

## APRENDIENDO CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

**Dániaba Montesinos González**

RURANAYANI, Cooperativa de Construcción Sostenible, Cuenca, Ecuador, daniaba74@hotmail.com

**Palabras clave:** pacas de cereales, aislamientos naturales, talleres, construcción sostenible, bioclimática.

### Resumen

La mayoría de procesos involucrados en la construcción con tierra se caracterizan por el excesivo trabajo físico y el prolongado tiempo de preparación y secado. Ambos parámetros ponen en riesgo la preservación de los sistemas que emplean este material, en contraposición con la rapidez de sus contrapartes industriales. Buscando alternativas para devolverle competitividad en un mundo que evoluciona en demanda de procesos constructivos inmediatos y rentables, se propone una metodología que se evaluó fabricando una vivienda. La tierra se combina con fibras naturales resultantes de residuos agrícolas y se mezcla mecánicamente, agilizando la preparación y minimizando el trabajo físico. Ambas estrategias se imparten en un taller, que busca el desarrollo de las habilidades y las destrezas requeridas para enfrentar de manera autónoma, tareas futuras de construcción, rehabilitación y mantenimiento de edificaciones de tierra. La capacidad de acumulación térmica de éste revoque, se combina con el elevado nivel de aislamiento de muros fabricados con residuos de cereales como el trigo y el arroz. La sinergia entre la masa y el aislamiento, mejora el confort interior, minimizando el tiempo de construcción al sustituir el corazón del muro, tradicionalmente de tierra, por las fibras vegetales, en tanto que, su colocación no precisa agua ni mortero entre las juntas y es, comparativamente, más rápida. Paralelamente, se garantiza la sostenibilidad del sistema pues, los residuos agrícolas propuestos, están distribuidos ampliamente en Ecuador y, junto con la baja energía incorporada y la nula toxicidad, no se requiere de mano de obra especializada para su utilización. El sector inmobiliario se rige por la relación costo-beneficio, en tanto que, indicadores de calidad de vida e impacto ambiental, se pasan por alto. Ofreciendo un proceso alternativo, la construcción con tierra adquirirá las herramientas necesarias, tanto prácticas como conceptuales, para evitar su desaparición frente a las propuestas convencionales, superándolas en calidad ambiental y habitabilidad, además de fomentar la economía local y la autonomía productiva.

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Justificación y problemática

En un análisis histórico, Daher (2013) pone de manifiesto la ajustada y periódica relación entre los ciclos de contracción del sector inmobiliario, determinados por el precio de los inmuebles y las crisis bancarias-financieras; a nivel nacional y global. Este sector es clave dentro de las economías locales, así como a escala macroeconómica, debido a “sus complejas relaciones intersectoriales y por su muy significativa ponderación en las variables e indicadores productivos y financieros” (Daher, 2013, p.2). En la producción de inmuebles, incluida la vivienda, se activan todos los sectores industriales y artesanos que mueven la economía de un país. Al ser una pieza clave del engranaje económico y, en parte, debido a procesos de innovación<sup>1</sup> del sistema financiero, sumados al movimiento de capitales extranjeros destinados a la adquisición de inmuebles, “la vivienda se trasforma de bien de uso en bien de inversión, o incluso de especulación” (Fernández; Cruz, 2013, p. 10). Es el gasto medular en la economía familiar e individual que, incitada por el sistema financiero a través de la oferta de créditos, genera el sobreendeudamiento doméstico. Fernández y Cruz (2013) ejemplifican la especulación inmobiliaria basada en un sistema específico de crédito,

---

<sup>1</sup> Por ejemplo, la titularización que posibilita la transferencia de activos financieros que proporcionan derecho de crédito transformados en títulos financieros hacia un inversor. Por otro lado, mediante la financiarización, cualquier producto de un trabajo o servicio, se convierte en un instrumento financiero intercambiable capaz de ser comercializado. Wikipedia, la enciclopedia libre, <https://es.wikipedia.org>

con el caso de la crisis económica española de 2008. Esta interacción financiero-inmobiliaria, registró los tipos de interés más bajos, en términos históricos, con un aumento sustancial en el plazo medio de retorno del crédito, de 25 a 50 años. Dichas condiciones de préstamo, desembocaron en un incremento histórico en el precio de la vivienda<sup>2</sup>, favoreciendo a empresas constructoras y a promotores inmobiliarios. Bellod (2007) concluye que la gestión del sistema inmobiliario motivó la aparición de una burbuja que eclosionó abruptamente con consecuencias devastadoras para la economía española, arrastrando tras de sí a los sectores social y productivo.

Con esta visión general, el sector de la construcción y el sistema financiero en torno a la vivienda, se articulan para generar bienes de inversión en virtud del binomio coste-beneficio. Conceptualmente, el promotor de vivienda persigue el máximo beneficio con la mínima inversión, mientras pugna con un consumidor que busca ofertas de calidad al menor coste. La producción de viviendas está en función de la rapidez constructiva y el obsesivo aprovechamiento y especulación del suelo, especialmente en metrópolis urbanizadas. Paralelamente, el único canal económico de acceso es el endeudamiento familiar, enmarcado en las distintas reglas de juego propuestas por el sistema financiero público y privado. Esta vía oficial, marca el ritmo de las ciudades y de sus habitantes, marginando consideraciones ambientales y de resiliencia urbana e individual, hábitos de uso eficiente y responsable de los recursos y la energía, así como miramientos estéticos, entre otros, en detrimento de materiales y procesos constructivos alternativos y mecanismos de acceso a la vivienda exentos, al menos en parte, al sistema financiero convencional.

En contraposición a esta visión global y proponiendo alternativas desde lo local, existen acciones y metodologías actuales que otorgan a la vivienda y a sus mecanismos de acceso, un nuevo valor. Como apunta Magwood (2014a), hoy en día ha cambiado la manera de vivir y ésta modifica la forma en la que se construyen las viviendas. Actualmente se espera que un hogar no necesite del mantenimiento, de la atención y del compromiso de sus habitantes. No obstante, si se desean incluir variables relativas a la sostenibilidad, a la gestión eficiente de recursos y energía, al confort y a la salud y, especialmente a la accesibilidad (en términos económicos), es preciso un cambio de actitud y un interés activo en los procesos de construcción, operación y mantenimiento de los hogares. El mismo autor (Magwood, 2014a) ejemplifica la diferencia, en términos ambientales y de gestión de dos materiales: el recubrimiento de vinil y el revoque de tierra. En términos prácticos, un propietario, no necesita mantener un recubrimiento de vinil (a menos que se enrolle, se rompa, sea golpeado, decaiga debido al ambiente, etc.), mientras que el revoque de tierra precisa una mínima labor manual para aplicar un poco de la misma tierra cada cinco o diez años. A esto se suma la dependencia (del propietario) respecto a una casa productora, a una industria y a un profesional especializado. Se incluyen además, consideraciones referentes al tremendo impacto ambiental, desde el proceso de extracción petrolera, hasta los niveles elevados de polución del aire y del agua responsables del proceso de fabricación y de la gestión al final de la vida útil de dicho recubrimiento. Materiales de este tipo, sustentan una economía y unos hábitos que no consideran la salud del ser humano ni de los ecosistemas, así tampoco, su autonomía respecto a un sistema económico y financiero marcado por ritmos inhumanos.

Citando a Magwood (2014a, p.xiv)

No me convertí en constructor sostenible debido a una decisión profesional, me convertí en constructor sostenible porque quería un hogar al que mi familia y yo podamos acceder y vivir confortablemente, sin tener que trabajar a tiempo completo para pagar por él. Con unos pocos recursos útiles, de entre los que existen hoy en día, una familia de no constructores es capaz de diseñar, construir,

---

<sup>2</sup> Entre los años 1999 y 2004 el precio del m<sup>2</sup> creció en un 142%. A la par, la economía española crecía, en ese mismo período, muy por encima de la media europea. Según Bellod (2007) la intensa actividad inmobiliaria pudo causar dicho fenómeno. p. 59

habitar y amar un hogar con un radicalmente bajo impacto en el planeta en comparación con sus contrapartes convencionales<sup>3</sup>.

Este pensamiento representa el sentir de un colectivo atado a un sistema productivo estandarizado que lo ha convertido en una clase dependiente y consumidora de servicios y sistemas ofertados por terceros, en especial por grandes monopolios industriales, comerciales y corporativos. Con este punto de partida, un cambio de hábitos es imprescindible y se sustentará en el tiempo solamente si es precedido de un despertar de la conciencia, de un estado permanente de auto educación y de alerta con respecto a las causas y consecuencias de los actuales patrones de consumo de países capitalistas y, en términos prácticos, de cada uno de los individuos.

Ecuador tiene una diversidad geográfica que ha favorecido el florecimiento de varias culturas indígenas, en cuyo seno, la producción y el acceso a la vivienda se establecían en función del clima, de los recursos locales y de la cooperación entre sus miembros. Esta tradición precolombina de trabajo comunitario o colectivo voluntario, cuya finalidad es el provecho social y la reciprocidad, se conoce con el nombre de minga<sup>4</sup> y aún está vigente en varios países latinoamericanos, así como en algunas comunidades indígenas ecuatorianas (Calderón, 1985).

En síntesis, el endeudamiento doméstico es el mecanismo mayoritario de acceso a la vivienda y se vincula, a través del sistema financiero, con las crisis económicas que afectan a la sociedad. Por otro lado, existen hoy en día alternativas para que un grupo humano se garantice una vivienda de calidad (Roberts, 2002). En función de ello, ¿es posible desarrollar una metodología intermedia destinada a reducir drásticamente o eliminar el sobreendeudamiento familiar?, ¿es posible afrontar el diseño y la construcción desde una nueva e innovadora perspectiva?, ¿es posible equilibrar los requerimientos de una vivienda en su etapa de construcción, fase de uso y final de vida con los ciclos naturales de la energía y los recursos?, ¿es posible producir una vivienda resiliente?, ¿edificar la casa del futuro?

Analizando las sendas abiertas ante la primera indagación, son dos los componentes cardinales de la metodología propuesta: los materiales y la mano de obra, debido a su elevado impacto en la deuda familiar e individual, así como en la calidad y en el desempeño de la vivienda en términos de confort y habitabilidad.

Esta investigación se centra en el desarrollo de una metodología de diseño y construcción que permita un alto grado de autonomía, respecto al sistema financiero convencional ecuatoriano.

## 1.2 Marco teórico

Las materias primas en Ecuador son vastas y el sector agrícola genera residuos con el potencial adecuado, como para convertirse en materiales de construcción sostenible (Taha, 2003), debido a la mínima manufactura requerida, a su garantía de abastecimiento, a su difusión a nivel país y a su coste reducido (al menos en la actualidad). Junto a éstas, incorporan peculiaridades naturales intrínsecas que avalan óptimos niveles de desempeño higro térmico-acústico y calidad del aire interior, de cierre de ciclo al final de su vida útil, de huella ecológica, entre otras; en contraposición a la oferta del mercado convencional (Magwood, 2014a). Una ventaja añadida es la flexibilidad de uso<sup>5</sup> dentro de una edificación

<sup>3</sup> "I became a sustainable builder not as a career decision but because I wanted a home my family and I could afford and live in comfortably without having to work full time to pay for it all. With many fewer helpful resources than exist today (no Internet!), a family of non-builders was able to design, construct, inhabit and love a home that had a radically lower impact on the planet than all its conventional counterparts". Del original, traducido por la autora. p. xiv.

<sup>4</sup> Del quechua, trabajo colectivo hecho en favor de la comunidad; minca del quechua minccacuni, solicitar ayuda prometiéndolo algo.

<sup>5</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=EFv8oNIKwws>, diez formas de construir muros con fardos de paja, presentado en Ontario Natural Building Coalition, Chris Magwood, 2015.

y el requerimiento de mano de obra con escasa preparación. Tal es el caso de los fardos de arroz y trigo, de la cascarilla de arroz (Panyakaew; Fotios, 2008) y del revoque de tierra (Magwood, 2014b).

Magwood, Mack y Therrien (2005) explican el origen del uso de los fardos de cereales en la construcción a partir de la invención y difusión de la máquina enfardadora tirada por caballos, en las regiones productoras de cereales hacia 1870, especialmente en Nebraska, debido a la carencia de madera y de mano de obra. Hoy en día, las técnicas constructivas que emplean este material, tienen carácter internacional (King, 2006) y, varias evaluaciones y estudios, acreditan normativas que certifican su óptimo desempeño en la construcción<sup>6</sup>. Asimismo, Olivier (2003) detalla la primacía de la cascarilla de arroz como aislante termoacústico versus sus contrapartes resultantes de procesos industriales. El arroz y el trigo están ampliamente difundidos en Ecuador, constituyendo uno de los principales ingredientes en la dieta de la población, no obstante, el uso de estos cereales es despreciable dentro del sector de la construcción. El resultante agrícola de las distintas fases de la cosecha es generalmente quemado, utilizado como fertilizante o depositado en rellenos sanitarios, con los consecuentes impactos ambientales.

Paralelamente y según la UNESCO (1999), Cuenca es una de las 150 ciudades patrimoniales construidas total o parcialmente en tierra. Hoy en día, los retos que enfrenta esta arquitectura debido a la introducción de otro tipo de materiales, apuntan hacia su desaparición, como lo declara la experta en tierra, Lourdes Abad<sup>7</sup>. Asimismo, Crespo<sup>8</sup> sostiene que a partir de los años 50 la arquitectura vernácula ecuatoriana se encuentra en proceso de adulteración y desaparición por motivos similares.

### 1.3 Casos de estudio, Cal Cases y Endeavour Centre

Cal Cases es una cooperativa de vivienda con cierto grado de independencia respecto al sistema financiero. Surge de la iniciativa de un colectivo de 30 personas, que optan por una forma de vida alternativa. Asesorados por la ONG Sostre Cívic, acceden a una propiedad mediante el modelo noruego Andel<sup>9</sup> (CatalunyaPress, 2011). El colectivo se convierte en la cooperativa que adquiere el suelo, una masía que hacía las veces de retiro para personas con trastornos mentales. La casa original se destina para áreas comunes de descanso, alimentación, gestión energética y mantenimiento, así como para la producción a pequeña escala de pasta fresca. Paralelamente, las celdas se adecúan como viviendas para cada núcleo familiar, no obstante, son insuficientes. En función de ello, una vieja estructura de madera, es el punto de partida para construir un albergue para 4 personas, en habitáculos diferenciados dentro de un mismo edificio. El colectivo participa activamente en la siembra, recolección y preparación de los materiales (en especial de las pacas de trigo), así como en la construcción misma. Mediante un trabajo comunitario de dos años, aproximadamente, se edifica una vivienda de calidad y libre de deuda, en una época en la que, un alto porcentaje de españoles, estaban hipotecados a un sistema económico y financiero con destino incierto. Esta meta se consiguió, aprovechando oportunidades específicas: acceso al terreno mediante un crédito justo y empleando materiales locales y mano de obra comunitaria<sup>10</sup>.

Otro caso de estudio lo constituye Endeavour Centre en Peterborough, Canadá, una organización cuya labor es la enseñanza teórico-práctica, así como la difusión y promoción

---

<sup>6</sup> Los fardos de paja y la cascarilla de arroz, cumplen estándares de la ASTM (American Society for Testing and Materials), que está entre los mayores contribuyentes técnicos del ISO (Organización Internacional de Normalización). Straw Bale Construction Building Code (2013 IRC Approval) <http://sustainable-sources.com/straw-bale-construction-building-code-2013-irc-approval/>

<sup>7</sup> Entrevista publicada en diario el Mercurio de Cuenca, *la arquitectura de barro está en riesgo*, 22, enero, 2013

<sup>8</sup> De la introducción del libro de Alfonso Calderón (1985), "Saraguro huasi, la casa en la tierra del maíz"

<sup>9</sup> Modelo libre de especulación, en donde el alquiler es fijo y al amortizar el endeudamiento inicial, éste baja.

<sup>10</sup> La autora visitó la cooperativa Cal Cases a inicios del 2011 y se entrevistó con uno de sus miembros, Elizabeth Contreras.

de la construcción sostenible<sup>11</sup>. Profesionales experimentados ofrecen talleres que van desde el diseño solar pasivo de edificaciones o de componentes específicos de las viviendas, hasta un taller completo e intensivo que resulta en la fabricación completa de una edificación, por parte de personas sin capacitación o experiencia previa en el mundo del diseño o de la construcción. Se evidencia así, la existencia de vías alternativas de acceso a la vivienda que argumentan la búsqueda de metodologías locales, adecuadas a la realidad ecuatoriana.

En su libro *Building green*, Snell y Callahan (2009) exponen el trabajo de diseño y construcción de una cabaña con el uso de la tierra como material principal. Contraponiendo en el tiempo esta técnica, reflexionan acerca de su evolución, pues inicialmente se desarrolló en culturas en donde la gente trabajaba junta para erigir una vivienda. Las familias y la comunidad construían, en tanto que, los niños crecían aprendiendo de oficios relacionados, ganando experiencia como constructores como parte de la vida cotidiana. Actualmente, el trabajo de un propietario–constructor es individual, siendo necesaria la contratación de mano de obra asalariada. En el primer caso, la construcción con tierra requiere un despliegue monumental de esfuerzo físico, mientras que el segundo, irónicamente, puede resultar económicamente prohibitivo, llanamente porque construir con tierra supone una cuantiosa labor manual, un gran esfuerzo físico y consume mucho tiempo<sup>12</sup>. Pese a ello, la combinación de la tierra con fibras naturales y su preparación mecánica, facilitan considerablemente el trabajo.

Antiguamente, preparar la tierra para usarla en la construcción, demandaba una selección previa, en este caso empírica, de la correcta distribución entre limo, arcilla, arena, agua y fibras vegetales<sup>13</sup> (Snell; Callahan, 2009). Posteriormente, esta mezcla se batía a mano o utilizando ganado y se dejaba fermentar. Debido a la adición de distintos polímeros, por ejemplo el guano de vacuno, dicha mezcla adquiere “propiedades hidrofóbicas y mayor resistencia” (Camões; Eires; Jalali, 2013, p. 964). Actualmente, esta tradición se mantiene, obviamente con las adaptaciones logísticas necesarias. Por ejemplo, al intervenir en el centro histórico de Cuenca, la tierra se compra expresamente para ser empleada en la construcción, en función de ello, es común prescindir de las pruebas que garantizan el equilibrio de los componentes anteriores. Se añade agua y paja de cerro<sup>14</sup> y se bate manualmente, como se muestra en la figura 1. Buscando facilitar y minimizar el tiempo de preparación, el mezclado mecánico (figura 2) reduce el desgaste físico del trabajador y posibilita la ejecución de pruebas con distintos biopolímeros. Existen varios materiales y técnicas que admiten el uso de la tierra dentro de la construcción, en ausencia del proceso de fermentación (Camões, Eires y Jalali). Uno de ellos es el uso de fibras de trigo o arroz, las cuales previamente cortadas, se añaden a la mezcla de tierra, “fortaleciéndola o

---

<sup>11</sup> En 2014, la autora participó en el Workshop Sustainable New Construction (SNC2014), de Endeavour Centre. Teacher’s Union Offices, Kawartha Lakes, Lindsey, Ontario. <http://endeavourcentre.org/2015/05/teachers-union-office-building-slideshow/>

<sup>12</sup> “Mud-building evolved at a time and in cultures where groups of people worked together to create housing. Large families or whole villages built together, with children growing up learning the techniques and gaining the experience as part of daily life. These days, however, we’re often either working alone as relatively inexperienced owner-builder or paying skilled labor to construct our homes. In the first case, building with cob can become a Herculean individual marathon; in the second case, ironically, it can be cost prohibitive. This is simply because building with cob (and with earth in general, nota de la autora) is hard manual labour, and lots of it. Of all the Wall systems we use in our little building (straw bale, cob, cordwood cellulose), cob was by far the most physically demanding and time-consuming”. Snell y Callahan. p. 220.

<sup>13</sup> Snell y Callahan (2009) pp. 228-233, 446-450.

<sup>14</sup> Como apuntan Mena y Hofstede (2006), ésta fibra, proveniente de los pajonales andinos, cumple funciones estratégicas dentro de los humedales, especialmente en la regulación del ciclo del agua. Esta es una de las causantes en favor de la valoración y protección de los servicios ecosistémicos regulados por un páramo andino. Controlada su explotación, escasea la oferta de paja para la preparación de la tierra, previo su uso en la construcción. Ley para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad, artículos 18, 19, 20 y 21 p. 5-, escasea la oferta de paja para la preparación de la tierra, previo su uso en la construcción. Disponible en [http://www.vertic.org/media/National%20Legislation/Ecuador/EC\\_Ley\\_de\\_Biodiversidad.pdf](http://www.vertic.org/media/National%20Legislation/Ecuador/EC_Ley_de_Biodiversidad.pdf)

incrementando su capacidad aislante<sup>15</sup> (Snell y Callahan, 2009). Con las paletas adecuadas en la máquina mezcladora y en función de la consistencia correcta del mortero de tierra, es posible revocar inmediatamente las pacas. La primera capa (figura 3) estará compuesta solamente de tierra y agua, prescindiendo del uso de fibras y se aplicará presionando con fuerza sobre los muros. Posteriormente y sobre la inicial, se aplica una segunda capa de mortero (figura 4) que incluye fibras (trigo o arroz) trituradas en su preparación. Estas dos capas se fusionan en una, cuyo espesor depende de la plomada de las pacas al momento de su colocación. La flexibilidad del revoque de barro, permite la confección de bordes curvos, a la vez que sella las juntas y dota de masa térmica al muro. Es posible ensamblar la pared de pacas sin conocimientos o prácticas previas en el campo de la construcción, asimismo, el recubrimiento de tierra no requiere de mano de obra especializada. De esta sencilla manera, es posible contar uno de los elementos principales dentro de un edificio, los muros.

Introduciendo estas variantes al proceso de preparación de la tierra, se minimiza el trabajo físico y se apresura el secado (el volumen de tierra disminuye al combinarse con las fibras), en comparación con una vivienda habitual de adobe, bahareque o tapial. Los requerimientos de tiempo y mano de obra que supone esta modificación, con respecto a las técnicas tradicionales cuencanas, ofrecen nuevas alternativas a la construcción en tierra y a la construcción sostenible; permitiéndoles competir en el mercado inmobiliario y reduciendo drásticamente la dependencia a una casa comercial, a una industria o a un sistema financiero.



Figura 1. Batido manual de un mortero de tierra



Figura 2. Batido mecánico de un mortero de tierra. Crédito: Bowman



Figura 3. Primera capa de mortero de tierra.  
Crédito: Bowman



Figura 4. Segunda capa de mortero de tierra

<sup>15</sup> "Additives such as Straw can make it stronger or more insulative". Del original Snell y Calahan, 2009, p. 217.



## METODOLOGÍA

El planteamiento combina el uso de materiales locales con residuos agrícolas y con la tierra del sitio, adecuada para su uso mecánicamente. Finalmente, se opta por un proceso comunitario de construcción, compaginando la mano de obra asalariada y especializada, con la participación activa, no remunerada, de familiares y amigos, así como de personas ajenas al grupo familiar, en la figura de voluntarios-aprendices en facetas específicas de la construcción. Posteriormente se contrapondrán parámetros de la vivienda resultante con aquellos de una convencional ubicada en el mismo sector. Datos referentes al presupuesto y al cronograma, así como al desempeño higro térmico y acústico<sup>16</sup>, resultantes del monitoreo de la vivienda en la etapa de uso, posibilitarán el ajuste de la metodología sugerida.

La vivienda se emplaza en Pircapamba, parroquia de Jadán, al norte de la ciudad de Cuenca. El diseño solar pasivo se argumentó mediante simulaciones por ordenador que garantizaron la captación y protección solar, así como el correcto desempeño de las estrategias pasivas incorporadas. Este proceso participativo que, además de las condicionantes del terreno, las aspiraciones y la situación personal de los usuarios, incorpora materiales y procesos de construcción alternativos; se sometió a un exhaustivo trabajo de socialización, investigación y experimentación. Dos estudiantes de la carrera de arquitectura, los propietarios y los obreros, se sumaron a la experiencia previa de la autora.

Los siguientes criterios fueron la base de las decisiones tomadas:

- Determinación de metas sostenibles fundamentadas en el conocimiento, de los distintos actores involucrados, sobre la relación entre arquitectura y energía.
- Elección de materiales y técnicas constructivas. Compaginando la economía de los propietarios con los condicionantes del sitio, ¿cuáles son los materiales y técnicas constructivas que responden adecuadamente a este caso puntual, sin obviar parámetros de confort, salud y energía?
- Elección del sistema constructivo de tierra, así como de la fórmula respectiva, en función de las características del suelo.
- Elección de las fibras que conformaron el corazón de los muros, disminuyendo la cantidad de tierra requerida en la fabricación de dichos elementos.
- Construcción de una matriz FODA<sup>17</sup>. Es crucial inquirir sobre los recursos y herramientas, tanto teóricas como prácticas, en tres niveles: personal, equipo de trabajo y ciudad. La información obtenida, arrojó las siguientes inquietudes:
  - ¿Cuáles son los materiales locales disponibles?
  - El equipo de trabajo es parte de una sociedad, en función de ello, ¿qué vínculos tienen el potencial para intercambiarse mediante trabajo no remunerado, oportunidades de cooperación y mecanismos de aprendizaje?
  - ¿Cuáles son los retos que enfrenta un proyecto sostenible dentro de las políticas públicas del sector de la construcción en Cuenca, en Ecuador?

---

<sup>16</sup> El capítulo 13, eficiencia energética en la construcción en Ecuador, contenido en la norma ecuatoriana de la construcción, NEC-11, tiene por objetivo “Establecer las especificaciones y características técnicas mínimas a ser tomadas en cuenta en el diseño, construcción, uso y mantenimiento de las edificaciones en el país, reduciendo de esta manera el consumo de energía y recursos necesarios, así como establecer los mecanismos de control y verificación de las mismas” p. 4. En función del clima en donde se emplace un edificio, exige condiciones de confort en varios niveles. En el punto 13.4.3.3 materiales de construcción, demanda que el 20% de materiales tengan origen local y su punto de fabricación no supere los 100Km, asimismo, solicita el uso de materiales de baja toxicidad y de materiales naturales renovables. En estos puntos, la tierra y las fibras naturales superan con ventaja a los materiales actualmente utilizados.

<sup>17</sup> Fortalezas, oportunidades, debilidades, amenazas.

- Formular alternativas a los materiales, procesos, servicios o recursos convencionales involucrados en la fabricación y mantenimiento de una vivienda. Los datos se ponderan en virtud de su coherencia con los objetivos sostenibles propuestos a nivel social, ambiental y económico.
- En función de la matriz FODA, la vivienda se diseñó desde el punto de vista bioclimático, mediante un proceso que incluyó actores sociales no remunerados y un alto porcentaje de recursos locales.



Figura 1. Nivelación del terreno



Figura 2. Estructura de la casa Carrión-Zamora

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

La vivienda está en proceso de construcción (figuras 1 y 2) y los datos para un análisis conclusivo, son insuficientes. No obstante, es posible discutir resultados parciales sobre la metodología y pronosticar un desenlace final.

El proceso de diseño fue arduo. La predisposición del equipo al uso de materiales y tecnologías alternativas, requirió del fortalecimiento teórico necesario para garantizar una correcta aplicación, así también, para disipar inquietudes, especialmente en los futuros usuarios y en los obreros. Pese a las ventajas expuestas en publicaciones especializadas, las decisiones trascendentales se tomaban con inseguridad. Por ejemplo, la casa se desarrolló en dos pisos, característica que sustenta técnicamente la construcción con pacas de cereales mediante el sistema Nebraska<sup>18</sup>, pese a ello, esta técnica fue descartada en función de una de mayor complejidad, con los consecuentes impactos en el coste de la vivienda. La construcción alternativa no forma parte del sistema académico convencional, precisando de autoeducación. Este aprendizaje puede efectuarse conjuntamente con los procesos de diseño y construcción, sin embargo, éstos se ralentizan significativamente, minando la capacidad de convertir a la construcción sostenible en una alternativa competitiva en el mercado nacional.

En Cuenca, la oferta de programas de capacitación en temas relativos al diseño y a la construcción sostenible, es limitada, especialmente cuando se trata del uso y aplicación de la tierra y de las fibras naturales. Además de la difusión y de la educación, la construcción alternativa necesita usuarios dispuestos a aprender y a modificar sus hábitos, principalmente los de consumo. Los estudiantes-voluntarios requerían de refuerzo en algunos conocimientos necesarios para este proyecto, por ejemplo en termodinámica básica y en técnicas de investigación.

Un desafío importante que enfrenta la construcción con tierra y fibras naturales, así también, otras técnicas alternativas, es el limitado porcentaje de mano de obra capacitada. El uso de

<sup>18</sup> Es un sistema auto portante, entendiéndose por ello que, las pacas de cereal soportan las cargas muertas de compresión asociadas al entrepiso y a la cubierta, así como las cargas vivas debido al peso de la nieve, a obras de mantenimiento y reparación, al tráfico de personas, etc. Las pacas, junto con el revoque de tierra y las estructuras de refuerzo, actúan conjuntamente para soportar las cargas y los esfuerzos sobre los muros. Lacinski y Bergeron, 2000, pp. 116-149.



materiales y técnicas que requieren cemento está ampliamente difundido, obstaculizando la modificación de hábitos durante procesos constructivos que involucran tierra y cereales.

El soporte metodológico, basado en una matriz de oportunidades, no se completó, a ello se añade el conocimiento parcial del funcionamiento de las alternativas elegidas, por una parte importante del equipo de trabajo. En función de ello, algunas decisiones tomadas durante la construcción misma, ocasionaron nuevos escenarios que elevaron diariamente los niveles de incertidumbre. La insuficiente comprensión de las alternativas, propició una sustitución secuencial de los materiales y de los sistemas constructivos propuestos, por aquellos de uso convencional.

La metodología requiere de ajustes, pues aunque se termine la vivienda, ésta no participará de las ventajas indicadas. Al conocimiento insuficiente en temas relativos al uso de la tierra y de las fibras, se sumó la limitada oferta del mercado local en cuanto a la provisión de bienes y servicios sostenibles, concretamente en el suministro de pacas de cereales y en el alquiler de una máquina para mezclar la tierra. Es posible utilizar una concretera y evaluar los resultados. No obstante, fabricar una mezcladora con las paletas adecuadas, es factible en función de la oferta de servicios artesanales en ramas afines.

La organización convencional del trabajo, dificulta la regularidad y limita la disponibilidad de tiempo en lo referente a las actividades comunitarias. Una persona en relación de dependencia laboral, carece del espacio para ejecutar tareas colaborativas, paralelamente, gran parte de su salario se intercambia en bienes y servicios que podrían ser parcialmente autogenerados si se modificará el régimen laboral actual.

El uso de materiales locales, extraídos y cultivados en el sitio de emplazamiento, es aún posible en localidades rurales del cantón Cuenca. El desarrollo de un mecanismo de acceso al suelo, complementará substancialmente la metodología propuesta.

En Ecuador, el cultivo de trigo y arroz es adecuado para suplir parte de la demanda de viviendas (INEC 2013), sin embargo, los procesos de manufactura y distribución de los residuos agrícolas no contemplan los requerimientos este sector, dificultándose el aprovisionamiento del material en el lugar y en la fecha requerida. El cultivo de trigo ha disminuido drásticamente en los últimos años<sup>19</sup>, mientras que la logística para el suministro de fardos, eleva el coste. En Alausí se comercializan pacas enfardadas mecánicamente, elevando su calidad en relación a la manufactura manual, no obstante, la eficiencia en el empaque es menor en comparación con el de la avena. Es posible enfardar 1.000 pacas de avena diariamente y solamente 300 de trigo<sup>20</sup>. La cosecha de este cereal es anual e inicia en agosto. La construcción de la vivienda se organizó en función del suministro del material en la etapa requerida, evitando comprometer la calidad de los fardos debido al manejo innecesario y a largos períodos de almacenamiento. Por otro lado, hay 2,5 cosechas de

---

<sup>19</sup> "El cultivo de trigo en el Ecuador ha sufrido un notable descenso, pues en la década de los años 60 se cultivaban 200 mil hectáreas y en el año 2000 apenas se llegó a cultivar 30 mil hectáreas...nuestro país, está considerado como el de más baja productividad a nivel de América Latina, con apenas el 0,7 toneladas por hectárea de promedio. En cambio nuestro consumo es de 37 kilogramos por persona al año. Por estas razones el INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias), gracias al apoyo del Gobierno Nacional, está impulsando el cultivo del trigo en el Ecuador para disminuir el porcentaje de las importaciones, pues solo un 2% se produce a nivel nacional". Diario el Mercurio, publicado el 29-06-2011, disponible en [http://www.elmercurio.com.ec/286614-iniap-fomenta-el-cultivo-del-trigo-en-ecuador/#.VgIHbfl\\_Okp](http://www.elmercurio.com.ec/286614-iniap-fomenta-el-cultivo-del-trigo-en-ecuador/#.VgIHbfl_Okp). En función de ello, uno de los programas es el "...plan de recuperación y fomento del cultivo de trigo en Ecuador, que desarrolla el INIAP desde 2009, y que tiene como objetivo recuperar la siembra de este producto en un plazo de 5 años, para llegar a las 50.000 hectáreas". PP el verdadero, publicado el 02-07-2012, disponible en <http://www.ppelverdadero.com.ec/mi-pais/item/las-hectareas-de-trigo-del-pais-han-aumentado.html>

<sup>20</sup> Entrevista al ganadero Rodrigo Borja, en Alausí, 06/14/2015. En la avena, que es usada como forraje para el ganado, la enfardadora (tirada por un tractor) fabrica los bloques en el campo de cultivo, circulando directamente sobre ellos. La extracción del grano de trigo resulta del golpe o sacudida de la espiga completa contra una superficie dura, en función de lo cual, la espiga es cortada previamente y luego de obtener el grano, el rastrojo se amontona de forma dispersa o de acuerdo a cada unidad productiva. La enfardadora, aparcada frente a cada montón, es alimentada manualmente y así sucesivamente.

arroz al año, los cultivos mayoritarios se encuentran en las provincias de Guayas y de Los Ríos, siendo el cultivo más extendido en Ecuador (INEC, 2010). No fue posible establecer una red de abastecimiento de este cereal para la casa Carrión-Zamora, en donde se utilizaron pacas de trigo provenientes de Alausí.

Las fibras naturales deben conservar sus propiedades de aislamiento térmico durante la vida útil del inmueble, evitando saturarse de agua. El revoque de tierra, tiene la capacidad de equilibrar su contenido de humedad con aquella proveniente del ambiente, así, colocado sobre las pacas eleva el desempeño térmico del muro, favoreciendo su transpirabilidad (Pragyan, Pragyan, Keshab y Shyam, 2012). En la construcción cuencana convencional, el aislamiento de pisos, entresijos, cubiertas o muros interiores, no está contemplado, convirtiéndose en una de las causas más significativas de pérdida de calor. Asimismo, las juntas no son estancas y se intercambia calor con el exterior debido a pérdidas o a diferencias de presión que introducen aire frío. Las cubiertas son un punto crítico para el equilibrio térmico en ciudades andinas azotadas por el salto térmico diurno elevado, además es la superficie más expuesta al soleamiento. Una edificación trabaja integralmente y el diseño y la construcción determinan su relación con la energía. En este sentido, el uso de aislantes naturales revocados con tierra, eleva el desempeño térmico de elementos verticales, favoreciendo un control eficaz de las juntas.

El sector de la construcción no cuenta con información climática suficiente, traducida ésta en antecedentes históricos y datos en tiempo real. Entender el clima es fundamental para argumentar decisiones cardinales en el diseño, así como para elegir los materiales adecuados. En Pircapamba se carece de datos climáticos oficiales, utilizándose los de Cuenca como referencia.

El equipo constructor es una pieza fundamental en la calidad de una edificación, debido a ello, su relación intrínseca con el conocimiento, transmitido mediante procesos de enseñanza-aprendizaje, es igualmente trascendental. En función de vivencias previas, la autora afirma que es posible construir con personas sin experiencia y que sus habilidades se desarrollarán durante el proceso. Esta ha sido la forma tradicional de aprendizaje de oficios. Sin embargo, la motivación del equipo en este caso puntual, no fue suficiente para modificar los patrones de trabajo-aprendizaje. ¿Es posible desarrollar mecanismos que despierten la curiosidad, creatividad e iniciativa de personal con experiencia previa?, ¿qué papel juega el sistema educativo dentro de la innovación y el emprendimiento?, ¿qué función desempeña el estado en la difusión de la construcción sostenible? Asimismo, se afirma que es posible tecnificar la preparación de tierra, diversificar su dosificación y probar distintas fibras y polímeros, en función de los recursos de un sitio concreto. Es posible también aislar los pisos, entresijos y cubiertas con fibras naturales y utilizar la tierra en elementos no convencionales, por ejemplo, los pisos.

El uso de fibras naturales revocadas con tierra, eleva el desempeño térmico y energético de una vivienda, favorece la auto-construcción y limita la demanda de materiales industriales. Pese a ello, su desafío actual se fundamenta en aquel imaginario colectivo que les resta la capacidad y características (extensamente argumentadas en distintas publicaciones científicas) adecuadas para convertirse en una alternativa competitiva en el mercado inmobiliario nacional. A pesar del trabajo de campo desarrollado hasta el momento, los resultados obtenidos son susceptibles de profundas mejoras, en aras de reformar la metodología propuesta.

Inicialmente, la actitud de los propietarios estuvo enfocada en el auto aprendizaje, generándose una etapa de modificación de hábitos en el seno familiar, especialmente, los de consumo. Esta modificación previa es imprescindible para habitar una vivienda sostenible, pues ésta requerirá de mantenimiento, por ejemplo, reparación de los revoques de tierra, gestión del baño de compostaje, etc. Independientemente de la edificación como resultado tangible, los niveles de conciencia del usuario, respecto a la relación arquitectura-energía y arquitectura-salud, se incrementaron en este caso puntual. Sin embargo, es complejo obtener los indicadores respectivos y la única forma de verificación será el

mantenimiento de las nuevas conductas a través del tiempo. Esto constituye en sí, una pequeña victoria, pues la arquitectura destruye y engendra hábitos.

Científicamente fundamentados, en las leyes naturales que rigen los procesos inmersos en un sistema, es posible modificar los elementos, así como los materiales provenientes del mercado convencional, sustituyéndolos por otros del sector residual, tanto agrícola como urbano, de cara a la experimentación y al fomento de la resiliencia.

## CONCLUSIONES O CONSIDERACIONES FINALES

Diversos estudios aseguran la calidad y ventajas de una edificación de pacas de trigo revocadas con tierra. Sin embargo, la vivienda no está terminada aún, siendo improbable demostrar experimentalmente su capacidad para competir en el mercado inmobiliario convencional como una forma alternativa de construcción sostenible.

La metodología propuesta falla profundamente en su origen. Obvia estrategias inclusivas de género y de clase. Igualmente, carece de tácticas sociales que amortigüen la brecha cultural y motiven un orden que reconozca la necesidad de profesionales de calidad en la rama de la construcción sostenible. Se pasa por alto la escasa fluidez de los canales de manufactura y distribución de residuos, tanto agrícola como urbana, así también, la falta de maquinarias y herramientas adecuadas para disminuir el trabajo físico en la preparación de la tierra.

Un complemento para la metodología propuesta, radica en la adaptación cultural, desarrollando estrategias que incrementen la conciencia en los hábitos de consumo de actores sociales involucrados, fomentando su curiosidad y argumentando las ventajas de la construcción sostenible. En este escenario, el alcance de metas sostenibles se incrementaría al trabajar conjuntamente con una entidad pública o con un promotor inmobiliario, ambos con intereses sostenibles, en lugar de unidades familiares aisladas.

Surge la siguiente inquietud, al ajustar la metodología, ¿será posible edificar la vivienda del futuro?, implantada en un escenario de adaptación al cambio climático, en donde el nivel de incertidumbre modificará las metas o aspiraciones en circunstancias irrevocables con un abanico cada vez más reducido de opciones.

Este documento analiza la metodología aplicada a un primer caso de estudio. La monitorización del desempeño ambiental del inmueble y de su viabilidad como alternativa de construcción, se completará en etapas sucesivas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bellod, Francisco (2007). Crecimiento y especulación inmobiliaria en la economía española. Universidad politécnica de Cartagena, Principios. Cartagena.
- Calderón, Alfonso (1985). Saraguro huasi, la casa en la tierra del maíz. Quito: Museo del Banco Central del Ecuador.
- CatalunyaPress (2011). El modelo escandinavo de acceso a la vivienda, una alternativa para el mercado. El Andel: una casa para siempre, barata, digna y sin hipotecas. Disponible en [http://www.catalunypress.cat/es/notices/2011/02/el\\_andel\\_\\_una\\_casa\\_para\\_siempre\\_\\_barata\\_\\_digna\\_y\\_sin\\_hipotecas\\_42283.php](http://www.catalunypress.cat/es/notices/2011/02/el_andel__una_casa_para_siempre__barata__digna_y_sin_hipotecas_42283.php). Consultado en 01/05/2015.
- Daher, Antonio (2013). El sector inmobiliario y las crisis económicas. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos. Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales. EURE Santiago, vol. 39, n° 118, Santiago de Chile.
- Diario el Mercurio de la ciudad de Cuenca (2013). La arquitectura en barro está en riesgo. Disponible en [http://www.elmercurio.com.ec/366123-la-arquitectura-en-barro-esta-en-riesgo/#.VaaldvI\\_Okq](http://www.elmercurio.com.ec/366123-la-arquitectura-en-barro-esta-en-riesgo/#.VaaldvI_Okq). Consultado en 07/04/2015.
- Fernández Tabales, A.; Cruz, E. (2013). Análisis territorial del crecimiento y la crisis del sector de la construcción en España y la Comunidad Autónoma de Andalucía.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (2010). Sistema agroalimentario del arroz. Quito. INEC. Disponible en: <http://www.ecuadorencifras.com/sistagroalim/pdf/Arroz.pdf>

Instituto Nacional de Estadística y Censos (2013). Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua. Quito. INEC. Disponible en: [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac%202013/InformeEjecutivoESPAC2013.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac%202013/InformeEjecutivoESPAC2013.pdf)

King, Bruce (2006). Design of straw bale buildings: the state of the art. Estados Unidos. Green building press.

Lacinski, Paul; Bergeron, Michel (2000). Serious straw bale: a home construction guide for all climates. Canada. Chelsea green publishing company.

Magwood, Chris (2014a). Making better buildings: a comparative guide to sustainable construction for homeowners and contractors. Canada. New society publishers.

Magwood, Chris (2014b). The last straw, the international journal of straw bale and natural building: how clay plaster might save the world. Disponible en <http://thelaststraw.org/clay-plaster-might-save-world/>. Consultado en 07/04/2015.

Magwood, Chris; Mack, Peter; Therrien, Tina (2005). More straw bale: a complete guide to design and building with straw. Canada. New society publishers.

Mena Vásconez, Patricio; Hofstede, Robert (2006). Los páramos ecuatorianos. La Paz. Universidad mayor de San Andrés.

Ministerio de desarrollo urbano y vivienda MIDUVI; Cámara de la construcción de Quito. "Eficiencia energética en la construcción en Ecuador" en Borrador de la norma ecuatoriana de la construcción, NEC-11, Capítulo 13. Decreto ejecutivo n° 705 del 06 de abril del 2011.

Olivier, P. A. (2003) The rice hulls house, in Engineering, Separation and Recycling. Washington Louisiana.

Panyakaew, Satta; Fotios, Steve (2008). 321: Agricultural waste materials as thermal insulation for dwellings in Thailand: preliminary results. In 25 Conference on Passive and Low Energy Architecture, Dublin, october 22 – 24, 2008.

Pragyan, Bhattarai; Dharma, Raj Dhakal; Keshab, Neupane, K. Shyam, Chamberlin (2012). Straw bale in construction of building and its future in India. International Journal of Modern Engineering Research (IJMER). Vol.2, Issue.2.

Roberts, Carolyn (2002). A house of staw, a natural building odyssey. Chelsea Green Publishing Company.

Snell, Clarke; Callahan, Tim (2009). Building green: a complete how-to guide to alternate building methods, earth plaster, straw bale, cordwood, cob, living roofs. New York. Lark books.

Taha, Ashour (2003). The use of renewable agricultural by-products as building materials. Moshtohor, Toukh, Kaliobia, Egypt. Faculty of agriculture, Benha University.

UNESCO region: latin America and the Caribbeans WHC nomination documentation. File name: 863. 1999.

## **AGRADECIMIENTOS**

La autora agradece a la familia Carrión-Zamora por su importante aporte y contribución en el desarrollo de este trabajo.

## **AUTOR**

Dániaba Montesinos González, arquitecta, máster en bioclimática con especialidad en construcción sostenible, en la universidad politécnica de Cataluña, España y en the Endeavour Centre, Peterborough, Canadá; miembro de global straw building network discussion forum GBSN; ex profesora universitaria; consultora de arquitectura bioclimática, libre ejercicio profesional en la cooperativa de construcción sostenible RURANAYANI. Actualmente trabaja en la unidad de investigación de la dirección de áreas históricas y patrimoniales del GAD municipal del cantón Cuenca.