

- ▲ **Palabras clave/** Autoconstrucción, hábitat, materiales, participación.
- ▲ **Keywords/** Self-construction, habitat, materials, participation.
- ▲ **Recepción/** 20 de julio de 2019
- ▲ **Aceptación/** 04 de febrero de 2020

Un sistema constructivo apropiable adaptado a México: El caso de la familia Domínguez

An appropriable construction system adapted to Mexico: The case of the Domínguez family

Lucía Martín-López

Arquitecta, Universidad Politécnica de Madrid.
Doctora en Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid.
Profesora investigadora, Tecnológico de Monterrey, Campus Querétaro, México.
luciamartinlopez@tec.mx

Rodrigo Durán López

Arquitecto, Universidad Anáhuac México.
Maestro en Arquitectura, Diseño y Construcción Sustentable, Universidad del Medio Ambiente, México.
Investigador asociado, Universidad Anáhuac México.
rodrigo.duranlo@anahuac.mx

RESUMEN/ Ciertos sectores de México enfrentan un problema de escasez de vivienda a raíz de las estrategias de producción adoptadas por el Estado desde la segunda mitad del siglo XX. Organizaciones donadoras de vivienda han tratado de satisfacer esta demanda a través de numerosas propuestas, muchas de las cuales no son apropiadas para los beneficiarios, excluyen a usuarios con necesidades distintas al promedio y utilizan sistemas constructivos no apropiables. El objetivo de esta investigación aplicada es analizar diversas formas de construcción flexible y de bajo costo, seleccionar aquellas que sean más fácilmente replicables por los habitantes de forma autónoma y frente a distintos requerimientos económicos, espaciales y físicos, e implementarlas con beneficiarios concretos. Este artículo muestra el caso de la familia Domínguez, para la que se seleccionaron las placas prefabricadas de cerámica armada adaptándolas a la sismicidad y los materiales locales con el fin de diseñar conjuntamente y autoproducir su vivienda progresiva. **ABSTRACT/** Certain sectors of Mexico face a problem of housing shortage as a result of the production strategies adopted by the State since the second half of the 20th century. Housing donor organizations have tried to meet this demand through numerous proposals, many of which are not appropriate for the beneficiaries, exclude users with different than average needs, and use non-appropriate building systems. The objective of this applied research is to analyze various forms of flexible and low-cost construction, select those that are more easily replicable by the inhabitants autonomously and in the face of different economic, spatial and physical requirements, and implement them with specific beneficiaries. This article shows the case of the Domínguez family, for which the prefabricated reinforced ceramic plates were selected, adapting them to seismicity and local materials in order to jointly design and self-produce their progressive home.

INTRODUCCIÓN

El fenómeno de la autoconstrucción en México se debe, por un lado, a las estrategias de producción de vivienda adoptadas por el Estado a mediados del siglo pasado que, mediante políticas públicas estatales, federales e incluso internacionales, detonaron una fuerte migración rural-urbana (Centro de Investigación para el Desarrollo Sostenible 2017) y por otro, al modelo surgido hace un par de décadas donde el Estado cambió su rol activo a favor del mercado,

dejando de ser proveedor de viviendas para convertirse en facilitador (Ortiz 2012). A raíz de estos cambios en el panorama general, aumentó la demanda de vivienda y se iniciaron esfuerzos para satisfacerla, liderados principalmente por terceros. En ese contexto, aparecieron dos aparentes soluciones: una especulativa guiada por empresarios de la construcción y otra encabezada por instituciones y organizaciones sin ánimo de lucro. Este texto se centra en las segundas, las cuales, a través de patrocinios de diferentes actores,

donan viviendas a usuarios que califican como beneficiarios. Se ha observado que las casas donadas por algunos programas gestionados por organizaciones sin ánimo de lucro en México muestran una tendencia a minimizar los costos de producción sin maximizar el valor de habitabilidad de los hogares. Estos entienden la vivienda como un producto de mercado, prefabricado, que se instala en el sitio sin adaptarse a las condiciones o necesidades locales debido a que el modelo, cuya calidad no suele ser la idónea,

se repite iterativamente sin modificarse. La invariabilidad y la inadaptabilidad de los diseños de las viviendas se deben a la complejidad y poca flexibilidad de los procedimientos legales, económicos y logísticos de los que dependen estas organizaciones. De este modo, el proceso suele dejar fuera a terrenos estrechos, con pendientes pronunciadas o geometrías complejas, materiales y sistemas constructivos locales y a usuarios con necesidades distintas al promedio. Estas condiciones de operación, donde no se contempla la participación de los beneficiarios, forman parte de las conocidas “prácticas asistencialistas” (Fuentes 2008). En su texto *Construir con la razón y los sentidos*, Jesús Aparicio escribe que: “Siendo la técnica el arte en la disposición de los medios para la ejecución material de un pensamiento artístico y la construcción su ejecución material, no es extraño que el arquitecto haya buscado esta sistematización o estandarización como soporte de sus ideas” (Aparicio 2008). Muchos de estos actores de “prácticas asistencialistas” se han apropiado de ese concepto. Sin embargo, en estos casos la sistematización, lejos de ser una cualidad positiva, se transforma en un impedimento para incluir a los futuros habitantes en los procesos de producción de vivienda. No permitir que las familias participen en los procesos de construcción de su hábitat no solo es una de las principales causas de que



Figura 1. Mapa de la República mexicana indicando la localización del estado de México y del estado de México ubicando el Municipio de Huixquilucan (fuente: Elaboración propia, 2018).

una vivienda sea inapropiable, sino también de que surjan problemas sociales de otras índoles, como el abandono de las viviendas entregadas o la falta de participación en los procesos ciudadanos porque los beneficiarios se sienten excluidos. Este es el caso del “Programa A”¹ de donación de vivienda que opera en Huixquilucan de Degollado, un municipio en el estado de México (figura 1). Huixquilucan tiene un nivel de marginación alto debido a que muchas de sus viviendas no cuentan con saneamiento ni agua potable, y tienen piso de tierra. Esto ha atraído a agentes privados y públicos que producen vivienda por medio de mecanismos asistencialistas.

Específicamente y hasta 2017, el “Programa A” había donado 102 viviendas en esta zona. Según los datos obtenidos a través de la geolocalización de las casas y encuestas realizadas a sus habitantes, el 9,4% fueron abandonadas, el 3,78% rentadas y el 10% demolidas debido a la falta de integración de las familias beneficiarias en los procesos de diseño y construcción (imagen 1). En este contexto reside la familia Domínguez, que posee un lote de 64 m², el cual mide cuatro metros de frente y 16 m de profundidad, y se caracteriza por un difícil acceso y gran pendiente. La familia de ocho miembros se encuentra en situación de pobreza patrimonial y por ingreso. El jefe de hogar padece una discapacidad visual y



Imagen 1. Casas del “Programa A” de donación de vivienda en Huixquilucan. a / Retiro de muros interiores de la vivienda por parte de sus habitantes. b / Vivienda abandonada. c / Vivienda en proceso de demolición (fuente: Elaboración propia, 2018).

¹ Se mantendrá la confidencialidad de los programas de donación de vivienda analizados en esta investigación por cuestiones éticas.

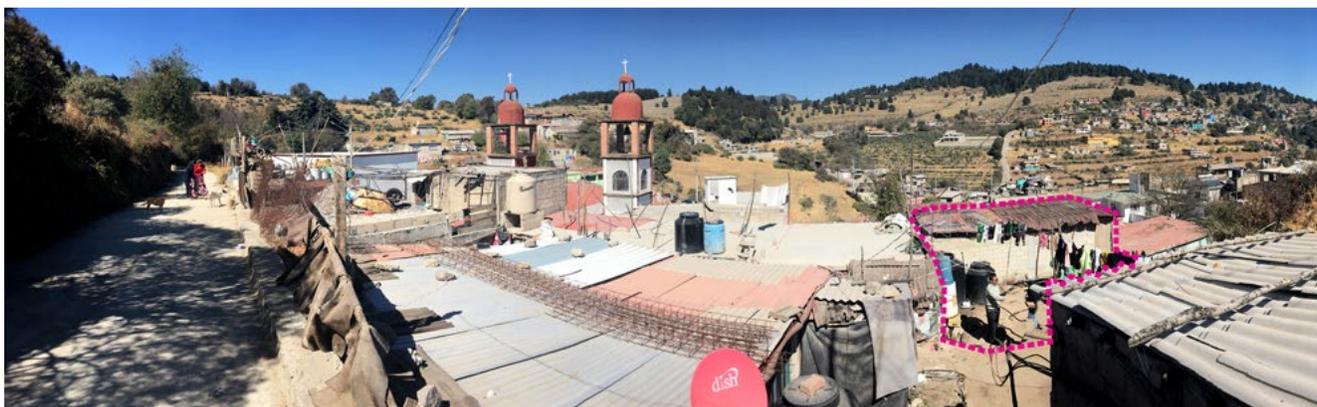


Imagen 2. Contexto inmediato del lote de la Familia Domínguez. La zona señalada corresponde al habitáculo donde actualmente residen (fuente: Elaboración propia, 2018).

en la actualidad viven todos en un cuarto de 4 x 4 m, delimitado por láminas metálicas, madera de desecho y piso de tierra (imagen 2). Por la imposibilidad de demostrar ingresos superiores a ocho veces el salario mínimo diario y no ser derechohabiente de ninguna institución del Estado (ni de seguridad social, ni de vivienda), la familia Domínguez se vio obligada a buscar apoyo en organizaciones sin ánimo de lucro que contaran con programas subsidiados que pudieran coadyuvar en la construcción de su vivienda.

A pesar de cumplir con las condiciones legales, sociales y económicas que requiere cualquiera de estos programas, la familia Domínguez no pudo acceder debido a que el tipo de vivienda ofrecido (específicamente el prototipo del “Programa A”) no cabía en su lote estrecho. Es por ello que la familia contactó a los autores para conseguir una respuesta a su déficit habitacional. El proyecto de la Casa Domínguez se asignó al Centro de Investigación de Arquitectura de la Universidad Anáhuac México y se está desarrollando por el Clúster de Investigación en Proyectos Sociales constituido por investigadores, profesores y alumnos de Licenciatura en Arquitectura de la misma Universidad. Este equipo se concentró

no solo en la problemática de la familia Domínguez, si no también en estudiar el fenómeno con una perspectiva más amplia, sistematizando la respuesta a través de un modo de actuar y no únicamente mediante la entrega de un producto. Este artículo forma parte de esa amplia búsqueda de respuestas y su objetivo es

analizar diversas formas de construcción flexible y de bajo costo, seleccionar aquellas que sean más fácilmente replicables por los habitantes de forma autónoma y ante distintos requerimientos económicos, espaciales y físicos, e implementarlas con beneficiarios concretos.

	Superficie construida (m²)	Superficie útil (m²)	Costo unitario (\$/m²)	Costo total (\$)	Tiempo de construcción (días)	Número de personas para construcción	Número de habitantes máximo	Ampliación planeada en proyecto	Uso de materiales locales	Construcción apropiable por los habitantes	
	Tipo 1	31	31	120,000	120,000 + subsidios	3	20-35	4	no	no	no
	Tipo 2	31	31	120,000	120,000 + subsidios	3	20-35	4	no	no	no
	Tipo 3	38	38	120,000	120,000 + subsidios	3	20-35	4	no	no	no
	Tipo 4	38	38	120,000	120,000 + subsidios	3	20-35	4	no	no	no
	Tipo 5	42	42	120,000	120,000 + subsidios	3	20-35	4	no	no	no
	Tipo 6	42	42	120,000	120,000 + subsidios	3	20-35	4	no	no	no
	Tipo 7	48	48	120,000	120,000 + subsidios	3	20-35	4	no	no	no
	Tipo 8	48	48	120,000	120,000 + subsidios	3	20-35	4	no	no	no

Figura 2. Comparación de los ocho modelos de vivienda ofertados por el “Programa A” (fuente: Elaboración propia, 2017).

MÉTODO

El trabajo desarrollado para esta investigación se ejecutó en dos grandes bloques. Uno de ellos está vinculado con el conocimiento del contexto del “Programa A”, de sus beneficiarios y requerimientos. El otro está relacionado con la exploración de sistemas de construcción flexible alternativos, aplicables en las viviendas de estas familias.

El primer bloque se dividió en dos procesos: **1.** La recopilación de datos de archivo y la entrevista libre a los miembros directivos del “Programa A” para identificar su problemática. Y el análisis sistemático de los procesos y modelos de la vivienda ofertada desde distintos enfoques (selección de beneficiarios; participación; morfotipología de los modelos de vivienda; usos; flexibilidad; progresividad; materialidad; modificaciones; presupuesto; financiamiento, etc.). Los resultados se compilaron en una serie de tablas comparativas de las que mostramos en el siguiente ejemplo (figura 2).

2. El diseño de un formulario a completar por los habitantes de las viviendas construidas por el “Programa A”, haciendo énfasis en los aspectos estudiados en el paso anterior, para evaluar el comportamiento de los modelos con el paso del tiempo, complementado por los investigadores en gabinete con dibujos y fotografías (figura 3). Hasta el momento, 53 de las 96 familias beneficiarias han completado el formulario, obteniendo un nivel de confianza de los datos del 95%, con un margen de error del 9%.

Para el segundo bloque se ejecutaron cuatro procesos:

1. Identificación de los sistemas constructivos que ofertan los programas de donación de vivienda que actúan en Huixquilucan indicados en la tabla 1 y de los cuales se desarrollan en este texto los *bloques de concreto celular autoclaveado* y los *paneles de poliestireno expandido*.

2. Localización y análisis de formas de construcción flexible y de bajo costo, fácilmente replicables por los habitantes



Figura 3. Formularios de evaluación de las viviendas de dos familias beneficiarias del “Programa A” (fuente: Elaboración propia, 2017).

Sistemas constructivos que ofertan los programas de donación de vivienda en Huixquilucan	Producción local	Fácil apropiación	Autoproducción unifamiliar	Posible obtención de subsidio
Bloques de concreto celular autoclaveado	No	Sí	No	Sí
Paneles de poliestireno expandido	No	No	No	Sí
Bloque de concreto	No	Sí	No	Sí

Tabla 1. Sistemas constructivos que ofertan los programas de donación de vivienda en Huixquilucan y criterio de selección (fuente: Elaboración propia, 2020).

Formas de construcción flexible y de bajo costo	Producción local	Fácil apropiación	Autoproducción unifamiliar	Posible obtención de subsidio
Bloques de tierra compactada y estabilizada	Sí	Sí	No	Sí
Placas prefabricadas de cerámica armada	Sí	Sí	Sí	Sí
Ladrillo cerámico	Sí	Sí	No	Sí
Madera	No	Sí	Sí	No
Adobe	Sí	Sí	Sí	No
Bahareque	Sí	Sí	Sí	No

Tabla 2. Listado de formas de construcción flexible y de bajo costo fácilmente replicables por los habitantes de Huixquilucan y criterio de selección (fuente: Elaboración propia, 2020).

de Huixquilucan (tabla 2). En este texto se presentan los *bloques de tierra compactada y estabilizada* y las *placas prefabricadas de cerámica armada*.

3. Adaptación de las *placas prefabricadas de cerámica armada* de forma empírica a la sismicidad y los materiales locales de Huixquilucan.

4. Implementación del sistema constructivo adaptado en el proyecto de la vivienda progresiva diseñada en conjunto con la familia Domínguez².

ESTADO DEL ARTE

Actualmente, los sistemas de producción de vivienda –tanto dirigidos por empresas como guiados por organizaciones sin ánimo de lucro– califican su desempeño a través de formas cuantitativas. Es decir, su éxito se mide en función del número de viviendas que construyen en el menor tiempo posible. Esta forma de evaluación obliga por un lado a simplificar la toma de decisiones en el diseño y por el otro, a elegir sistemas constructivos especializados y estandarizados, lo que lleva a la exclusión de los habitantes en los procesos de diseño y construcción de sus casas. Al respecto, Christopher Alexander señala que los sistemas de producción de vivienda actuales definen un patrón de control que hace casi imposible que las cosas se hagan cuidadosas o *apropiadamente* porque, casi sin excepción, las decisiones están en las manos equivocadas, se toman desde lugares muy alejados del espacio concreto donde tienen impacto y, en conjunto, hay gran disparidad entre la organización y el control de las decisiones y las necesidades de pertinencia y adaptación que realmente requiere el sistema de producción de vivienda (Alexander, Davis, Martínez y Corner 1985). En el caso de los sistemas de producción asistencial de vivienda, estos no dependen de grandes volúmenes de producción para ser rentables ya que muchos de ellos operan con donativos y subsidios. Sin embargo y a pesar de ello, la organización y la toma de decisiones no pasa en ningún momento por los beneficiarios y se responde igualmente

con diseños que presuponen composiciones familiares estándar y que son construidos conforme a sistemas que permiten llevarlos a cabo en tiempos sumamente cortos.

Para este texto se seleccionaron algunos de estos sistemas constructivos de rápida ejecución cuyas piezas pueden ser manipuladas por personal no especializado debido a su bajo peso y facilidad de montaje. Estos sistemas se clasifican en los siguientes dos grandes grupos: muros compuestos por bloques (*bloques de concreto celular autoclaveado* y *bloques de tierra compactada y estabilizada*) y muros compuestos por paneles (*paneles de poliestireno expandido* o *placas prefabricadas de cerámica armada*). Dentro del grupo de los bloques ligeros se analizó en primer lugar el sistema de marcos de concreto armado y *bloques de concreto celular autoclaveado* utilizado por el “Programa B”. Este programa surgió como respuesta transitoria a las afectaciones derivadas de los sismos de 2017 en México. Los bloques prefabricados fueron adquiridos por el “Programa B” y transportados a los distintos sitios afectados por el desastre para la construcción del mismo prototipo de vivienda. Cada una de las piezas mide 90 x 20 x 10 cm. El bloque utilizado se caracteriza por ser cuatro veces

más ligero que el concreto, lo que le permite dimensiones mayores que los bloques de concreto convencionales y facilita las operaciones de corte, clavado y perforación por parte de mano de obra especializada y familiarizada con el producto ().

Dentro del grupo de los paneles ligeros se estudiaron los paneles de poliestireno expandido que utiliza el “Programa A”, iniciativa que cada año construye y dona 10 viviendas en Huixquilucan. Los paneles constan de una estructura tridimensional de acero de alta resistencia con un alma de poliestireno expandido que funge como aislamiento térmico y acústico. Cada panel mide 122 x 244 x 7,5 cm. Dada sus dimensiones y facilidad constructiva, este sistema permite realizar edificaciones en muy poco tiempo, pero, por lo mismo, es poco adaptable a situaciones espaciales complejas y poco modificable en caso de que los habitantes de las viviendas así lo requieran (figura 5).

Los dos sistemas descritos anteriormente cuentan con características muy similares ya que tienen grandes dimensiones, son ligeros y fáciles de transportar y armar. Si bien se trata de ventajas para los constructores, ¿qué sucede con los habitantes de lo construido? En ambos casos, son materiales que no se encuentran disponibles

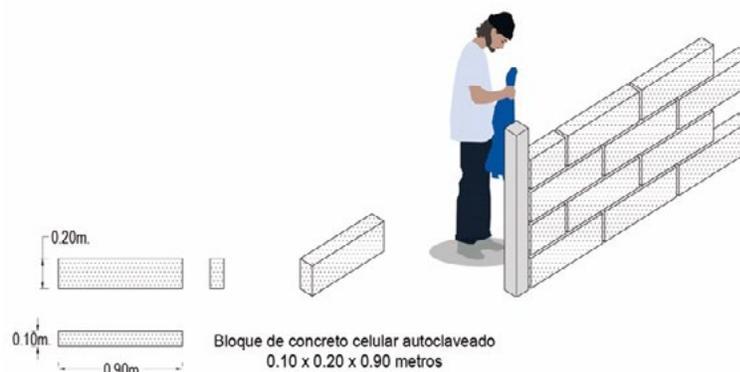


Figura 4. Bloque de concreto celular autoclaveado (fuente: Elaboración propia, 2018).

² Para más datos sobre el proceso de diseño conjunto, se puede consultar el artículo “Habitar sin la vista. Proyectar con las manos” (Martín y Durán 2018).

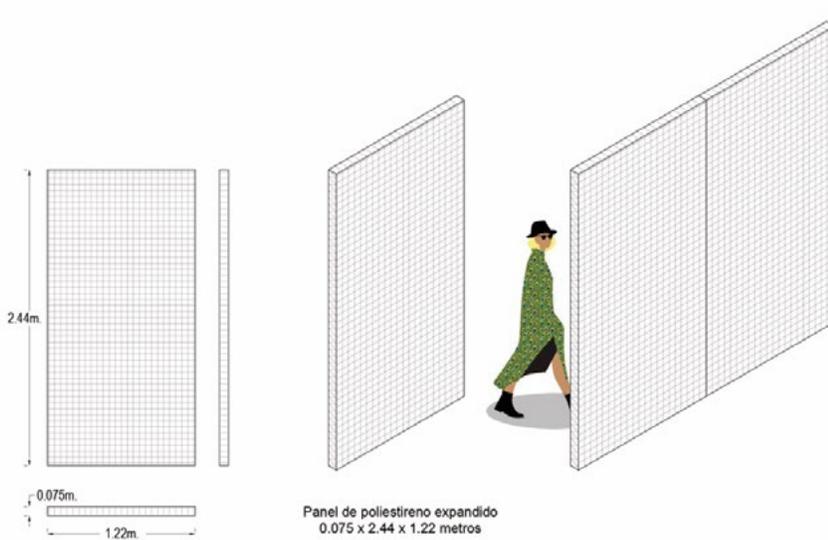


Figura 5. Paneles de poliestireno expandido (fuente: Elaboración propia, 2018).

localmente y resultan caros para las familias beneficiarias, quienes difícilmente pueden modificar la construcción una vez que los materiales han sido aplicados a un espacio. Por lo tanto, constituyen soluciones constructivas poco apropiables por los usuarios, quienes tampoco participan activamente en el proceso de construcción. También vale la pena destacar que ambos sistemas tienen diferencias medioambientales importantes. La huella de carbono del bloque es relativamente baja en comparación con el panel de poliestireno expandido, característica muy importante a

considerar en la actualidad (tabla 3). Como se ha visto, es necesario orientar la mirada hacia el habitante como parte indispensable de los procesos de producción de vivienda si se desea hacer las cosas *apropiadamente*, según Alexander. Citando a Josep María Montaner, “afortunadamente diversas vertientes de la posmodernidad han contribuido a dar entrada a la experiencia como contrapunto del despotismo de la razón y de la mirada única, en favor de un tipo de proyecto inclusivo que incorpore la perspectiva de género, la mirada de y hacia el “otro”

y el objetivo de la participación en la arquitectura” (Montaner 2015). En ese sentido, existen experiencias constructivas con resultados valiosos, de las cuales en este texto se revisan dos, cada una englobada dentro de los dos grandes grupos anteriormente mencionados. En el grupo de los elementos basados en bloques ligeros, se analizó el sistema de *bloque de tierra compactada y estabilizada*, utilizado por el “Programa C”. Estos bloques se fabrican *in situ* a partir de la conformación de una comunidad de 30 familias. Una vez que esta comunidad está dispuesta a solicitar créditos y a trabajar en la construcción de sus casas en conjunto, el “Programa C” coloca una máquina productora de *bloques de tierra compactada y estabilizada* en la localidad y capacita a las personas (figura 6). Cada pieza producida mide 30 x 10 x 15 cm. Su facilidad de uso y la incorporación de materiales locales en el proceso permite la operación del programa en cualquier región del territorio nacional. El último ejemplo presentado corresponde al grupo de los sistemas de paneles ligeros, las *placas prefabricadas de cerámica armada*. Estas placas están conformadas por piezas cerámicas o tabiques de barro rojo recocido, unidos con concreto y reforzados en su lado largo con alambre de acero. Se producen *in situ* de acuerdo con las necesidades de cada proyecto y con ligeras variaciones pueden cumplir las funciones de muro, tímpano, cumbra, instalaciones y techo (Centro Experimental

PANEL DE POLIESTIRENO EXPANDIDO			BLOQUE DE CONCRETO CELULAR AUTOCLAVEADO		
CO ₂ e	3300	g/kg	CO ₂ e	442,3	g/kg
CO ₂ fósil	2500	g/kg	CO ₂ fósil	429,2	g/kg
CH ₄	31	g/kg	CH ₄	0,49	g/kg
N ₂ O	0	g/kg	N ₂ O	3,5x10 ⁻⁶	g/kg
CO ₂ consumo	0	g/kg	CO ₂ consumo	-	g/kg

Tabla 3. Comparación entre los dos sistemas constructivos en base a prefabricados. El CO₂e es la suma de las emisiones de combustibles fósiles calculadas con ayuda de factores de peso IPPC (para 100 años). La cifra para el CO₂e excluye tanto las emisiones de dióxido de carbono biogénico como el carbono capturado (fuente: Elaboración propia en base a datos de Ruuska [2013], 2018).

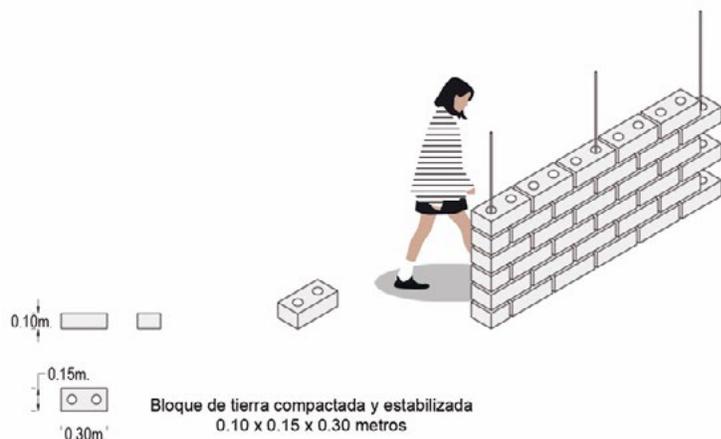


Figura 6. Bloque de tierra compactada y estabilizada (fuente: Elaboración propia, 2018).

de Vivienda Económica 2019). Cada una de estas placas mide 43 x 227 x 6 cm, medidas que dependen de manera directa de las medidas del tabique seleccionado para su construcción (figura 7).

Estos últimos dos sistemas constructivos coinciden en la posibilidad de ser ejecutados *in situ*, lo que hace más lento el proceso de producción de la vivienda. Sin embargo, permite la participación de las comunidades en el diseño y la construcción, lo que disminuye la cantidad de mano de obra y economiza las casas. Asimismo, los materiales de ambos sistemas provienen directamente de la tierra, lo que Hagerman (2018) destaca en sus textos como una decisión que crea un diálogo permanente con el lugar y la cultura.

DISCUSIÓN Y RESULTADOS

Simultáneamente al trabajo descrito con anterioridad, se realizaron varios encuentros con la familia Domínguez a través de entrevistas semiestructuradas, las que permitieron conocer las características socioculturales de la familia y su contexto físico-ambiental. Estas conversaciones sirvieron para entender que para los Domínguez vivir implica dos aspectos: por un lado, mejorar y por el otro, producir. A partir de estas premisas, la vivienda tiene sentido inmersa en numerosos

procesos, como ente autoproducido por las manos de la familia Domínguez y como artefacto económico que forma parte de las dinámicas progresivas de crecimiento y mejora de la familia, entre otros.

El anterior análisis de los materiales se mostró a la familia Domínguez (figura 8) y ellos mismos descubrieron la esencia local y colaborativa de los dos últimos sistemas, seleccionando para su vivienda

las *placas prefabricadas de cerámica armada* y comprometiéndose a colaborar en la producción de los materiales y la construcción de su casa. Este compromiso les permitía mejorar el rendimiento económico reflejado en más metros cuadrados construidos al reducir la mano de obra. La implementación de las *placas prefabricadas de cerámica armada* "permite que el diseñador pase a ser únicamente un facilitador del proceso constructivo pudiendo la familia tomar las decisiones que ellos consideren para transformar su vivienda de acuerdo con sus necesidades. Esto estimula el empoderamiento y la inclusión de cada miembro de la unidad de convivencia dentro de ella misma y de su comunidad" (Martín y Durán 2018). La elección de este sistema económico y de fácil y rápida construcción posee ciertas restricciones estructurales ante los sismos y de impermeabilización frente a la época de lluvias. Por ello, se realizaron varias adecuaciones que se explican a continuación: En primer lugar, se modificó el sistema estructural evitando utilizar las placas como elemento autoportante. Se plantearon una



Figura 7. Placas prefabricadas de cerámica armada (fuente: Elaboración propia, 2018).

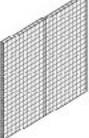
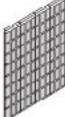
	Producción local	Fácil apropiación	Autoproducción unifamiliar	Posible obtención de subsidios
 Bloques de concreto celular autoclaveado	no	sí	no	sí
 Paneles de poliestireno expandido	no	no	no	sí
 Bloques de tierra compactada y estabilizada	sí	sí	no	sí
 Placas de cerámica armada	sí	sí	sí	sí

Figura 8. Comparación de los sistemas constructivos analizados para la familia Domínguez (fuente: Elaboración propia, 2018).

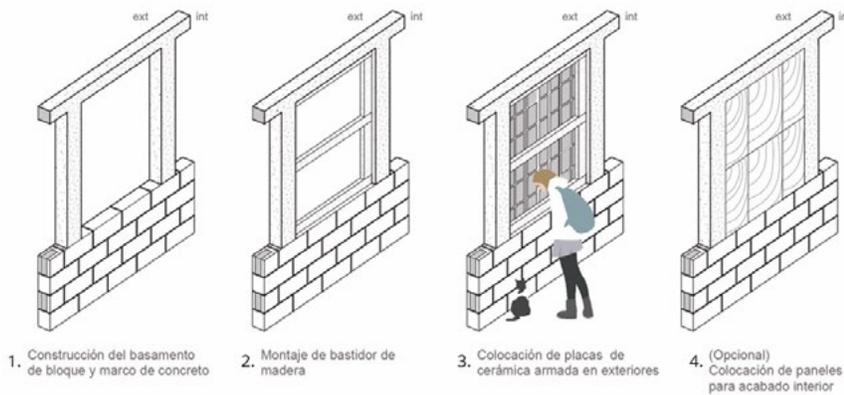


Figura 9. Montaje de las placas prefabricadas sobre zócalo de bloque de concreto y marco de hormigón armado embebido en el mismo (fuente: Elaboración propia, 2018).

serie de marcos rígidos de concreto armado estables frente a los sismos, a los que se les atornillan unos bastidores de madera sobre los que se colocan las placas. A su vez, la construcción dispone de un zócalo de 90 cm de bloque de concreto que evita la

entrada del agua a la estructura y estabiliza su base (figura 9). En cuanto al tamaño de las placas, este fue alterado respecto de sus medidas originales de acuerdo con las medidas del tabique (24 x 12 x 5 cm) y la fachaleta (24 x 12 x 1,4 cm) locales. De

esta manera, cada panel pasó a medir 80 x 48 cm (figura 10). Se propuso además una placa más pequeña para proporcionar mayor versatilidad en combinaciones y medidas cuyo ancho es de 32 cm. Se manejaron ambas opciones de placa con dos materiales; por un lado, el tabique y por otro la fachaleta, obteniendo cuatro tipos. Se fabricaron seis piezas de cada tipo –un total de 24 placas– para realizar pruebas de carga a compresión y a flexión, e identificar cuál de las dos opciones materiales era la recomendable de acuerdo con la relación óptima de costo, peso, velocidad de ejecución y resistencia. Durante el proceso de ejecución de los prototipos, se realizaron alteraciones en el armado de las placas de tabique para que estas pudieran tener un marco perimetral de alambroón de un cuarto de pulgada que evitara que los puntos de amarre se separaran de la pieza en caso de fuertes empujes laterales. También se añadió armado horizontal, necesario en caso de que la placa sufriera un esfuerzo en sentido horizontal. Esta decisión implicó que todas las juntas horizontales pasaran a medir 3 cm para poder colar adecuadamente el hormigón entre el alambroón y las piezas cerámicas, de modo que todas las placas, tanto las de tabique como las de fachaleta, pasaron a medir 86 cm de alto para facilitar el diseño al momento de combinar piezas. Por último, se ensayaron tres posibles formas de ejecutar los puntos de amarre. La primera es la que se especifica en los planos, que consiste en un tubo de PVC ahogado en el concreto a través del cual pasa el tornillo de fijación al bastidor de madera. El segundo amarre es aquel en el cual se coloca una varilla o redondo de acero de un cuarto de pulgada de manera transversal, que se retira antes de que el concreto termine de fraguar dejando un hueco por el cual pasa el tronillo de fijación. La última unión fue la elegida para seguir desarrollando, y consiste en incrustar un barrote de madera de sección circular de media pulgada que queda embebido en la placa y que se perfora con el tornillo

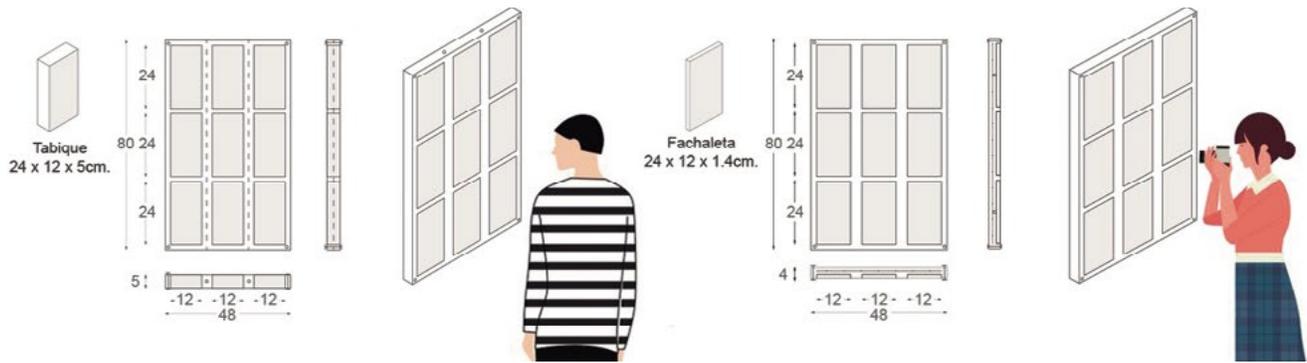


Figura 10. Placas de cerámica armada adaptadas. A la izquierda placa de tabique de 48 cm con alambón vertical de un cuarto de pulgada y a la derecha placa de fachaleta de 48 cm con malla de gallinero de acero standard de 1/8 25 mm (fuente: Elaboración propia, 2018).

a la hora de realizar la fijación, creando una unión más estable al reducir los micro movimientos de la pieza (figura 11). La fabricación de las 24 placas se realizó en cinco días por dos personas y una vez fraguadas, se comprobó que es posible transportarlas fácilmente por dos jóvenes. Tras este ensayo de ejecución y desplazamiento, se consideró que las placas son cómodamente repetibles por la familia Domínguez. Sin embargo, se está evaluando cuán apropiable es el proceso de colocación de las placas en los marcos estructurales de concreto. Hasta el momento, se observan algunas dificultades en el manejo de las placas por personas con menos fuerza, por ejemplo, algunas mujeres o adultos mayores, sobre todo al momento de levantar la pieza superior y anclarla al marco estructural de concreto (figura 12). Por esa razón se está revisando la posibilidad de aligerar las placas, ya sea reduciendo aún más la proporción de concreto, acero y cerámica, o utilizando un sistema constructivo diferente que use madera. A pesar de que esta última opción parece la más adecuada – puesto que la madera es un material ligero, amigable con el ambiente y permite una excelente prefabricación y modulación de los elementos– no se consideró desde un primer momento debido a que los planes



Figura 11. Proceso de elaboración de una placa cerámica adaptada de fachaleta y una de tabique: p.f.1 Cajón de madera; p.f.2 Colocación de malla de gallinero; p.f.3 Despiece de fachaleta; p.f.4 Colado de malla y fachaleta; p.f.5 Limpieza; p.f.6 Acabado final de placa de fachaleta. p.t.1 Cajón de madera; p.t.2 Colocación de armado de alambón; p.t.3 Despiece de tabique; p.f.4 Colado de armado de tabique; p.t.5 Limpieza; p.t.6 Acabado final de placa de tabique (fuente: Elaboración propia, 2018).

con financiamiento gubernamental no contemplan construcciones realizadas con materiales como el bambú, el bahareque o la madera. Por lo tanto, es preferible dejar esa posibilidad en último lugar para no restringir la opción de que la familia solicite un subsidio de ampliación de su vivienda en el futuro.

CONCLUSIONES

Este ejercicio se ha realizado para proponer un sistema constructivo alternativo a un programa desarrollador de vivienda, en el marco de una investigación de mayor alcance y desde el entendimiento de que la arquitectura contemporánea es un fenómeno de construcción social.

Los hallazgos específicos se centran, por un lado, en el anclaje de las placas, transformado de manera empírica en el proceso eliminando la manguera de PVC, y por otro, en la necesidad de modificar las dimensiones de las placas, ya que son pesadas para su manejo por algunas mujeres y menores de edad. Para continuar este análisis en el futuro, es importante recalcar que, en este caso, el tamaño de las placas prefabricadas de cerámica armada adaptadas depende de la modulación de la casa Domínguez y las reducidas dimensiones del lote. Por ello, se requiere explorar otros tamaños con el fin de no volver a estandarizar la construcción, pero que de todas maneras sea posible adaptarla a cualquier hogar. Igualmente, se considera importante repetir esta experiencia en otros casos de estudio reales con el fin de ampliar el catálogo de sistemas constructivos. En cuanto a futuras líneas de trabajo, se ha abierto la posibilidad de colaborar con el "Programa A" por medio de un proceso participativo con las familias del municipio para desarrollar un nuevo prototipo flexible y progresivo de vivienda que incorpore materiales apropiados y apropiables. Para ello se espera definir un sistema de toma de decisiones que facilite el proceso, estandarizando ciertas operaciones como pueden ser los despieces, los trazados o la albañilería. ▲■●

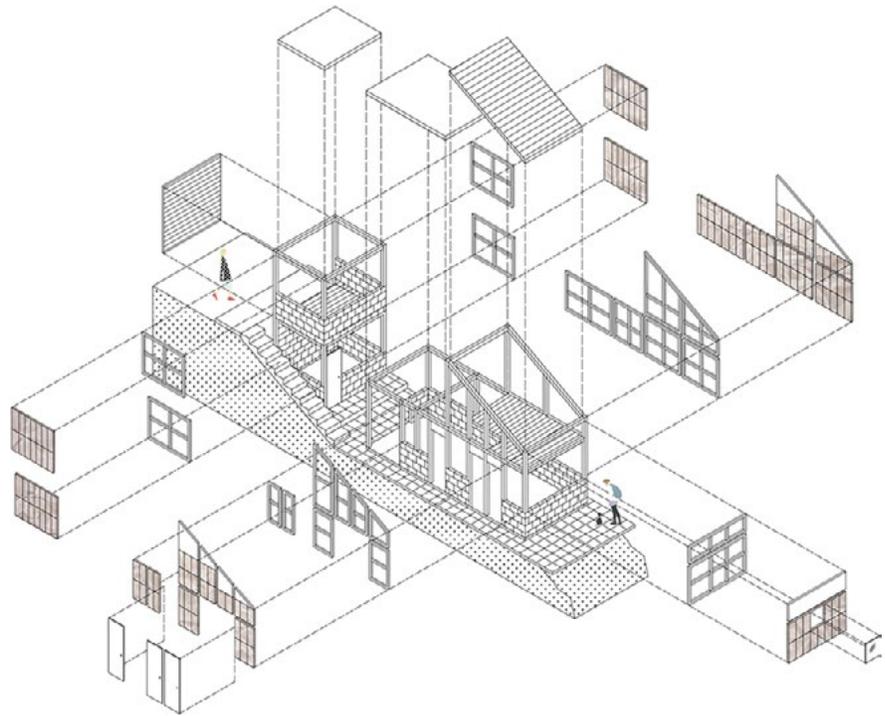


Figura 12. Despiece constructivo para la casa de la familia Domínguez aplicando las placas cerámicas adaptadas (fuente: Elaboración propia, 2018).

REFERENCIAS

Alexander, C., Davis, H., Martínez, J. y Corner, D., 1985. *The Production of Houses*. Nueva York: Oxford University Press.

Aparicio, J. M., 2008. *Construir con la razón y los sentidos: reflexiones docentes y de investigación*. Buenos Aires: Nobuko.

Centro de Investigación para el Desarrollo Sostenible, 2017. *Del Territorio al Habitante*. México: INFONAVIT.

Centro Experimental de Vivienda Económica, 2019. *Placas BENO*. Centro Experimental de Vivienda Económica. Recuperado de <http://www.ceve.org.ar/componentes-5.php>

Fuentes, M., 2008. "¿Asistencialismo o inversión social?". *El periódico de Guatemala*. 10 noviembre 2008.

Hagerman, O., 2018. *Oscar Hagerman. Arquitectura y diseño*. CDMX: Arquine.

Martín, L. y Durán, R., 2018. Habitar sin la vista. Proyectar con las manos. *Revista bitácora*. 39, 124-133. <http://dx.doi.org/10.22201/fa.14058901p.2018.39.67819>

Montaner, J. M., 2015. *Del diagrama a las experiencias, hacia una arquitectura de la acción*. Barcelona: GG.

Ruuska, A., 2013. Carbon footprint for building products. *VTT Technology* 115, 01-134.