

PROPUESTA DE VIVIENDA
ALTERNATIVA CON MUROS DE
BLOQUES HUECOS DE MORTERO DE
TRES CELDAS, PARA FAMILIAS DE
BAJOS INGRESOS. CASO DE ESTUDIO:
COPAINALÁ, CHIAPAS, MÉXICO

PROPOSAL FOR ALTERNATIVE HOUSING WITH THREE-
CELL MORTAR HOLLOW BLOCK WALLS, FOR LOW-INCOME
FAMILIES. CASE STUDY: COPAINALA, CHIAPAS, MEXICO

—

Arminda Martínez Álvarez
martinezalva.ar@gmail.com

Lorenzo Franco Escamirosa Montalvo
franco@unach.mx

FACULTAD DE ARQUITECTURA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIAPAS. MÉXICO



Para citar este artículo:

Martínez A., Ariminda, Escamirosa M., Lorenzo. (2020). Propuesta de vivienda alternativa con muros de bloques huecos de mortero de tres celdas, para familias de bajos ingresos. Caso de estudio: Copainalá, Chiapas, México. *Espacio I+D, Innovación más Desarrollo*. IX(22), 111-149. doi: <http://dx.doi.org/10.31644/IMASD.22.2020.a07>

RESUMEN

El sistema constructivo con mampostería de bloques huecos de mortero para los muros de viviendas, ha sido ampliamente estudiado y utilizado en México, Latinoamérica y en otros países; no obstante, las familias de bajos ingresos económicos que viven en las periferias de las ciudades, construyen viviendas improvisadas, con altos niveles de inseguridad e insalubridad. En este trabajo se analizan las características y condiciones de las viviendas de familias de bajos ingresos, en tres colonias periféricas a la ciudad de Copainalá, Chiapas, México, que recurren a la autoconstrucción de viviendas con mampostería de bloques huecos de mortero, con dos celdas, construidas con insuficiente confinamiento estructural, lo cual advierte problemas de inseguridad, vulnerabilidad ante la acción de movimientos sísmicos y posibles riesgos en la seguridad de los habitantes. Se presentan, además, los resultados obtenidos en los ensayos a compresión realizados a las piezas de bloques elaborados in situ por los habitantes, que comparados con los resultados de las piezas con tres celdas propuestas por el equipo de trabajo, hechas con la misma cantidad de materiales y con mejor compactación y curado del concreto, demuestran que la resistencia a la compresión promedio se incrementó 14.73%; también, se incluyen dos viviendas alternativas con mampostería integral, es decir, confinada estructuralmente a partir de colocar refuerzo de acero y concreto al interior de las celdas, en ambos sentidos y a lo largo y alto los muros, para aumentar la capacidad sismo-resistente de las viviendas y evitar o prevenir posibles riesgos en la seguridad de sus ocupantes.

Palabras clave

Vivienda; mampostería; bloques-huecos-concreto; seguridad; autoconstrucción.

— *Abstract*—

The construction system with masonry of hollow mortar blocks for the walls of housing, has been extensively studied and used in Mexico, Latin America and in other countries; However, families of low income living on the outskirts of cities, built makeshift homes, with high levels of insecurity and poor health. This paper discusses the characteristics and conditions of the homes of low-income families, in three outlying colonies to Copainala, Chiapas, Mexico City, resorting to self-construction of homes with masonry of hollow block of mortar, with two cells, constructed with insufficient structural confinement, which warns problems of insecurity, vulnerability to the action of earthquakes and possible risks in the safety of the inhabitants. Arise, in addition, the results of compression tests performed on masonry blocks prepared on-site by the inhabitants, who compared the results of parts with three cells proposed by this research team, made with the same quantity of materials, but with an enhanced compaction process and curing concrete, show that the average compressive strength increased 14.73%; also, included two alternative housing with integral masonry, i.e. structurally confined from placing reinforcing steel and concrete inside of cells, in both directions and the length and high of walls, in order to increase the homes earthquake-resistant capacity and to avoid to potential risks in the safety of the inhabitants.

Keywords

Housing; masonry; bloques-huecos-concrete; safety; self.

La vivienda se ha constituido como la célula básica de los asentamientos humanos y es uno de los bienes más preciados por los seres humanos. Hoy en día, la vivienda es considerada un derecho universal, que provee el espacio físico indispensable para que, de manera individual o grupal, las personas se establezcan y desarrollen actividades específicas relacionadas con el descanso, la alimentación, la satisfacción de las necesidades fisiológicas, la vida en común y la interrelación con el entorno inmediato, que incluye el vínculo social con los demás, entre otras. Sin embargo, en México como en los países de América Latina y El Caribe, debido al crecimiento demográfico y la falta de recursos económicos, se observan numerosas familias en las periferias de ciudades y en pequeñas localidades, establecidas en viviendas construidas espontáneamente con precarias condiciones y altos niveles de inseguridad e insalubridad; es decir, tienen piso de tierra, usan materiales de mala calidad e incluso desechos, cuentan con espacios inadecuados, insuficientes y con mala ventilación, no tienen acceso a los servicios básicos de agua y saneamiento. Lo anterior, son factores de riesgo importantes que influyen negativamente en la salud de las personas, lo cual limita su desarrollo económico y social, en detrimento de la calidad de vida.

En este contexto, las familias de bajos ingresos son las más afectadas y debido a esa condición económica, recurren a la autoconstrucción de viviendas, donde el propietario se ocupa y dirige la obra o emplean albañiles, en el mejor de los casos. En ambas situaciones, se construyen viviendas sin los requerimientos básicos establecidos en las normativas técnicas, para realizar edificaciones funcionales, estructuralmente seguras, duraderas y salubres.

Por otra parte, la técnica constructiva de estructuras de mampostería confinada con concreto reforzado, es un sistema ampliamente estudiado y utilizado para la construcción de viviendas en el mundo y en particular en los países de Latinoamérica. Este sistema, reiteradamente aplicado en los sectores menos pudientes económicamente, constituye una alternativa importante para solucionar el problema de vivienda y también proporciona un medio que facilita la autogestión (Acosta, *et al.* 2005). Al respecto, la construcción de estructuras de mampostería para las viviendas en el estado de Chiapas, es muy tradicional y ampliamente solicitada por los habitantes, como se corrobora en los registros del INEGI (2017), que señalan 73.13%, de las paredes del total de las viviendas, están construidas con tabique, ladrillo, block (bloque) y piedra.

El presente trabajo aborda la aplicación técnica constructiva para viviendas, entendida como el modo sistemático de construcción de acuerdo con el contexto social en un lugar determinado, que relaciona a los habitantes, los elementos, las herramientas y materiales usados en la producción de viviendas (Hernández, 2006). La investigación se centra en la autoconstrucción de viviendas de la ciudad de Copainalá, Chiapas, en tres colonias que se

localizan en la periferia: Vicente Fox, El Triunfo, Siglo XXI, especialmente las habitadas por las familias de bajos ingresos económicos, que no tienen posibilidades de contratar profesionales o técnicos, y no cuentan con los medios que ayude y oriente a las personas a construir sus viviendas; por lo que recurren a la autoconstrucción improvisada, aplican usos y costumbres inadecuadas y producen edificios informales. En el caso de estudio, la mayoría de las viviendas se encuentran construidas con el sistema convencional de muros de mampostería con bloques huecos de mortero de dos celdas¹, preferido por los pobladores debido a que incluye materiales seguros, durables y económicos. Además, por ser una técnica muy conocida y difundida en la región; sin embargo, en los trabajos realizados *in situ*, se identificaron fisuras en la intersección de los muros y en los vanos de puertas y ventanas; también, se observó que no cuentan con el confinamiento estructural suficiente, de acuerdo con lo establecido en las normas técnicas para la construcción (NTC, 2017). Respecto a las piezas de bloques huecos, comúnmente usadas en las paredes de las viviendas, las pruebas de compresión realizadas en el Laboratorio de Materiales de la Facultad de Arquitectura, muestran que no cumplen con la norma NMX-C-404-ONNCCE-2012, lo cual, advierte problemas de inseguridad estructural, vulnerabilidad ante la acción de movimientos sísmicos y posibles riesgos en la seguridad de sus ocupantes.

Como parte de la investigación y con el propósito de buscar soluciones al problema señalado, el presente trabajo presenta dos modelos de vivienda con sistema constructivo a base de muros de mampostería con bloques huecos de mortero; asimismo, se plantea que el modelo propuesto considere la posibilidad de ampliar, con el tiempo, la construcción de la vivienda y así atender las futuras necesidades espaciales de la familia, de acuerdo con su disponibilidad económica (Bazant, 2003; -vivienda progresiva-).

La construcción de los muros de los modelos de vivienda, se realizó con base en la propuesta de Escamiroso, *et al* (2016), que consiste en utilizar piezas de bloques huecos de mortero de tres celdas, para facilitar la colocación del refuerzo interior de las celdas en ambos sentidos, establecido en las normas (NTC, 2017), y evitar el uso de cimbra en la construcción de las cadenas de desplante, cerramiento e intermedias, así como en los castillos intermedios y de las intersección de los muros, lo cual, permitirá obtener mayor ahorro de materiales y la seguridad estructural requerida. Además, se realizaron pruebas de laboratorio para determinar la resistencia a la compresión promedio de las piezas propuestas de tres celdas, elaboradas con misma proporción de materiales: Cemento-arena y agua, utilizada *in*

1 Son los espacios vacíos que se dejan al interior de los bloques, con el fin de aligerarlos y en ocasiones mejorar las condiciones estructurales.

situ por los habitantes, pero con mejor compactación y curado del concreto. Los resultados obtenidos demuestran que la resistencia a la compresión promedio de las piezas propuestas, se incrementó 14.73%.

Los modelos de vivienda progresiva que se presentan, están orientados para que las familias de bajos ingresos económicos de las colonias de la localidad de Copainalá: Vicente Fox, El Triunfo, Siglo XXI, tengan la posibilidad de acceder a una vivienda digna: Segura, económica y saludable. Los modelos consideran los elementos y procesos constructivos necesarios, con el propósito que sirvan de guía en la autoconstrucción de las viviendas, en beneficio de las familias y con ello, contribuir a mejorar la calidad de vida de los habitantes.

2. ANTECEDENTES

Desde hace muchos años, en el territorio de la localidad de Copainalá se han asentado grupos pertenecientes a la etnia zoque; razón por la cual, a la fecha predominan en la región sus costumbres y tradiciones, incluso aún se habla la lengua original. El nombre del lugar proviene del náhuatl, *Koapainal-lan* que significa “Lugar de las culebras que corrieron” y la población fue reconocida en el siglo XVI como un sitio importante para los propósitos de los conquistadores españoles. La evangelización de los nativos estuvo a cargo de los frailes dominicos, quienes construyeron los principales edificios religiosos de la zona (INEGI, 2010).

La ciudad de Copainalá es la cabecera del municipio que tiene el mismo nombre y se localiza al norte del estado de Chiapas. Colinda con los municipios de Coapilla al este, Ocotepec al noreste; Francisco León al norte; Tecpatán al oeste; San Fernando al sur; Chicoasén al sureste y Berriozábal al suroeste. La localidad se encuentra emplazada en una pequeña hondonada en las márgenes del Río Zacalapa, con pendientes considerables debido a la presencia de numerosos lomeríos e importantes cerros que la circundan: Coapilla, Huimango, Tres Picos, El Soltero y Piedra Parada. La superficie del área habitada es de 131 has, delimitada por las coordenadas 17°05' y 17°06' de latitud norte y 93°12'15" y 93°12'55" de longitud este. La altitud media es de 440 metros sobre el nivel del mar (INEGI, 2010). Debido a la accidentada topografía del centro de población de Copainalá, se presentan problemas de diversos tipos: Laderas excesivamente frágiles que implican costos elevados de construcción para estabilizar el suelo y evitar la erosión o deslaves en temporadas de lluvias. Asimismo, a consecuencia de la orografía del lugar, la introducción de las redes de servicios básicos representa altos costos de inversión.

En el municipio de Copainalá, Chiapas, de acuerdo con la información del INEGI (2017), registra una población de 21,800 habitantes y 5,682 viviendas, de las cuales, 10.07% tienen piso de tierra; las paredes, 0.05% son de lámina

de cartón o material de desecho, 3.66% están construidas de bajareque, láminas de asbesto o metálicas, carrizo, bambú o palma, 28.67% de madera o adobe y 67.49% de tabique, ladrillo, piedra o concreto. Los techos de las viviendas, 64.63% son de láminas metálica, asbesto, fibrocemento o material orgánico como la palma, paja o madera, 15.10% de teja de barro y 19.39% de losa de concreto. Respecto a los servicios, 97.17% de las viviendas cuentan con energía eléctrica, 95.04% tienen agua entubada y 97.17% drenaje. En forma específica, la localidad de Copainalá tiene 6,550 habitantes, de los cuales 13% son indígenas y 5.10% hablan una lengua indígena; existen 2,215 viviendas y de ellas, 97.86% cuentan con electricidad, 98.78% tienen agua entubada y 97.40% excusado o sanitario.

3. CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO FÍSICO NATURAL

El estado de Chiapas, es bien sabido que se localiza en una región de alta actividad sísmica, debido a la interacción frontal de tres placas tectónicas: Placa de Cocos, de Norteamérica y del Caribe, por lo que este hecho es muy desfavorable para las edificaciones y las obras de infraestructura. Según la regionalización sísmica de la República Mexicana (CFE, 2008), la ciudad de Copainalá se encuentra en la zona C, por debajo de la zona D en la que se han registrado, históricamente, sismos frecuentes y con elevada magnitud, cuyas aceleraciones del suelo pueden sobrepasar 70% de la aceleración de la gravedad. La zona C, es considerada una zona intermedia que registra sismos no tan frecuentemente, con aceleraciones inferiores a 70%.

Por otra parte, la corteza terrestre del territorio está formada por rocas sedimentarias y calizas en 68.15%, muy apta para la construcción de cimentaciones de mampostería; no obstante, existe lutita en 25.90%, suelo muy inestable con la humedad y de baja resistencia, especialmente en la época de lluvia. Respecto al clima, en el municipio de Copainalá se registran los siguientes: Cálido subhúmedo con lluvias en verano, 51.02%; cálido húmedo con lluvias en verano, 43.24%; cálido húmedo con lluvias todo el año, 4.21%; y semicálido húmedo con lluvias todo el año, 1.54% (INEGI, 2010).

4. SITUACIÓN HABITACIONAL ACTUAL

Al ser un núcleo de concentración importante, la ciudad de Copainalá ha albergado el desplazamiento de habitantes de zonas rurales; consecuencia de la migración de la población que busca mayores oportunidades de trabajo, educación, salud y comercio. Esta población ha formado, de manera espontánea, nuevos asentamientos en las periferias de la ciudad, sin planificación ni mucho menos observar la reglamentación de construcción y sin servicios básicos. Las viviendas, mayormente habitadas por familias de indígenas o

campesinos -con bajos ingresos económicos-, fueron construidas con los recursos disponibles; mano de obra de los propios habitantes, limitaciones para la adquisición de materiales y la aplicación de procedimientos técnicos inadecuados, lo que ha originado la construcción de viviendas informales, inseguras e insalubres.

5. MÉTODO

La investigación consistió, en un primer momento, en analizar *in situ*, las características y condiciones actuales de las viviendas emplazadas en el caso de estudio: Colonias Vicente Fox, El Triunfo y Siglo XXI, de la localidad de Copainalá. El levantamiento de la información se realizó de manera muestral, de acuerdo con la delimitación del área de estudio y dirigida a las familias de bajos ingresos económicos. Para ello, se aplicó una cédula de registro de información (encuesta), previamente diseñada, que incluyó los diversos aspectos y elementos de análisis y evaluación: Número de habitantes, condiciones y características generales de las viviendas, estructura y procesos constructivos utilizados, materiales, etc. En un segundo momento, a partir del análisis e interpretación de los resultados obtenidos, el trabajo se centró en la elaboración de dos modelos de vivienda, de acuerdo con el contexto y apropiados para las familias de bajos ingresos, con posibilidad de crecimiento -vivienda progresiva- y con características técnico-constructivas utilizadas comúnmente por los habitantes, con el propósito de aprovechar la experiencia de la mano de obra del lugar. También, se realizaron ensayos de laboratorio para determinar la resistencia promedio a la compresión de las piezas de bloques huecos de mortero de dos celdas, tradicionalmente elaboradas y usadas por los habitantes. Los resultados obtenidos se compararon con los resultados correspondientes de las piezas de tres celdas, propuestas en este estudio, elaboradas con la misma cantidad de los materiales, pero con mejor compactación y curado del concreto.

5.1 Determinación del área de estudio

Se realizaron visitas de campo en la periferia del lado Nororiente de Copainalá, para el reconocimiento y selección de las colonias que aún conservan una tenencia de suelo ejidal y, también, debido a la topografía del lugar se dificulta la conectividad a las redes hidráulicas y sanitarias, entre otros aspectos de infraestructura urbana. El área de estudio se determinó a partir de las viviendas que fueron hechas a través de procesos de autoconstrucción, emplazadas en suelo barato, ya sea por su irregularidad jurídica o por las malas condiciones del sitio, que no cuenta con servicios básicos de agua y drenaje sanitario, y donde se asientan grupos de personas con bajos ingresos económicos. Con estas consideraciones, se seleccionaron tres

colonias: El Triunfo, Vicente Fox y Siglo XXI, con características comunes y con viviendas construidas por sus propietarios, sin asesoramiento técnico y con el sistema convencional de muros de mampostería a base de piezas de bloques hueco de mortero de dos celdas (Imagen 1).

Las colonias seleccionadas son relativamente recientes, con poco más de 10 años de fundación. La colonia El Triunfo (clave 001), se ubica a un costado del Río Zacalapa y según datos del INEGI (2010), cuenta con 89 viviendas; carece de red de alcantarillado sanitario y pavimentación de calles. La colonia Vicente Fox (clave 002), colinda con la colonia anterior, carece de los mismos servicios y posee un total 42 viviendas. La colonia Siglo XXI (clave 003), tiene 67 viviendas y, a diferencia de las otras colonias, cuenta con red de drenaje sanitario la mayoría de sus calles están pavimentadas (Imagen 1).



Imagen 1. Localidad de Copainalá, Chiapas. Fuente: Imagen Digital Globe (2013), Modificada

5.2 Diseño del instrumento de registro de la información

El análisis de las viviendas se orientó hacia la identificación de las características arquitectónicas y las condiciones de los elementos estructurales y constructivos. Para ello, se elaboró una cédula de registro con el propósito de obtener información *in situ*, relacionada con datos específicos de las

viviendas, el terreno, materiales y mano de obra utilizada, procesos constructivos y calidad de la construcción, entre otros. La cédula tiene tres apartados; en el primero, se registra información de la familia, las características técnicas de la construcción, los materiales, mano de obra empleada, con asesoría técnica o autoconstrucción; en el segundo, para identificar y registrar en dibujos esquemáticos, los problemas frecuentes observados en los procesos constructivos de la vivienda; el último apartado, se creó para integrar un reporte fotográfico.

El levantamiento de la información se realizó *in situ*, de acuerdo con una muestra del total de viviendas establecidas en las colonias seleccionadas. El tamaño de la muestra se determinó con base en la fórmula genérica de Kendall, *et al.* (2005), con 80% de nivel de confianza. Con base en las 198 viviendas existentes en las tres colonias, se obtuvo una muestra de 43 viviendas (cuadro 1), de las cuales, 19 correspondieron a El Triunfo, 9 a Vicente Fox y 15 a Siglo XXI (Imágenes 2, 3 y 4). Las viviendas de la muestra se seleccionaron de manera aleatoria y las encuestas se aplicaron a las familias con ingresos menores a un salario mínimo (SM) o entre dos y tres SM, y se dirigieron a los propietarios, a través de entrevistas que permitieron lograr una relación entre el investigador con el sujeto-objeto de estudio (usuario-vivienda), principio fundamental de la investigación.

Cuadro 1.

Número de propietarios encuestados, por colonia

No. Clave	Colonia	Total, de viviendas	Viviendas en las que se encuestó a su propietario
001	El Triunfo	89	19
002	Vicente Fox	42	9
003	Siglo XXI	67	15
	Total	198	43

Fuente: Elaboración propia



Imagen 2. Colonia El Triunfo (001). Fuente: Imagen Digital Globe (2013); Modificada



Imagen 3. Colonia Vicente Fox (002). Fuente: Imagen Digital Globe (2013); Modificada



Imagen 4. Colonia Siglo XXI (003). Fuente: Imagen Digital Globe (2013); Modificada

5.3 Levantamiento de la información en campo

El levantamiento de la información en campo se inició con las entrevistas a los jefes de las familias, a partir de una breve explicación de los motivos del trabajo de investigación con fines exclusivamente académicos. Durante la visita, se invitó a las personas a emitir algún juicio, con el propósito que tuvieran libertad de expresión; asimismo, se procuró tener la atención necesaria al momento que respondían las preguntas o daban una opinión; es decir, se cuidó hacer el trabajo de campo de manera sensible. Algunos habitantes no quisieron participar, en esos casos se procedió a seleccionar la vivienda siguiente.

5.4 Análisis e interpretación de los resultados obtenidos

En el análisis e interpretación de la información obtenida en los trabajos de campo, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Del total de propietarios de viviendas encuestados, 36% están ocupadas con más de 6 personas, 9% entre 4 y 6 personas, y 55% con menos de 4 personas.
- En la construcción de la vivienda, 83% de las familias no recurrió a un profesional que los asesorara; consideraron que no era necesario, además desconocían a quién recurrir y no tenían dinero para eso; sin embargo, el restante 17% que indicó que tuvieron asesoría profesional, se referían a un maestro de obra o a un albañil.

- Al preguntar ¿Quién construyó la vivienda? 52% respondió que la familia había participado en la autoconstrucción y 48% mencionó que la vivienda la construyó un albañil o maestro de obra y que, en algunos casos, era un miembro de la familia.
- En las etapas constructivas, se observó que 55% de las viviendas se edificó totalmente y 45% en forma progresiva; es decir, iniciaron con un solo cuarto, luego un cuarto adicional, seguido por la cocina y los baños como anexos.
- En relación con las normas o reglamentos de construcción, 60% no las conoce y 40% expresó que sí; no obstante, en estos casos se observó que las viviendas no cumplen con las normas técnicas.
- A pesar del desconocimiento de las normas y la falta de asesoría profesional, 76% de las familias no acudieron a las autoridades municipales para realizar los trámites de construcción; asimismo, 98% manifestó que no tuvieron ningún tipo de supervisión técnica por parte de las autoridades y 2% respondió que sí, pero fueron las familias beneficiadas con una vivienda ofrecida por programas estatales.
- Por otra parte, 81% de los propietarios de viviendas encuestados, desconoce la situación de la región sísmica de la ciudad de Copainalá y el 19% restante manifestó tener conocimiento sobre estos efectos; no obstante, sus viviendas no cuentan con los elementos necesarios para garantizar la seguridad de sus ocupantes.

Con los resultados anteriores, objetivamente se observa que las autoridades municipales no se acercan a los pobladores durante el proceso de edificación de sus viviendas, ya sea para una revisión o asistencia en el transcurso de la construcción o bien, para que los habitantes adquieran información técnica o conocimientos prácticos necesarios. Al respecto, en la entrevista realizada a funcionarios de la Dirección de Obras Públicas del municipio de Copainalá, éstos comentaron que los permisos de construcción se elaboran sólo cuando las personas lo solicitan y que los habitantes generalmente tramitan escrituras de propiedades; también manifestaron que no hay un protocolo a seguir respecto a los trámites y supervisión de obra, por ello, los permisos se extienden sin ninguna revisión técnica de los planos correspondientes.

También se observó que algunas de las viviendas se encuentran construidas en las partes altas de los cerros colindantes con la ciudad, donde la topografía es muy accidentada y el suelo muestra inestabilidad, con posibles deslizamientos y caídas de rocas. En el sitio, los habitantes nivelan el terreno y crean plataformas en forma improvisada para construir la cimentación y levantar los muros; no obstante, en algunos casos, debido a las pendientes, el suelo se contiene en los muros de las viviendas y los produce empujes laterales que afectan su estabilidad y su seguridad.

5.5 Problemas frecuentes del proceso constructivo de las viviendas

Las colonias analizadas no tuvieron una planificación previa, son resultado de la situación económica de los habitantes, la urgencia por establecerse y autoconstruir sus viviendas. Al observar con detenimiento esta situación, se evidencia la necesidad que han tenido las familias por crear sus propios espacios para protegerse del exterior, sin importar la calidad de la construcción o que tuviese una tipología específica. La mayoría de las familias construyeron sus viviendas con base en sus necesidades y capacidad económica, que les permitió adquirir los materiales para la construcción; otras, tuvieron la posibilidad de contratar un albañil o maestro de obra que sería el responsable de la construcción, pero siempre con la dirección del propietario, y, en ambos casos, se corrobora que la calidad de la construcción es deficiente.



Imagen 5. Fisuras en intersección de muros. Fuente: Elaboración propia



Imagen 6. Fisuras en intersección de muros. Fuente: Elaboración propia



Imagen 7. Ausencia de refuerzo vertical en vanos. Fuente: Elaboración propia



Imagen 8. Ausencia de refuerzo horizontal en ventana. Fuente: Elaboración propia

Los muros de mampostería de las viviendas analizadas, contruidos a base de bloques huecos de mortero, además del refuerzo vertical y horizontal existentes (castillos y cadenas), necesariamente deben contar con refuerzo estructural adicional en el interior de las celdas, en ambos sentidos, como lo establecen las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (NTC, 2017). Por ello, y debido a la mala calidad de la construcción de las viviendas, así como a la presencia

de diversas fisuras en los muros y el incumplimiento de los requerimientos normativos mínimos para edificaciones seguras y duraderas, se advierte que las viviendas analizadas son vulnerables a los efectos de los movimientos sísmicos y, por consiguiente, existen posibles riesgos que no garantizan la seguridad de sus ocupantes.

5.6 Tipología de las viviendas analizadas

La forma rectangular de las viviendas analizadas es predominante, con dimensiones que varían entre 7 a 8 m de frente y 5 a 6 m de lado, con una superficie de construcción inferior a 50 m². Las fachadas tienen una altura promedio de 3 m, son rectangulares y encima de los vanos de puertas y ventanas, sobresale un macizo. Las ventanas, generalmente son cuadradas de 1 m por lado; sin embargo, en casos muy específicos se encontraron ventanas de 1.5 x 2.0 m. La techumbre es a dos aguas y prevalece como sistema de cubierta la lámina de zinc, seguida de tejas de barro. Los muros interiores y exteriores de la mayoría de las viviendas no cuentan con el recubrimiento (acabado), lo que permite apreciar la mala calidad de la mano de obra utilizada; también se observa que los pisos son de concreto con acabado pulido en color gris y los muros están pintados con colores llamativos y, en algunos casos, se definen las cenefas y el rodapié con colores de contraste, en busca de una identidad que se expresa en la imagen de las viviendas (Imágenes 9 y 10).



Imagen 9. Fachada de vivienda al pie de calle. Fuente: Elaboración propia



Imagen 10. Vivienda con pequeño jardín al frente. Fuente: Elaboración propia

La sala es el espacio de la vivienda que se vincula con la cocina, el comedor y a uno o dos dormitorios que, generalmente, tienen una ventana. El comedor y la cocina tienen áreas bien definidas; en la cocina se encuentra la estufa, el refrigerador y, en algunos casos, conservan el fogón que se encuentra ubicado detrás de la vivienda. Los sanitarios están separados de las viviendas, debido a que en las colonias El Triunfo y Vicente Fox, no tienen red de drenaje, a diferencia de la colonia Siglo XXI que cuenta con sistema de alcantarillado y los sanitarios se ubica dentro de las viviendas.

La mayoría de las viviendas analizadas presentan procesos constructivos realizados en varias etapas. En la primera, domina la construcción principal al frente, que se sitúa en la colindancia con la calle, en donde la sala es el espacio básico de las viviendas, que agrupadas forman un solo conjunto habitacional característico y propio de la tipología del lugar (Imagen 9). En algunos casos, las viviendas tienen un área de jardín al frente (Imagen 10), y en la parte posterior cuentan con un patio suficientemente amplio que lo utilizan como sembradíos de árboles frutales y plantas para el autoconsumo. Todos estos espacios son construidos conforme a las necesidades de las familias y los recursos económicos disponibles, y generalmente se van agregando progresivamente a la vivienda.

5.7 Evaluación de los bloques huecos de mortero, fabricados por los habitantes

La elaboración artesanal de bloques de mortero hueco es una práctica ampliamente utilizada en la construcción de las viviendas analizadas y las principales aplicaciones son: Muros de carga, muros divisorios y bardas. Con la finalidad de analizar el procedimiento de la elaboración artesanal de los bloques huecos de mortero, de dos celdas, utilizados en los muros de las

viviendas, se entrevistó al señor Isidro Vázquez, quien se dedica a la producción de bloques de mortero hueco en Copainalá, para observar el procedimiento que aplica y la cantidad de materiales empleados. Posteriormente, se evaluó la resistencia a la compresión promedio de las piezas a partir de ensayos a la compresión simple efectuados en el Laboratorio de Materiales de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Chiapas.

Proceso de elaboración artesanal de bloques huecos de mortero.

La arena de río utilizada proviene del banco de “Tres Picos”, localizado a 8 km de la carretera Copainalá–Chicoasén; el agua y el cemento portland fueron adquiridos en el lugar. La producción de piezas de bloques huecos de mortero habitualmente se realiza en el sitio de obra. La mezcla de materiales para la elaboración de las piezas se realizó con la proporción siguiente: 15 botes de arena (19 litros por bote) y 3 de agua, con un bulto de cemento. El mezclado de materiales inició con la medición de la arena y su colocación, en forma de círculo, en una superficie previamente preparada; en seguida, se le colocó encima el cemento y mediante el uso de palas, se revolvieron los materiales hasta obtener una mezcla homogénea; finalmente, se le agregó el agua con el cuidado necesario para obtener la humedad uniforme y se realizó el mezclado correspondiente.

En seguida, se procedió a vaciar el mortero en el molde de acero y se compactó el material con un barrote de madera; además, en una sola ocasión, el molde se elevó a 30 cm, aproximadamente, y se dejó caer para lograr una mejor compactación; luego, se agregó el material faltante en el molde y se utilizó nuevamente el barrote para compactar y enrasar. El material excedente se retiró y una vez finalizada la tarea, el molde se llevó a una superficie destinada al secado de las piezas de bloques de mortero (Imágenes 11 y 12).



Imagen 11. Proceso de elaboración de bloques. Fuente: Elaboración propia



Imagen 12. Almacenamiento y secado. Fuente: Elaboración propia

En el área de secado, el molde se giró 180° y se retiró lentamente en sentido vertical. En ese sitio se dejó secar y reposar el bloque durante dos días sobre la superficie de secado y luego se almacenó o bien, se usó inmediatamente en la construcción. Las piezas obtenidas fueron de sección $12 \times 20 \times 40$ cm (12 cm de ancho, 20 cm de alto y 40 cm de largo) (Imagen 12).

Evaluación de bloques huecos de mortero artesanal.

Se seleccionaron cinco bloques, aleatoriamente, para realizar los ensayos de compresión y absorción máxima, de acuerdo con el procedimiento siguiente:

- Se realizaron los registros y mediciones de cada una de las piezas. Las dimensiones promedio de las piezas fueron: 11.74 cm de ancho, 18.54 cm de alto y 39.28 cm de largo, sus paredes exteriores e interiores fueron mayores a 25 mm; el área total promedio fue de 469.01 cm^2 y el área neta de 255.47 cm^2 , que corresponde al 54.47%. Las dimensiones y cálculos realizados se verificaron con lo establecido en la norma correspondiente (NMX-C-404-ONNCCE-2012), y se comprobó que los resultados obtenidos se encontraban dentro de los parámetros y tolerancias especificadas.
- Cada una de las piezas de bloques fueron pesadas y, en promedio, se obtuvo un peso de 11.82 kg.
- En seguida, se realizó la prueba de absorción de las piezas. Para ello, se pesó cada pieza seca antes de sumergirla en agua durante 24 4 horas; después, se pesó nuevamente cada pieza para obtener

el porcentaje de absorción. La absorción promedio obtenida fue 8.58%, que, de acuerdo con la norma vigente, se encuentra en el rango establecido entre 8 y 10% (NTC, 2017).

Previo al ensayo de resistencia, se efectuó el cabeceo a cada pieza para crear una superficie uniforme, en ambas caras y con 48 horas de secado, antes de colocarse en la máquina y efectuar la prueba a compresión (Imagen 13).



Imagen 13. Cabeceo de los bloques de mortero. Fuente: Elaboración propia



Imagen 14. Prueba de compresión. Fuente: Elaboración propia

- Finalmente se ejecutó el ensayo y se obtuvo una resistencia promedio a la compresión de 41.45 kg/cm². Los ensayos se llevaron a cabo en una prensa eléctrica digital Elvec con marco de compresión de 120,000 kgf. En cada ensayo se aplicó la carga con velocidad uniforme y continua, sin producir impacto ni pérdida hasta alcanzar la falla por la carga máxima aplicada al espécimen, misma que se dividió entre el área neta para determinar la resistencia a la compresión. Al respecto, la norma (NMX-C-404-ONNCCE-2012) especifica que la resistencia mínima a la compresión del bloque deberá ser de 70 kg/cm²; lo cual significa que no se cumplió con esta normatividad (Imagen 14).

6. MODELO DE VIVIENDA PROPUESTO

En la elaboración de los modelos de vivienda, se consideraron las características y condicionantes de las viviendas analizadas; además de aplicar la técnica de construcción preferente y accesible para los pobladores a partir del empleo de bloques huecos de mortero, con el fin de crear modelos apropiados al contexto del área de estudio que atiendan las necesidades espaciales y de servicio de las familias. Las propuestas se orientaron principalmente, para garantizar la seguridad de los habitantes. Por ello, el estudio se centró en atender la estructura de los muros de las viviendas, a partir de mampostería con piezas huecas con refuerzo al interior de las celdas, como se establece en las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería de la Ciudad de México (NTC, 2017). Al respecto, para la construcción de los muros se determinó utilizar piezas de bloques huecos de mortero de tres celdas, propuesto en casos similares por Escamirosa, *et al.* (2016) (Imagen 15).

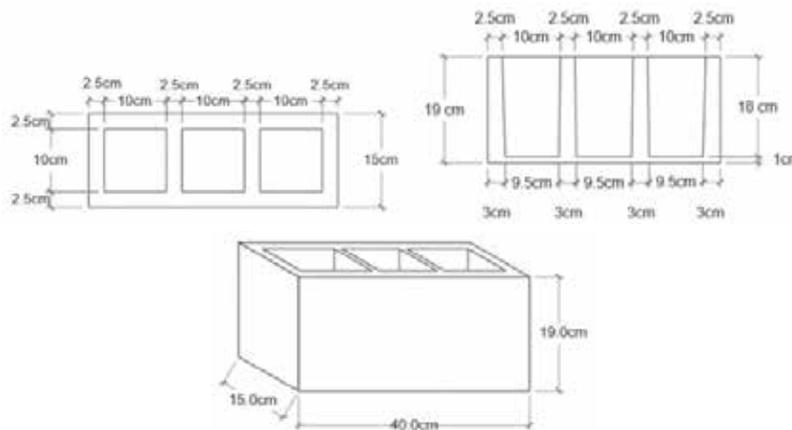


Imagen 15. Características del bloque hueco de mortero de tres celdas. Fuente: Escamirosa, *et al.*, 2016

En la elaboración de las piezas de bloques huecos de mortero de tres celdas, se aplicó la misma cantidad de materiales utilizada *in situ* por los habitantes: 15 botes de arena (19 litros por bote) y 3 de agua, para un bulto de cemento. El albañil de obra que apoyó en la elaboración de las piezas, Virgilio Castellanos Guzmán, siguió el mismo procedimiento empleado por los habitantes:

- Homogenización: Se mezclaron los materiales, cemento-arena, y se agregó el agua.
- Fabricación de los bloques: Se vació la mezcla en el molde y se compactó con la ayuda de un barrote. En seguida, se elevó el molde con las manijas y se dejó caer libremente tres veces, para lograr una mayor compactación de la mezcla y evitar vacíos dentro del molde; posteriormente, se retiró la mezcla excedente con el barrote. Con este proceso, se incrementó la densidad de las piezas y, por lo tanto, se obtuvo mayor resistencia. En la elaboración de las piezas en la localidad, para compactar la mezcla sólo se dejó caer libremente el molde que contenía la mezcla, en una sola ocasión (imágenes 16 y 17).
- Almacenamiento y secado de las piezas: En el sitio, se procedió a retirar el molde y obtener las piezas, mismas que se dejaron secar y, después de tres o cuatro horas, se procedió al curado del concreto, durante seis días. Este proceso de curado (humedecimiento de bloques), no se llevó a cabo en la elaboración de piezas en la localidad.



Imagen 16. Proceso de fabricación del bloque. Fuente: Elaboración propia



Imagen 17. Proceso de retiro del molde. Fuente: Elaboración propia

En el procedimiento previamente descrito, se mejoró la compactación del mortero contenido en el molde y se procuró tener el curado necesario de las piezas. Es importante señalar que por la falta de experiencia en la elaboración de los bloques de tres celdas, Virgilio Castellanos tuvo dificultades al inicio para obtener las piezas, ya que éstas se desmoronaban al tratar de retirar el molde; no obstante, después de varios intentos, el proceso fue fácil y rápido de ejecutar. Se obtuvo una producción total de 37 piezas de los bloques, con dimensiones de 15x19x40 cm. El proceso de elaboración inició a las 8:00 horas y concluyó a las 12:30 horas, del mismo día.

Después del tiempo necesario, para que los bloques de mortero alcanzaran la resistencia máxima, se procedió a realizar las pruebas de resistencia a la compresión y absorción; para ello se seleccionaron cinco piezas en forma aleatoria y se probaron en el laboratorio. En la primera etapa se registró cada pieza y se midieron las características de los 5 especímenes; las dimensiones promedio fueron de 15x19.1x40 cm, el área neta promedio de 51% del área bruta, lo que equivale obtener una área neta promedio de 306.04 cm²; asimismo, se pesó cada espécimen y el peso promedio fue de 11.48 kg (imágenes 18 y 19). En seguida, se procedió a realizar la prueba de absorción, obteniéndose una absorción promedio de 8.55%, que está dentro del rango establecido en la norma (NTC, 2017). En la segunda etapa, se procedió a realizar el ensayo a la compresión de cada espécimen y se determinó la resistencia a la compresión promedio de 48.70 kg/cm².



Imagen 18. Registro de las piezas del bloque. Fuente: Elaboración propia



Imagen 19. Proceso de cabeceo de piezas. Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 2, se muestran los resultados promedio obtenidos de los ensayos aplicados a las piezas de bloques huecos con dos celdas, elaborados en la localidad, y los correspondientes de las piezas de tres celdas. Los resultados muestran la resistencia a la compresión promedio obtenida de las piezas de bloques, en ambos casos, con la misma cantidad de materiales, pero con diferente molde y proceso de fabricación (las piezas de tres celdas tuvieron mayor compactación y fueron apropiadamente curadas); también se observa en los resultados obtenidos que el bloque hueco de tres celdas tuvo mejor compactación y por consiguiente, una resistencia mayor (48.70 kg/cm^2); asimismo, los resultados muestran que estas piezas tienen muy baja absorción de agua, lo cual, corrobora lo antes señalado; a mayor compactación menor absorción.

Cuadro 2.

Resultados promedio de la resistencia a compresión y absorción

Características	Prueba a la compresión (Resultados obtenidos promedio)		
	Bloque hueco norma (NMX-404 ONNCE-2012)	Bloque hueco artesanal de dos celdas (Copainalá)	Bloque hueco artesanal de tres celdas (Estudio)
Dimensiones en cm	12x19x39 - 15x19x39	11.74x18.54x39.28	15x19.1x40
Área total en cm ²	468 - 585	469 > 468	600 > 585
Espesor de paredes en mm	Espesor mínimo en paredes 20 - 25	25 > 20	25 = 25
Área neta en cm ²	-	255.47	306.04
Área neta en %	Mayor de 50	54.47 > 50	51 > 50
Peso en kg	-	11.82	11.48
Volumen total en cm ³	-	8,698.31	11,460.00
Volumen neto en cm ³	-	5,548.40	6,181.18
Volumen neto en %	-	63.79	53.94
Resistencia a la compresión en kg/cm ²	70	42.45	48.70
Absorción máxima en %	8 a 12	8.58	8.55

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, en los países de América Latina y el Caribe que han trabajado en el sistema de mampostería confinada, como Domingo Acosta (2005), se ha propuesto un sistema de muros de mampostería estructural confinada con acero de refuerzo para la vivienda de bajo costo, y se ha logrado mejorar el rendimiento de la mampostería y la capacidad sismo-resistente; los trabajos realizados por Escamiroso, *et al.*, (2016), en la construcción de prototipos de viviendas rurales en Ocuilapa de Juárez, Chiapas, con muros de mampostería con bloques huecos de mortero de tres celdas, confinados con acero de refuerzo en el interior, en el sentido vertical y horizontal, de acuerdo con las normas técnicas y con el uso de técnicas locales y materiales del lugar; arena con alto contenido de arcilla (22%). Los resultados de la evaluación sísmica realizada en dichos prototipos, a partir de mediciones *in situ* con acelerógrafo, mostraron que la eficiencia estructural de las viviendas es satisfactoria (Escamiroso, *et al.*, 2018). Sin duda, el acero de refuerzo en el interior de los muros, incrementa la capacidad sismo-resistente de los muros de mampostería y por consiguiente, se reduce la vulnerabilidad sísmica de las viviendas.

6.1 Propuesta de modelos de vivienda progresiva: “A” y “B”

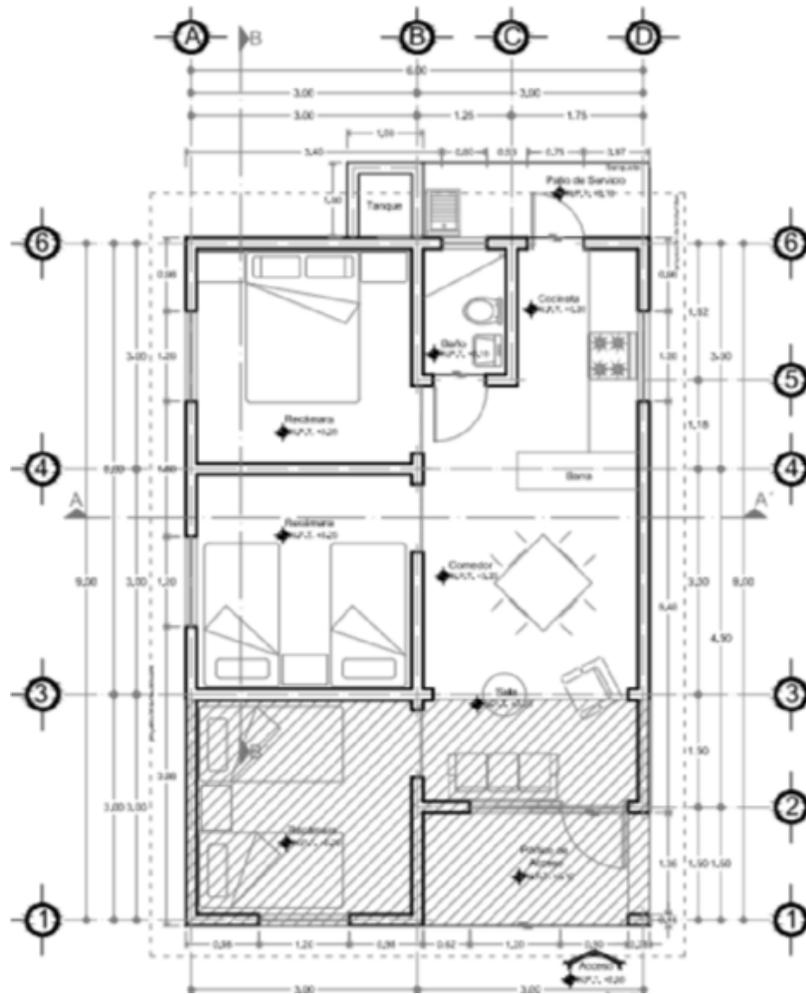
En los modelos de viviendas alternativas: “A” y “B”, para las familias de las colonias: El Triunfo, Vicente Fox y Siglo XXI, se consideran los espacios mínimos necesarios, con posibilidad de ampliarse y construirse por etapas -crecimiento progresivo-. Los diseños de los dos modelos “A” y “B”, se desarrollaron sobre una trama modular cuadrangular de 3 m x 3 m, con una superficie de 36 m² de pie de casa, la cual permite organizar los aspectos funcionales, técnico-constructivos y estructurales, adaptándolos a los diferentes requerimientos y funciones que realicen los usuarios.

Las propuestas se basaron en el estudio realizado, desde lo social y técnico-constructivo de las viviendas, que involucra a los habitantes (usuarios), la tipología, el rescate de algunos elementos y técnicas tradicionales, el uso de materiales del lugar, etc., con el propósito de disminuir los costos en la construcción. Las características de las viviendas son las siguientes: Techo a dos aguas, muros con piezas de bloques huecos de mortero de tres celdas, espacios interiores necesarios: Sala-comedor, cocina, baño y recámaras; también, con la posibilidad de ampliar la vivienda (progresiva), con dos opciones: Hacia el frente o en doble altura. Para lograr una buena configuración estructural, los espacios arquitectónicos de la vivienda se definieron en sentido modular, que logra obtener simetría en las plantas, así como en la elevación.

Ambas propuestas de vivienda, contemplan el rescate de elementos vernáculos, como el techo a dos aguas con teja de barro en la cubierta y el pórtico que dará acceso a la vivienda, pero con muros de mampostería con piezas de bloque hueco de mortero. Por otra parte, el uso de materiales de la región es muy importante en las propuestas: La utilización de la arena y la piedra del lugar para la construcción de la cimentación, muros y otros elementos de concreto; asimismo, la madera del lugar en la estructura del tejado, o bien, en puertas y ventanas. Los elementos constructivos propuestos para ambos modelos son: Cimentación de mampostería de piedra del lugar, muros de bloques huecos de tres celdas aparentes (modulares), tejado con estructura de madera y teja de barro colonial del lugar, pisos con firme de concreto, puertas y ventanas de marcos metálicos o, en su caso, de madera, al gusto y posibilidad económica del usuario.

Modelo de vivienda tipo “A” (vivienda progresiva de una planta).

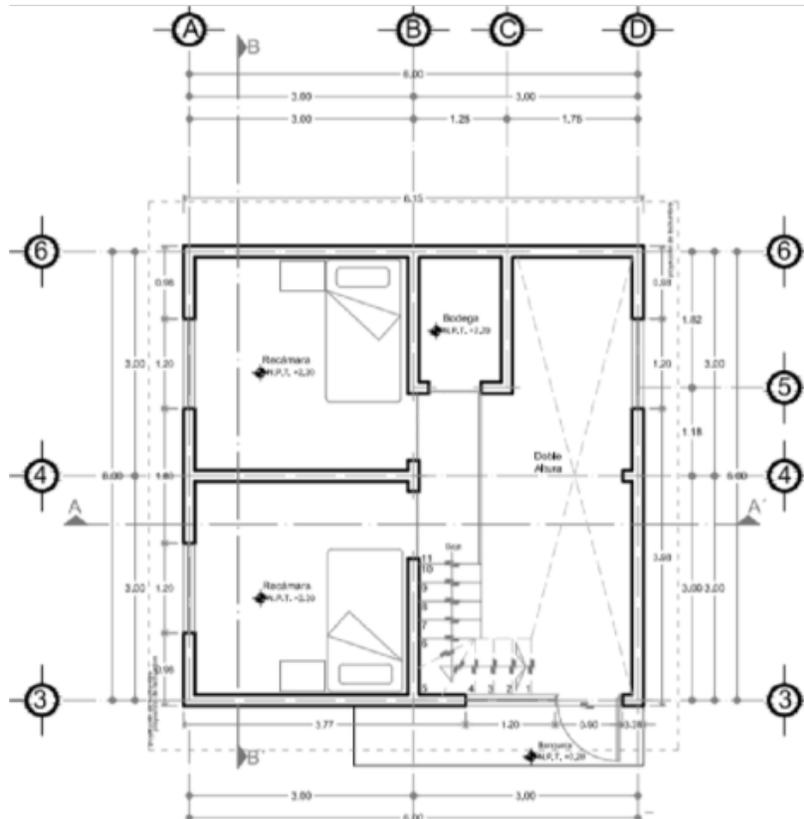
Esta vivienda, se propone para familias de 2 hasta 5 integrantes, a partir de un modelo compacto con una superficie de 36 m², y se desarrolla en una planta, organizada por dos dormitorios, estancia, comedor, cocina y baño; posteriormente, se tiene la opción de ampliar la vivienda, de acuerdo con



Plano 4. Planta arquitectónica Modelo "A" (Futuro crecimiento horizontal). Fuente: Elaboración propia



Imagen 20. Perspectiva del Modelo "A" (Pie de casa). Fuente: Elaboración propia



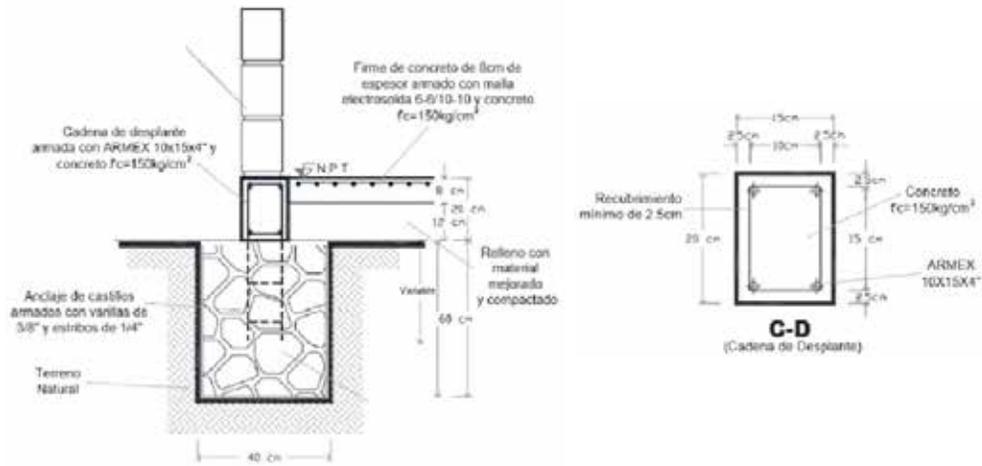
Plano 2. Planta arquitectónica Modelo "B" (Futuro crecimiento vertical). Fuente: Elaboración propia



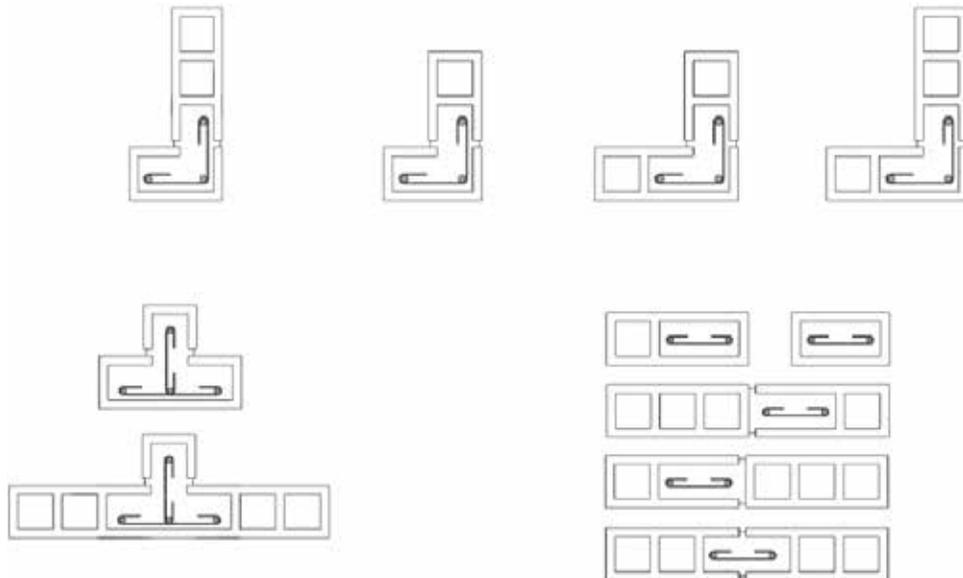
Imagen 22. Perspectiva del Modelo "B" (Doble altura). Fuente: Elaboración propia

A continuación, se proponen las siguientes recomendaciones técnicas, con la finalidad de facilitar el proceso de construcción y apoyar a las familias de bajos ingresos económicos en la edificación de sus viviendas, de acuerdo con las normas (NTC, 2017).

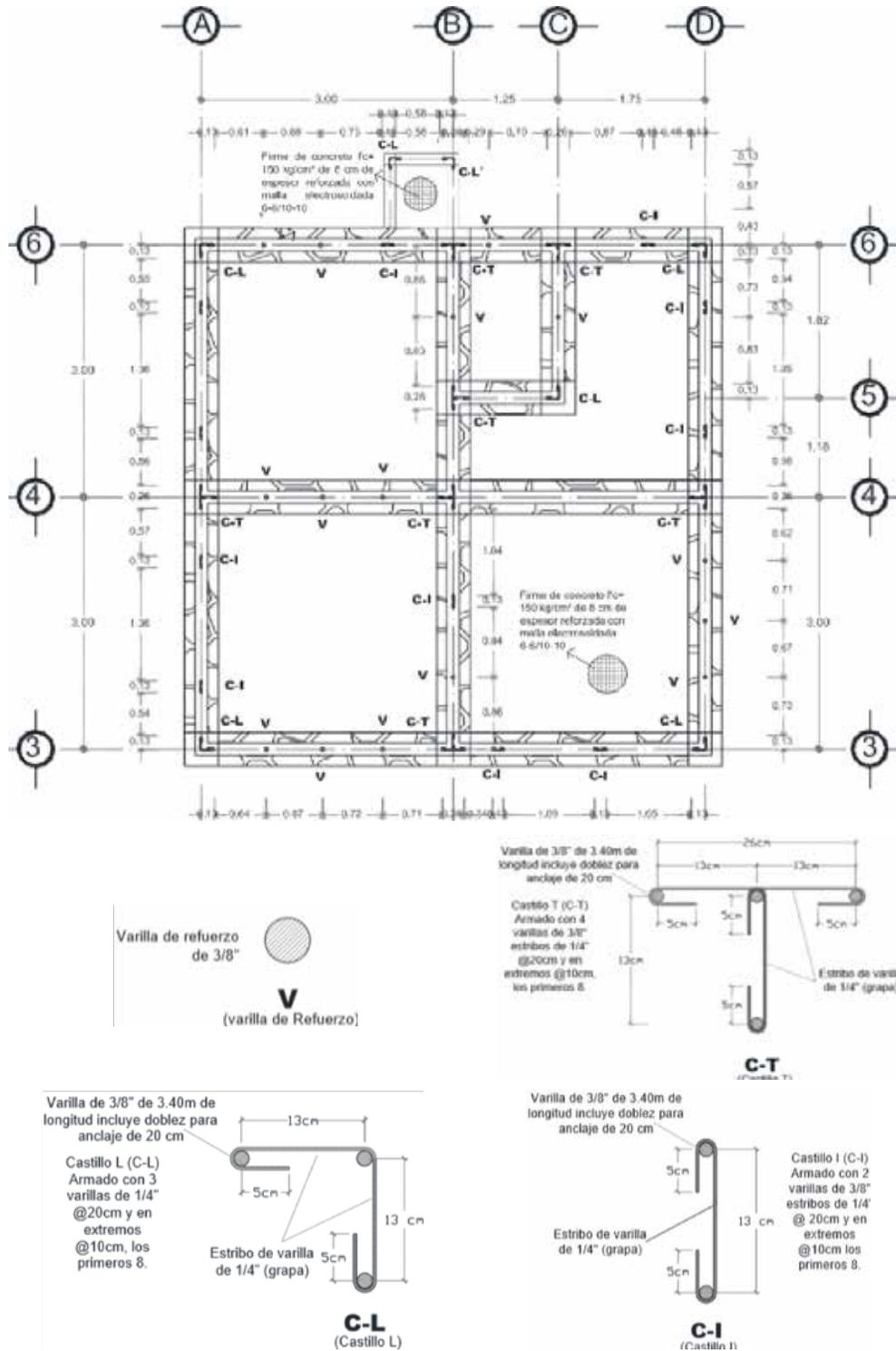
- **Cimentación:** Mampostería con piedra del lugar, asentada con mortero cemento-arena; proporción 1:3.5 (1 bulto de cemento, 7 botes de arena del lugar y 1½ de agua). La base será de 40 cm ancho y 60 cm de profundidad, con cadena de desplante armada con ARMEZ (10x15x10 cm) y concreto $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ (1:3:4 = 1 bulto de cemento, 6 botes de arena del lugar cribada, 8 botes de grava de ¾" y 2 de agua) (esquema 1 y plano 5).
- **Estructura:** Los muros serán de bloques huecos de mortero de tres celdas, confinado con castillos y cadenas de concreto reforzado de $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$, en las intersecciones y en los vanos de puertas y ventanas; adicionalmente, se colocarán elementos verticales y horizontales de concreto reforzado al interior de las celdas, con las características señaladas en los esquemas 2 y 3, y en el plano 5. En el junteo de las piezas se usará mortero con una proporción 1:4 (1 bulto de cemento, 8 botes con arena del lugar, 1¾ de agua).
- **Cubierta:** El techo se propone a dos aguas, con una estructura de madera que soportará una techumbre de teja de barro cocido del lugar, con dimensiones 16x18x46 cm. La estructura de madera está instalada partiendo del centro de la vivienda y apoyando en los extremos de la misma, sobre los muros laterales; la madera, por su parte, es de pino del municipio Coapilla, localizado a 35 km de Copainalá, donde existen aserraderos legales para adquirir y transportar la madera. Las dimensiones utilizadas en las secciones de los elementos, son las de uso común; reglas de 2.5x10 cm, barrotes de 5x10 cm y 5x15cm, polín de 10x10 cm, y de acuerdo con las especificaciones de la norma (plano 6).
- **Pisos:** Sobre la base de la cimentación, se colocan 12 cm de material mejorado y compactado, que recibirá el firme de concreto de 8 cm de espesor, reforzado con malla electrosoldada 6-6/10-10 y concreto $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$.
- **Instalaciones de los servicios:** En los casos que no se cuente con de red de alcantarillado sanitario, se usará un biodigestor o fosa séptica en la vivienda. Respecto al suministro de energía eléctrica, las colonias tienen este servicio; asimismo, cuentan con el servicio de agua, que llega a las viviendas por la red municipal. Ambos modelos de vivienda, consideran la construcción de un tanque para el almacenamiento de agua.



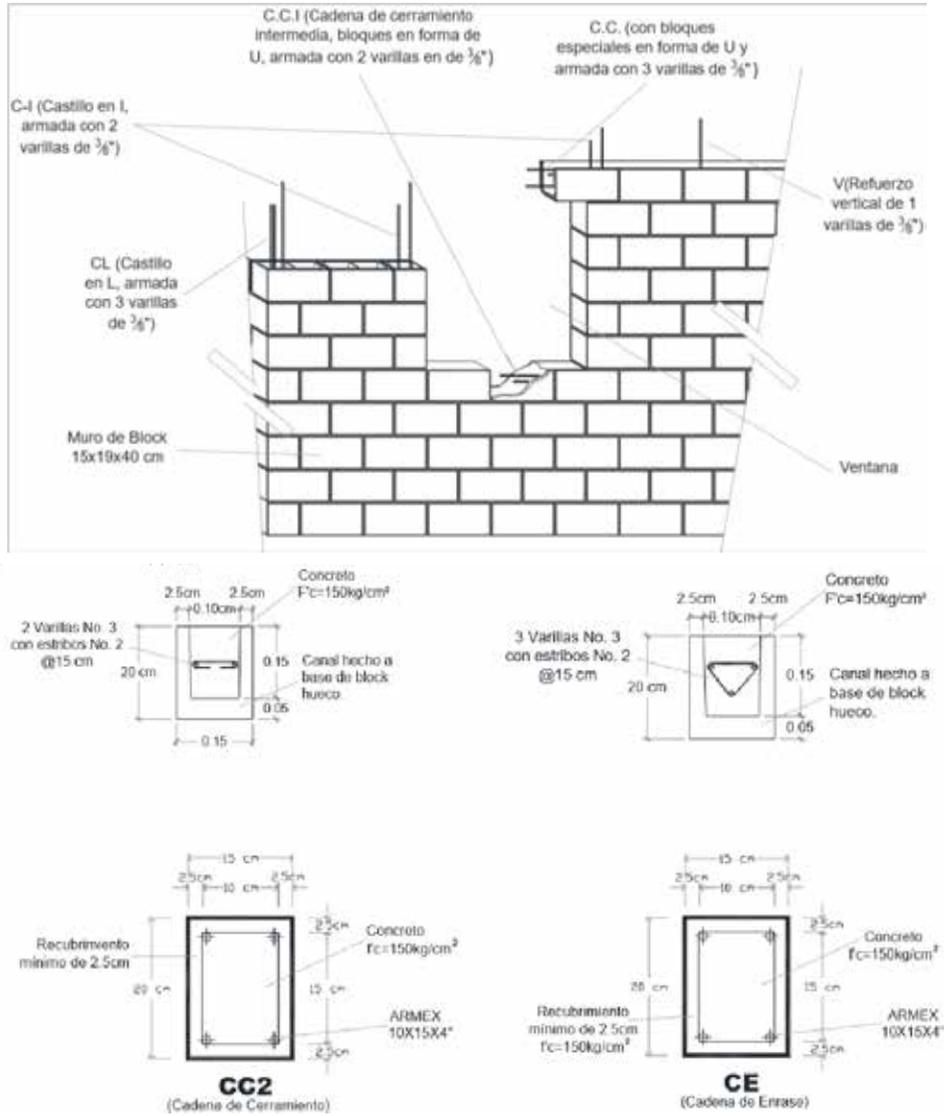
Esquema 1. Propuesta de cimentación para las viviendas



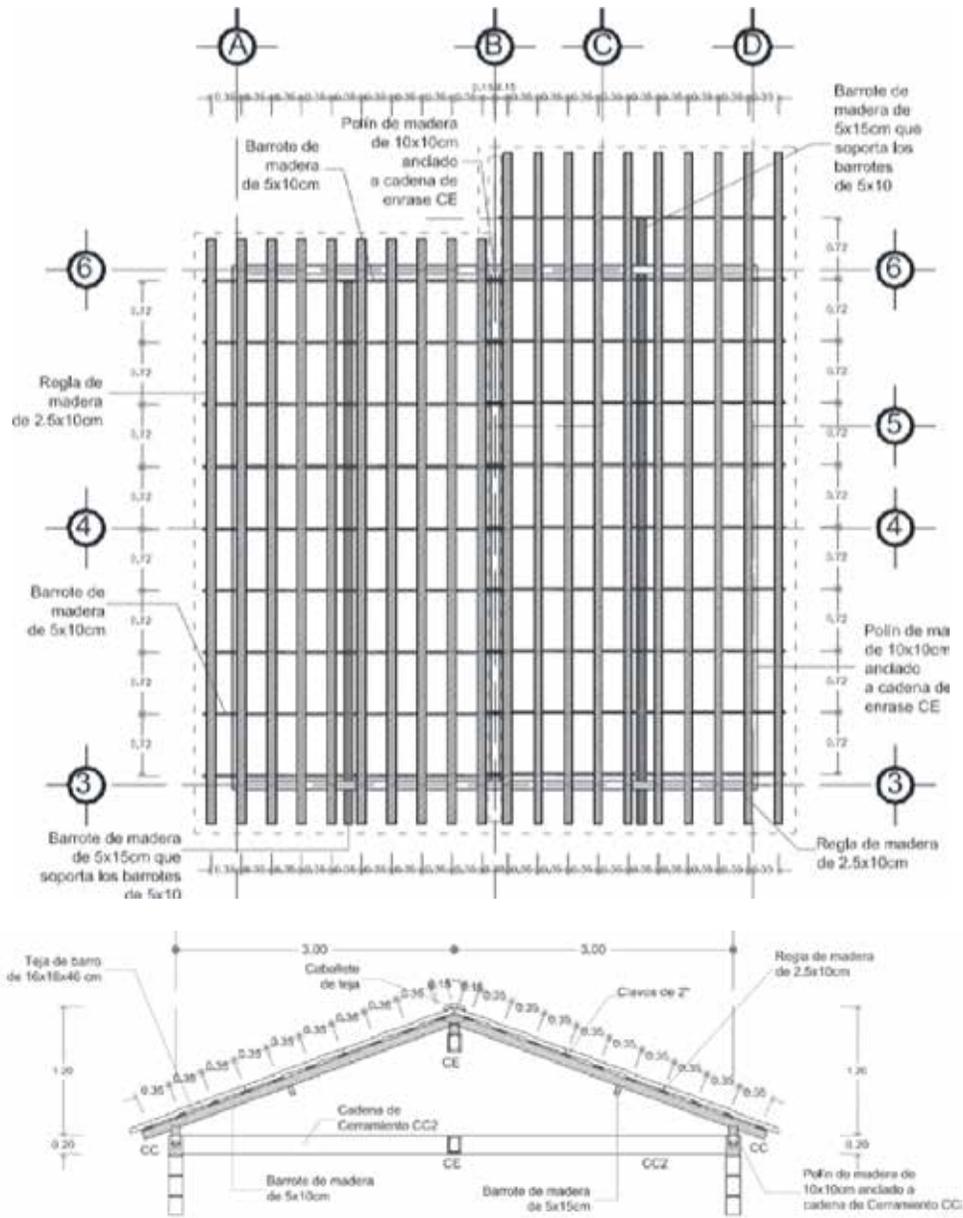
Esquema 2. Colocación de piezas de bloque hueco para construir castillos en los muros. Fuente: Elaboración propia



Plano 5. Propuesta tipo de cimentación para vivienda. Fuente: Elaboración propia



Esquema 3. Reforzamiento con acero en el interior del muro, ambos sentidos. Fuente: Elaboración propia



Plano 6. Propuesta tipo de techumbre para vivienda. Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

El estudio realizado en las viviendas de las familias de bajos ingresos económicos de las colonias El Triunfo, Vicente Fox y Siglo XXI, de Copainalá, Chiapas, permitió identificar la presencia de fisuras en los muros de mampostería construidos con bloques huecos de mortero localizadas en la intersección de éstos y en las inmediaciones de los vanos de puertas y ventanas, que son consecuencia del insuficiente confinamiento estructural. Al respecto y con el propósito de aprovechar la experiencia de la mano de obra del lugar y la preferencia que tienen los habitantes por los bloques huecos de mortero de dos celdas y sección de 12x19x40 cm, para la construcción de sus viviendas; se plantea utilizar nuevas piezas de bloques huecos, de tres celdas y sección de 15x19x40 cm, hechas con la misma cantidad de materiales empleados *in situ* por los habitantes, pero con mejor compactación y curado del concreto. Los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio, demuestran que la resistencia a la compresión promedio de las piezas de tres celdas, incrementó 14.73%. Los versos comentados ofrecen un testimonio sobre las relaciones políticas, intelectuales y sociales aún por estudiarse con mayor detalle. Ofrecen formas de representación de hechos históricos como las pugnas políticas de la época, imágenes facturadas por élites que pretendían construir, mantener o destruir perfiles políticos. También demuestran cómo la vida social y política motivaron el uso de la función poética del lenguaje entre los periodistas e intelectuales de la época, impulsando el desarrollo artístico de la escritura. Una línea de creación que, años más tarde, generó personalidades que trascendieron las fronteras locales como Rosario Castellanos o Jaime Sabines. En ambos casos, el contexto y las prácticas brindaron oportunidades para el desarrollo de las habilidades creativas a través de la prensa.

Por otra parte, las características de las viviendas, los usos y costumbres, la tipología y los materiales del lugar usados, orientaron la formulación de dos modelos de vivienda alternativa: “A” y “B”, que se diseñaron con base en las normas y a las necesidades espaciales de las familias de bajos ingresos. La aplicación de técnica constructiva conocida y preferida por los habitantes, a partir de muros de mampostería con nuevas piezas de bloques huecos, de tres celdas y sección 15x19x40 cm, facilitará la construcción de las viviendas, y en especial, la colocación de acero de refuerzo de los castillos en la intersección de los muros y de las cadenas o dalas; así como el refuerzo al interior de las celdas, en ambos sentidos, distribuidos a lo largo y alto los muros, como se señala en la norma para muros de mampostería del reglamento de construcciones de la ciudad de México (NTC, 2017). También, ambas propuestas, se plantea iniciar la construcción con una superficie mínima (pie de casa), de 6 x 6 m, con posibilidades de crecimiento a futuro, a partir de

una estructura modular de 3 x 3 m. El modelo “A” considera una progresión de manera frontal, y el modelo “B”, propone una progresión vertical (doble altura), por lo que las familias tendrán la posibilidad de elegir el modelo de vivienda más favorable a sus necesidades, de acuerdo con la disponibilidad de sus recursos económicos. Además, las propuestas de vivienda pretenden reducir los costos de construcción, tanto en el uso de materiales como en la mano de obra, ya que la colocación del acero de refuerzo al interior de las celdas de las piezas, elimina el uso de encofrados (cimbra de madera).

El trabajo que se presenta tiene el propósito contribuir al mejoramiento de las viviendas y a la reducción de la vulnerabilidad ante eventos sísmicos, en beneficio de las familias de bajos ingresos de la Cd. de Copainalá. Las características de los modelos planteados facilitan el proceso de construcción y apoya a las familias en la edificación de sus viviendas. Sin embargo, para evitar las malas prácticas constructivas, se debe considerar la participación de las autoridades con asesoría técnica y seguimiento de las construcciones. Asimismo, en la autoconstrucción de vivienda se recomienda la asistencia técnica de un facilitador: Un estudiante o profesional técnico de la Universidad, que guíe los procesos constructivos establecidos en la información. *“Cumplir con este propósito es una de las añejas aspiraciones de la Universidad, la vinculación de su quehacer con la realidad social. Si bien es cierto que las propuestas realizadas de vivienda y saneamiento están a nivel de proyectos, creemos que es un buen inicio para la gestión y búsqueda de financiamiento para materializar las viviendas planteadas”* (Escamirosa, 2001).

REFERENCIAS

- Acosta**, Domingo, Christian Vivas, Enrique Castilla y Norberto Fernández (2005). *Sistema de muros de mampostería estructural confinada con perfiles de acero para la vivienda de bajo costo*. Venezuela.
- Bazant**, Jan (2003). *Viviendas progresivas. Construcción de vivienda por familias de bajos ingresos* (Ed. Trillas). México.
- Comisión Federal de Electricidad [CFE]** (2008). *Manual de diseño de obras civiles de Comisión Federal de Electricidad. Diseño por sismo* (pp. 4-53). México: Instituto de Investigaciones Eléctricas. Recuperado de <http://es.scribd.com/doc/52197523/CFE-Sismo-08#scribd>
- Hernández Castro**, Nieves Lucely (2006). *Conformación del hábitat de la vivienda informal desde la técnica constructiva*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Escamirosa**, L. (2001). *Mejoramiento de la vivienda y saneamiento de la comunidad Nuevo San Juan Chamula, Mpio. de Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas*, Facultad de Arquitectura, Universidad Autónoma de Chiapas. México
- Escamirosa** L., Mérida A., Ocampo M., Zebadúa S., López A., Badillo R., Molina N., Del Carpio C., Pérez L., Linares M., De la Torre R. y Reyes B. (2016). *Manual para la autoconstrucción de viviendas y servicios sanitarios en el medio rural. Caso de estudio: Ocuilapa de Juárez, municipio de Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas* (2ª Ed.), México: Universidad Autónoma de Chiapas, 322 pp.
- Escamirosa**, L., Arroyo, R., Ocampo, G. & Del Carpio, C. (2018). Evaluación sísmica en dos prototipos de vivienda rural construidos con bloques de concreto hueco, en Ocuilapa de Juárez, Chiapas, México. Chile: *Revista Ingeniería de Construcción*, 33(1), 29-40. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732018000100029>
- Instituto Nacional de Estadística & Geografía [INEGI]**(2010). *Conteo de Población y Vivienda 2010*. México.
- Instituto Nacional de Estadística & Geografía [INEGI]**(2017). *Conteo de Población y Vivienda 2015*. México.
- Kendall** Kenneth E. & Kendall Julie E. (2005). *Análisis y Diseño de Sistemas*. Pearson Educación, México.
- NMX-C-404-ONNCE** (2012, diciembre 13). Norma Mexicana de la Industria de la Construcción para Mampostería de bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso estructural, Especificaciones y Métodos de ensayo (pp. 1-16). *Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y la Edificación S. C.*, México.
- Normas Técnicas Complementarias [NTC]** (2017, diciembre 15). Normas técnicas complementarias para el diseño y construcción de estructuras

de mampostería (pp. 614-688). *Gaceta Oficial de la Ciudad de México*. México: Gobierno de la Ciudad de México.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a todas las personas que brindaron su apoyo para la realización del presente trabajo: a las familias entrevistadas, a los señores Isidro Vázquez y Virgilio Castellanos Guzmán. De manera especial a la Mtra. Nguyen Molina Narváez, responsable del Laboratorio de Materiales de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Chiapas, por sus facilidades y asesoría en los ensayos experimentales. A todos ellos, nuestro sincero agradecimiento.