

Transferencia y capacitación en tecnologías

Un material posible para las viviendas con motivo de la emergencia en Haití, 2010

Technology transfer and training. A viable building material developed to deal with the aftermath of the Haiti 2010 disaster

Recibido: 28 de marzo de 2010. Aprobado: 4 de mayo de 2010.

Carlos González Lobo

Arquitecto, profesor e investigador en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). También es docente de la Facultad de Arquitectura en la Universidad Iberoamericana (UIA), México.
✉ espaciomaximocostominimo@yahoo.com.mx

María Eugenia Hurtado Azpeitia

Arquitecta con Maestría en Arquitectura. Coordinadora del Taller "Carlos Leduc M" de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de México (UNAM), México. Integrante del grupo de apoyo técnico solidario: "Espacio Máximo y Costo Mínimo".

Fotografías y dibujos: Carlos González Lobo y María Eugenia Hurtado Azpeitia.

Resumen

En este artículo se presenta un proceso experimental para la construcción de viviendas económicas, en el cual se construyen bóvedas de concreto sobre metal desplegado en el suelo, donde luego son prearmadas e izadas sobre muros de carga. De esta manera se obtienen cubiertas monolíticas de bajo costo que se prestan para realizarse por autoconstrucción con apoyo técnico solidario y cooperativo. Se concluye que el proceso es aplicable en procesos de reconstrucción como el de Haití después del terremoto sufrido en enero del 2010.

Palabras clave: vivienda económica, bóvedas prearmadas, reconstrucción de Haití, autoconstrucción.

Abstract

This paper presents an experimental process for constructing affordable housing. Concrete vaults are built on steel sheets lain out on the ground where they are later prefabricated and hauled up on load-bearing walls, to produce affordable monolithic covers that can be used for self-building with the cooperation of technical support teams. We conclude that the process is applicable in reconstruction processes such as the one in Haiti after the 2010 disaster.

Keywords: affordable housing, prefabricated vaults, reconstruction of Haiti, self-building.

La vivienda para los más necesitados, hoy en número creciente, es una de las necesidades que reclama atención prioritaria, y la satisfacción de esa carencia, lejos de aminorarse, crece día a día. Las soluciones probables son aún una carencia de nuestra cultura, tanto en lo teórico como en lo práctico.

En eventos de transferencia y capacitación propios de la red Cyted-Habited XIV-C¹ se han realizado prácticas de capacitación a alumnos y albañiles de diversas regiones de Iberoamérica: en La Plata, Argentina; en Cuernavaca de Morelos, México; en Asunción, Paraguay; y en Montevideo, Uruguay. En ellas desarrollamos, bajo la dirección del arquitecto Walter Kruk, talleres de capacitación promovidos y auspiciados por la red XIV-C.²

El caso expuesto aquí, que a la vez es reseña de experiencias y proposición viable para responder a la invitación de cooperar en la reconstrucción de Haití, trata sobre una alternativa económica y sencilla para cubrir o techar habitaciones de claros cortos, claros medios entre 3,50 y 5 m, y claros mayores, hasta de 12 m, que pueden edificarse con mano de obra sin calificación técnica previa, además de hacerse con los materiales disponibles en cualquier región y, por lo tanto, de gran flexibilidad, además de poder realizarse con la mínima estructura técnica de apoyo y construirse la mayor parte del techo en el piso, para que la mano de obra sin calificación pero mayoritariamente disponible –mujeres, niños y ancianos– lo puedan hacer sin tener que subir a andamios o encofrados, de por sí peligrosos y difíciles de maniobrar.

El izado y la colocación, así como el fundido –o colado– del hormigón (o concreto), requieren de mano de obra recia, masculina, adulta, y de ser posible, bajo dirección calificada de un alarife o maestro de obra, lo que da lugar a una paradoja muy educativa y memorable para la comunidad: hacer el techo en el suelo, y poder hacerlo cualquiera, todos, de modo fácil, barato y, además, bonito.

La cubierta o techo es uno de los puntos de mayor costo y dificultad de ejecución en la construcción de la vivienda pobre. Dos parecen ser las dificultades esenciales: uno, el alto costo de los materiales eficientes y prestigiados (reconocidos como los que emplea también la clase dominante); y otro, el que la ejecución técnica de la techumbre requiere de “maestría”, conocimiento especializado, experiencia constructiva y la ocupación inevitable de equipos costosos, como andamios, cimbras o encofrados, tendidos, malacates o garruchas, poleas o polipastos, etcétera.

Por ello, la solución típica “pobre” a la construcción de su techumbre es, en las ciudades, generalmente con láminas de desecho, con cartón asfáltico, y ya en un nivel superior, con lámina acanalada de lámina galvanizada o de cinc sobre listones de madera económica, o de asbesto cemento cuando hay más recursos, o se mejora la cubierta. En el campo o zonas rurales se usan la palapa, el guano de palma, la

1 Red iberoamericana sobre transferencia y capacitación tecnológica para la vivienda de interés social.

2 Los cuatro ensayos experimentales evolucionaron en torno a una innovación tecnológica mexicana generada en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) por los autores.

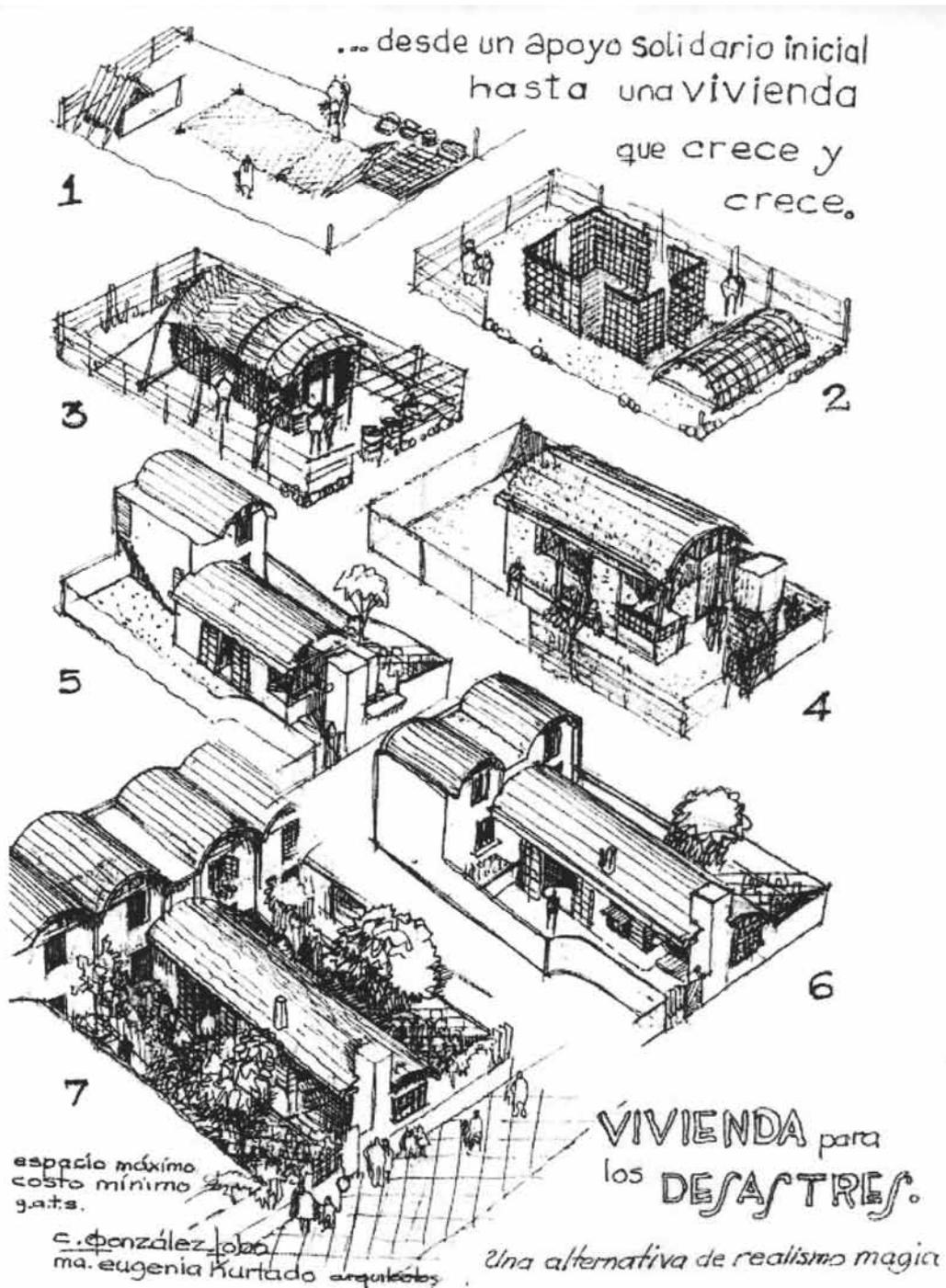


Figura 1. Vivienda para los desastres. Los siete pasos evolutivos o etapas, desde el asentamiento al embrión y su materialización progresiva hasta la casa terminada.

paja, y mejorada, la lámina de cinc, sobre morillos, rollizos o varas. Con esto el techo es sumamente provisional; no es higiénico; crea o alberga alacranes, o también las vinchucas, transmisoras del mal de Chagas, y aun así, es costoso. Un temporal, un sismo, o la Fuerza Pública, los deshacen fácilmente. De ahí surge la necesidad sentida de que la techumbre sea perdurable, resistente, segura, higiénica, impermeable (o hidrófuga), económica, y que además permita edificar sobre ella el segundo piso.

En casi todo el mundo actual esto parece lograrse con la solución de losa maciza o placa de concreto reforzado (hormigón). Pero esta solución deseable es cara, tanto por el costo del concreto y el acero como por la renta o uso de la cimbra (o encofrado).

Requerimientos del sistema a desarrollar

La solución que enseñamos –o elegimos– para transferir, entre otras, la red Cyted XIV-C como alternativa en los talleres de capacitación, debía superar la contradicción enunciada: una techumbre de material “prestigiado y eterno”, pero que redujera el costo de ejecución, el de los insumos de materiales industrializados como el cemento y el acero estructural, y el valor adicional de la cimbra (o encofrado).

Hablamos entonces de una tecnología apropiada para hacer la edificación de la cubierta con mínimo volumen de concreto y la reducción consiguiente del cemento y del acero de refuerzo que en caso contrario habría de adquirirse en el mercado a precio de menudeo. Y además, que pueda realizarse con una mano de obra quizás abundante pero mayoritariamente sin capacitación constructiva específica, contando a lo más con un albañil habilitado de “maestro de obras”, y por último, mediante un sistema apropiado que no requiere del uso de equipo sofisticado (ni aun el mínimo) como cimbras, andamios, tendidos, plumas o malacates (garruchas). Tecnología apropiable, además, dado que permite ser rápidamente asumida por autoconstructores.

Debía por ello ser una tecnología accesible a todos –lo mismo a niños que ancianos, a mujeres u hombres– y que facilitara a los autoconstructores, a través de su aprendizaje y práctica, una comprensión y desarrollo como sujetos culturales y transformadores potenciales organizados, que se extendería después a otras actividades. Esto exigía que la tecnología cumpliera las siguientes consideraciones:

- Que se la pueda usar mediante un aprendizaje rápido, sencillo, de pocas etapas;
- Que no exija el empleo de un equipo de construcción sofisticado, y que induzca en su ejecución la colaboración en el trabajo, ya que esto aglutina, solidariza y fortalece la escasa o incipiente organización autogestiva, integra a todos los potenciales cooperantes: niños, mujeres y ancianos.



Figura 2. Aplicando las bóvedas peregrinas en la iglesia del pinole "La kobishi teopa", en el poniente de Ciudad Juárez, Chihuahua, 2006.



Figura 3. Izaje de la peregrina prearmada en Rincón, Aguascalientes, México.

Dicha tecnología, para constituirse como la apropiada, debe ser lo suficientemente versátil, a fin de ajustarse a los más variados tamaños, destinos y aun materiales disponibles, así como a un equipo auxiliar para la edificación mínimo o improvisado.

Y finalmente, tecnología que va de la mano con las geometrías estructurales de alta resistencia y escaso volumen o masa material. Así, escogimos la viga díptera, estudiada por Eduardo Torroja (Fron-tón de Recoletos, Madrid, 1932). La superficie de cañón cilíndrico, o abovedada, nos ofrece una cubierta que incrementa (parece inflar) el volumen espacial habitable, ya que éste no se define por el existente al enrase de los muros y se tiene en cuenta que el propio abovedado contiene un considerable volumen aéreo. Dicha bóveda díptera permite reducir el espesor necesario para la cubierta hasta en un 30% del volumen de hormigón o concreto y hasta en un 42% el acero necesario, incluyendo que por ser tomada en sus esfuerzos por los tímpanos no presenta coceos o esfuerzos horizontales; estos cálculos se hacen tomando como base de comparación la losa de concreto maciza de 0,10 m de espesor como referente, útil por ser la culturalmente deseada y a la que enfrentamos como alternativa. Pero dos dificultades hacen a esta solución incosteable por el precio y el trabajo de la cimbra (o encofrado) y complicada por las dificultades del trazo geométrico.

Ambas dificultades fueron superadas mediante el uso de armar el refuerzo de varillas con una manta inferior de metal desplegado, el cual sostiene al concreto si éste es preparado con un revenimiento de 4 cm, reduciendo con eso al mínimo (8%) el uso y costo del encofrado y las dificultades de trazo y control geométrico en la ejecución de las directrices curvas en los arcos de varilla, que normalmente se realizan con un molde de puntales metálicos y requieren de un enterado o habilitado con experiencia.

Descripción del proceso constructivo

Expuestos los argumentos teóricos o razones de tecnología que configuran la parte didáctica de “pizarra y aula” del taller Cyted, procederemos a describir la metodología de ejecución contenida en la capacitación de nuestro taller.

Para realizar una bóveda de hormigón reforzado sin el uso de cimbra, sobre metal desplegado, y prefabricada a pie de obra, el taller exploró dos versiones: a) la de armazón de refuerzo con metal desplegado, que se apuntala después en el sitio (como en los casos de La Plata, Argentina, y Ciudad Juárez, en México), y b) la fabricación integral del armazón con refuerzos de rollizos de madera, denominada “bóveda yucateca”,³ con palos de eucalipto (en el caso de Montevideo, Uruguay) o con cañas de bambú –“tacuara”– (en Asunción, Paraguay), y “otate” (en Cuernavaca, México).

3 Se denominó a la bóveda con generatrices formeras de madera rolliza como “Yucateca”, por ser en esa península, de la hoy República Mexicana, donde en el siglo XVI se techaban de bóveda las iglesias con el uso de arcos formeros y tímpanos de mampostería de piedra sobre los que mediante rollizos de mediano grosor (palos de selva baja) que generaban el plano potencial de la superficie cilíndrica o “de Cañón” mediante placas de piedra que se apoyaban de palo a palo, y así se daba forma y cobertura a las iglesias, acabándolas por encima con mortero o aplanado de cal bruñido.

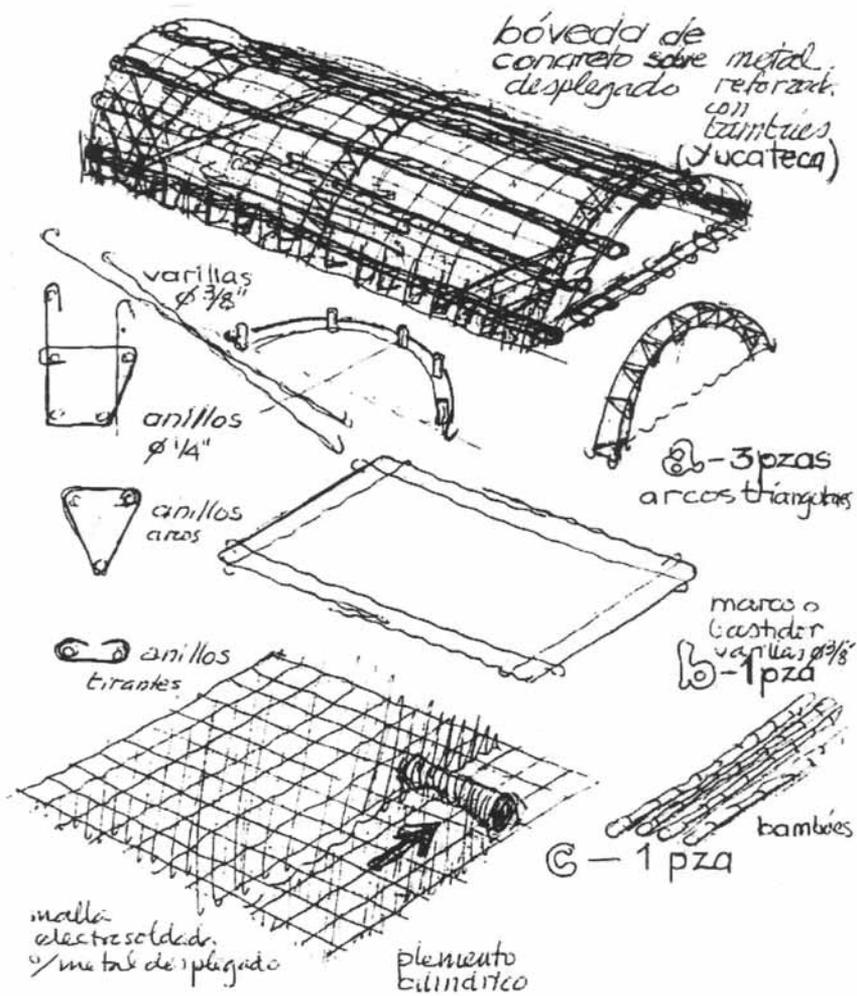


Figura 4. Descripción de los materiales, las partes y el montaje de la bóveda peregrina.



Figura 5. La bóveda prearmada en el piso es izada al enrarse de sus paramentos de soporte.



Figura 6. Se cuelan los arcos y luego el plemento del cilindro de malla electrosoldada sobre metal desplegado con concreto 1:2:3 de bajo revenimiento.



Figura 7. Bajo la bóveda de 7 x 4 m se genera una casa potencial en embrión, tras ocho horas de labor.

El método del prearmado en sitio, o a pie de obra, consistió en un trabajo de preparación previa a la realización del taller consistente en calcular y obtener los materiales necesarios, acercándolos al taller, para así preparar en éste un par de muros (los de los tímpanos), los de los lados cortos, con la cimentación y la rigidez debidas. Un primer trabajo de grupo expuso los planos de trabajo de la bóveda realizados en 1:10 y 1:20 y aclaró las tareas desprendidas de ello.

Tras este acuerdo, los cuatro grupos de trabajo, según las habilidades requeridas para cada tarea y las preferencias de los asistentes cooperantes, procedieron con un monitor a “despiezar” los planos para cada tarea, midiendo y contando el número de piezas que debían prepararse.

El segundo trabajo “de campo” es el de conseguir un patio como “obra-dor” en las inmediaciones de los muros de la obra, y tras la limpieza y despeje correspondientes, colocar allí los materiales, formando cuatro lugares de trabajo para el mismo número de grupos formados. Y luego se procede a trazar con cuidado y rigor por el técnico del grupo de apoyo, las figuras bases del armazón.

El trazo es de cuatro figuras:

- La rectangular, para armar el bastidor o marco de la cadena de arranque y tirantes.
- En “mesas” de trabajo, los tres tipos de anillos de refuerzo, el trapezoidal de los arranques horizontales, el triangular de los arcos formeros y las grapas que articulan los tensores (o tirantes).
- El semicírculo directriz de los arcos formeros, con dos trazas: la superior para los hierros superiores del arco triangular, y otra para el hierro del vértice inferior del triángulo.
- El trazo del desarrollo del manto plano del cilindro de la bóveda, para configurar el plano metálico de ésta.

Sobre dichas trazas se ejecutan: a) el enderezado y corte de los hierros para las piezas; y b) el doblado o forjado de ellas.

La formalización de las figuras, uniéndolas mediante amarres de alambre recocado, permite disponer de un marco rectangular con anillos y grapas de aproximadamente 3 x 6 m que cubrirá los enrasos de los muros de la futura habitación; a ello se añaden tres arcos de sección triangular de varillas de 3/8 pulgadas de diámetro, unidas con los anillos triangulares, y una manta de malla electrosoldada cubierta de metal desplegado amarrado en cada encrucijada por alambre recocado, de aproximadamente 4,50 x 6,40 m; a esto se agregan los palos o bambúes, ya cortados, de 6,40 m, que se procede a unirlos según el plan de montaje.

En primer término, se procede a unir los extremos de los arcos en las posiciones inicial, media y final del marco o bastidor. Sobre esa base, con tres directrices curvas, se introducen los palos rectos a modo de

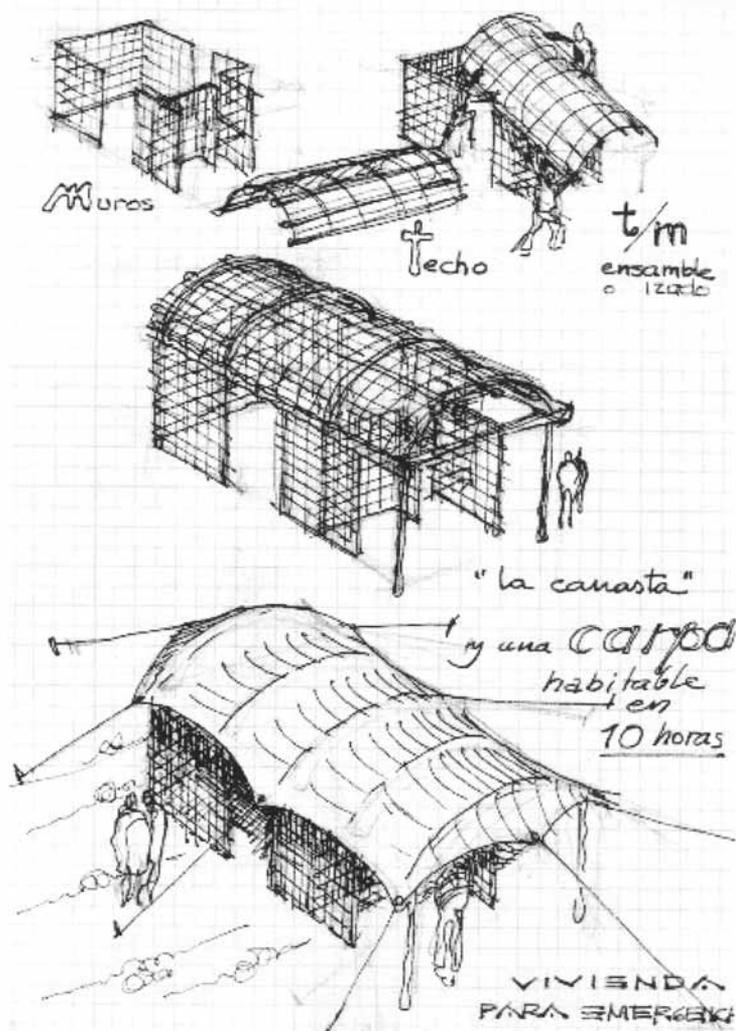


Figura 8. Construcción de los paramentos de mallazo y la ubicación de la bóveda prearmada y su cubrimiento con la tela plástica.

ejes generatrices y se amarran con alambre recocado. Queda prefigurada una bóveda de cañón, sobre la cual se despliega la manta, que se arrolla sobre los palos y arcos como la superficie generatriz de la bóveda que es y se procede a fijar, o unir, con amarres de alambre recocado.

Tenemos así una bóveda prearmada en el suelo. Ahora sólo falta colocarle los hierros de refuerzo en trazo de arco, en la mitad de las alas dipteras, y las diagonales en los cuatro extremos. Se procede a izar el "almodrote" hasta su sitio en el enrase de los muros, cuidando que los refuerzos verticales encajen en sus sitios previstos, y después, a abrirlos en forma de abanico, sujetándolos con amarres de alambre recocado.

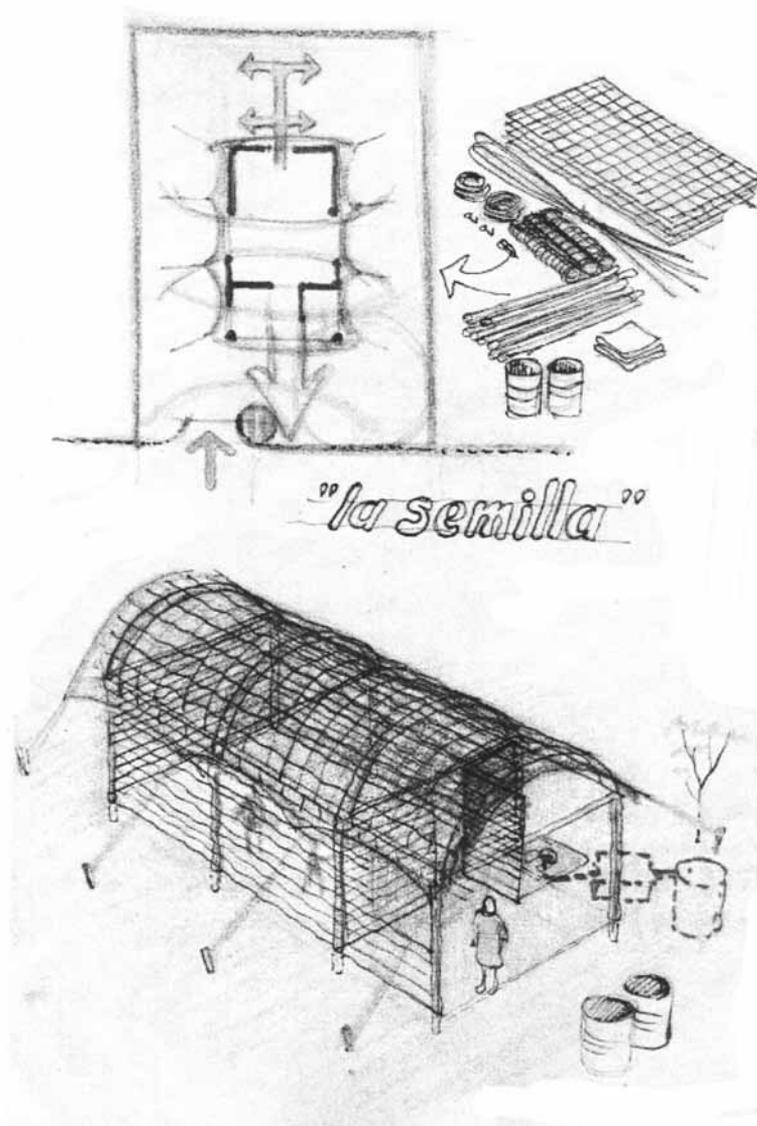


Figura 9. El esquema de la "siembra" en el predio, los componentes primarios y su montaje.

Simultáneamente, se procede a preparar un hormigón o concreto de mezcla 1:2:3 y a humedecerla con agua simple en una proporción de dos botes (más o menos 40 l) por cada bulto de 50 kg de cemento. Con esto se obtiene un hormigón de $145 \text{ kg} \times \text{cm}^2$ y con revenimiento de 0,04 m.

Se unta sobre la manta, embarrándolo con alisadores de tabla de madera, con un espesor inicial de 0,04 m, sobre el metal desplegado, dejándolo con un terminado rugoso. Se lo curará con agua regada por dentro y por fuera según la regla de tres por tres: a las tres horas la primera, y otras dos veces cada tres horas; después, por tres veces, cada seis horas, y finalmente, cada doce horas (de preferencia a las 6:00 a. m. y a las 6:00 p. m., hasta cumplir los ocho días, dando tiempo a

que salgan las fisuras de fraguado y por temperatura, y posteriormente se aplana, enfosca o repella con mortero de cemento terciado con cal por fuera y mortero de cemento y arena cribada por dentro. Finalmente, se le da un enlucido de mortero con arena cribada fina y con cal y cemento, mitad y mitad. El acabado final es de jabón y alumbre, a dos capas. Los resultados son, en general, magníficos.

La adaptación del sistema a la reconstrucción haitiana

Se nos propuso el estudio sobre arquitectura para emergencias que, en cuanto a las bóvedas del Cyted, nos permitió elaborar el siguiente proyecto a aplicar en la reconstrucción de Puerto Príncipe, Haití, consistente en edificar viviendas destinadas a damnificados de desastres, a quienes se les asigna un predio pequeño para reubicarlos en nuevas parcelaciones fuera del área colapsada y dotarlos de malla electrosoldada, lienzos, varillas, alambón, alambre recocado, todos ellos materiales de la industria de la construcción disponibles al momento del siniestro, y una lona plástica; así como de apoyo técnico solidario, un plano versátil y entrenamiento básico para autoconstruir.

Con estos elementos, en algo parecido a diez horas de trabajo, se hace una carpa habitable cubierta de plástico, pero de material metálico, de base, la cual y con el procedimiento CGL permite transformar la carpa en un “pie de casa” o “vivienda en embrión” que, y sin dejar de habitar bajo la carpa, se tornaría en una edificación de hormigón reforzado definitiva y de material eterno, con apoyo vecinal cooperativo. En cuatro o cinco horas se techa sobre la bóveda prearmada, colándola o fundiéndola de hormigón sobre los muros de carga previamente colados. Así se obtiene una casa definitiva que desde ahí comenzaría a crecer según flexibles y versátiles posibilidades que se acomoden a los deseos y necesidades de los usuarios.

Se espera que esta memoria de un proceso iniciado en el Cyted, hoy, colaborando con el ICHAB en Madrid, tenga la oportunidad de convertirse en una alternativa viable para Haití, pueda llegar a oídos y ojos receptivos que comprendan el deberse trabajar en o desde la resistencia, para contribuir a globalizar la esperanza y demostrar que otro mundo mejor es posible. 