les permiten moverse en una dirección. Pueden cubrir grandes luces cuando están desplegados y, por el contrario, al plegarse ocupan menor superficie.

Sistema de superficies pivotantes. En este caso, los planos rígidos se encuentran articulados entre sí, y/o a una estructura soporte, a través de un pivote que les permite rotar en un mismo plano. Si se cambia de posición el mecanismo de movimiento, se pueden generar diferentes sistemas.

a) Diafragma

Es un conjunto de superficies pivotantes que al combinarse entre sí y

girar en torno a un centro, funcionan como un diafragma que puede "abrir o cerrar" un hueco. En este tipo de sistemas, los planos rígidos generalmente se mueven todos al mismo tiempo.

Sistema de superficies deslizantes

Tal como lo dice su nombre, estos sistemas son planos rígidos que se deslizan a través de raíles o guías. Dichos planos pueden desplazarse de forma independiente o estar unidos entre sí, como es el caso de las puertas de garajes que combinan superficies deslizantes con sistemas plegables. Un caso más básico, que permite movimiento recto en una sola dirección, es el de la puerta tipo granero.

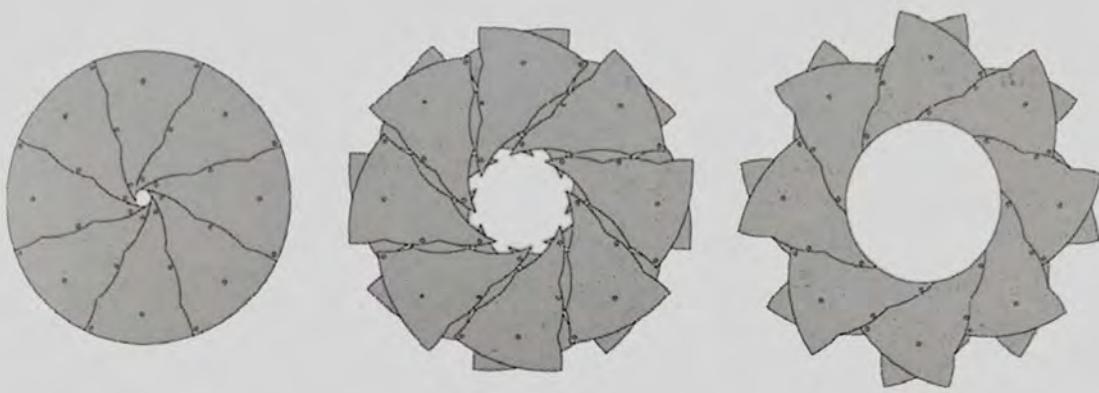


Figura 2. Estructura de hojas circulares desplegable, tipo diafragma. Fuente: Rivas Adrover, 2015

a) Telescopio

Estos sistemas están conformados por planos rígidos que van disminuyendo su tamaño, desde fuera hacia dentro. El movimiento se da a través de guías o rieles y los "elementos se extienden y contraen en un mismo eje, encajando uno dentro del otro" (Gómez Ruiz & Granados Mantilla, 2013, p. 26).

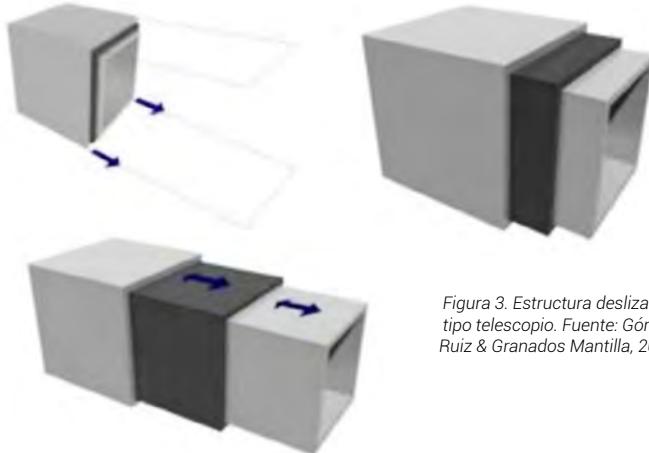


Figura 3. Estructura deslizante, tipo telescopio. Fuente: Gómez Ruiz & Granados Mantilla, 2013

B. Celosías

Al igual que las tijeras, las celosías se componen de elementos rígidos esbeltos, en contraposición a las superficies sólidas. Estos elementos se combinan de diferentes maneras a través de bisagras, lo que permite obtener diversas composiciones y morfologías que se pueden modificar, explorar y estudiar hasta encontrar la solución más acertada. A diferencia de las tijeras, las celosías poseen el sistema de bisagras en los extremos de los elementos y no en el centro. Rivas Adrover considera las tijeras dentro de la categoría de celosías, ya que, en la etimología de la palabra, el concepto arquitectónico de celosías hace referencia a un tablero calado para cerrar vanos, que permite el paso de luz y aire, y esta es una característica de ambos tipos de componentes estructurales rígidos: celosías y tijeras.

Tijeras

Este sistema se compone de dos elementos rígidos, con dimensiones esbeltas, unidos en el medio por una articulación tipo pivote que le confiere articulación al sistema. Este tipo de estructuras puede desplegarse en un solo sentido con dirección recta si el pivote está exactamente en el centro de las tijeras, o puede generar superficies

con diferentes curvaturas, según la distancia del pivote respecto del centro de las barras. La agrupación de las tijeras y los nodos de articulación entre sí es lo que determinará el despliegue y la superficie final del sistema. Si se combinan varios sistemas de tijeras con articulaciones dobles se puede obtener estructuras que se desplieguen en dos direcciones.

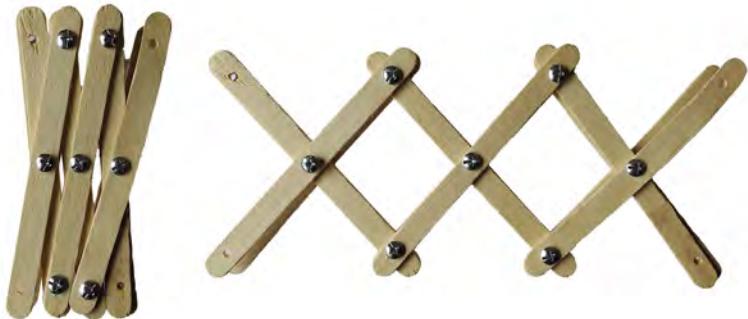


Figura 4. Estructura de celosías tipo tijeras. Fuente: Briones, María L. Elaboración propia, 2021

Sombrillas

Los sistemas de celosías pueden combinarse de diversas maneras y generar así diferentes formas y mecanismos. Las sombrillas son celosías que se pliegan y despliegan en torno a un centro, es decir, de forma radial. Por ende, su superficie desplegada generalmente es una circunferencia o una figura circunscripta en una. Al plegarse las sombrillas ocupan muy poco espacio, ya que todos los elementos quedan comprimidos en el centro.

Es necesario aclarar que todos estos sistemas pueden combinarse entre sí, enriqueciendo el diseño y generando estructuras que se desplieguen de diferentes maneras y en varias direcciones.

MATERIALES Y RECURSOS DE LA REGIÓN DEL NORDESTE ARGENTINO

Para continuar con el trabajo exploratorio, se estudiaron los materiales y recursos regionales factibles de ser utilizados en el desarrollo de las técnicas descriptas anteriormente. Así, se catalogaron los materiales en tres categorías: maderas, metales y otros; se describieron características y propiedades de cada uno para compararlos entre sí y determinar, según sus aptitudes, su posible uso en el desarrollo de estructuras

desplegables. De cada material se estudió peso, rigidez y resistencia estructural, características principales, vida útil y los recursos humanos y materiales necesarios para su manipulación. Para seleccionar los materiales que analizar, se consideró aquellos de mayor alcance comercial en el mercado regional, los de mayor oferta y demanda. En el caso de las maderas naturales, se estudiaron las especies que más se forestan en el NEA, según May y Seibane (2021, p. 15). A fin de comparar los materiales que se venden en láminas o placas (como chapas, tableros de madera conformados, tablas de maderas naturales, metal desplegado, tejido romboidal, etc.), se seleccionó la medida estándar más utilizada: 1,22 metros de ancho por 2,44 metros de largo por 0,018 metros de espesor. En cambio, para los materiales filares (caños, perfiles, listones, planchuelas, etcétera), se seleccionó un largo estimado de 6 metros.

I. Maderas

En esta categoría se analizaron los siguientes materiales: madera natural de pino elliotis, taeda y Paraná, madera natural de eucalipto grandis, placas de contrachapado, OSB, MDF y aglomerado. En relación con el peso, las tablas de madera maciza de pino elliotis, taeda y Paraná son las más livianas, con 21,43 kilogramos (kg), seguidas de las placas de tableros conformados, de las cuales los tableros contrachapados o terciados con 28,6 kg son los más livianos. Luego, los OSB, placas aglomeradas, tablas de madera maciza de eucalipto grandis y finalmente el MDF, con 37,51 kg. A pesar de ser las más livianas, las maderas naturales de pino y eucalipto son blandas, es decir, resisten medianamente a los esfuerzos de flexión y compresión paralela y corte; a excepción de la del pino eliottis, que es blanda a medida y responde un poco mejor a los esfuerzos de flexión. Aun así, las maderas naturales presentan mejor comportamiento estructural que los tableros conformados. De las placas más resistentes a las de menor capacidad estructural se observan: terciados, OSB, MDF y aglomerados, estos últimos con un módulo de elasticidad de 1600 Nt/mm² (Newton por milímetro cuadrado). La madera maciza más resistente es el pino Paraná, con 10.400 Nt/mm².

Respecto de la vida útil, las maderas al exterior no tienen larga duración. Las tablas naturales son poco durables, resisten de cinco a diez años al exterior y son susceptibles al ataque de hongos e insectos. El contrachapado puede resistir un poco más a la intemperie, siempre que esté protegido por pinturas o revestido. Todos los demás table-

ros conformados (OSB, MDF y aglomerados) no tienen resistencia en el exterior. Sin embargo, su uso en el interior aumenta considerablemente su durabilidad: los más resistentes son las maderas naturales, contrachapado y OSB, seguidos de placas de MDF y aglomerados, cuya durabilidad es muy inferior a la de los demás materiales. Esta característica mejora considerablemente si las placas están recubiertas por melamina u otra capa cubritiva, ya que, por su acabado, es difícil proteger el aglomerado con pinturas y las placas son quebradizas en los bordes.

En relación con los recursos humanos y materiales, para trabajar las maderas naturales se requieren conocimientos, herramientas y maquinarias típicas de carpintería, se recomienda que los elementos de corte estén bien afilados para evitar embotado. Para manipular estos materiales no se requiere mucho personal ni maquinarias, ya que son livianos y las placas son de dimensiones considerables para uno o dos obreros. Sin embargo, los tableros conformados requieren ciertos cuidados a la hora de trabajar: los terciados pueden clavarse, pero se recomiendan tornillos para su fijación a 1,5 cm de los bordes; para cortar el MDF se deben utilizar las herramientas a baja velocidad,

aunque también se pueden cortar con máquinas CNC; por último, las placas aglomeradas requieren el uso de herrajes y conexiones específicas, ya que sus bordes son quebradizos –como ya se nombró– y no soportan atornillado o clavado en los extremos.

II. Metales

En esta categoría se compararon: caño estructural, chapa lisa negra y galvanizada, chapa antideslizante y perforada, chapa sinusoidal galvanizada y cincalum, chapa trapezoidal galvanizada y prepintada, metal desplegado, perfil C y U galvanizado y laminado negro, planchuelas lisas y perforadas, tejido romboidal y perfiles galvanizados para construcción en seco. Se estudiaron los caños estructurales de 0,9 milímetros (mm) de espesor; con esta característica se pueden conseguir secciones circulares de 1", rectangulares de 1,25 centímetros (cm) x 2,5 cm y cuadrados de 2 cm de lado; de 4 a 8 metros de largo. Para chapas lisas negras y galvanizadas, antideslizantes y perforadas, se analizaron las de calibre N.º 18; y para las sinusoidales y trapezoidales, el calibre N.º 25. El metal desplegado analizado es el de rombos de 20 mm x 12 mm; en planchas de 1,22 metros de ancho, 2,40 metros de largo y 1,25 mm de espesor. Para los perfiles C y U se

eligieron las dimensiones de mayor demanda: 100 x 50 x 15 mm y 2 mm de espesor; y 100 x 50 mm x 2 mm de espesor, respectivamente. Las planchuelas lisas estudiadas son de 50,8 mm x 3,2 mm; y las perforadas, de 25,4 mm x 4,8 mm; ambas de 6 metros de largo. El tejido romboidal galvanizado tiene 1,25 metros de alto y viene en rollos de 10 metros de largo; las aberturas del rombo son de 50 mm y el diámetro del alambre 2,03 mm. Por último, los perfiles de chapa de acero galvanizada estudiados, normalmente utilizados para sostener placas de yeso, son los llamados "montantes", con 69 x 35 x 30 mm de lado, x 0,5 mm de espesor y 2,6 metros de largo. A fin de comparar sus características con los demás materiales, se consideraron dos perfiles de 2,6 metros de largo cada uno, para aproximar su dimensión total a 6 metros, es decir, se presumió un perfil de 5,20 metros de largo.

Ordenados del más liviano al más pesado, según kilogramo por unidad (Un), son: perfiles de chapa de acero galvanizada con 2,98 kg/Un. (considerando dos unidades), caños estructurales, tejido romboidal, planchuelas perforadas, planchuelas lisas, metal desplegado, chapas sinusoidales y trapezoidales, galvanizadas y prepintadas, chapa perforada, perfiles U negro y galvanizado,



chapas antideslizantes, perfiles C negro y galvanizado, chapa lisa galvanizada y finalmente, chapa lisa negra con 30 kg/Un.

El acero posee casi veinte veces mayor resistencia estructural que las maderas estudiadas, ya que su módulo de elasticidad es de 205,939,65 Nt/mm². Es por esto que, casi todos los materiales de este apartado presentan mejores condiciones estructurales que los de madera y otros. Es importante aclarar que los esfuerzos mecánicos y el comportamiento estructural de cada material varían según sus dimensiones y espesor, principalmente en los elementos filares, debido al momento de inercia. Esto también se observa en las chapas, cuyo espesor (calibre) condiciona la distancia de apoyo a la que se debe colocar la estructura de soporte. Sin embargo, las chapas sinusoidales y trapezoidales tienen mayor rigidez en sentido longitudinal debido a las ondulaciones y pliegues de su superficie. También se puede observar un cambio en la resistencia de los materiales con superficie agujereada, como las planchuelas y chapas perforadas, metal desplegado y tejido romboidal, cuya resistencia variaría según el tamaño de los agujeros y la distancia entre ellos: a mayor apertura, menor resistencia. Así mismo, el tejido romboidal requiere

estar tensionado y trabaja bien a la tracción, de lo contrario se deforma, ya que no puede sostenerse por sí mismo. Algo similar ocurre con los perfiles de chapa de acero galvanizada, que trabajan bien en conjunto, conformando un entramado rígido; de lo contrario pierden estabilidad y rigidez.

Respecto de la vida útil de los metales, los elementos de acero comúnmente llamado "negro" requieren protección y recubrimiento anticorrosión, y de esta forma tienen una vida útil de entre 30 y 50 años al exterior; este es el caso de los caños estructurales, chapas lisas negras, chapas perforadas, metal desplegado, perfiles C y U negros y planchuelas lisas y perforadas. Requieren un alto mantenimiento para mantener sus condiciones intactas. En contraposición, los perfiles y chapas galvanizados tienen protección contra la corrosión ambiental, por lo cual requieren un bajo mantenimiento y tienen una vida útil superior al acero negro y no precisan tratamientos extra. Las chapas prepintadas también tienen una vida útil superior al acero negro, aunque el color de la pintura expuesto a los agentes atmosféricos puede perder intensidad y brillo con el tiempo. Las chapas cincalum, por su parte, tienen una vida útil de dos a seis veces superior a las chapas galva-

nizadas. Es importante considerar que, los materiales galvanizados, chapas cincalum y trapezoidales requieren especial cuidado en el transporte y almacenaje, ya que podrían mancharse. Todos los metales estudiados multiplican su vida útil en el interior, siempre que no estén expuestos a la corrosión.

Los materiales de esta sección pueden trabajarse fácilmente con herramientas y maquinarias típicas de herrería y zinguería, como amoladora, taladro, tornillos autoperforantes, remaches, etc. En cuanto a los recursos humanos, los elementos son de fácil manipulación entre uno o dos operarios, dependiendo el tamaño de cada material, y no requieren mayor conocimiento que el uso adecuado de las herramientas y máquinas. Sin embargo, se debe prestar especial atención en la colocación de las chapas, ya que es necesario conocer solapes, pendiente y separación de correas mínima. Así mismo, para utilizar el metal desplegado, se requiere conocimiento especial para trabajar las uniones entre las mallas y con el soporte/marco. Finalmente, para usar los perfiles de chapa de acero galvanizada es necesario conocer los usos de los diferentes tipos de perfiles: montante, solera, omega, etc.; y la separación mínima y máxima entre sí.

III. Otros

Esta última categoría incluye chapas de policarbonato sinusoidal de 1,1 metros de ancho, 6 metros de largo y 8 mm de espesor y placas de yeso de 1,2 metros de ancho, 2,4 metros de largo y 12,5 mm de espesor. Las chapas de policarbonato sinusoidal pesan 2,90 kg/Un (de 2,44 metros de largo), lo que las vuelve cuatro veces más livianas que las chapas sinusoidales y trapezoidales metálicas. Por su parte, las placas de yeso tienen 23,33 kg/Un., es decir, son más pesadas que las chapas antideslizantes y perforadas y las tablas de madera maciza de pino, pero más livianas que las chapas lisas negras y galvanizadas, placas de terciado, OSB, MDF y aglomerado. Respecto de la resistencia estructural, las chapas de policarbonato sinusoidal poseen un módulo de elasticidad de 2400 N/mm², muy inferior a las chapas metálicas, tablas de madera natural y tableros conformados de madera, superando solo a las placas aglomeradas y placas de yeso. Estas últimas son el material más débil en cuanto a resistencia estructural, ya que no pueden mantenerse por sí solas y requieren una estructura soporte para ganar resistencia y estabilidad. Las chapas de policarbonato sinusoidal pueden emplearse en el exterior. Instaladas en cubiertas tienen una vida útil entre

cinco y quince años, y utilizadas en cerramientos verticales la vida útil aumenta considerablemente. Resisten sin problema a la exposición solar y lluvias; sin embargo, son frágiles ante granizo superior a 1 cm de diámetro, aunque las chapas con mayor espesor tienen más resistencia a estos fenómenos. Las placas de yeso no pueden usarse en el exterior (excepto aquellas específicas para tal uso, que poseen otras características). Colocadas en interiores, poseen una vida útil entre 40 y 60 años si se instalan correctamente, y tienen muy bajo mantenimiento.

Con referencia a los recursos necesarios, ambos materiales son de fácil manipulación, aunque requieren dos operarios o más. Es preciso el conocimiento de solapes entre chapas, pendiente y separación de correas mínima, así como los diferentes tipos de placas de yeso, fijaciones, juntas y terminaciones. Para la colocación de chapas de policarbonato sinusoidal se requieren cutter, amoladora, martillo de goma, taladro, silicona y sellantes, así como los soportes de onda y capuchones para los tornillos. En el caso de las placas de yeso, se necesitan los accesorios específicos para las terminaciones y fijaciones: cinta de papel microperforada, selladores, etc., y taladro, destornillador y cutter como herramientas.

CONCLUSIONES

Después de analizar los tipos de estructuras desplegables y los materiales y recursos disponibles en la región del NEA, se clasificaron convenientemente estos últimos, considerando los más aptos para cada tipo de técnica: de superficie sólida y celosías. Luego se compararon los materiales entre sí, para seleccionar aquellos con mayor factibilidad de aplicación en cada caso, teniendo en cuenta las características necesarias de las estructuras desplegables en arquitectura adaptable: ligereza, eficiencia y modulación. La eficiencia se consideró estableciendo una relación entre peso, resistencia estructural y vida útil del material.

De esta manera, para estructuras de superficies sólidas que estarán al exterior, se recomienda el uso de tejido romboidal galvanizado, chapas de policarbonato y metálicas prepintadas o galvanizadas, sinusoidales y trapezoidales, metal desplegado y chapas perforadas o antideslizantes, con estructura y marcos de soporte de caños estructurales, planchuelas y/o perfiles U o C galvanizados. Esta recomendación está basada en la vida útil de los materiales ante los agentes atmosféricos y su peso, priorizando



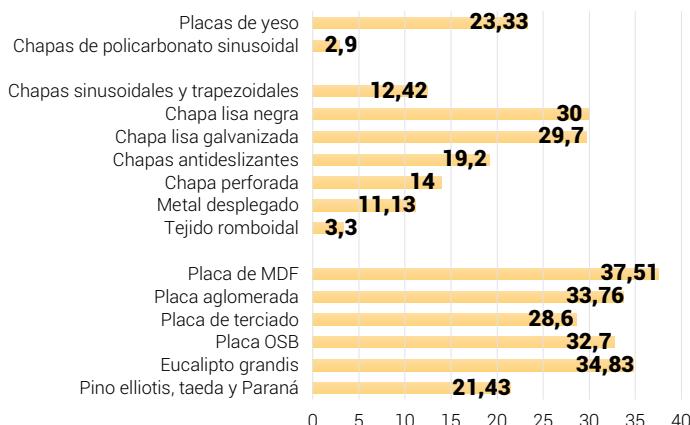
los más livianos y con mayor durabilidad (ver gráficos 1 y 2). Sin embargo, según el diseño y la técnica utilizada, se deberá tener en cuenta la configuración de los materiales nombrados (ondas, pliegues y perforaciones de las chapas, huecos del tejido y metal desplegado, espesores, etc.) y priorizar la eficiencia del sistema diseñado, para abaratar costos de estructura soporte y garantizar el fácil uso y maniobrabilidad de los sistemas desplegables, así como la estanqueidad y resistencia estructural. Se recomienda el uso de elementos galvanizados o pre pintados por sobre los metales del tipo "negro", ya que requieren tratamiento anticorrosivo y mayor mantenimiento.

Para el desarrollo de estructuras de superficies sólidas que se utilizarán en espacios interiores, además de los materiales ya nombrados, se podrían utilizar placas de yeso, tablas de madera maciza de diferentes tipos de pino y tableros de terciados. No se recomienda el uso de tablas de madera maciza de eucalipto grandis, placas de OSB, MDF y aglomerados, por su elevado peso, ya que dificultaría el movimiento de la estructura, y por sus características de **trabajabilidad** y vida útil. Para la estructura y marcos de soporte se podrían utilizar caños estructurales, planchuelas, perfiles U o C, listones

Gráfico 1

PESO EN KILOGRAMOS DE MATERIALES SUPERFICIALES

(que se venden en láminas o placas)

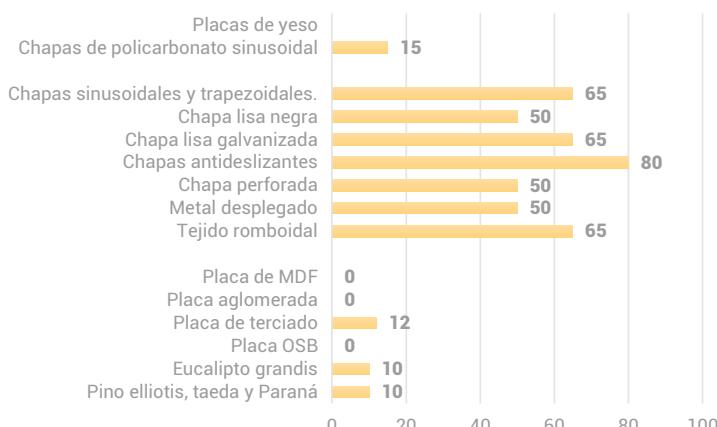


Fuente: Briones, María L. Elaboración propia, 2021

Gráfico 2

VIDA ÚTIL DE MATERIALES SUPERFICIALES

(que se venden en láminas o placas) en el exterior



Fuente: Briones, María L. Elaboración propia, 2021

de madera natural y, si el peso del sistema lo permite, perfiles de chapa de acero galvanizada.

Otro aspecto esencial para seleccionar estos materiales fueron las dimensiones estandarizadas, que permiten combinar diferentes

elementos (si fuera necesario). El ancho de ellos varía en pocos centímetros, entre 1 metro a 1,20 metros; y el largo, de 2 metros a 2,44 metros. En el caso de las chapas sinusoidales y trapezoidales (metálicas y plásticas), el largo se puede solicitar al proveedor según los re-

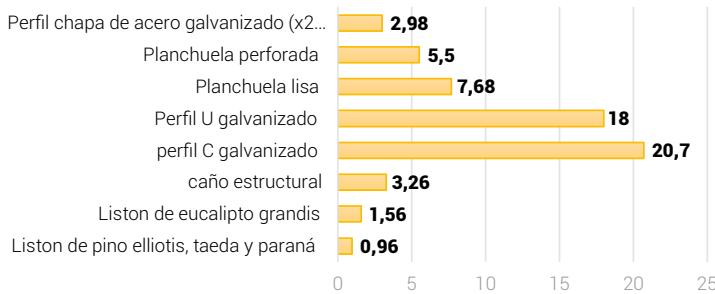
querimientos, pudiendo adaptarse a 2 metros o 2,44 metros de largo, para alcanzar la modulación requerida en el sistema.

Finalmente, para estructuras desplegables del tipo celosías, se recomienda utilizar perfiles de chapa de acero galvanizada, ya que son los más durables y están dentro de los más livianos de los materiales filares analizados, como se observa en los gráficos 3 y 4. Sin embargo, si la estructura debe soportar más peso del que resisten estos perfiles, se recomienda utilizar para exterior caños estructurales y planchuelas lisas o perforadas, según sea más oportuno. Así mismo, si las celosías estarán dispuestas en un espacio interior, es factible el uso de listones de madera natural, convenientemente tratados, para aumentar su vida útil. Es pertinente verificar si las maderas de la región, que son del tipo blandas, resistirían el rozamiento que generan las articulaciones de este tipo de estructuras, para estimar si evidentemente es recomendable su uso en la generación de celosías.

Gráfico 3

PESO EN KILOGRAMOS DE MATERIALES FILARES

(caños, perfiles, listones, planchuelas)

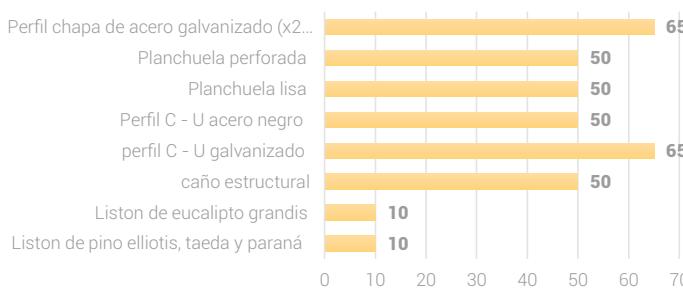


Fuente: Briones, María L. Elaboración propia, 2021

Gráfico 4

VIDA ÚTIL DE MATERIALES FILARES

(caños, perfiles, listones, planchuelas) en el exterior



Fuente: Briones, María L. Elaboración propia, 2021

El trabajo demostró que el ajuste de las técnicas y estructuras de la arquitectura adaptable a los recursos materiales y humanos disponibles en el NEA es posible. Los materiales del mercado regional bien



podrían utilizarse para desarrollar, con mano de obra local, estructuras desplegables de superficie sólida y del tipo celosías. El uso de estas tecnologías permitiría el desarrollo de viviendas con espacios, techos, galerías, cerramientos, capaces de modificar su posición para adecuarse a los requerimientos climáticos y funcionales de cada usuario. Estos conceptos mejorarían la eficiencia energética de las viviendas y fomentarían el avance tecnológico que nos apremia día a día. Las aplicaciones son múltiples.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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).
- Balaguer Palacios, J.** (2020). *Arquitectura adaptable. Aproximación al concepto mediante el diseño y construcción de un proyecto de pequeña escala*. Valencia, España: Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universitat Politècnica de Valencia.
- Currie, L. & Alías, H.** (2020). Análisis del consumo eléctrico de una vivienda de producción estatal sobre la base de superficies, gestión de uso y evolución en el tiempo. Tipología de vivienda de 1980, ciudad de Corrientes. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas anuales 2020*. 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). LNEG-Laboratório Nacional de Energia e Geologia.
- Fisch, S.; Etulain, J. & Pagani, G.** (2011). Las problemáticas conceptuales para el diseño de la vivienda contemporánea. *Cuaderno Urbano*, 11. Resistencia, Chaco. Argentina.
- Gómez Ruiz, C. & Granados Mantilla, C.** (2013). *Aplicabilidad de un diseño de una envolvente dinámica a una edificación*. Facultad arquitectura y artes. Universidad Piloto de Colombia.
- May, P. & Seibane, C.** (2021). *Curso Introducción a las Ciencias Agrarias y Forestales REGIÓN-NEA (Noreste Argentino)*. Aula virtual, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata.
- Real Academia Española** (2013). *Diccionario práctico*. Nueva edición. Editorial Grijalbo. Argentina.
- Rivas Adrover, E.** (2015). *Estructuras desplegables. Arquitectura, ingeniería y diseño*. Promopress Editions.